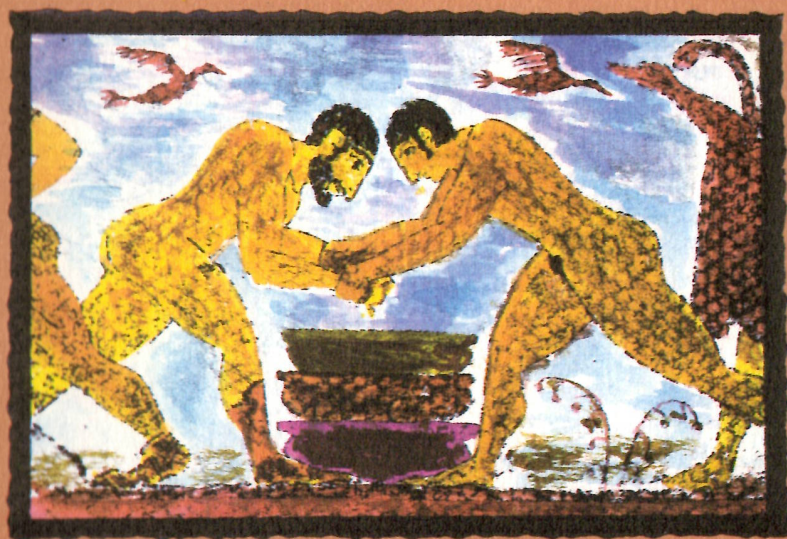


MONOGRAFIAS UNIVERSITARIAS



Aspectos básicos
de
biomedicina deportiva

Universidad Internacional Alfonso VIII
Soria

MONOGRAFIAS UNIVERSITARIAS

Aspectos básicos
de
biomedicina deportiva

Universidad Internacional Alfonso VIII
Soria

Director

Dr. Alfredo CORDOVA MARTINEZ

Catedrático de Fisiología

Escuela Universitaria de Fisioterapia-Soria

Universidad de Valladolid

Secretario

Dr. Francisco NAVAS CAMARA

Profesor Titular de Fisiología

Escuela Universitaria de Fisioterapia-Soria

Universidad de Valladolid

© Universidad Internacional Alfonso VIII

Portada: Alejandro Plaza Plaza

Maqueta e Imprime: INGRABEL

I.S.B.N.: 84-86790-77-8

Depósito Legal: SO-18/95

Digitalización (2023): Enrique García Garcés.

Aspectos básicos
de
biomedicina deportiva

AUTORES

- Pilar ALVO IZAGUIRRE
Especialista en Rehabilitación
Hospital del Insalud
Soria
- Alberto APESTEGUIA del BUSTO
Farmacólogo
Hospital del Insalud
Soria
- Alberto CABALLERO GARCIA
Profesor Titular de Anatomía
Escuela Universitaria de Fisioterapia
Soria
- Teodosia del CASTILLO SANZ
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria
Insalud
Soria
- Alfredo CORDOVA MARTINEZ
Catedrático de Fisiología
Escuela Universitaria de Fisioterapia
Soria
- Francisco FERNANDEZ DE SANTIAGO
Médico de la Residencia de ancianos "El Parque"
Soria
- M^a Angeles FERRER PASCUAL
Profesora de Enfermería
Escuela de Enfermería
Soria
- Miguel Angel GOMEZ CARRAMIÑANA
Licenciado en Educación Física
Escuela Politécnica "Virgen del Espino"
Soria
- Inmaculada GOMEZ PALOMAR
Médico Asistente
Clínica Sala de Pablo
Soria
- Mariano HERNANDEZ GALINDO
Médico Técnico en Salud Pública
Servicio Regional de Salud de Navarra
Tudela
- Juan Carlos MARCO SANJUAN
Profesor Titular de Psicología
Colegio Universitario
Soria
- Julio MARTINEZ FLOREZ
Especialista en Cardiología
Hospital del Insalud
Soria
- Gregorio MARTINEZ VILLEN
Investigador del Instituto de Biomateriales y
Tecnología
Zaragoza
- Francisco NAVAS CAMARA
Profesor Titular de Fisiología
Escuela Universitaria de Fisioterapia
Soria
- Enrique PASCUAL OLIVA
Licenciado en Educación Física
Instituto Antonio Machado
Soria
- Tomás PEREZ FRIAS
Licenciado en Educación Física
Instituto Castilla
Soria
- Lucía PEREZ GALLARDO
Catedrático de Bioquímica
Escuela Universitaria de Fisioterapia
Soria
- José Luis PONZ MARGELI
Jefe de Servicio de Rehabilitación
Hospital Príncipe de Asturias
Alcalá de Henares
- Víctor PIGDEVAL GALLEGO
Especialista en Endocrinología
Hospital del Insalud
Soria
- José Ramón del RIO
Licenciado en Educación Física
Instituto Castilla
Soria
- Humberto RODRIGUEZ CARMONA
Catedrático de Educación Física
Universidad de Puerto Rico
Puerto Rico
- Juan Manuel RUIZ LISO
Jefe de Servicio de Anatomía Patológica
Hospital del Insalud
Soria
- Juan SALA de PABLO
Especialista en Traumatología
Clínica Sala de Pablo
Soria

INDICE TEMATICO

	PROLOGO	9
CAPITULO 1:	APARATO LOCOMOTOR.....	13
CAPITULO 2:	INTRODUCCION A LA BIOMECANICA ARTICULAR DE LAS PRINCIPALES ARTICULACIONES DEL ORGANISMO.	21
CAPITULO 3:	METABOLISMO INTERMEDIARIO	39
CAPITULO 4:	FISIOLOGIA DEL MUSCULO	51
CAPITULO 5:	METABOLISMO ENERGETICO DURANTE EL EJERCICIO	61
CAPITULO 6:	ADAPTACION CARDIOVASCULAR AL ESFUERZO	71
CAPITULO 7:	ADAPTACIONES RESPIRATORIAS DURANTE EL EJERCICIO	83
CAPITULO 8:	VARIACIONES HEMATOLOGICAS EN EL DEPORTE ...	99
CAPITULO 9:	ADAPTACION ENDOCRINA AL EJERCICIO	109
CAPITULO 10:	FATIGA MUSCULAR	121
CAPITULO 11:	LA FATIGA PSIQUICA, "STRESS" Y AFRONTAMIENTO.	129
CAPITULO 12:	APLICACION DE LAS DINAMICAS DE GRUPO A LOS DEPORTES DE EQUIPO	139
CAPITULO 13:	ASPECTOS PSICOSOCIALES DEL DEPORTE: GUIA PEDAGOGICA DE LA DIRECCION DE EQUIPOS DE CONJUNTO.	151
CAPITULO 14:	ASPECTOS BASICOS DE LA CONDICION FISICA ..	173
CAPITULO 15:	EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN DEPORTES INDIVIDUALES	183
CAPITULO 16:	FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO EN DEPORTES COLECTIVOS	195
CAPITULO 17:	VALORACION FUNCIONAL DEL DEPORTISTA EN EL LABORATORIO.	211

CAPITULO 18:	EVALUACION PSICOLOGICA DEL DEPORTISTA...	223
CAPITULO 19:	VALORACION NUTRICIONAL DEL DEPORTISTA...	235
CAPITULO 20:	DIETA y DEPORTE	247
CAPITULO 21:	IMPORTANCIA DE LOS OLIGOELEMENTOS EN EL EJERCICIO	255
CAPITULO 22:	DEPORTE INFANTIL	271
CAPITULO 23:	LA MUJER EN EL DEPORTE	279
CAPITULO 24:	EL DEPORTE PARA DISCAPACITADOS	287
CAPITULO 25:	EJERCICIO FISICO EN EL ANCIANO	299
CAPITULO 26:	FISOPATOLOGIA DE LA HIPOXIA EN GRAN ALTITUD	311
CAPITULO 27:	EL EJERCICIO FISICO EN LA REHABILITACION CARDIACA	323
CAPITULO 28:	DEPORTE Y DIABETES	331
CAPITULO 29:	TRAUMATOLOGIA EN EL DEPORTE	337
CAPITULO 30:	FISIOTERAPIA EN EL DEPORTE	351
CAPITULO 31:	EL DOPING EN EL DEPORTE	361
CAPITULO 32:	HIGIENE DEL DEPORTE.....	375
	BIBLIOGRAFIA.....	387
	EPILOGO	391

PROLOGO

La salud se define, no como el simple hecho de la ausencia de enfermedad, sino como algo mucho más complejo donde la sensación de bienestar, la capacidad para ejercer toda clase de funciones, e incluso la de contribuir a la felicidad de los semejantes, tienen un sitio reservado. Lo cierto es que, desde hace algún tiempo, se ha venido insistiendo en la importancia que el ejercicio posee para su conservación y mejoría. Debido a ello, los gobiernos de las naciones más poderosas de la tierra dedican cada vez más tiempo y dinero al fomento de la actividad física.

*El primer estudio hecho en Europa sobre los beneficios del ejercicio físico en el organismo fue realizado por un español **Cristóbal Méndez**, médico vecino de Jaén, quién en 1553 publicó un libro en Sevilla bajo el título **"libro del ejercicio corporal y de sus provechos, por el cual uno podrá entender qué ejercicio le será necesario para conservar su salud"**.*

Con un planteamiento pedagógico establece las características que deben reunir los ejercicios físicos: "cuatro cosas son necesarias, la primera que en él se halle la voluntad libre, se ha de hacer cuando se quiera y el que mejor se prefiera; la segunda es que dé alegría; la tercera que no sea interrumpido; la cuarta, no llegar al agotamiento". Clasifica además los ejercicios, en comunes y particulares, diferenciándolos en función de si afectan a todo el organismo o sólo a una parte. Los beneficios son, según C. Méndez, múltiples y atañen a todas las áreas de la persona. Respecto a la salud corporal, señala que "tres cosas muy notables consigue el cuerpo ejercitado: la primera, que posee una fuerza y grandeza superior; la segunda, que tenemos probado que todo aumento de calor corporal

prepara la digestión y derrama salud por todo el cuerpo; la tercera, que el movimiento hace abrir los poros del cuerpo saliendo por ellos las superfluidades”. También afectaba el ejercicio físico a la salud espiritual: “el melancólico que con su frialdad y sequedad está pensativo, triste, descontento y huélgase con la soledad, haga ejercicio. Es verdad, sin duda, que para esta enfermedad que se dice melancolía no hallo mejor medicina que el ejercicio moderado”. Ya entonces apunta hacia una educación sensorial.

*Cuando hablamos de deporte, de ejercicio físico, de actividades físico-deportivas, solemos concederle un cierto valor higiénico, preventivo que ayuda a adquirir, conservar y aún a aumentar la salud. Ello supone un estudio y una aplicación cuidada y hábilmente dosificada para que sus efectos sean higiénicos. Pero dentro de la higiene existen modalidades: alimentarias, ambientales, laborales, escolares, de la indumentaria, o, en otro plano, mentales, sexuales, orales, personales, en que se estudian las condiciones que aquellas circunstancias, o estas características, deben poseer para evitar dificultades para la salud. El deporte puede ser sanidad preventiva, pero el deporte necesita de una higiene preventiva para **adquirir, mantener o incrementar la salud**. El limitado concepto de salud “como estado normal de las funciones orgánicas e intelectuales” se amplía, siguiendo los dictados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para quien, “salud es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no la simple ausencia de enfermedades o males”. Quizá la noción más extendida respecto a la necesidad de hacer ejercicio físico, actividad físico-deportiva, sea la de combatir los efectos nocivos del sedentarismo. El deporte ha de ayudar al desarrollo del “hombre como ente biopsicosocial”, según la definición de la OMS, pensamiento que coincide con el juicio de la misma organización sobre la salud. Por medio del deporte buscamos la salud, hacemos sanidad preventiva. El deporte, pues frente a la salud se nos manifiesta como acumulación de fuerza y raíz de vida creadora, como juego, espíritu lúdico pero además como fenómeno estético, como entrenamiento ético, como modelo de sociedad competitiva; como reacción de compensación y adaptación frente a las condiciones de la vida del trabajo industrial; como un mundo de signos; como válvula de escape, etc.*

Son incontables los trabajos publicados en la literatura médica sobre las acciones preventiva y rehabilitadora que la actividad física ejerce sobre un numeroso grupo de enfermedades y, precisamente, sobre las que más preocupan a los hombres. Gran parte de nuestros conocimientos presentes los hemos adquirido a través de estudios epidemiológicos y de rigurosos trabajos de investigación realizados en diversas partes del mundo. Existe una evidencia abrumadora de que el ejercicio posee algún tipo de utilidad en la aterosclerosis y en los factores de riesgo que la producen: obesidad, hiperlipidemia, hipertensión, diabetes, estrés y sedentarismo. Ayuda al abandono de los hábitos indeseables como el alcohol el tabaco y las drogas; favorece la lucha contra la delincuencia; mejora la sintomatología de algunas enfermedades mentales y retrasa los achaques de la vejez. En definitiva, la actividad física o deporte contribuyen a la adquisición de un buen estado de salud, lo que favorece un mejor desarrollo integral del individuo como ente biopsicosocial.

*La Organización Mundial de la Salud define a la **forma física** como la capacidad de una persona para realizar satisfactoriamente el trabajo muscular. La cuestión está en saber el significado de "satisfactoriamente". Para un atleta de alta competición, estar en forma quiere decir ser capaz de ganar una prueba o batir un récord, mientras que para un anciano, poseer una buena forma consiste en poder caminar, subir escaleras y valerse por sí mismo y para un sedentario hacer alguna actividad que a su vecino le cueste un gran sacrificio. En realidad, disfrutar de un buen estado de forma física significa hacer ejercicio con regularidad, a un nivel superior al que se realiza habitualmente, salvo en el caso de que, por necesidades derivadas de su situación laboral o doméstica, la persona lleve a cabo actividades intensas a diario. El entrenamiento consiste en superar en cada etapa el nivel de forma adquirido en la anterior hasta alcanzar el máximo, para después mantenerlo el mayor tiempo posible. Conservar lo ganado obliga a estimular con cierta frecuencia a los órganos y sistemas que componen el organismo y, de este modo, conseguir su adaptación a las cargas impuestas. Sería conveniente recordar que poseer un buen estado de forma para todas las cualidades y*

capacidades que adornan al organismo, físicas, biológicas, psíquicas, etc., es prácticamente imposible. Por lo general, la forma física se refiere a una determinada característica del cuerpo. Así, se suele decir que una persona posee una buena forma física muscular, cardio-respiratoria, articular, e incluso se puede hablar de buena forma psíquica y biológica cuando los parámetros que definen estas situaciones son los óptimos. De cualquier manera, disfrutar de **un buen estado de forma exige un cierto grado de sacrificio muy inferior a la sensación de bienestar que produce**. Y aunque en la mayoría de las ocasiones esto coincide con una excelente salud, en otras, por desgracia, no es así. Recordemos, que como todo lo relacionado con el organismo humano, y especialmente con el entrenamiento, los resultados conseguidos no dependen exclusivamente de la manera de realizarlo, ya que hay otros factores, algunos de ellos independientes de la voluntad del sujeto, como la herencia o factores ambientales, que influyen positiva o negativamente en la adquisición de un buen estado de forma.

En este libro pretendemos dar una visión global de los factores y aspectos de la práctica deportiva o de la actividad física, que intervienen en la mejoría y mantenimiento de un adecuado estado de salud como medio para el desarrollo integral del individuo.

Alfredo Córdova Martínez
Catedrático de Fisiología
E. Universitaria de Fisioterapia

DR. A. CABALLERO

1. CONCEPTO Y GENERALIDADES

El aparato locomotor está formado por tres componentes: esqueleto, articulaciones y músculos. Este conjunto arquitectónico es utilizado por el organismo para la ejecución de la mayoría de los movimientos dinámicos voluntarios y para el trabajo estático (mantenimiento de la postura).

2. OSTEOLOGIA: HUESOS Y CLASIFICACION

La osteología es la ciencia que estudia los huesos , que en una persona adulta son aproximadamente 200. Para comprender esta ciencia es necesario tener presente que los huesos son órganos vitales y vivientes, que cambian a medida que el cuerpo humano crece, por tanto, no son estructuras muertas, siendo diferentes según el hábito corporal, sexo, edad, etc. Los huesos tienen un componente orgánico (células vivas) y otro inorgánico formado por minerales (carbonato y fosfato cálcico).

2.1. FUNCIONES DE LOS HUESOS

- a) Protección de las vísceras formando paredes rígidas.
- b) Soporte del cuerpo.
- c) Base mecánica para el movimiento: en ellos se originan y se insertan los músculos, sirviendo de palanca para realizar los movimientos.
- d) Hematopoyesis: formación de células sanguíneas.
- e) Desde el punto de vista metabólico son la reserva mineral del organismo.

2.2. ESTRUCTURA DE LOS HUESOS

En una visión macroscópica de un hueso largo se pueden distinguir tres regiones:

- a) La zona central, denominada diáfisis, formada por un cilindro hueco de pared densa, compuesto por tejido óseo compacto, que rodea a una cavidad central alargada, rellena de grasa y tejido conectivo denominada médula amarilla o médula ósea.
- b) Las epífisis corresponden a las partes distales que están formadas por hueso de tipo esponjoso o trabecular, en el que se localizan las células productoras de células sanguíneas, formando la médula roja. La parte periférica está recubierta por tejido óseo compacto, cuya parte más distal está cubierta por una fina capa de tejido cartilaginoso hialino, denominado cartílagos articulares, de aspecto blanquecino y translúcido.
- c) Las metáfisis en el adulto corresponden a unas zonas constituidas por columnas de tejido óseo esponjoso que une epífisis con diáfisis.
- d) El periostio es una fina capa membranosa que envuelve a todo el hueso excepto a los cartílagos articulares. Una de sus principales características es la gran cantidad de terminaciones nociceptivas existentes en esta membrana que la hacen muy dolorosa a causa de cualquier tipo de lesión. Además, tiene capacidad osteogénica y permite el crecimiento en grosor del hueso. Es el único lugar de crecimiento del hueso adulto.
- e) El endostio es una fina capa de tejido fibroso que tapiza las cavidades del interior del hueso.

2.3. CLASIFICACION DE HUESOS

Existe gran cantidad de posibilidades de clasificación de los huesos, de las que se señalan las más importantes:

2.3.1. Según su estructura:

- a) Hueso compacto: es un tipo de hueso duro como el marfil. Se encuentra en las diáfisis y parte periférica de los huesos.
- b) Hueso esponjoso o trabecular: sobre todo se encuentra en el centro de las epífisis y en los huesos planos.

2.3.2. Según la forma:

- a) Huesos largos: tienen una forma tubular, con un cuerpo y dos extremidades. Son huesos largos el fémur, la tibia, los metacarpianos, las falanges, entre otros.
- b) Huesos cortos: de forma cuboide, generalmente se localizan en el tobillo y la muñeca.
- c) Huesos planos: presentan dos láminas de hueso compacto con una capa central esponjosa. Ejemplo de estos huesos son los huesos del cráneo y la escápula.
- d) Huesos irregulares: presentan formas variadas, como los que forman la cara y las vértebras.
- e) Huesos sesamoideos: son nódulos de tejido óseo, redondos u ovales, localizados comúnmente en el interior de tendones, en los lugares que estos se cruzan con otros huesos. Su función es proteger al tendón y modificar su dirección. Ejemplo la rótula.

3. ARTROLOGIA

Para una buena comprensión de la fisiopatología articular es necesario conocer la estructura y función de las articulaciones, que como ya se sabe, forman parte del aparato locomotor. La principal función de éstas es permitir el movimiento de las diferentes piezas del esqueleto para realizar fundamentalmente la locomoción y la manipulación.

3.1. CONCEPTO DE ARTICULACION

Se puede definir como el lugar de unión entre dos huesos adyacentes, tanto si existe movimiento entre ellos como si no.

En aquellas articulaciones que existen movimientos, en general éstos se realizan alrededor de los tres ejes del espacio que pasan por el centro de la articulación:

- a) El eje sagital o antero-posterior va de adelante atrás horizontalmente y alrededor de este eje se realizan los movimientos de abducción (separación) y aducción (aproximación). En el caso de la columna

vertebral se realizan los movimientos de lateralización hacia uno u otro lado.

- b) El eje transversal va de un lado a otro horizontalmente y alrededor de él se realizan los movimientos de flexión y extensión.
- c) El eje vertical va de arriba abajo y alrededor de él se realizan los movimientos de rotación o giro.

La combinación de los movimientos de aproximación-separación con los de flexo-extensión determinan los movimientos de circunducción.

3.2. CLASIFICACION DE LAS ARTICULACIONES

Desde el punto de vista de la estructura histológica, que va a determinar la capacidad funcional, se distinguen los siguientes tipos de articulaciones:

3.2.1. Fibrosas. Son aquellas cuyas superficies articulares se mantienen unidas por tejido fibroso y carecen de cartílago articular. A su vez se subdividen en:

- a) **Suturas.** No permiten movimientos y desaparecen en etapas avanzadas de la vida por soldarse los huesos que las forman. Sólo se observan en el cráneo.
- b) **Sindesmosis.** Los huesos están separados por una pequeña distancia, existiendo una membrana entre ellos. Permite pocos movimientos. Un ejemplo es la membrana existente entre la tibia y el peroné.

3.2.2. Cartilagosas. Las superficies óseas están recubiertas por un cartílago.

- a) **Primarias o sincondrosis.** No permiten movimientos y desaparecen con el crecimiento. Ejemplo de ello es el cartílago metafisario.
- b) **Secundarias o anfiartrosis.** Son permanentes, las superficies están recubiertas de cartílago hialino y unidas por un disco fibrocartilaginoso, con movimientos limitados. Ejemplos son la sínfisis del pubis y las articulaciones intervertebrales.

3.2.3. Sinoviales o diartrosis. Se caracterizan por estar revestidas de cartílago articular o hialino que está lubricado por líquido sinovial que facilita los movimientos.

- a) **Enartrosis.** Se pueden considerar como la articulación más perfecta. Las superficies articulares están formadas por una cabeza de esfera que encaja en una cavidad ósea, a veces completada con un rodete fibrocartilaginoso. Los movimientos que realiza este tipo de articulación se ejecutan alrededor de los tres ejes del espacio, es decir, realiza todos los movimientos posibles. Un ejemplo de este tipo de articulaciones corresponde a las articulaciones de la cadera y glenohumeral.
- b) **Condíleas.** Están formadas por una superficie articular elipsoidal que encaja en una concavidad. Los movimientos se realizan alrededor de los ejes transversal y sagital, por consiguiente tiene todos los movimientos de las articulaciones anteriores menos la rotación. Ejemplo de este tipo de articulación es la radiocarpiana.
- c) **En encaje recíproco o “en silla de montar”.** Tiene una superficie articular cóncava que se contrapone a una convexa encajando como el jinete a la silla de montar. Sus movimientos se realizan alrededor de dos ejes. Sin embargo, su estructura morfológica sólo le permite realizar los movimientos de flexión-extensión y abducción-aducción. Ejemplo de este tipo de articulación es la articulación trapecio-meta-carpiana.
- d) **Trocleares.** En ellas existe una polea o tróclea como superficie articular que se enfrenta a una garganta de polea. Sólo tiene movimientos de flexión-extensión. Un ejemplo de este tipo sería la articulación humerocubital.
- e) **Trocoides.** Las superficies articulares están formadas por un cilindro macizo óseo que se introduce en un cilindro hueco osteofibroso. Sólo tiene el eje vertical para realizar movimientos, por lo tanto, el único movimiento que realiza es la rotación. Ejemplo: la articulación atlo-axoidea.
- f) **Artrodias.** Las superficies articulares son planas o ligeramente curvas y solamente permiten ligeros movimientos de desplazamiento de una superficie sobre otra. Estas articulaciones tienen capacidad para realizar todo tipo de movimientos. Ejemplo de este tipo son las articulaciones situadas entre los huesos del tarso.

3.2.4. Estructura básica de las articulaciones sinoviales. Estas articulaciones están constituidas por las siguientes estructuras: (Fig. 1.1)

- a) **Cartílago articular.** Las superficies óseas articulares están recubiertas por tejido cartilaginoso de variedad hialina. Se encuentra adherido íntimamente al tejido óseo, al que recubre con un espesor por término medio de 1 a 2 mm, dependiendo de las presiones que soporte, siendo más grueso en las articulaciones de las extremidades inferiores y mayor en las zonas de más altas presiones. Es un tejido avascular, sin vestigios de vasos, ni sanguíneos ni linfáticos. Su nutrición se realiza por difusión pasiva de los nutrientes del líquido sinovial y del hueso subcondral, si bien esto último sólo se observa en los individuos jóvenes. La compresión intermitente de la articulación servirá de bombeo de las sustancias nutritivas a su interior. Lo mismo ocurre para eliminar las sustancias de desecho.
- b) **Membrana sinovial.** Es un tejido de estirpe conjuntiva que reviste la totalidad de la cavidad articular a excepción del cartílago, al que se une íntimamente sin que se pueda establecer una demarcación entre ambas estructuras. Recubre las superficies óseas y forma repliegues y fondos de saco para permitir todos los movimientos. Está formada principalmente por dos tipos de sinoviocitos, unos con función defensiva, con actividad fagocítica, y otros que van a secretar el líquido sinovial.

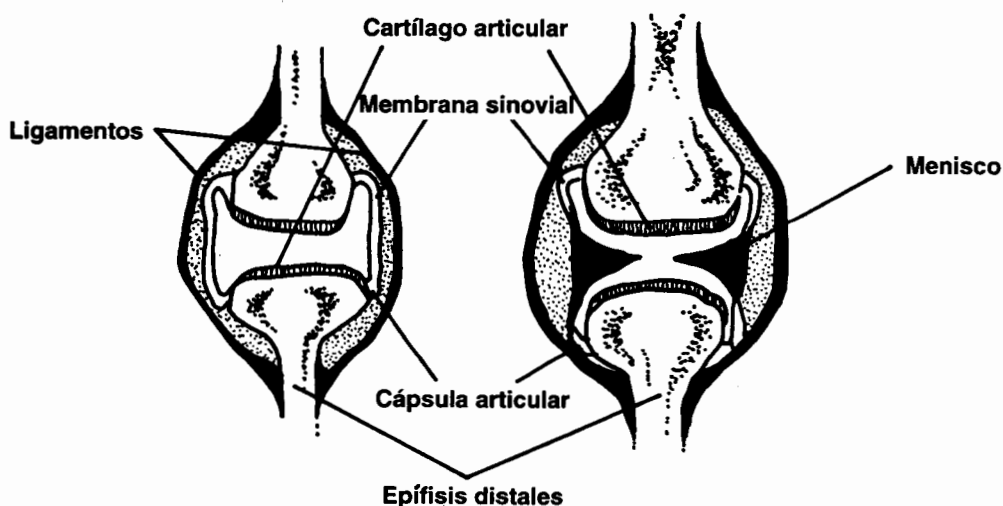


Figura 1.1 Esquema de una articulación sinovial sin y con menisco.

c) Líquido sinovial. Es un líquido transparente, de color amarillo pálido que no coagula en condiciones normales. Su viscosidad se debe a su principal componente: el ácido hialurónico. Se encuentra en escasa cantidad en el espacio interarticular.

d) Fibrocartílagos interarticulares o meniscos. Se localizan solamente en articulaciones cuyas superficies son convexas y adoptan forma bicóncava. Están fijamente unidos a la cápsula articular y con frecuencia atados a los huesos adyacentes. Carece de vascularización e inervación. Su función es mejorar la estabilidad de la articulación, aumentando la congruencia entre las superficies articulares.

e) Cápsula articular. Es una membrana de tipo fibroso que envuelve a todas las estructuras anteriormente expuestas. En su cara interna está íntimamente adherida la membrana sinovial. La cápsula articular tiene un importante riego y gran cantidad de terminaciones nociceptivas. Las características de la cápsula articular son particulares de cada una de las articulaciones.

3.2.5. Elementos de unión. Hasta aquí se han expuesto las estructuras propias de la articulación del tipo diartrosis, pero además debemos incluir los elementos que unen los extremos de los huesos y que dan estabilidad a la articulación, elementos que además de unir deben permitir la movilidad de la misma. Estos **medios de unión** son:

a) Los ligamentos. Estructuras fibrosas que unen los extremos de los huesos que forman la articulación. Según estén localizados dentro o fuera de la cápsula articular serán intraarticulares o extraarticulares.

b) Ligamentos activos. Se denomina así a los tendones (incluso a veces el propio músculo) que rodean la articulación y que en muchos casos son los principales responsables de la estabilidad articular.

INTRODUCCION A LA BIOMECANICA ARTICULAR DE LAS PRINCIPALES ARTICULACIONES DEL ORGANISMO

DR. A. CABALLERO

1. BIOMECANICA ARTICULAR DE COLUMNA VERTEBRAL

La característica fundamental del ser humano con respecto a otros animales es su posición erecta, para dejar las extremidades superiores libres del apoyo y utilizarlas en la función más inteligente, importante y útil que realiza el hombre: la manipulación. El mantenimiento de esta posición le ha sido encomendada al dorso, cuyo esqueleto es la columna vertebral que debe conciliar dos imperativos mecánicos contradictorios: a) **la rigidez** para transmitir el peso, mantener la posición sirviendo de anclaje para otras estructuras y proteger las estructuras internas (médula espinal) y b) **la flexibilidad** para permitir los movimientos, para lo cual está compuesta por múltiples fragmentos óseos, las vértebras: 7 cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares, 5 sacras y 1 a 3 coccígeas.

Desde el punto de vista articular, se puede decir que la columna vertebral está formada por tres columnas articulares que la recorren de arriba a abajo:

- a) Una medial y anterior formada por los cuerpos vertebrales unidos, por lo tanto es muy resistente y será fundamentalmente la encargada de la transmisión del peso. Este pilar anterior tiene como principal función la estática. La articulación entre los cuerpos vertebrales es del tipo anfiartrosis, los cuerpos vertebrales están unidos por un fibrocartílagos.
- b) Dos articulaciones laterales y posteriores a la anterior, formadas por las apófisis articulares, que tienen un papel fundamentalmente dinámico. Son articulaciones accesorias y van a modular los movimientos de la columna vertebral. Las articulaciones son del tipo artrodia.

Estas tres articulaciones no tienen ligamentos propios. Para ayudar al mantenimiento de la estabilidad existen una serie de ligamentos dispuestos a todo lo largo de la columna vertebral por delante y por detrás.

1.1. PRINCIPALES FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA MOVILIDAD Y ESTABILIDAD DE LA COLUMNA VERTEBRAL

1.1.1. Las curvaturas fisiológicas. Las variaciones morfológicas de las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral van a modificar la amplitud de los movimientos de la misma, sobre todo para los de flexión y extensión o hiperextensión. (Fig. 2.1)

La razón funcional de estas curvaturas es dar mayor resistencia. Estas curvas aumentan en 10 veces la resistencia de la columna a la compresión axial.

1.1.2. El grosor y la forma de los discos intervertebrales. Existe una estrecha relación entre el grosor del disco intervertebral y la capacidad de movimientos. A mayor grosor más amplitud en los movimientos.

1.1.3. Los ligamentos. El engrosamiento y rigidez de éstos determina una limitación de los movimientos de la columna.

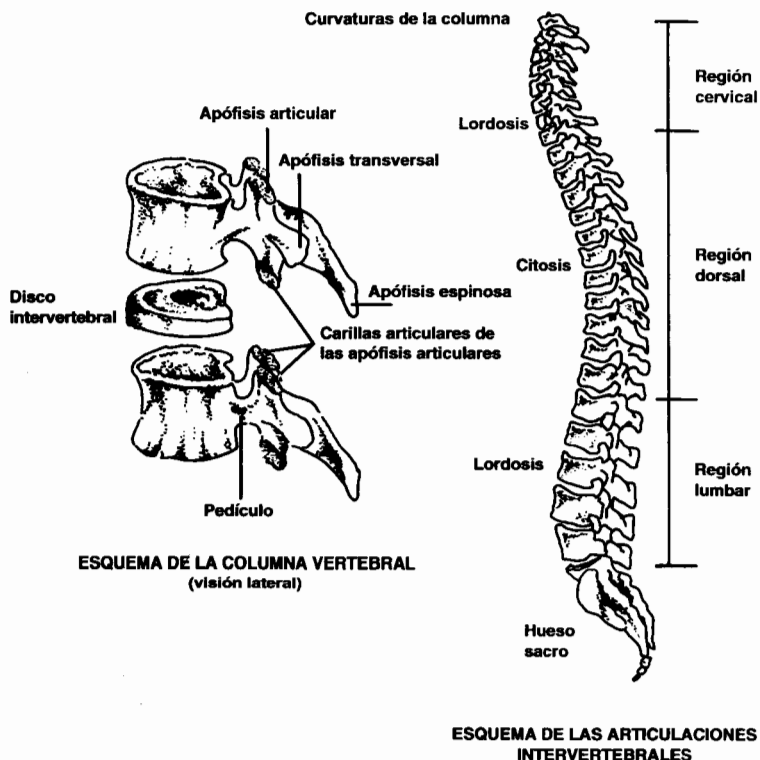


Figura 2.1 Esquema general de la columna vertebral

1.1.4. Las características morfológicas de las distintas partes que componen las vértebras y que varían según las regiones.

1.1.5. La existencia a nivel torácico de las costillas que limitan los movimientos de flexión y lateralización.

1.1.6. El tono de los músculos del dorso: cuando se contraen las masas musculares del dorso se produce una mayor rigidez de la columna.

1.2. MOVIMIENTOS DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Los movimientos activos de la columna vertebral se deben a la contracción de los músculos que la envuelven. Los músculos localizados en la parte anterior realizan los movimientos de flexión, los localizados posteriormente ejecutan los movimientos de extensión y los laterales, si actúan bilateralmente, producen una flexión y, si lo hacen unilateralmente, producen lateralización y rotación. Estas funciones musculares son extrapolables a cualquier articulación del organismo.

1.2.1. Movimientos de flexión. Durante los movimientos de flexión, sobre todo a nivel lumbar, la vértebra superior se desliza hacia adelante sobre la inferior, aplastando el disco intervertebral por su borde anterior. No tiene la misma amplitud en todas las regiones. Varía según las regiones y tiene una amplitud global de 110°.

1.2.2. Movimientos de extensión son aquellos que llevan el tronco a la vertical después de una flexión y los de **hiperextensión** lo llevan hacia atrás. La hiperextensión máxima corresponde a la postura del “puente o pino-puente” que tiene una amplitud de 140°.

1.2.3. Movimientos de flexión lateral o lateralización: este movimiento se acompaña de una ligera rotación del cuerpo vertebral al lado contrario de la lateralización, lo que supone una mayor compresión de los discos intervertebrales. Tiene una amplitud total de 75°.

1.2.4. Rotación: es muy amplia a nivel cervical, ya que la articulación entre la primera y segunda vértebra (atlo-odontoidea) es responsable del 90% de este giro que tiene una amplitud de 90-95°.

1.2.5. Circunducción: Es un movimiento circular de la parte superior del tronco sobre la parte inferior combinando la flexión, extensión y lateralización. Es el movimiento de la columna cervical, dorsal y lumbar sobre la sacro.

2. BIOMECANICA ARTICULAR DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

El hombro no está constituido por una sola articulación. Desde el punto de vista mecánico está formado por un complejo de cinco articulaciones, de las cuales tres son "verdaderas" y dos "son falsas". Las articulaciones "verdaderas" corresponden a las articulaciones escapulohumeral (entre el húmero y la escápula), acromioclavicular (entre la clavícula y el acromion) y esternocostoclavicular (entre la clavícula y el esternón). Las articulaciones "falsas" se localizan entre planos musculares con capacidad de deslizarse entre ellos y son la subdeltoidea y la escapulotorácica. De todas estas articulaciones la más importante es la articulación escapulohumeral, vulgarmente denominada articulación del hombro. (Fig. 2.2)

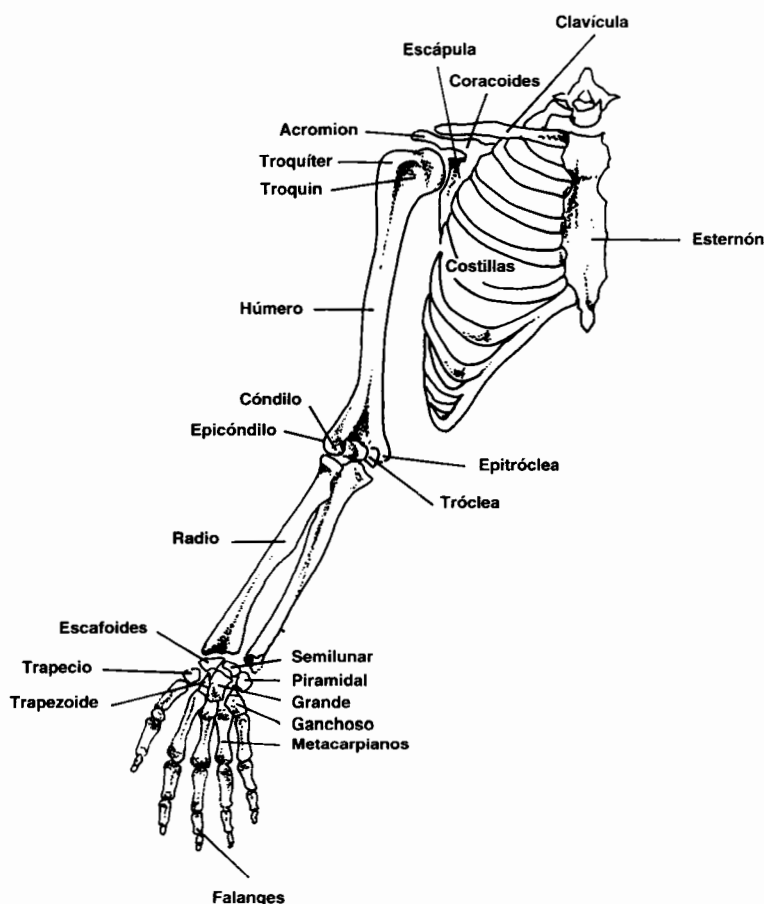


Figura 2.2 Esquema general de la extremidad superior.

2.1. ARTICULACION ESCAPULOHUMERAL

Es la articulación proximal del miembro superior, la unión del brazo con la cintura escapular. Es la articulación del cuerpo humano con mayor capacidad de movimientos, es por tanto del tipo diartrosis enartrosis.

2.1.1. Superficies articulares. Las superficies articulares son esféricas, por lo que tiene tres ejes y tres sentidos de libertad de movimientos. La cabeza humeral es $\frac{1}{3}$ de esfera de aproximadamente 30 mm de radio. La orientación de la cabeza humeral es hacia arriba, adentro y atrás.

La cavidad glenoidea del omoplato está situada en el ángulo supero-externo de la escápula, orientada hacia afuera, adelante y ligeramente hacia arriba. Representa un segmento de esfera hueca que es menor que la cabeza humeral. Para aumentar su superficie articular está rodeada de un anillo fibrocartilaginoso, el rodete glenoideo.

2.1.2. Medios de fijación de la articulación del hombro.

- a) Cápsula articular.
- b) Ligamentos. Ocupan la cara anterior de la articulación. En cambio, la cara posterior está protegida por músculos, no existiendo ligamentos.
- c) El tendón de la porción larga del bíceps es considerado como un ligamento activo. Siempre que contraemos el bíceps, simultáneamente estamos fijando el hombro.
- d) Además, hay que tener en cuenta que todos los músculos que saltan esta articulación tienen una importante función estabilizadora.

2.1.3. Mecánica articular. Las amplitudes de los movimientos de la articulación se refieren a personas normales, no entrenadas. Los movimientos de la articulación escapulohumeral se realizan alrededor de los tres ejes del espacio, lo que permite la orientación de las extremidades superiores en los tres planos del espacio:

- Eje transversal alrededor del cual se realizan los movimientos de flexión y extensión.
- Eje anteroposterior alrededor del cual se realizan los movimientos de abducción y aducción.
- Eje vertical alrededor del cual se realizan los movimientos de antepulsión y retropulsión, cuando la extremidad está en un grado de separación de 90° .

- Hay que añadir un cuarto eje correspondiente al eje longitudinal del húmero, alrededor del cual se realizan los movimientos de rotación interna y externa.

a) Movimientos de flexo-extensión. La extensión es un movimiento que lleva la extremidad hacia atrás y de escasa amplitud: 45° a 50° . Sin embargo, la flexión es un movimiento que lleva el miembro hacia adelante y es amplio, de 180° . La máxima flexión corresponde también con la máxima separación.

b) Movimientos de aproximación-separación: La aducción es el movimiento que lleva la extremidad hacia adentro. La aproximación pura es mecánicamente imposible a causa de la presencia del tronco. A partir de una posición cualquiera de abducción la aproximación, entonces “aducción relativa”, es siempre posible hasta el tronco. A partir de la posición anatómica la aducción es posible combinada con una extensión, siendo muy débil, o con una flexión, alcanzando en este caso entre 30° y 40° .

La abducción es el movimiento que separa lateralmente la extremidad del tronco. Tiene una amplitud que alcanza los 180° , quedando en vertical por encima del tronco. Cuando la separación llega a los 90° este movimiento queda bloqueado por distintos ligamentos, por los músculos aductores y por el choque del troquíter con el rodete glenoideo. Para sobrepasar esta amplitud articular es necesario una basculación del omoplato, para lo cual actúan el resto de las articulaciones de la cintura escapular. A esto se suma la inclinación del tronco.

c) Movimientos de rotación: La rotación del brazo se realiza sobre el eje longitudinal del mismo y puede efectuarse en cualquier posición del hombro. Para medir la amplitud de estos movimientos se utiliza una posición de referencia en la que el codo está flexionado en 90° . La rotación externa tiene una amplitud de 80° y no alcanza los 90° . En cambio, la rotación interna tiene una amplitud mayor, de 100° a 110° .

d) Movimientos de antepulsión y retropulsión (flexión-extensión horizontal): En la realización completa de estos movimientos no sólo interviene la articulación escapulohumeral, además actúa las otras articulaciones de la cintura escapular. La posición de referencia es de separación del miembro superior en 90° . La amplitud de estos movimientos es de 140° de flexión horizontal y 30° de extensión horizontal.

e) Movimiento de circunducción. Es la suma de los movimientos de flexo-extensión y los de abducción.

2.2. ARTICULACION DEL CODO

La articulación del codo está situada entre el brazo y el antebrazo y permite el acercamiento y alejamiento de la mano del tronco. Los principales movimientos que realiza esta articulación son los de flexo-extensión. Pero además interviene permitiendo los de prono-supinación (movimientos de rotación del antebrazo).

El codo por tener solamente una cápsula articular está considerado como una única articulación que en realidad son tres:

2.2.1. Articulación humerocubital. Se localiza entre el húmero y el cúbito cuyas superficies articulares están formadas por la cavidad sigmoidea mayor del cúbito y la tróclea humeral. Estas dos superficies articulares miran hacia adelante y hacia abajo y hacia adelante y arriba respectivamente. Estos hechos morfológicos van a determinar la amplitud los movimientos que realiza esta articulación. Es una articulación del tipo diartrosis troclear y, por tanto, interviene en la realización de los movimientos de flexo-extensión.

2.2.2. Articulación radiocubital superior. Las superficies articulares están formadas, por una parte, por la cabeza del radio que se dispone como un cilindro macizo y, por la otra formando un cilindro hueco, la cavidad sigmoidea menor del cúbito de cuyo borde anterior sale el ligamento anular del radio, que rodeando a la cabeza del radio se ata en el borde posterior de dicha cavidad. Este ligamento no sólo es un medio de unión de esta articulación, además interviene en la formación de la superficie articular. Por consiguiente, la cabeza del radio gira dentro del cilindro formado por la cavidad sigmoidea menor del cúbito y el ligamento anular del radio. Es una articulación del tipo diartrosis trocoide. Por tanto realiza movimientos de rotación alrededor del eje del antebrazo, interviniendo en la prono-supinación. Esta articulación no actúa en los movimientos de flexo-extensión del codo.

2.2.3. Articulación humerorradial: Es una diartrosis condílea desde el punto de vista morfológico, pero funcionalmente es una articulación adaptada a las dos anteriores, es decir, va a permitir los movimientos de flexo-extensión y de prono-supinación. Las superficies articulares están formadas por el cóndilo del húmero y por la cara superior de la cabeza del radio.

2.2.4. Medios de unión.

- a) La cápsula articular. Es un manguito fibroso común a las tres articulaciones.
- b) Los ligamentos.
- c) Ligamentos activos: Los tendones de los músculos que envuelven la articulación.

Todas estas estructuras se caracterizan por dejar libre de inserciones la cabeza del radio para permitir los movimientos de rotación del radio durante la prono-supinación.

2.2.5. Mecánica articular.

La articulación del codo realiza movimientos de flexión y extensión. Estos movimientos se ejecutan alrededor de un eje transversal que pasa por el centro de la articulación humerocubital. Los movimientos de prono-supinación, en los que interviene la articulación radiocubital superior, se consideran propios del antebrazo.

- a) **Movimientos de flexión.** Es el movimiento que lleva el antebrazo hacia el brazo y tiene una amplitud activa de 145° (realizada por los músculos) y pasiva de 160° (la realizada por fuerzas externas).
- b) **Movimientos de extensión.** No existe extensión del codo, ya que la posición de referencia corresponde a la extensión completa. En sujetos con gran laxitud ligamentosa, mujeres y niños, puede existir una hiperextensión de 5 a 10° .

2.3. ARTICULACIONES DEL ANTEBRAZO (MOVIMIENTOS DE PRONOSUPINACION)

Las articulaciones del antebrazo son dos, la radiocubital superior y la radiocubital inferior, localizadas entre los extremos de los huesos radio y cúbito. Gracias a sus movimientos sincronizados de giro, ya que ambas articulaciones son del tipo diartrosis trocoide, permiten realizar el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal: pronación y supinación.

2.3.1. Mecánica articular.

Durante los movimientos sincronizados de giro, en la articulación radiocubital superior, la cabeza del radio gira sobre el cúbito y el ligamento anular del radio. Mientras que en la articulación radiocubital inferior, la epífisis distal del radio se desplaza sobre la epífisis distal del cúbito.

Para estudiar la biomecánica articular de estas dos articulaciones es necesario partir de una posición de referencia, en la que colocamos el codo en una flexión de 90° y pegado al tronco, la palma mira hacia dentro y el pulgar hacia arriba.

En los **movimientos de supinación** la palma de la mano mira hacia arriba y el pulgar hacia afuera. Estos movimientos tienen una amplitud de 90° . En los **movimientos de pronación** la palma mira hacia abajo y el dedo pulgar hacia dentro. Tiene una amplitud máxima de 85° que no es posible superar

por que el radio pasa por encima del cúbito chocando contra él. En supinación estos huesos se colocan en paralelo y en pronación se cruzan formando una "X".

2.4. ARTICULACION DE LA MUÑECA

La muñeca es la articulación que une la mano con antebrazo. Está formada por un complejo articular compuesto de dos articulaciones: radiocarpiana y mediocarpiana. Estas dos articulaciones permiten movimientos alrededor de los ejes transversal y anteroposterior, realizando movimientos de:

- flexión y extensión.
- lateralidad: abducción o flexión radial.
abducción o flexión cubital.
- circunducción (suma de los anteriores).

Estos movimientos son los típicos de una articulación del tipo diartrosis condílea. La muñeca no tiene movimientos de rotación activa, pero la mano se puede orientar en cualquier sentido del espacio gracias a los movimientos de prono-supinación que realizan las articulaciones del antebrazo

2.4.1. Articulación radiocarpiana. Es una articulación del tipo de las diartrosis condílea, por tanto, sus superficies articulares están formadas por una cavidad glenoidea, la cara inferior del extremo distal del radio y el ligamento triangular, y por un cóndilo formado por las caras proximales de los huesos escafoides, el semilunar y el piramidal.

2.4.2. Articulación mediocarpiana. Está localizada entre los huesos de la primera y segunda fila del carpo que forman una articulación doble condílea: el cóndilo interno está formado por las carillas articulares superiores del hueso grande y ganchoso que se corresponden con una cavidad glenoidea formada por las carillas inferiores de los huesos piramidal, semilunar y parte del escafoides. El cóndilo externo lo forman la carilla articular inferior del hueso escafoides y la cavidad glenoidea que se opone está formada por las caras superiores del trapecio y el trapecoide.

2.4.3. Medios de unión de la muñeca:

- a) Las cápsulas articulares de estas dos articulaciones.
- b) Ligamentos. La mayoría de los ligamentos actúan sobre las dos articulaciones.
- c) Ligamentos activos: Los tendones de los músculos que atraviesan esta región.

2.4.4. Mecánica articular de las articulaciones de la muñeca: Se va a tomar como referencia para medir la amplitud de los ángulos que alcanzan los movimientos de la muñeca el eje que desde el centro de ésta va hasta la punta del 3º dedo.

La flexión es el movimiento que lleva la mano hacia adelante. Tiene una amplitud de 85° no llegando a los 90°. La extensión lleva la mano hacia atrás con una amplitud máxima de 85°, no llegando a los 90°. Los movimientos de separación o flexión radial llevan la mano hacia afuera (no sobre pasa los 15°) y hacia adentro lo hacen los movimiento de aproximación o flexión cubital que alcanzan los 45°.

Hay que tener presente que el carpo presenta un número elevado de huesos, lo que hace que presente una geometría variable y no rígida, ya que los huesos dentro del carpo sufren ligeros desplazamientos entre ellos durante los movimientos de la muñeca.

2.4.5. En los movimientos de flexo-extensión de la muñeca se distinguen cuatro sectores o capacidades de movimiento:

- a) Sector de adaptación permanente.** Tiene una amplitud de 20° de flexión y extensión. En el se realizan los movimientos más corrientes. Los ligamentos apenas se tensan ya que hay ligeros desplazamientos óseos.
- b) Sector de movilidad usual.** Tienen una amplitud de 40° de flexión y extensión. Los ligamentos empiezan a actuar y ya hay notables presiones articulares. Actúan por igual la articulación radiocarpiana y mediocarpiana.
- c) Sector de sujeción fisiológicamente momentánea.** La flexión y la extensión alcanza los 80°. Las tensiones ligamentosas y las presiones articulares llegan a los valores máximos, alcanzando la posición de adosamiento.
- d) Sector de limitación patológica.** Por encima de los 80°, significando la ruptura de los ligamentos o su distensión y produciendo una inestabilidad del carpo.

3. BIOMECANICA ARTICULAR DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

3.1. ARTICULACION COXOFEMORAL

La articulación coxofemoral, también llamada articulación de la cadera, establece la unión entre el miembro inferior y la cintura pelviana. Esta articulación es del tipo diartrosis enartrosis, por consiguiente, dotada de tres ejes y sentidos de libertad de movimientos que le permiten orientar el miembro inferior en todas las direcciones del espacio. Las características de esta articulación están condicionadas por las funciones de transmisión del peso corporal y por la locomoción. (Fig. 2.3)

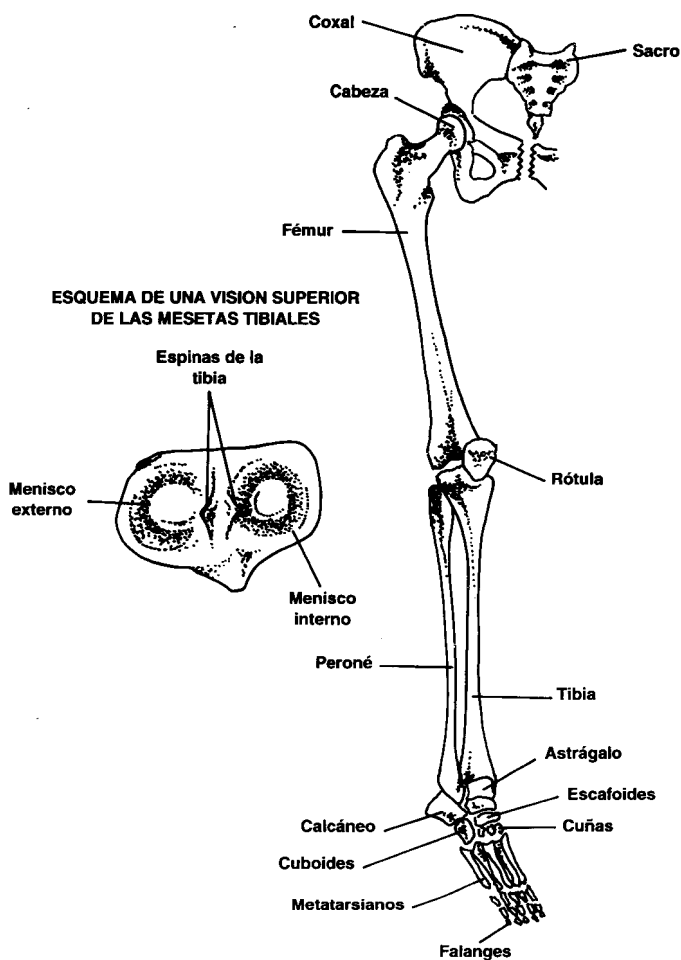


Figura 2.3 Esquema general de la extremidad inferior.

3.1.1. Superficies articulares. La cabeza del fémur está constituida por dos tercios de esfera de unos 40 a 50 mm de diámetro. La orientación de la cabeza femoral viene dada por el cuello anatómico del fémur que se dirige hacia arriba, adentro y adelante.

La cavidad cotiloidea del hueso coxal recibe la cabeza femoral. Representa aproximadamente la mitad de una esfera hueca cuyo contorno está rodeado por un reborde fibrocartilaginoso circular más o menos delgado llamado rodete cotiloideo. Esta cavidad mira hacia abajo y hacia delante.

3.1.2. Medios de unión de la articulación coxofemoral.

- a) Cápsula articular. Este manguito muy fuerte, formado por cuatro tipos de fibras que tienen diferentes direcciones (longitudinales, oblicuas, en arco y circulares) que unen al fémur con el coxal.
- b) Los ligamentos de la cadera son muy potentes y están situados dos en la cara anterior y uno en la posterior de la articulación. Cuando se produce una extensión de la articulación coxofemoral se produce una tensión de todos los ligamentos, puesto que se enrollan en torno al cuello femoral. En cambio, la flexión de esta articulación lleva consigo una distensión de todos los ligamentos, no produciendo éstos ningún tipo de limitación.

3.1.3. Factores que intervienen en la estabilidad de la cadera.

- a) **Factores óseos del fémur.** La orientación del cuello femoral que se dirige hacia adentro, arriba (tiene un ángulo de 125° con la diáfisis femoral) y hacia adelante.
- b) **Factores óseos del hueso coxal.** La orientación del acetábulo hacia afuera, abajo y adelante.
- c) **Factores musculares.** Los músculos son esenciales en la estabilidad de la articulación coxofemoral, sobre todo aquellos que llevan la misma dirección del cuello, como ocurre con los pelvitrocantéreos, entre los que destacan el piramidal, los obturadores y los glúteos. Sin embargo, los músculos también pueden ser estructuras que inestabilicen la articulación coxofemoral. Esto sucede con los músculo que tienen una dirección longitudinal hacia abajo, por ejemplo los aductores que tienden a luxar la cabeza por encima del cótilo.

3.1.4. Mecánica articular

La articulación coxofemoral es una articulación del tipo diartrosis enartrosis, por tanto puede orientar la extremidad inferior en todas las direcciones del

espacio, para lo cual está dotada de tres ejes y de tres sentidos de libertad de movimientos:

a) Análisis de los movimientos de flexión. Es el movimiento que acerca la cara anterior del muslo al abdomen. La amplitud de los movimientos de flexión depende de la posición previa de la rodilla. Cuando ésta está flexionada los músculos isquiotibiales se encuentran relajados, permitiendo una mayor flexión de la cadera.

- Flexión activa. Con la rodilla extendida los movimientos de flexión activa alcanzan sólo 90°, en cambio con la rodilla flexionada llegan a los 120°.
- Flexión pasiva. Con la rodilla extendida la flexión pasiva sobrepasan los 120° y con la rodilla flexionada su amplitud supera los 140°, casi toma contacto el muslo con el tórax.

b) Análisis de los movimientos de extensión. La extensión lleva la extremidad hacia atrás. Está limitada por la tensión de todos los ligamentos. La extensión activa con la rodilla en flexión llega a los 10°, en cambio, con la rodilla en extensión la extensión activa de la cadera alcanza los 20°. Esto es debido a que los músculos isquiotibiales con la rodilla flexionada pierden su función extensora de la cadera. La extensión pasiva alcanza los 30°.

c) Análisis de los movimientos de abducción. Teóricamente es posible realizar el movimiento de separación de una sola cadera. Pero en la práctica, la abducción de una cadera se acompaña de una separación igual y automática de la otra. Esta acción simultánea de abducción en las dos caderas se comienza a ver de forma ostensible a partir de los 30° de separación entre las dos extremidades, cuando se empieza a vascular la pelvis. Por lo tanto, la abducción de cada articulación es de 15°. En las personas normales, no entrenadas, el movimiento máximo de abducción es de 90° entre las dos extremidades, es decir, 45° para cada cadera. Este movimiento de abducción está limitado por el choque óseo del cuello del fémur con la ceja cotoidea. En individuos entrenados la separación activa puede llegar a ser de 120° y la pasiva de 180°. Pero en realidad no es una separación pura, ya que se acompaña de una inclinación de la pelvis hacia adelante, acentuando la lordosis lumbar.

d) Análisis de los movimientos de aducción. Los movimientos puros no existen ya que chocaría contra la otra extremidad, sin embargo, si existen movimientos de aducción relativa: cuando partiendo de una posición de separación llevamos la extremidad hacia adentro o cuando

se combina la aducción con la flexión o extensión de la cadera. En estos casos la amplitud máxima de la aducción es de 30°

e) Análisis de los movimientos de rotación. Para la correcta valoración de este movimiento es necesario tener totalmente extendida la rodilla, evitando la rotación de ésta. La posición de referencia para medir este tipo de movimientos es con el individuo en decúbito prono con la rodilla flexionada en 90°. Cuando llevamos la pierna hacia fuera se produce una rotación interna que tiene una amplitud de 60°, y cuando llevamos la pierna hacia dentro se produce una rotación externa que es de unos 30 a 40° aproximadamente.

f) Análisis de los movimientos de circunducción de la cadera. El movimiento de circunducción se define como la combinación simultánea de los movimientos elementales realizados alrededor de los tres ejes de libertad de movimientos. La amplitud máxima de circunducción traza en el espacio un cono, cono de circunducción, cuyo centro es el centro de la articulación coxofemoral.

3.2. ARTICULACION DE LA RODILLA

La rodilla es la articulación más grande del organismo y está formada a su vez por dos articulaciones: la articulación femorotibial y la femoropatelar.

La rodilla, en posición anatómica, tiene un valgus fisiológico de 170-175°. Recordar que el cóndilo interno está justo en la vertical de la tuberosidad isquiática.

3.2.1. Superficies articulares. En el extremo distal del fémur se localiza anteriormente la tróclea femoral, para articular con la rótula, de la que parten hacia atrás otras dos superficies, los cóndilos del fémur, para articular con la tibia.

Las mesetas tibiales o platillos tibiales, situadas en el extremo proximal de la tibia, son dos superficies ovaladas en forma de carril hueco, separadas por las espinas tibiales.

La rótula en su cara posterior presenta una superficie articular que se opone a la tróclea femoral. La función de este hueso sesamoideo es proteger el tendón del cuádriceps cuando se producen los movimientos de flexo-extensión. La articulación femoropatelar es del tipo encaje recíproco.

Los cóndilos del fémur son más convexos que las concavidades glenoideas de las mesetas tibiales siendo necesario, para armonizar dichas superficies, la existencia de unos fibrocartílagos llamados meniscos que se localizan entre

ambas estructuras. El menisco externo tiene forma de “O” y el interno, más abierto hacia el interior, con forma de “C”. Los meniscos, además de sus inserciones sobre la tibia, están sujetos por la cápsula articular, ligamentos y músculos.

3.2.2. Medios de unión.

- a) Cápsula articular.
- b) Ligamentos intraarticulares y extraarticulares que evitan los movimientos de lateralización, tanto externa como interna, así como los desplazamiento hacia adelante y hacia atrás de las superficies articulares.
- c) Ligamentos activos: los tendones de los músculos que saltan la articulación.

3.2.3. Mecánica articular.

Anatómicamente la articulación femorotibial es una articulación del tipo condílea (bicondílea), pero funcionalmente se comporta como una tróclea, como consecuencia de la existencia de la espina de la tibia, que encaja sobre la escotadura intercondílea e impide otros movimientos que no sean los de flexión y extensión. Por lo tanto, estos son los movimientos principales que realiza esta articulación. Como movimientos accesorios de articulación se observa una rotación interna, automática durante la flexión, y una lateralización que es muy escasa.

- a) **Movimientos de flexión.** Es el movimientos que acerca la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo. Durante los primeros 15 a 20° los cóndilos del fémur ruedan sobre las glenoides tibiales, como ocurre en la marcha. A partir de estos ángulos los cóndilos se deslizan sobre las glenoides. Hay que indicar que el cóndilo externo rueda más hacia atrás que el interno, de ahí las rotaciones automáticas de la rodilla. Al final de la extensión se produce una rotación externa y al comienzo de la flexión se produce una rotación interna. Este movimiento de flexión está limitado por los choques de los músculos del muslo con la pantorrilla. La amplitud de los movimientos de esta articulación depende de la posición previa de la cadera. Si la cadera está es posición normal la flexión activa de la rodilla llega a los 120° y si la cadera está flexionada alcanza los 140°. La flexión pasiva llega hasta los 160° permitiendo el contacto del talón con las nalgas.
- b) **Movimientos de extensión.** Se define como el movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo. Si partimos de la posición anatómica no existe extensión activa. De forma pasiva es posible realizar una extensión real de 5 a 10°, sobre todo en personas con laxitud ligamentosa.

- c) **Movimientos accesorios.** Cuando la rodilla está flexionada es posible una ligera rotación hacia afuera y hacia adentro. Para realizar la exploración de estos movimientos es necesario tener la rodilla en flexión de 90°. La amplitud de los movimientos de rotación externa es de 40° y 30° los de la interna. Existe una rotación pasiva que es más amplia que la activa. Además y también en flexión, existen unos ligeros movimientos de lateralidad.

3.3. SUSTRATO OSTEOARTICULAR DEL TOBILLO O TIBIOTARSIANA

El tobillo es el segmento de la extremidad inferior que une la pierna con el pie. Esta articulación debe compaginar, como la mayoría de las articulaciones de la extremidad inferior, una doble función: transmisión del peso y la locomoción. Además, en la estática permite pequeños movimientos oscilatorios para mantener el equilibrio.

3.3.1. Superficies articulares. La articulación del tobillo o tibiotalar está formada, por arriba, por el extremo inferior de la tibia que presenta dos superficies articulares, una mira hacia abajo, y apoya sobre la superficie superior del astrágalo o polea astragalina, y otra mira hacia dentro, localizada en la cara externa del maléolo tibial o interno, y se opone a la superficie interna del astrágalo. En el extremo inferior del peroné existe una superficie articular en la cara interna del maléolo peroneal o externo que articula con la carilla articular externa del astrágalo. Por tanto, la pieza inferior de esta articulación es el hueso astrágalo que tiene tres carillas articulares: una superior y dos laterales. Esta articulación es una tróclea, por tanto, sólo posee un eje para realizar sus movimientos.

3.3.2. Medios de sujeción.

- a) La cápsula.
- b) Ligamentos. Tienen como función principal evitar las lateralidades del tobillo.
- c) Ligamentos activos: los tendones de los músculos que atraviesan esta articulación.

3.3.3. Mecánica articular.

La articulación tibiotalar realiza sólo movimientos de flexión y extensión del pie, cuyo barrido total, aunque variable de unos individuos a otros, es de 90°, de los cuales la extensión o flexión dorsal (punta del pie hacia

arriba) corresponden aproximadamente a 35° mientras que la flexión plantar (punta del pie hacia abajo) es de unos 55°. Esta articulación actúa obligatoriamente con las peroneotibiales. La desigual anchura de la polea astragalina, mayor por delante que por detrás, requiere que los movimientos de extensión plantar del pie (flexión dorsal) se abra la mortaja tibioperonea y el peroné se desplaza hacia arriba.

a) Limitaciones de la flexión plantar:

- Los tubérculos posteriores del astrágalo chocan con la margen posterior de la superficie articular tibial.
- La tensión de los fascículos anteriores de los ligamentos laterales, así como de la cara anterior de la cápsula articular.
- La resistencia tónica de los músculos extensores.

b) Limitaciones de la extensión plantar:

- El choque de la cara superior del astrágalo con el margen anterior de la superficie articular tibial.
- La tensión de los fascículos posteriores de los ligamentos laterales, así como de la cara posterior de la cápsula articular.
- La retracción tónica de los músculos flexores, sobre todo los que se insertan en el tendón de Aquiles.

3.4. ARTICULACIONES PERONEOTIBIALES

Los dos huesos de la pierna, tibia y peroné, articulan en sus extremos superior e inferior formando las articulaciones tibioperoneales superior e inferior. Los movimientos que realizan las articulaciones tibioperoneales desde el punto de vista mecánico están unidos a la mecánica articular de la articulación tibiotarsiana, de ahí que se realice su estudio después de la articulación del tobillo.

3.4.1. Biomecánica articular.

La flexo-extensión de la articulación tibiotarsiana ocasiona automáticamente la entrada en actividad de las dos articulaciones peroneotibiales. Se puede decir que estas tres articulaciones están unidas mecánicamente.

El maléolo externo durante la flexión dorsal del tobillo se separa del interno, se eleva y rota sobre si mismo en sentido interno. Durante la extensión del tobillo ocurre todo lo contrario.

La articulación peroneotibial superior recibe el contragolpe de los movimientos del maléolo externo. Durante la flexión del tobillo, la carilla del peroné de esta articulación resbala hacia arriba y hacia atrás. Movimientos inversos ocurren durante la extensión.

DRA. L. PEREZ-GALLARDO

1. METABOLISMO

Se entiende por metabolismo de un organismo, el conjunto de todas las reacciones químicas, catalizadas por enzimas, que tienen lugar en todas y cada una de sus células.

El metabolismo tiene tres finalidades: a) Mantener la salud y la vida; b) Conseguir el crecimiento individual; c) Permitir su reproducción.

Para conseguir estos fines, las reacciones químicas de un organismo transcurren según dos direcciones vitales: a) Captación, almacenamiento y aprovechamiento de la energía que procede del exterior y, b) Formación de las propias estructuras que constituyen el organismo.

En este sentido, el metabolismo se podría dividir en:

- a) **Catabolismo** o degradación de las sustancias energéticas.
- b) **Anabolismo** o metabolismo de síntesis.

Catabolismo y anabolismo tienen lugar en las células de modo concurrente y están íntimamente relacionados por medio del **metabolismo intermediario** que podríamos definir como “el conjunto de etapas químicas que a partir de unos sustratos energéticos (que son degradados), vuelven a construir materiales más complejos. Los intermediarios químicos de este proceso se denominan **metabolitos**.”

En principio, los pasos catabólicos son **exergónicos**, es decir, suministran energía que se almacena en los denominados “enlaces ricos en energía”, especialmente en forma de adenosin trifosfato o ATP. Por el contrario, las reacciones anabólicas son consumidoras de energía y están ligadas a la rotura de dichos enlaces ricos en energía (Fig. 3.1).

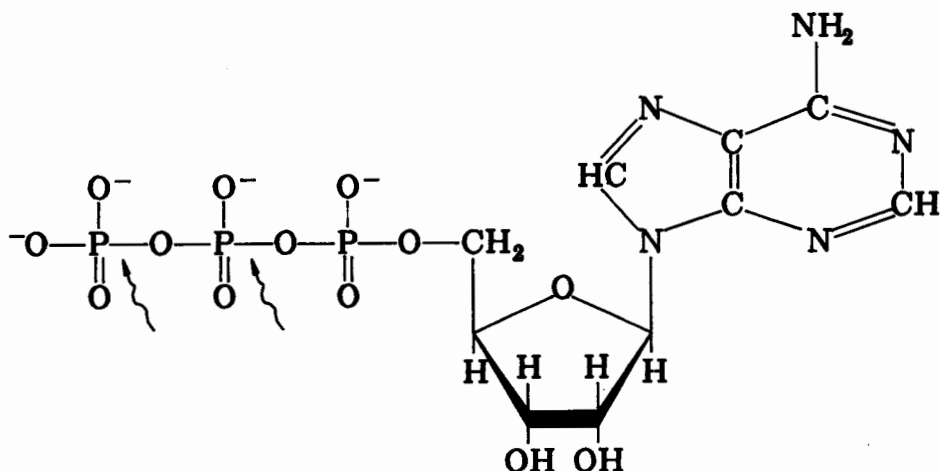


Figura 3.1 Estructura de la molécula de adenosín trifosfato -ATP- donde se indican los "enlaces ricos en energía".

Las moléculas orgánicas complejas (glucosa, ácidos grasos, etc.) contienen mucha energía potencial. Cuando estas moléculas se oxidan biológicamente, es decir, sufren una combustión sin llama o combustión a baja temperatura experimentan una pérdida de energía libre que se utiliza para realizar distintos tipos de trabajo (mecánico, de transporte y de biosíntesis) en condiciones de temperatura y presión constantes.

Para transportar la energía química obtenida en las reacciones catabólicas hasta las reacciones de biosíntesis, hay dos caminos:

- a) Conservar la energía libre de los combustibles celulares como energía química, específicamente como la energía de enlace fosfato del trifosfato de adenosina (ATP) que se forma a partir del difosfato de adenosina (ADP) y fosfato inorgánico (P_i), en reacciones acopladas a etapas específicas durante el catabolismo. El ATP así formado puede difundir hacia los lugares de la célula en que se necesita su energía. Esta energía química se libera después durante la transferencia de su grupo o grupos fosfato terminales a otras moléculas que adquieren un nivel superior de energía y pueden realizar trabajo.
- b) Un segundo camino consiste en transportar la energía obtenida en las reacciones catabólicas en forma de electrones. En la síntesis de algunas biomoléculas ricas en H^+ (ácidos grasos, colesterol, etc.) son necesarios electrones e H^+ que son transportados enzimáticamente desde las reacciones catabólicas, productoras de electrones, hasta los grupos que los necesitan mediante coenzimas transportadores de

electrones, el más importante de ellos es el dinucleótido de adenina y nicotinamida fosfato (NADP). Tanto el catabolismo como el anabolismo son dos procesos simultáneos e interdependientes, que pueden analizarse por separado.

2. TRANSFORMACIONES CATABOLICAS

La degradación enzimática de cada uno de los principales elementos nutritivos: Hidratos de carbono, lípidos y proteínas, tiene lugar a través de cierto número de reacciones enzimáticas consecutivas (Fig. 3.2). Tanto las enzimas que catalizan estas etapas como los diversos intermediarios químicos que se forman en la fragmentación escalonada de las moléculas nutritivas, están bien establecidos. El catabolismo de esos elementos nutritivos principales tiene lugar en tres fases.

2.1. FASE I

Las grandes moléculas que ingerimos o almacenamos se degradan hasta sus elementos componentes. Los polisacáridos (glucógeno, almidón, etc.) son degradados a pentosas o hexosas (glucosa), los lípidos a ácidos grasos, glicerina y otros componentes, y las proteínas a sus 20 aminoácidos constitutivos.

2.2. FASE II

Los distintos productos de la fase I son convertidos en un número reducido de moléculas más pequeñas. Así, las hexosas, pentosas, glicerina y ácidos grasos después de ir degradándose en moléculas más sencillas se convierten finalmente en una especie sencilla de dos átomos de C, el grupo acetilo del acetil-CoA. Los aminoácidos diferentes son también degradados a unos pocos productos finales: acetil-CoA, α -cetoglutarato, succinato, fumarato y oxalacetato.

2.3. FASE III

Los productos formados en la fase II recorren el camino común final en el que son oxidados para dar anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O) y energía (ATP). Este camino comprende el ciclo de los ácidos tricarboxílicos o ciclo de Krebs y la fosforilación del ADP a ATP acoplada a la oxidación-reducción de unas pocas moléculas localizadas en las mitocondrias de las células de los mamíferos.

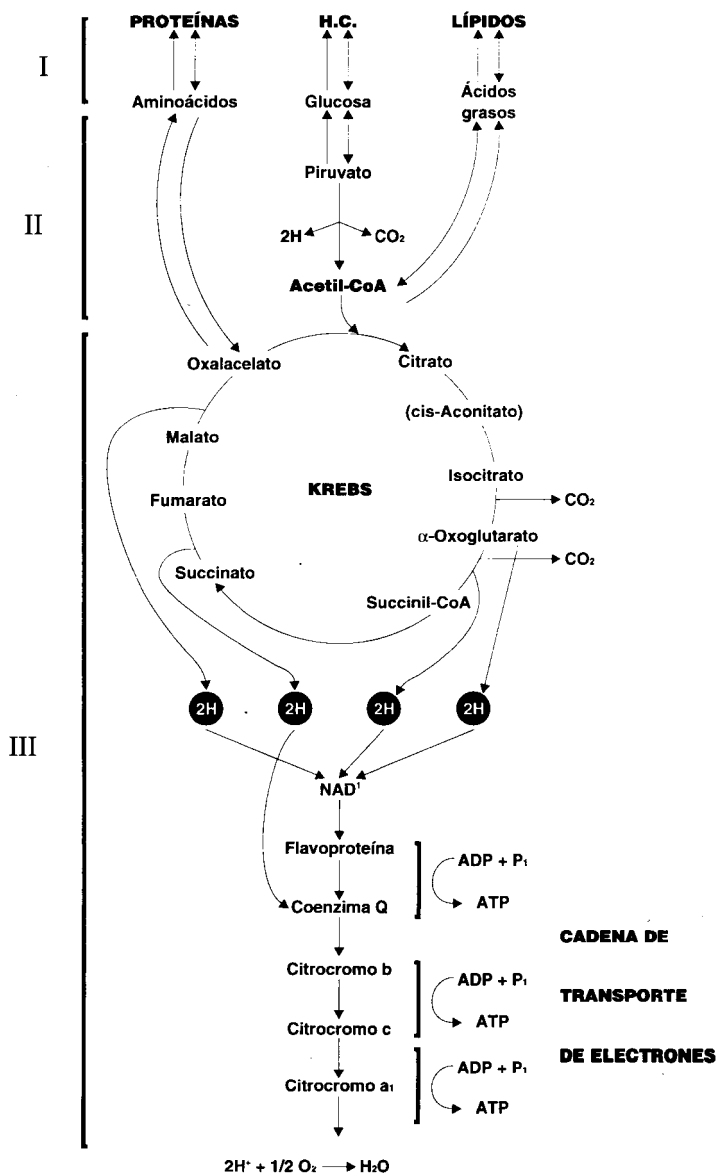


Figura 3.2 Fases de las transformaciones catabólicas y anabólicas.

3. TRANSFORMACIONES ANABOLICAS

El anabolismo también tiene lugar en tres fases, comenzando por los pequeños elementos de construcción originados en las fases finales del catabolismo. Así, la síntesis de proteínas comienza en la fase III, a partir de los cetoácidos, en la fase II son aminados por donadores de grupos amino y en la fase I se reúnen los aminoácidos para producir cadenas de proteínas. Los ácidos grasos saturados de cadenas largas se forman a partir del acetil-CoA producto en la fase II de la degradación de hidratos de carbono, de los aminoácidos o de los propios ácidos grasos y en la fase I son esterificados a la glicerina para dar los triacilglicéridos. La síntesis de polisacáridos como el glucógeno comienza con la formación de glucosa a partir de piruvato, lactato, algunos aminoácidos (Alanina, Arginina, etc.), oxalacetato, metabolitos procedentes de las fases II o III y que en la fase I son polimerizados para dar las grandes moléculas de glucógeno.

4. DIFERENCIAS ENTRE PROCESOS ANABOLICOS Y CATABOLICOS

Los caminos anabólicos y catabólicos, especialmente en las células de los mamíferos pueden diferir en varios aspectos.

4.1. ETAPAS

Se sabe con certeza que los caminos catabólicos y anabólicos entre un determinado sustrato y un cierto producto no suelen ser idénticos. Por ejemplo, las etapas responsables de la degradación de la glucosa a piruvato, son catabolizadas por una secuencia de 10 enzimas distintos. Parecería lógico y económico que la síntesis anabólica de glucosa a partir de piruvato transcurriera por la simple inversión de las diez etapas mencionadas, pero sabemos que la biosíntesis de glucosa a partir de piruvato solo utiliza 7 de las 10 etapas que intervienen en la degradación, las otras tres están sustituidas por reacciones enteramente diferentes catalizadas por enzimas, que se emplean solamente en la dirección de la biosíntesis. De modo análogo, las sendas catabólicas y anabólicas entre proteínas y aminoácidos, o entre los ácidos grasos y el acetil-CoA, son diferentes (Fig. 3.3).

4.2. LOCALIZACIÓN INTRACELULAR

Hay diferencias en sus respectivas localizaciones intracelulares. Por ejemplo, la oxidación de los ácidos grasos hasta la etapa de acetato tiene

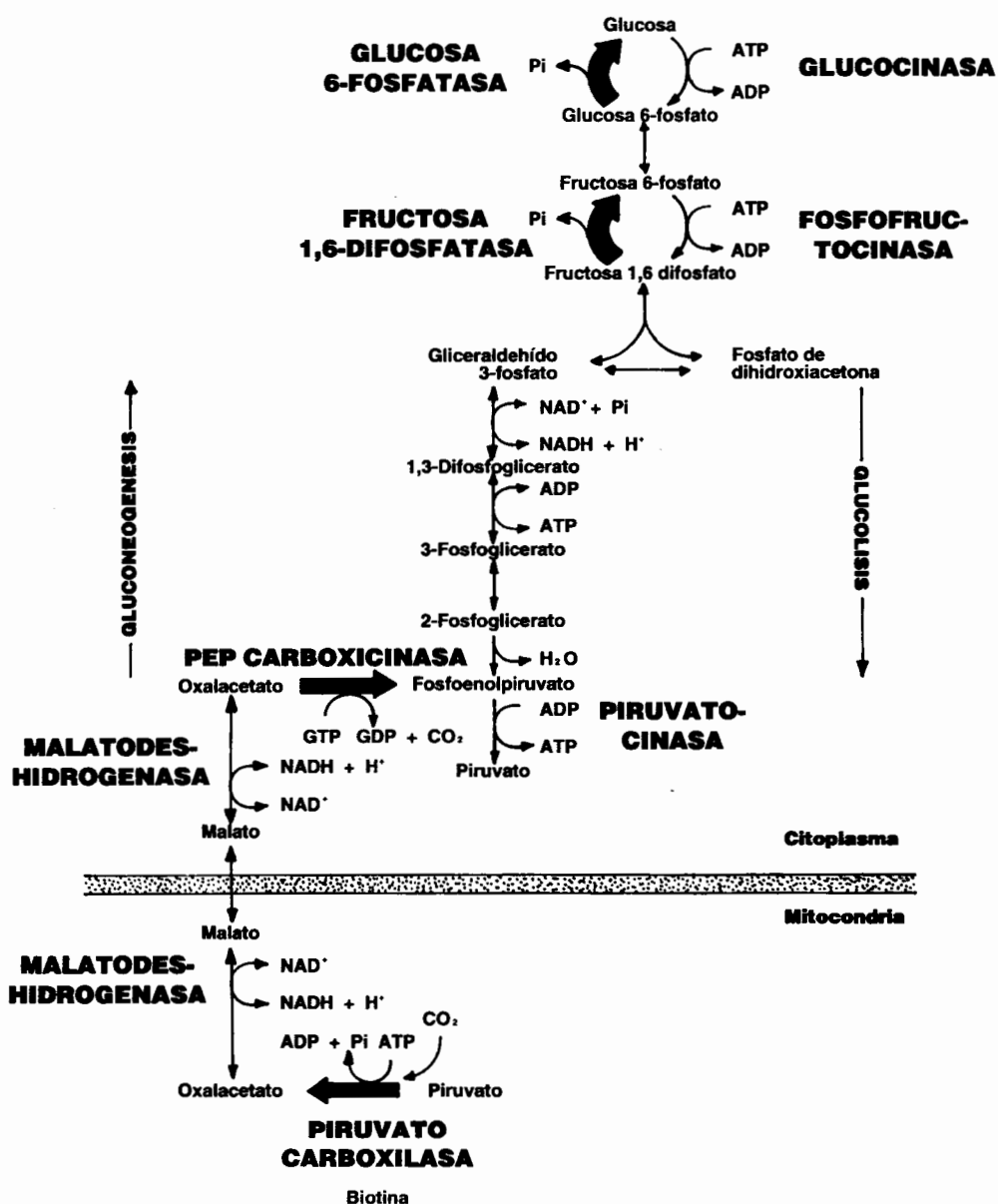


Figura 3.3 Rutas metabólicas de la glucosa, (a) degradación de la glucosa hasta piruvato, (b) síntesis de glucosa a partir de piruvato.

lugar por acción de un conjunto de enzimas localizados en la mitocondria, mientras que el proceso de su síntesis, a partir del acetato se efectúa gracias a otro conjunto de enzimas localizados en el citoplasma de la célula (Fig. 3.4).

BETA - OXIDACION DE LOS ARIDOS GRASOS
LOCALIZACION: MITOCONDRIA

SINTESIS DE ACIDOS GRASOS
LOCALIZACION: CITOPLASMA

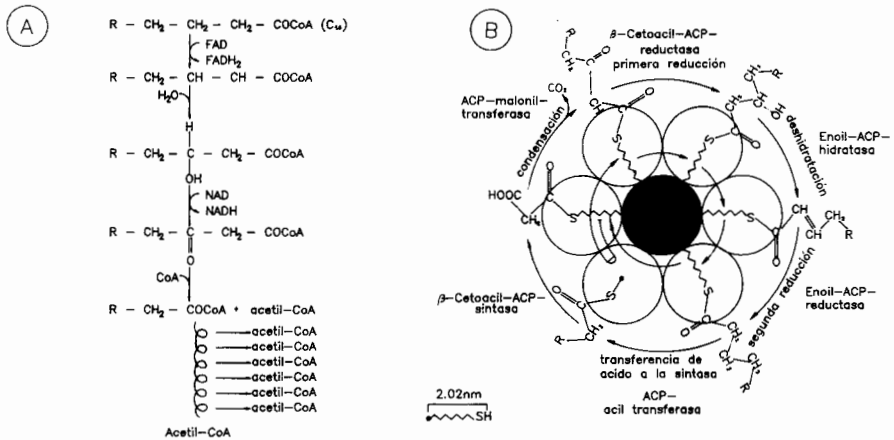


Figura 3.4 Localización y rutas metabólicas de los ácidos grasos, (a) degradación de los ácidos grasos hasta acetato, (b) síntesis de los ácidos grasos a partir de acetato.

4.3. REGULACION

La regulación genética y alostérica, es otro de los aspectos en los que pueden diferir las rutas catabólicas y las anabólicas. Por ejemplo, la velocidad de la degradación del glucógeno a ácido láctico está regulada por diferentes mecanismos que la conversión del ácido láctico en glucógeno.

5. SIMILITUDES ENTRE LOS PROCESOS ANABOLICOS Y CATABOLICOS

Aunque los caminos del catabolismo y el anabolismo no son idénticos hay algunos aspectos que los hacen semejantes:

5.1. PUNTO DE CONCURRENCIA

La fase III constituye un campo de concurrencia o camino central, accesible a ambos. Esta ruta puede utilizarse catabólicamente para lograr la degradación completa de pequeñas moléculas producidas en la fase II del

catabolismo, o puede utilizarse anabólicamente para producir moléculas pequeñas como precursores para la fase II del anabolismo.

5.2. REACCIONES LIGADAS

La mayoría de las reacciones del metabolismo se hallan ligadas entre sí, ya que el producto de una determinada reacción enzimática se convierte en el sustrato de la siguiente, en secuencias consecutivas. Estas secuencias son posibles porque grupos funcionales específicos de moléculas de metabolitos se separan y transfieren a moléculas aceptoras. El número de estos grupos funcionales en las moléculas biológicas es muy reducido así como el tipo de reacciones diferentes que se verifican en el conjunto del metabolismo.

6 PERFILES METABOLICOS DE LOS ORGANOS MAS IMPORTANTES

La complicada red de reacciones metabólicas existentes para satisfacer las necesidades del organismo completo esta bien coordinada. A este respecto los órganos más importantes del organismo presentan ciertas diferencias en la utilización de combustibles para satisfacer sus necesidades energéticas (Tabla 3.1).

La **glucosa** es prácticamente el único combustible utilizado por el **cerebro humano**, excepto durante el ayuno prolongado en el que los cuerpos cetónicos reemplazan a la glucosa como combustible. El cerebro carece de almacenamiento de combustible y consume unos 120 g de glucosa /día lo que corresponde a un aporte energético de 420 Kcal. En reposo, el cerebro utiliza el 60 % de la glucosa total consumida por el organismo completo. Los ácidos grasos no sirven como combustible cerebral porque están unidos a la albúmina en el plasma y no pueden atravesar la barrera hematoencefálica.

<i>Tabla 3.1 Reservas de combustible en un individuo de 70 Kg.</i>			
<i>Organo</i>	<i>Energía disponible (kcal)</i>		
	<i>Glucosa</i>		
	<i>o</i>		
	<i>Glucógeno</i>	<i>Triacilgliceroles</i>	<i>Proteínas</i>
Sangre	60	45	0
Hígado	400	450	400
Cerebro	8	0	0
Músculo	1.200	450	24.000
Tejido adiposo	80	135.000	40

Glucosa, ácidos grasos y cuerpos cetónicos son los principales combustibles del músculo. El músculo se diferencia del cerebro en que posee un gran almacenamiento de glucógeno (1200 Kcal). De hecho, las 3/4 partes del glucógeno corporal están almacenadas en el músculo. Las fibras musculares, al igual que el cerebro, carecen de la enzima **glucosa-6-fosfatasa** y por ello no pueden liberar glucosa. En realidad el músculo retiene la glucosa, el mejor combustible para sus estallidos de actividad. En el músculo esquelético en contracción activa, la velocidad de la glucólisis excede a la del ciclo de Krebs. En estos casos, la mayor parte del piruvato formado se reduce a lactato, que fluye hacia el hígado donde se convierte en glucosa, en realidad se traslada parte de la carga metabólica del músculo al hígado. También en el músculo activo se forma gran cantidad de un aminoácido **alanina** a partir de piruvato, que en el hígado, al igual que el lactato puede convertirse en glucosa (Fig. 3.5).

En el músculo en reposo, el combustible principal son los ácidos grasos, los cuerpos cetónicos sirven también de combustible para el músculo cardíaco, de hecho, este consume preferentemente acetato antes que glucosa.

El **tejido adiposo** está especializado en la formación de triglicéridos y en la liberación de ácidos grasos. En el hombre, el hígado es el principal centro de síntesis de ácidos grasos, que deben ser transportados hasta el tejido adiposo en forma de lipoproteínas (VLDL). Allí, después de ser activados son transferidos al glicerol-3-fosfato para formar triglicéridos. Las células adiposas son incapaces de fosforilar el glicerol endógeno al carecer de **quinasa** por lo que necesitan glucosa para sintetizar triglicéridos. Estos triglicéridos son hidrolizados por acción de **lipasas**, sensibles a hormonas, y el glicerol

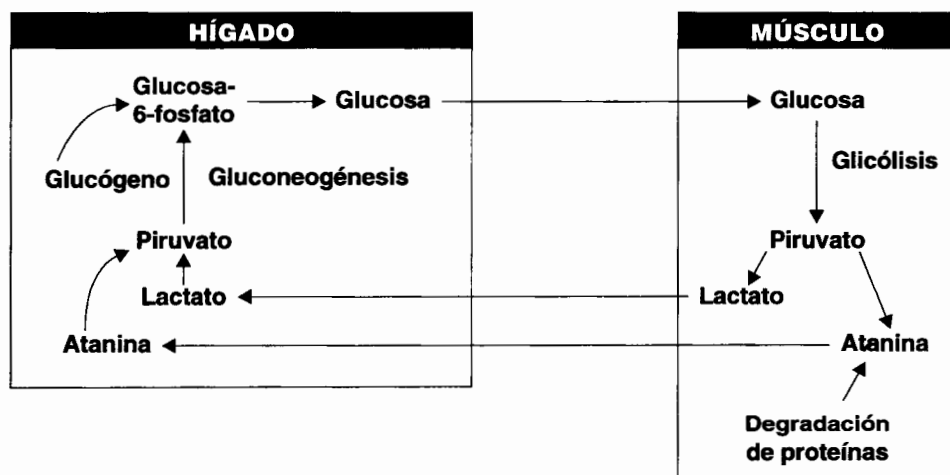


Figura 3.5 Relaciones metabólicas entre músculo e hígado.

liberado fluye hacia el hígado, mientras que los ácidos grasos, si el glicerol-3-fosfato abunda, se reesterifican y si escasea por falta de glucosa, son liberados al plasma. De manera que el nivel de glucosa en las células adiposas es el principal factor que determina la liberación de ácidos grasos a la sangre (Fig. 3.6).

La actividad metabólica del hígado es esencial para suministrar combustible al cerebro, al músculo y a los demás tejidos periféricos. La mayoría de los compuestos absorbidos por el intestino pasan a través del hígado, lo que permite regular el nivel de muchos metabolitos de la sangre. En cuanto a la glucosa, el hígado puede almacenar grandes cantidades en forma de glucógeno, hasta 400 Kcal, tiene la posibilidad de liberar la glucosa a sangre bien por degradación del glucógeno o por la transformación de otros metabolitos como lactato o alanina, procedentes del músculo; glicerol proveniente del tejido adiposo o aminoácidos procedentes de la dieta o de la degradación de proteínas endógenas.

El hígado juega también un papel central en la regulación del metabolismo de lípidos. Cuando el combustible es abundante, sintetiza ácidos grasos a partir de malonil-CoA, que luego son segregados en forma de lipoproteínas

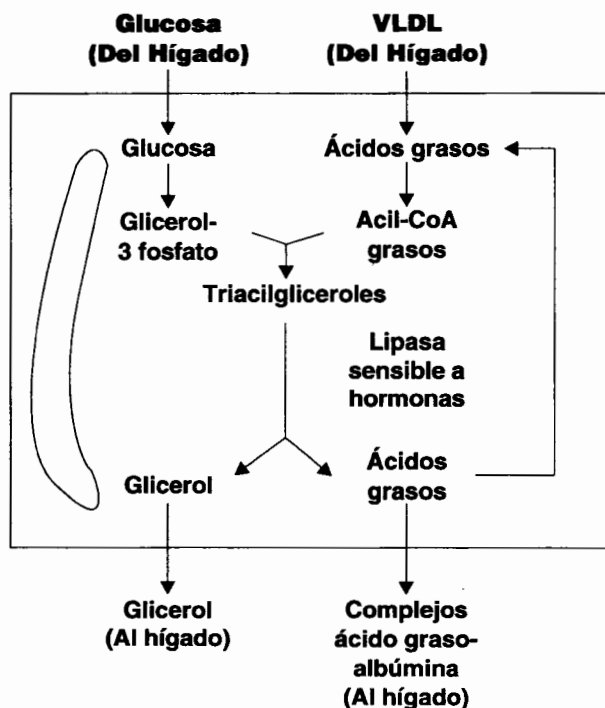


Figura 3.6 Perfil metabólico del hígado.

de muy baja densidad (VLDL) que los conducen hasta el tejido adiposo para sintetizar triglicéridos. En estado de ayuno, el hígado convierte los ácidos grasos en cuerpos cetónicos debido a que el nivel de malonil-CoA desciende.

El hígado utiliza preferentemente como combustible propio cetoácidos, procedentes de la degradación de los aminoácidos antes que glucosa, ya que el objetivo principal de la glucolisis hepática es formar precursores para biosíntesis. Así, el hígado renuncia a los combustibles que exporta a músculo y cerebro por lo que puede considerarse como un órgano altruista.

En conclusión, nosotros tomamos alimentos con el fin de obtener energía química, útil para nuestro organismo. Las moléculas que componen los nutrientes tienen que transformarse en energía útil para las células mediante una serie de reacciones que en conjunto constituyen el metabolismo. El metabolismo de los distintos nutrientes está regulado y coordinado, no sólo dentro de la célula, también entre los órganos más importantes que componen nuestro organismo.

DR. F.J. NAVAS

El tejido muscular constituye un sistema funcional especializado que se encarga de las actividades que caracterizan el comportamiento motor del organismo.

Existen tres tipos de músculos: el músculo cardíaco, el músculo liso y el músculo esquelético que es en el que nos vamos a centrar.

1. EL MUSCULO ESQUELETICO

El músculo esquelético tiene la capacidad de contraerse al ser estimulado por el sistema nervioso provocando el desplazamiento de los diferentes segmentos corporales.

La contracción muscular es el resultado de una secuencia de fenómenos que pueden resumirse en los siguientes pasos:

- a) Un impulso nervioso llega hasta la unión neuromuscular o placa motora, estructura por la que se transmite la orden de contracción desde el nervio hacia el músculo.
- b) Liberación del mensaje (paquetes de acetilcolina) que llega hasta la membrana de la fibra muscular, el sarcolema.
- c) Cambio de permeabilidad del sarcolema para diferentes iones y despolarización, produciéndose la excitación de la fibra muscular.
- d) Liberación de Ca^{++} desde el retículo sarcoplásmico y desde las cisternas hacia el sarcoplasma seguido del acoplamiento entre los filamentos de actina y miosina.
- e) Deslizamiento de la actina sobre la miosina y contracción muscular.
- d) Recaptación de Ca^{++} hacia sus lugares de depósito, desacoplamiento de los filamentos y relajación muscular.

Toda esta secuencia de acontecimientos asienta sobre una base anatómica que es preciso conocer para una buena comprensión de los mismos.

2. ESTRUCTURA DEL MUSCULO ESQUELETICO

El modelo estructural del músculo esquelético corresponde a una organización jerárquica (Fig. 4.1). El músculo completo está formado por gran número de fascículos musculares envueltos por una membrana conjuntiva, el **epimisio**. Cada uno de los fascículos consta de una cubierta conjuntiva, el **perimisio** que envuelve innumerables fibras musculares. A su vez, cada una de éstas posee una envoltura conjuntiva (**endomisio**), que rodea las miofibrillas musculares. La fibra muscular representa la unidad estructural y funcional del tejido muscular y en ella se basa el comportamiento contráctil del músculo estriado.

Una fibra muscular está formada a su vez por (Fig. 4.2): una cubierta de tejido conjuntivo, **endomisio**; una membrana plasmática llamada **sarcolema**; hasta un centenar de núcleos celulares periféricos; un retículo sarcoplásmico muy desarrollado; **miofibrillas** compuestas de **miofilamentos** gruesos (miosina) y delgados (actina), que se disponen en paralelo de forma ordenada y repetitiva, por lo que ofrecen un aspecto estriado al microscopio. Entre estas estructuras podemos encontrar además gránulos de glucógeno, lípidos, fosfocreatina, mioglobina y mitocondrias.

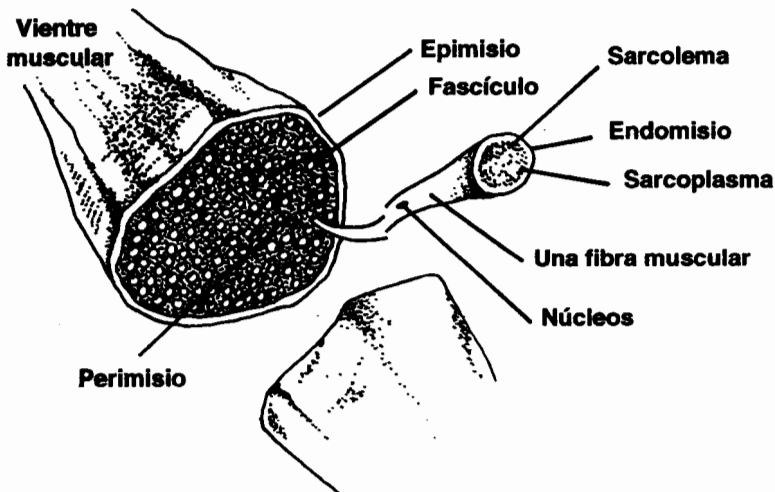


Figura 4.1 Ordenación jerárquica del músculo esquelético.

2.1. MUSCULO EN REPOSO

El aspecto estriado característico de una fibra muscular se representa por una serie de bandas claras y oscuras (Fig. 4.3):

2.1.1. Banda A: Es de color oscuro y corresponde a la longitud de los filamentos de miosina. En ella se distinguen la zona AH que representa únicamente filamento grueso y la zona AI que representa una zona de superposición entre filamentos gruesos y finos.

2.1.2. Bandas I: Son de color claro y corresponden a una zona en la que solo se encuentran filamentos de actina. En esta banda y ocupando su parte central se encuentra la **Línea Z** que representa un lugar de engarce de los filamentos de actina. Dos líneas Z delimitan un sarcómero que es la unidad estructural de la fibra muscular estriada.

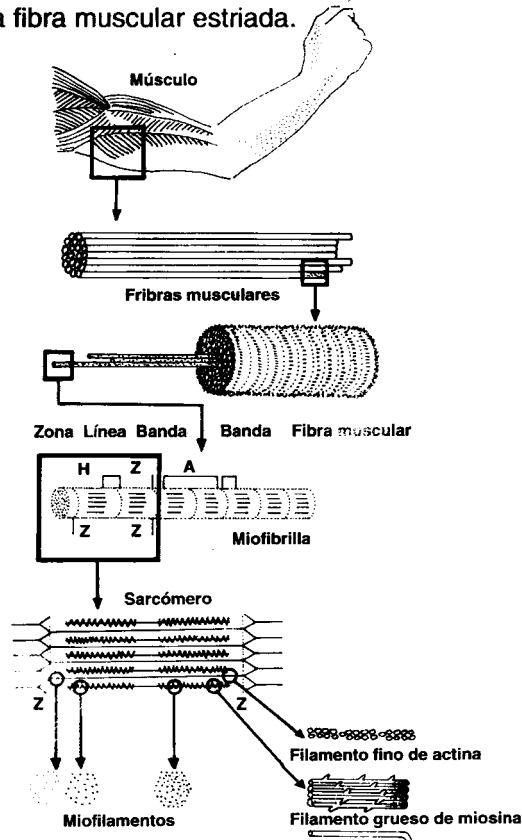


Figura 4.2 Componentes del músculo esquelético. Sarcómero. Disposición de los filamentos de actina y miosina.

En un corte transversal se observa también una gran organización espacial. Si el corte se realiza por la zona AI se observa que cada miofilamento grueso está rodeado de seis filamentos finos, y cada uno de estos equidista de tres filamentos de miosina.

2.2. MUSCULO EN CONTRACCION

Se produce un acortamiento del sarcómero por deslizamiento de los filamentos de actina sobre los de miosina (Fig. 4.3). Los filamentos no disminuyen de tamaño pero sí lo hace el sarcómero a expensas de las bandas A e I. El tamaño de la banda A no se modifica pero sí que aumenta la zona AI y disminuye la zona AH. La banda I también disminuye de longitud. Como la longitud de los dos miofilamentos de actina y miosina no se modifica cabe pensar en un deslizamiento entre ambos, hecho que se produce gracias al establecimiento de puentes interfibrilares.

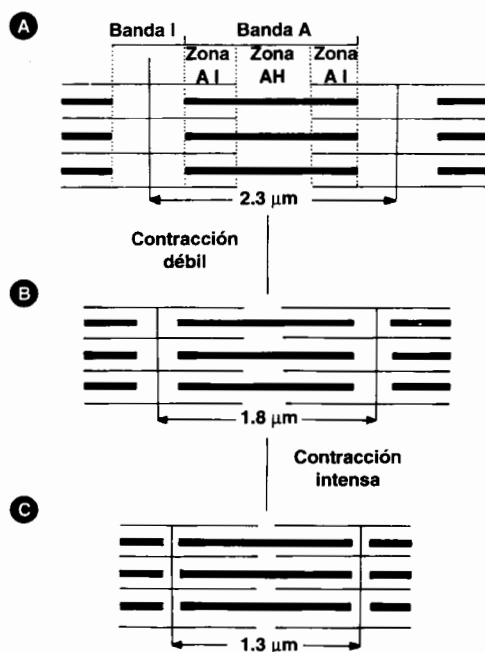


Figura 4.3 Esquema de la estructura estriada del músculo esquelético.
a) en reposo; b) en contracción débil; c) en contracción intensa.

2.3. EL RETICULO SARCOPLASMICO

Es una estructura formada por un sistema de tubos longitudinales y cisternas terminales, que contienen una alta concentración de Ca^{++} , elemento imprescindible para la contracción. Se dispone en forma de red rodeando las miofibrillas. Las cisternas discurren paralelas a los denominados túbulos en T que son una prolongación de la membrana sarcoplásmica, dispuesta en dirección perpendicular a la superficie fibrilar y que comunica con el medio exterior de la fibra.

3. CARACTERÍSTICAS MOLECULARES DE LOS FILAMENTOS CONTRACTILES

3.1. FILAMENTOS DE MIOSINA

La molécula de miosina (Fig. 4.4) tiene forma de palo de hockey. En ella podemos distinguir tres zonas: la cola el cuello y las cabezas. La miosina está constituida por seis cadenas de proteínas, 2 pesadas de cola a cabeza y 4 ligeras en las dos cabezas. Existen además dos zonas de bisagra: una entre la cola y el cuello y otra entre éste y la cabeza, por donde el filamento se dobla y da lugar a los puentes cruzados actina-miosina que siguen diferentes orientaciones, según la disposición espacial hexagonal antes descrita.

La actividad ATPasa es una propiedad importante de la miosina y define dos tipos de fibra muscular: las fibras rápidas y las lentas, estas últimas con muy poca actividad ATPasa.

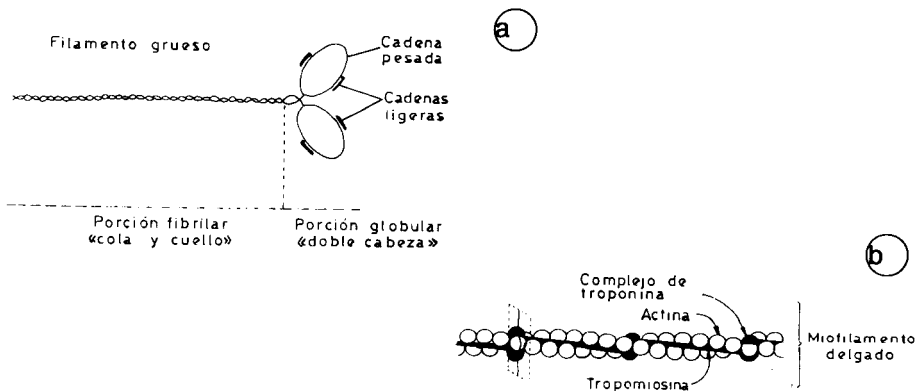


Figura 4.4 a) Estructura de una molécula de miosina; b) Fragmento de un filamento de actina.

3.2. FILAMENTOS DE ACTINA

Es un filamento complejo (Fig. 4.4) formado por tres proteínas diferentes:

- a) Actina. Constituye la columna vertebral del filamento. Se trata de actina F (filamentosa) que, a su vez, está formada por monómeros de actina G (globular). Cada una de éstas lleva unido un ADP (adenosin-difosfato) en un lugar específico que denominamos sitio activo y en el que se une la cabeza de miosina a la actina para formar el puente cruzado.
- b) Tropomiosina. Es otra proteína con forma de filamento que sigue la dirección de la actina. Se une de forma laxa al filamento de actina y, en reposo, cubre los lugares activos antes mencionados, impidiendo la formación de los puentes cruzados. Potencia los efectos de la troponina.
- c) Troponina. Es una proteína formada por un complejo de tres moléculas globulares:
 - La troponina I (TI) que inhibe de forma permanente la formación de puentes cruzados, paso previo a la contracción.
 - La troponina T (TT) que une el complejo de troponina a la tropomiosina.
 - La troponina C (TC) que presenta gran afinidad por los iones Ca^{++} y es la responsable de que este complejo inicie el proceso de la contracción muscular.

4. BIOQUIMICA DE LA CONTRACCION

4.1. IMPORTANCIA DEL Ca^{++}

La contracción muscular requiere la presencia de Ca^{++} en el sarcoplasma en una concentración no inferior a 10^{-6} mmol/l con lo que se puede activar la ATPasa de la miosina para formar los puentes cruzados. La fuerza muscular se ha comprobado máxima con concentraciones de Ca^{++} entre 10^{-6} - 10^{-5} mmol/L. (Fig. 4.5)

4.2. CONTRACCIÓN

Cuando queremos realizar un movimiento, nuestra voluntad traducida en estímulo nervioso y a través de la placa motora, provoca una excitación que se propaga a lo largo de todo el sarcolema de la fibra muscular, y del sistema

de túbulos T. Las membranas de los túbulos T son muy excitables y representan un eslabón importante en la transmisión de las señales, desde la membrana excitada hasta los almacenes de Ca^{++} . Solo de esta forma la transmisión es posible porque si el impulso nervioso tuviera que recorrer la distancia que hay entre el sarcolema y los miofilamentos por otra vía, el tiempo que transcurriría haría imposible una contracción eficaz. Así pues, la despolarización de los túbulos T causa la liberación de Ca^{++} , desde el retículo sarcoplásmico y desde las cisternas hacia el sarcoplasma. El Ca^{++} liberado se une a la TC aumentando la afinidad de esta por la TI y modificando la configuración de la tropomiosina. Todo ello hace que se puedan formar puentes cruzados iniciándose la contracción muscular.

La unión actina-miosina produce cambios en las fuerzas intramoleculares de la cabeza y brazo de la miosina conduciendo a un plegamiento a nivel de las dos bisagras y al deslizamiento de la actina sobre la miosina. Este fenómeno se conoce con el nombre de golpe activo y su repetición sucesiva produce el acortamiento definitivo del sarcómero, es decir la contracción.

Parece que cada puente cruzado es independiente en su función, por tanto, cuanto mayor sea el número de puentes cruzados formados, mayor será la fuerza de contracción del músculo en cuestión.

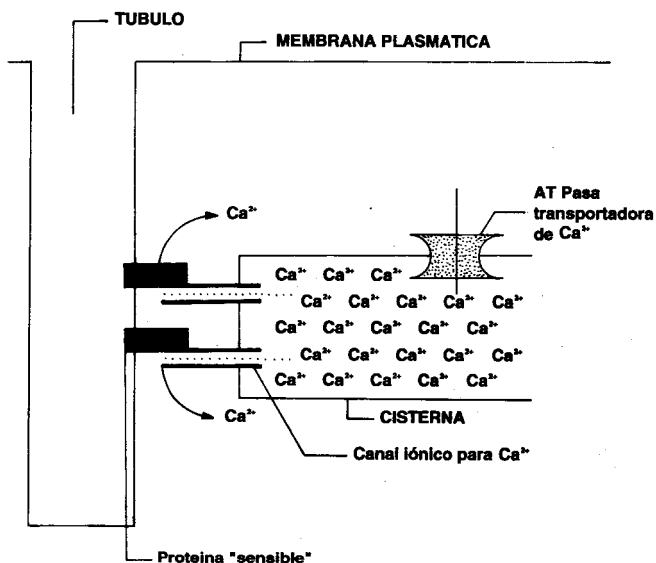


Figura 4.5 Esquema de las estructuras de transmisión del impulso nervioso a las cisternas y retículo sarcoplásmico

4.3. RELAJACION

La relajación se debe a la recaptación de Ca^{++} por el retículo sarcoplásmico y por las cisternas, fenómeno que disminuye sensiblemente la concentración del ion en el sarcoplasma (inferior a 10^{-7} mmol/L) haciendo imposible que la contracción se mantenga por más tiempo.

4.4. IMPORTANCIA DEL ATP

Todo el proceso utiliza energía procedente del ATP, desdoblado por la actividad ATPásica de la miosina. La llegada de un nuevo ATP a la zona de unión actina-miosina provoca la inactivación de la ATPasa y la ruptura de los puentes, permitiendo el comienzo de un nuevo ciclo. El ATP es también fundamental para recaptación de Ca^{++} durante la relajación ya que proporciona la energía necesaria para la actividad de la Ca^{++} -ATPasa, encargada de transportar el Ca^{++} desde el sarcoplasma hacia el retículo y las cisternas.

El ATP utilizado en los procesos de contracción se obtiene de las reservas musculares, de la fosfocreatina, de la glucólisis y, de la fosforilación oxidativa. Cuando la actividad muscular es intensa y mantenida puede ocurrir que el suministro de ATP se agote siendo ésta una de las causas de la aparición de fatiga muscular.

5. CARACTERISTICAS FUNCIONALES DEL MUSCULO

5.1 CONCEPTO DE UNIDAD MOTORA

La actividad del músculo completo se regula por el funcionamiento de las unidades motoras que son el conjunto de fibras musculares que están inervadas por la misma neurona motora. El número de fibras que forman parte de una unidad es muy variable y puede ir desde 6 hasta más de 1000. Cuanto menor sea el tamaño de la unidad más fino será el control nervioso ejercido sobre el músculo.

5.2. FUERZA DE CONTRACCION

La fuerza de contracción de un músculo depende del número de unidades motoras participantes y del grado de estimulación nerviosa. En este sentido, cuanto mayor es la intensidad del estímulo mayor es el número de unidades motoras que se suman al proceso de contracción y mayor la fuerza realizada.

Una vez que todas las unidades están activadas, un aumento del estímulo no desarrolla más fuerza. El impulso mínimo capaz de conseguir la máxima fuerza se llama estímulo máximo, y los superiores a él supramáximos.

Por otra parte, la frecuencia de la transmisión de impulsos nerviosos también es capaz de modificar la fuerza de contracción de tal forma que a mayor frecuencia más fuerza muscular. La expresión máxima de este fenómeno es lo que conocemos como tetania. La estimulación repetida con impulsos máximos a intervalos de tiempo suficientemente espaciados produce respuestas máximas de la misma intensidad. Si la frecuencia de descargas va aumentando llega un momento en el que el músculo no puede relajarse y la tensión desde la que responde es cada vez mayor. Se llega a un punto en el que no se distinguen las diferentes respuestas, las contracciones se fusionan y parecen una sola mantenida en el tiempo. Es el estado de **tétanos**. Los potenciales de acción son individuales pero la contracción es única y puede tener una potencia de hasta 4 veces una sacudida aislada.

6. TIPOS DE CONTRACCION

La contracción muscular se caracteriza por:

- Un aumento de la tensión muscular
- Una acortamiento de la longitud del músculo

Atendiendo a estas dos características podemos distinguir dos tipos de contracción: la isotónica y la isométrica.

6.1. CONTRACCION ISOTONICA

Andar o levantar peso son actividades que requieren la disminución de la longitud del músculo manteniendo una tensión constante. Como la tensión del músculo se mantiene este tipo de contracción recibe el nombre de **isotónica**.

6.2. CONTRACCION ISOMETRICA

En otras ocasiones los músculos se oponen a fuerzas que obligan a desplazamientos corporales (postura, sujetar un objeto). Son las contracciones que no entrañan un acortamiento de la longitud del músculo aunque si se producen variaciones de su tensión por lo que se denominan contracciones isométricas. En la práctica es difícil encontrar ejemplos puros de ambos tipos ya que en cualquier movimiento asistimos a la participación de los dos.

7. RELACION ENTRE LONGITUD, FUERZA Y VELOCIDAD DE CONTRACCION

7.1. RELACION FUERZA-LONGITUD

El músculo esquelético se encuentra estirado entre sus inserciones por lo que presenta una tensión de reposo constante o **carga previa**. Si se cortan las inserciones musculares un músculo se acorta un 20 % alcanzando la **longitud de equilibrio**. La longitud a la que se registra una tensión máxima se denomina **longitud de reposo**, puesto que suele coincidir con la longitud del músculo "in situ" en ausencia de contracción.

Existe una correlación evidente entre el grado de superposición de los filamentos delgados y gruesos y la tensión medida en el músculo. La tensión es máxima cuando el sarcómero mide entre 2.05-2,2 μm . Sin embargo comienza a disminuir cuando esta longitud aumenta. Cuando se alcanzan los 3.6 μm no hay puentes cruzados y la tensión es nula. Longitudes del sarcómero inferiores a 2.05 μm suponen una superposición de filamentos finos opuestos que interactúan con puentes cruzados de la otra mitad del sarcómero que tiran en dirección opuesta. La tensión se reduce aún más cuando los filamentos de miosina llegan a conectar con las líneas Z.

7.2. RELACION VELOCIDAD LONGITUD

La velocidad a la que se realiza un movimiento depende de la carga que se debe desplazar. Cuanto mayor es la carga o resistencia contra la que trabaja el músculo menor es la velocidad de contracción y menor el grado de acortamiento. Este se hace 0 cuando la carga es igual a la fuerza máxima que puede ejercer el músculo. Por el contrario, la velocidad es máxima cuando el músculo se encuentra en su longitud de reposo y disminuye cuando elongamos o acortamos la longitud del músculo.

DR. F.J. NAVAS

El cuerpo humano almacena la energía (E) en forma de sustancias intermediarias como el adenosin trifosfato más conocido por las siglas ATP. La ruptura de sus enlaces fosfato da lugar al desprendimiento de E, según la siguiente reacción:



Esta E se transfiere rápidamente a los procesos donde es requerida como por ejemplo a la contracción muscular. Lógicamente los requerimientos son mayores durante el ejercicio.

1. METABOLISMO ENERGETICO

El cuerpo humano es una máquina en continuo funcionamiento y para cumplir sus fines necesita un constante aporte de E, que incluso gasta en situaciones basales. La E química aportada proviene de la combustión de principios inmediatos, realizándose las distintas funciones orgánicas (movimiento, transmisión de potenciales, etc.) por la transformación de E química en E mecánica o de otro tipo. De la combustión se desprende además calor y productos de desecho.

El sistema muscular transforma la E química en mecánica. Pero para que se verifique la función muscular, es decir, la contracción, son necesarias dos cosas: la existencia de un estímulo nervioso que excite al músculo y la presencia de energía química aprovechable por la fibra muscular.

2. TRANSFORMACION DE LA ENERGIA

Las principales fuentes de E son los hidratos de carbono y los ácidos grasos en forma de triglicéridos.

2.1. TIPOS DE TRABAJO SEGUN LA ENERGIA UTILIZADA

La degradación de principios inmediatos para obtener E puede realizarse de dos formas: en presencia de O_2 (combustión aeróbica) o en ausencia del mismo, por pérdida de hidrógenos (combustión anaeróbica) (Fig. 5.1).

2.1.1. Trabajo anaeróbico. En determinados tipos de trabajo se requiere E anaeróbica que puede ser de dos tipos:

a) Energía anaerobia alactácida. Se obtiene de la ruptura de enlaces ricos en E, sin producción de lactato. Puede mantener un nivel adecuado de trabajo durante unos 30 seg., a base de utilizar ATP y fosfocreatina.

b) Energía anaerobia lactácida. Se obtiene ATP de la glucólisis anaerobia, con producción de lactato. Su aplicación a la realización de esfuerzo se puede mantener durante unos 150 seg. No resulta una vía rentable por su corta duración y por la producción de lactato que interfiere la función neurometabólica, conduciendo rápidamente al estado de fatiga.

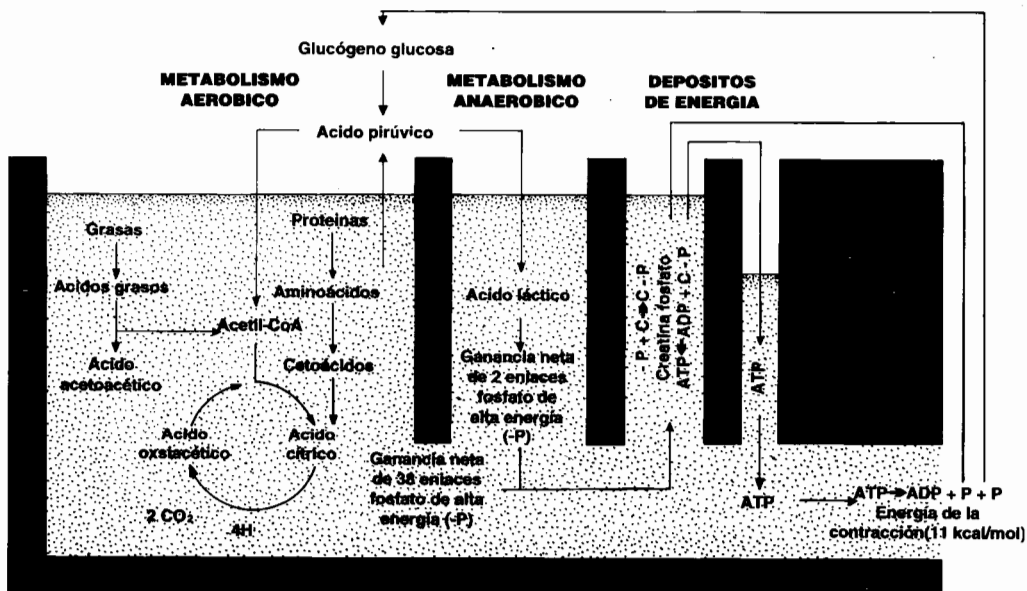


Figura 5.1 Esquema de las vías metabólicas utilizadas por el músculo.

2.1.2. Trabajo aeróbico. La respiración celular o combustión aeróbica es el proceso de obtención de E por combustión de los principios inmediatos. Consiste en reacciones de oxido-reducción, en las que hidratos de carbono, lípidos y proteínas se oxidan, perdiendo electrones, que son captados por el O_2 que queda reducido (agente oxidante). Cuando la presencia de O_2 es la adecuada, la degradación de la glucosa no finaliza en piruvato, sino que éste pasa a las mitocondrias y sufre el proceso de la **descarboxilación oxidativa** uniéndose al coenzima-A y entrando en el ciclo de Krebs. Para ello es imprescindible la presencia de enzimas que catalicen las reacciones. Así, la glucosa desprende en su combustión calor, CO_2 y H_2O y 4 Kcal/g, E que se aprovecha para la formación de ATP. La participación de las grasas en la obtención de ATP es importante porque son una fuente principal de Ac-CoA y generan unas 9 Kcal/g.

La desintegración de ATP libera del orden de 10 kcal/mol. Otros compuestos como el guanidin trifosfato (GTP) o el uridin trifosfato (UTP) también pueden almacenar E.

El músculo, además de ATP utiliza **fosfocreatina** (FC) que, aunque se agota rápidamente, sirve para recuperar moléculas de ATP en un momento dado. Las reservas musculares de ATP y FC son limitadas, y su utilidad radica en la facilidad y rapidez de síntesis y en su fácil disponibilidad.

2.2. FORMACION DE ATP

La glucolisis seguida del ciclo de Krebs (proceso aeróbico) produce 38 moles ATP, mientras que si no se dispone de O_2 solo se forman 2 moles de ATP y ácido láctico.

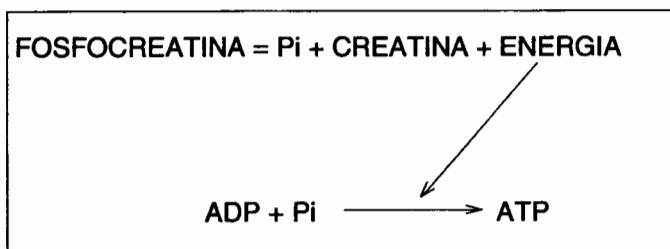
La disponibilidad de O_2 por parte de la célula es la que determina el cambio metabólico hacia la aerobiosis o hacia la anaerobiosis. Normalmente, a medida que la actividad es mayor, disminuye la presencia de O_2 y la producción de ATP decrece en proporción.

2.3. SECUENCIA PARA LA UTILIZACION DE ENERGIA

Los pasos seguidos para la utilización de E en la contracción muscular son los siguientes:

- a) Estimulación nerviosa.
- b) Liberación del Ca^{++} desde el retículo sarcoplásmico.
- c) Formación de actino-miosina con propiedades ATPasa.

- d) Desintegración del ATP: $\text{ATP} = \text{ADP} + \text{P}_i + \text{E}$.
- e) Desarrollo de la contracción muscular.
- f) La FC recupera el ATP, según la siguiente reacción:



- g) El proceso oxidativo resintetiza ATP.

3. ENERGIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO

La utilización de los principios inmediatos depende en gran medida del tipo de ejercicio que se vaya a realizar (Fig. 5.2).

Cuando se inicia un ejercicio, se requieren unos dos minutos de metabolismo anaeróbico hasta que se ponen en marcha los mecanismos de adaptación cardiocirculatorios y respiratorios para adecuar el aporte de nutrientes y O_2 . Cuando termina el ejercicio estos mecanismos continúan funcionando con objeto de eliminar el ácido láctico y recuperar los ATP perdidos, fenómeno que se conoce como **recuperación postejercicio**.

En cuanto a la utilización de las diferentes fuentes de energía, se puede seguir el siguiente esquema general:

- a) Cuando una actividad es muy vigorosa se utilizan primero el ATP y la FC almacenados.
- b) Si el ejercicio se prolonga se recurre a la formación anaeróbica láctica de ATP.
- c) Finalmente, si la duración es más prolongada, se procede a la oxidación de las grasas y de la glucosa.

Más detalladamente se puede afirmar que en los ejercicios intensos y de muy corta duración se gastan los productos del sistema anaerobio alactácido.

Así, la prueba de 100 m lisos se abastece sólo de los depósitos de E en forma de ATP y FC. Cualquier actividad intensa de duración inferior a los 30 segundos lo hace.

Conforme aumenta la duración y descende la intensidad, como ocurre en las pruebas de corta duración, 400-800 m, se depende del metabolismo anaeróbico alactácido, seguido, inmediatamente del lactácido. Cuando la duración sobrepasa los 90 seg, se aprovecha también el metabolismo aeróbico.

Durante las pruebas de fondo, muy prolongadas y en las que interesa la resistencia (no tanto la potencia explosiva), se aprovecha la vía aerobia. Al principio se consumen glúcidos, al poco tiempo se pasa a la utilización de grasas, aunque aquellos vuelven a ser el nutriente elegido cuando existen esfuerzos máximos finales. Por ello, cuando se van a realizar ejercicios prolongados es importante proporcionar al organismo suficientes glúcidos para no consumir rápidamente las reservas orgánicas y disponer de ellos en los últimos momentos del esfuerzo.

Se puede decir que las reservas musculares de glucógeno y triglicéridos proporcionan el 75% del combustible mientras que los ácidos grasos libres y la glucosa sanguínea aportan el otro 25%.

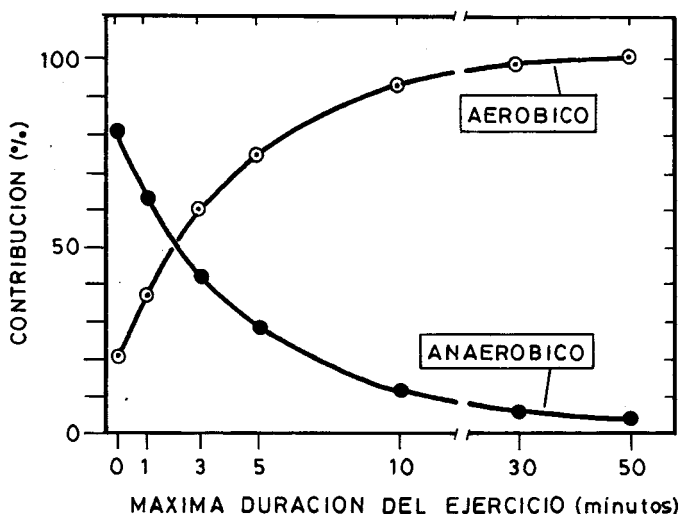


Figura 5.2 Utilización de las vías aeróbica y anaeróbica según la duración del ejercicio

4. TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Las fibras musculares no son iguales en todos los músculos, difieren en sus características metabólicas que les confieren posibilidades mecánicas diferentes. Se distinguen dos tipos de fibras: a) **Fibras de contracción lenta** (tipo I) y b) **fibras de contracción rápida** (tipo II). Sus características diferenciales se muestran en la tabla 5.1 y se detallan a continuación

Tabla 5.1 Características diferenciales de las fibras musculares.		
CARACTERISTICAS FUNCIONALES	CONT. LENTA, TIPO I	CONT. RAPIDA TIPO II
ACTIVIDAD ATPASA DE LA MIOSINA	BAJA	ALTA
VELOCIDAD CONTRAC.	BAJA	ALTA
SISTEMA ENZIMATICO GLUCOLITICO	POCO DESARROLLADO	BIEN DESARROLLADO
NUMERO DE MITOCONDRIAS ACTIVIDAD OXIDATIVA	ABUNDANTES	ESCASAS
CONTENIDO EN MIOGLOBINA	ALTO	BAJO
RETICULO SARCOPLASMICO (RECAPTACION DE Ca^{++})	POCO DESARROLLADO	BIEN DESARROLLADO
SENSACION DE FATIGA	TARDIA	RAPIDA

4.1. FIBRAS DE CONTRACCIÓN LENTA. TIPO I

- Baja actividad de la ATPasa de la miosina de la fibra muscular.
- Velocidad relativamente baja de contracción.
- Sistema enzimático glucolítico menos desarrollado.
- Gran número de mitocondrias. Actividad oxidativa importante.
- Contenido en mioglobina alto.
- Retículo sarcoplásmico poco desarrollado. Baja recaptación de Ca^{++}
- Adaptación de la fibra al trabajo prolongado.

4.2. FIBRAS DE CONTRACCIÓN RÁPIDA. TIPO II

- Actividad de la ATPasa de la miosina alta.
- Período de contracción breve.
- Sistema glucolítico enzimático bien desarrollado.
- Menor nº de mitocondrias y menor capacidad oxidante.
- Bajo contenido en mioglobina
- Retículo sarcoplásmico de gran entidad. Buena recaptación de Ca^{++}
- La fibra experimenta fatiga rápidamente.

Las fibras de tipo II presentan a su vez tres subtipos:

4.2.1. Tipo IIa: Alto poder oxidante y poder glucolítico intermedio. Relativamente resistente a la fatiga.

4.2.2. Tipo IIb: Fibra de contracción rápida típica, con baja capacidad aerobia.

4.2.3. Tipo IIc: Fibra poco diferenciada.

La proporción entre fibras tipo I y tipo II viene determinada genéticamente pero, dentro de cada individuo, los subtipos IIa, IIb y IIc pueden variar su proporción con el transcurso del tiempo. De cualquier forma, las características funcionales de cada músculo están en relación con el trabajo que van a realizar. Así, parece ser que los nervios ejercen una influencia trófica, ayudando a diferenciar los dos tipos de fibras en cuanto a sus propiedades contráctiles. Al realizar trasplantes musculares, la diferente ubicación del músculo trasplantado puede provocar cambios en las características contráctiles de sus fibras. Los cambios detectados se producen en la actividad ATPasa de la miosina del músculo reinervado. Por otra parte, a diferencia de la ATPasa de la miosina, las enzimas metabólicas se pueden modificar tras un entrenamiento de resistencia.

5. CONSUMO DE O_2 ($\dot{V}\text{O}_2$)

Como hemos visto anteriormente la forma más rentable de obtener energía para los procesos vitales es la combustión de los principios inmediatos para lo que es necesario el O_2 (Fig. 5.3). La cantidad de O_2 en ml/K·min que

consume un organismo es lo que conocemos con el nombre de **consumo de O_2** y resulta algo inferior para mujeres (33-45 ml) que para hombres (42-52 ml). El consumo basal de O_2 (0.25 l/min) es igual para individuos sedentarios que para deportistas. Durante el ejercicio moderado una persona normal puede triplicarlo (0.75 l/min) y multiplicarlo por 8-12 veces (2-3 l/min) si el ejercicio es vigoroso (submáximo). El individuo entrenado puede llegar hasta los 4-5 l/min y los de capacidad superior hasta los 6.2 l/min. Los valores van descendiendo con la edad y aumentan con el entrenamiento.

El consumo de 1 l de O_2 genera 5 Kcal existiendo una perfecta relación entre el O_2 gastado y la E producida. Portanto, cuanto mayor sea el $\dot{V}O_2$ mayor será el rendimiento energético.

El punto en el que el $\dot{V}O_2$ alcanza una meseta, durante la realización de un ejercicio progresivamente más exigente, se denomina **consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_{2\text{ max}}$)** y representa la capacidad máxima individual para resintetizar ATP de manera aeróbica. Alcanzado este punto sólo se puede conseguir más E por vía anaerobia, por lo cual el deportista pronto se agota. Es uno de los factores más importantes que determinan la capacidad del individuo para mantener un ejercicio de alto nivel durante más de 4-5 min. El límite más alto del $\dot{V}O_2$ es un magnífico indicador del estado físico aeróbico de un individuo.

Existen diferentes circunstancias que limitan el consumo de O_2 en el hombre, entre las que destacan:

- La velocidad del transporte de nutrientes hacia los tejidos en actividad que depende de la función cardiovascular y respiratoria.
- La capacidad de utilización del O_2 por las células activas.
- La capacidad de difusión de O_2 en los pulmones
- La inactividad, la edad, el estado físico y las enfermedades.

6. DEUDA DE OXÍGENO

Se comentó anteriormente que el inicio de cualquier actividad precisa un período de tiempo en el que el $\dot{V}O_2$ crece bruscamente hasta alcanzar una meseta de consumo máximo estable (Fig. 5.3). Finalizada la actividad el $\dot{V}O_2$ desciende lentamente. Cuando se practica un ejercicio moderado, el $\dot{V}O_2$ coincide con los requerimientos del metabolismo total y la producción de ATP es aeróbica. Si las necesidades de ATP son mayores que las producidas por la vía aeróbica se recurre a la producción anaeróbica del mismo. Se produce

un desequilibrio y un déficit en los depósitos de energía que habrá que saldar una vez finalizada la actividad. Los depósitos de energía utilizados por la vía anaerobia son equivalentes a la llamada **deuda de oxígeno**. Esta se define como la cantidad de O_2 consumida después del ejercicio por encima del consumo basal previo al mismo. La restitución de la deuda es rápida al principio y luego es más lenta. La deuda de O_2 máxima de cada individuo limita la realización de ejercicio por ser un factor que condiciona la aparición de fatiga. El entrenamiento físico aumenta el volumen de deuda antes de que aparezca la fatiga.

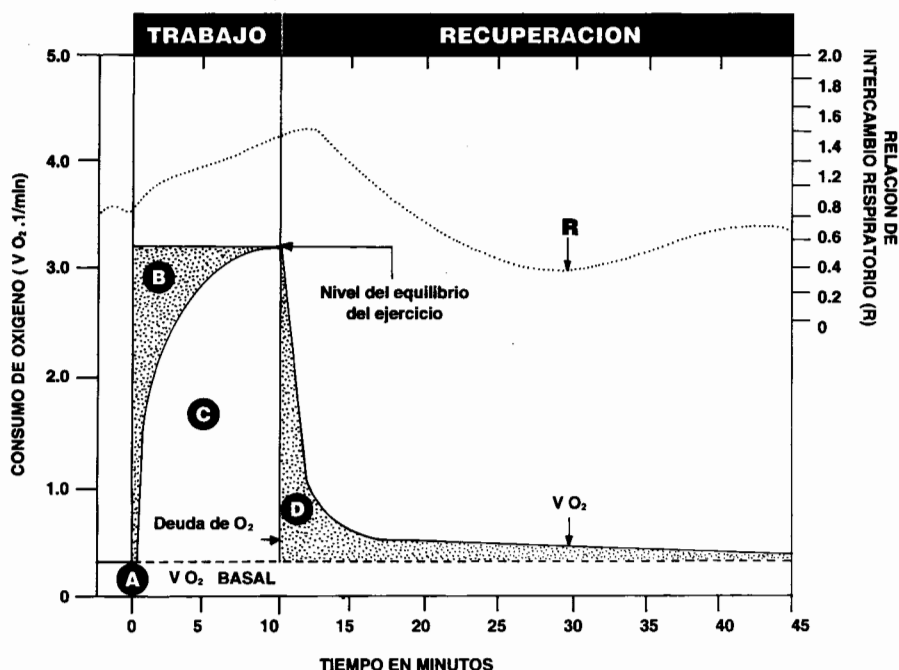


Figura 5.3 Evolución del consumo y de la deuda de oxígeno durante el ejercicio y la recuperación

DR. J. MARTINEZ-FLOREZ

La realización de cualquier ejercicio físico supone el establecimiento de una situación de sobrecarga para el sistema cardiovascular. La actividad física se traduce en la existencia de un aumento de necesidades nutricias y en el aumento de la cantidad necesaria de aporte de oxígeno a los músculos activos. Secundariamente se incrementan también los niveles de anhídrido carbónico y de metabolitos que es preciso eliminar. Para posibilitar la elaboración de una respuesta coordinada que haga frente a este aumento de demandas, el organismo realiza una labor de integración en la que participan una serie de mecanismos humorales, neurales e hidráulicos que regularán el funcionamiento de los sistemas cardiocirculatorio y respiratorio.

Esta interrelación existente entre los sistemas nerviosos central y periférico, respiratorio y cardiovascular, muscular y de órganos como las vísceras esplácnicas, el riñón o la misma piel juega un papel fundamental en el mantenimiento del volumen circulante. Todos estos órganos y sistemas citados disponen de un complejo conjunto de elementos aferentes y eferentes que posibilitan la realización de una serie de adaptaciones locales (autorregulación) y generales (retroregulación).

ADAPTACION AL EJERCICIO

La primera respuesta que se produce ante el ejercicio consiste en una situación local de vasodilatación que afecta al territorio del músculo activo. A esta le seguirá una respuesta encadenada por parte del sistema nervioso simpático destinada a mantener una presión de perfusión adecuada para esta nueva situación local.

Finalmente, y en el caso concreto de que el ejercicio se prolongue hasta niveles en los que se eleva la temperatura, el mantenimiento de los niveles normales o aceptables de temperatura corporal jugará también un importante papel.

El sistema respiratorio va a tener también mecanismos de regulación que son comunes con el sistema cardiovascular, tanto en cuanto al tiempo (simultáneos) como en cuanto al mediador utilizado (sistema nervioso autónomo), y proporcionales a ellos, ya que el aumento del consumo de oxígeno producido por la realización de ejercicios se encuentra relacionado con el aumento del gasto cardíaco y con el aumento de la oxigenación sanguínea.

Tal como hemos citado anteriormente la realización de ejercicio muscular impone dos tipos de adaptación: a) **una local** y referida a los ajustes directos sobre el territorio afecto (autorregulación) y, b) **otra general**, que afecta a todo el organismo y que posibilita la compensación de los efectos producidos por la anterior y el mantenimiento de la propia situación de adaptación local.

1. ADAPTACION LOCAL

La escasa concentración de elementos energéticos intracelulares en la fibra muscular se traduce en un agotamiento rápido de dichas reservas ante una situación de esfuerzo. La inmediata puesta en funcionamiento de estos mecanismos locales da lugar a la creación de una situación de vasodilatación local por caída de resistencias vasculares que consigue incrementar hasta quince veces el flujo arterial presente en el músculo activo.

A esta inicial vasodilatación arteriolar se asocia una relajación de los esfínteres precapilares, con lo que el flujo sanguíneo abandona los canales preferenciales arterio-venosos para dirigirse hacia los capilares más finos irrigando así la intimidad de las fibras musculares. Con ello, se consigue una mejor oxigenación y un mejor aporte de nutrientes.

En la actualidad no conocemos con seguridad cual o cuales son los estímulos primarios que determinan la aparición de esta situación de vasodilatación. Se han barajado una gran cantidad de factores: a) **Metabólicos** como el potasio, los hidrogeniones, el ácido láctico, el acúmulo de adenosina, la falta de O_2 , el aumento de CO_2 , etc.; b) **Hormonales** (locales) como las prostaglandinas (PGE2, PGI2), el sistema calicreína-bradiquinina, la histamina, la serotonina, etc.; c) **Térmicos** por el aumento de la temperatura local; d) **Adrenérgicos** por la secreción de noradrenalina de cuerpos cromafines.

Pero el papel que unos y otros juegan en la iniciación y conducción de las respuestas observadas no es aún íntimamente conocido. Si se ha establecido la existencia de una relación directa entre la vasodilatación, la carga de trabajo y el consumo de oxígeno (VO_2). Por ello se apunta al déficit de oxígeno en la célula muscular como principal elemento vasodilatador, ya de forma

directa ya a través de la actuación de algún otro metabolito liberado con el ejercicio y relacionado con el déficit de este, pero el mecanismo íntimo que genera todo este proceso es, tal como decimos, desconocido por el momento.

Además de este efecto local, la vasodilatación producida en el territorio del o de los músculos puestos en actividad repercutirá a un nivel circulatorio general. Al disminuir las resistencias al flujo intramuscular, lo hacen también las resistencias al retorno venoso, y este hecho condiciona lógicamente una situación de aumento del retorno venoso al corazón derecho.

En el caso de ejercicios ligeros este mecanismo bastará para mantener una presión adecuada de perfusión; pero cuando las masas musculares implicadas en el ejercicio son grandes, o cuando la intensidad del mismo es importante, la gran vasodilatación que se produce provocaría la caída drástica de la presión arterial y la situación de colapso cardiovascular de no existir un segundo grupo de respuestas mediadas por el sistema nervioso autónomo. Este segundo grupo de respuestas tiene como misión fundamental el mantenimiento de una presión de perfusión suficiente para posibilitar el aporte de flujo sanguíneo a los propios músculos en actividad y a los órganos vitales (corazón, cerebro, etc.) cuya actividad no puede ser interrumpida.

2. ADAPTACION GENERAL

El mantenimiento de la presión de perfusión va a ser conseguido mediante la puesta en funcionamiento de este segundo grupo de mecanismos. Por un lado, un incremento del gasto cardíaco, realizado a expensas de sus dos componentes (frecuencia de contracción y volumen de expulsión sistólico) y, por otra, reajuste de la circulación periférica que encamina preferentemente el flujo hacia los territorios en actividad. Los cambios van a ser simultáneos y son regulados por diferentes sistemas retroactivos de naturaleza hidrodinámica, neural, del sistema nervioso autónomo y de los territorios locales musculares.

2.1. AJUSTES HIDRODINAMICOS

Son, sin lugar a duda, los primeros ajustes que se realizan y, en muchas ocasiones, son ignorados. La vasodilatación producida en los territorios musculares activos se traduce en un importante incremento del retorno venoso al corazón derecho que ocasiona un aumento de la presión telediastólica ventricular. El corazón, actuando como bomba y en aplicación de la ley de Starling, incrementa la potencia de su contracción. La ley de Starling expresa

la capacidad de la fibra muscular cardíaca de contraerse en función de su longitud inicial. Dicho de otra manera, el incremento de la presión telediastólica ventricular produce una elongación de la fibra muscular, y esta responde consiguiendo una contracción más potente.

Así, el Sistema Cardiocirculatorio seguiría el siguiente esquema de funcionamiento: a) Vasodilatación inicial que produce un aumento del retorno venoso, causante del aumento de volumen de llenado y de la presión telediastólica; b) Elongación de la fibra muscular cardíaca y como consecuencia aumento de la potencia de la contracción; c) Mayor volumen sistólico de expulsión y consiguiente aumento del gasto cardíaco; d) Distribución del volumen arterial aumentado dependiendo de las resistencias locales de los territorios periféricos.

Además de esta vasodilatación local, que es el elemento inicial de esta secuencia, se han descrito otros mecanismos que también favorecen un incremento del retorno venoso:

- a) Durante el ejercicio se produce una **vasoconstricción refleja**, sobre todo en los territorios no activos y en los órganos de depósito, que favorecería dicho retorno venoso. Esta afirmación es fruto de la observación directa, ya que el mecanismo íntimo de esta respuesta es desconocido.
- b) La propia contracción muscular dinámica en que consiste el ejercicio actúa como bomba impelente que impulsa la sangre circulante hacia el corazón.
- c) Durante la inspiración se produce una situación de presión negativa en la cavidad torácica; presión que se transmite a cavas torácicas, dilatándolas y favoreciendo el retorno. Simultáneamente, desciende el diafragma provocando un incremento de presión abdominal y ayudando a impulsar la sangre hacia el corazón.

2.2. AJUSTES NEURALES

Es el más conocido de los ajustes circulatorios al ejercicio. Su misión consiste en una estimulación del sistema simpático junto con una inhibición del parasimpático. El modulador y generador de esta acción será el centro vasomotor, en respuesta a una serie de estímulos aferentes procedentes del córtex cerebral, de los músculos activos y de los barorreceptores periféricos.

Hoy se conoce que algunos de los estímulos que proceden del córtex cerebral y que se dirigen hacia los músculos, producen simultáneamente un estímulo positivo que se dirige al área de los centros vasomotor y respiratorio. Su finalidad es la de activar y la de obtener una respuesta cardiovascular al ejercicio.

También se ha observado repetidamente que estímulos físicos o emocionales pueden desencadenar impulsos automáticos que establecen compensaciones cardiovasculares antes de que se inicie el ejercicio. Esta llamada "anticipación al ejercicio" que daría un margen extra de capacidad y que prepara al sistema cardiovascular para un próximo ejercicio se traduce clínicamente en una dirección variable de presión arterial y de frecuencia cardíaca. En una serie de 250 deportistas de alta y media competición se ha constatado la existencia de un incremento de frecuencia cardíaca próximo a un 18 % de la frecuencia cardíaca basal media y unos aumentos de presión arterial sistólica del 20 % en individuos entrenados y acostumbrados psicológicamente al hecho de la exploración médica. Esta adaptación anticipada posibilita el hecho de que se alcance en menor tiempo los valores máximos de adaptación, lo que puede tener utilidad en las actividades intensas y de corta duración.

Otro grupo de estímulos provendría de los músculos en actividad. Durante la contracción muscular, se generan estímulos que, por vía neural y de forma refleja, excitan los centros simpáticos. Se ha comprobado que la intensidad de este reflejo es proporcional al estado metabólico del músculo, y que no está organizado en receptores de los husos musculares, tendinosos ni propioceptivos de las articulaciones, sino excitado a través de un mecanismo metabólico.

Aunque se tengan en cuenta los estímulos corticales y musculares, resulta evidente que los estímulos procedentes de los neurorreceptores del seno carotídeo, cayado aórtico y ventrículos van a ser los más importantes. Así, cuando las resistencias periféricas caen por la vasodilatación, los barorreceptores dejan de inhibir, o bien estimulan, al centro vasomotor, y se produce un estímulo del sistema simpático, junto a una inhibición del parasimpático.

Ambas acciones provocan un aumento del gasto cardíaco condicionando el aumento de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico, y una distribución del volumen sanguíneo, aumentando las resistencias arteriales, sobre todo en los territorios inactivos, y produciendo cambios en la capacitancia venosa.

3. GASTO CARDIACO

Con el ajuste hidrodinámico aumenta el gasto cardíaco, pero este alcanza rápidamente su máximo. Por ello, se establece rápidamente la participación asociada del estímulo simpático que aumenta la eficacia de bomba del corazón.

El primer hecho que se produce es el aumento de la frecuencia cardíaca (F.C.). Se cree que el aumento inicial de dicha F.C. se debe a la inhibición vagal, mientras que los aumentos posteriores se deben al estímulo simpático. Sin la participación de ningún otro mecanismo, este aumento de frecuencia cardíaca es capaz de aumentar el gasto cardíaco, mientras no se rebase la frecuencia crítica.

A igual volumen sistólico, el aumento de frecuencia aumenta el volumen minuto, pero al llegar a la frecuencia crítica, este declina. Esta frecuencia crítica a que nos referimos será aquella en la que la disminución del tiempo diastólico impide que se llene el ventrículo, lo que conducirá a que el volumen sistólico sea menor.

La segunda acción sobre el corazón es un aumento de la contractilidad. Desde los estudios del grupo de Sarnoff sabemos que para una misma presión auricular derecha, la estimulación simpática aumenta la fuerza contráctil.

Se considera que hay un tercer factor que influye desplazando volumen de sangre hacia la circulación, y es la reducción del volumen telesistólico de los ventrículos. Pero este factor ha de considerarse relacionado con los anteriores.

4. REDISTRIBUCION DE LA CIRCULACION

A nivel periférico, la estimulación simpática produce una acción sobre los vasos de capacitancia y de resistencia. Sobre los de resistencia hace que de forma indiscriminada aumente hasta ocho veces la resistencia arteriovascular, con lo que se consigue una mayor presión de perfusión.

Habrà una disminución de perfusión en las áreas que no están en actividad, con lo que se evita que parte del flujo arterial que hemos aumentado se sustraiga del músculo activo (Fig. 6.1).

A nivel de la piel, la circulación disminuye al principio del ejercicio, pero cuando este se prolonga y se acumula una carga de calor, el flujo aumenta de nuevo en función de las exigencias térmicas. Esta fase de termorregulación

es importante, ya que una mala regulación puede llevarnos a la fase de agotamiento o deriva cardiocirculatorio.

Sobre el tejido muscular se realiza el aumento de resistencias tanto a nivel del músculo activo como no activo, si bien la compensación en el primero se realiza con los ajustes locales.

El efecto mayor se produce en área esplácnica: riñón, hígado, bazo y principalmente intestinos.

El segundo gran grupo de acciones periféricas del simpático es la venoconstricción que supone expeler hasta un 40 % de la sangre contenida en los vasos de capacitancia. Este volumen implica un mayor retorno venoso al corazón al semi vaciarse los reservorios, lo que representa una contribución para aumentar el gasto cardíaco.

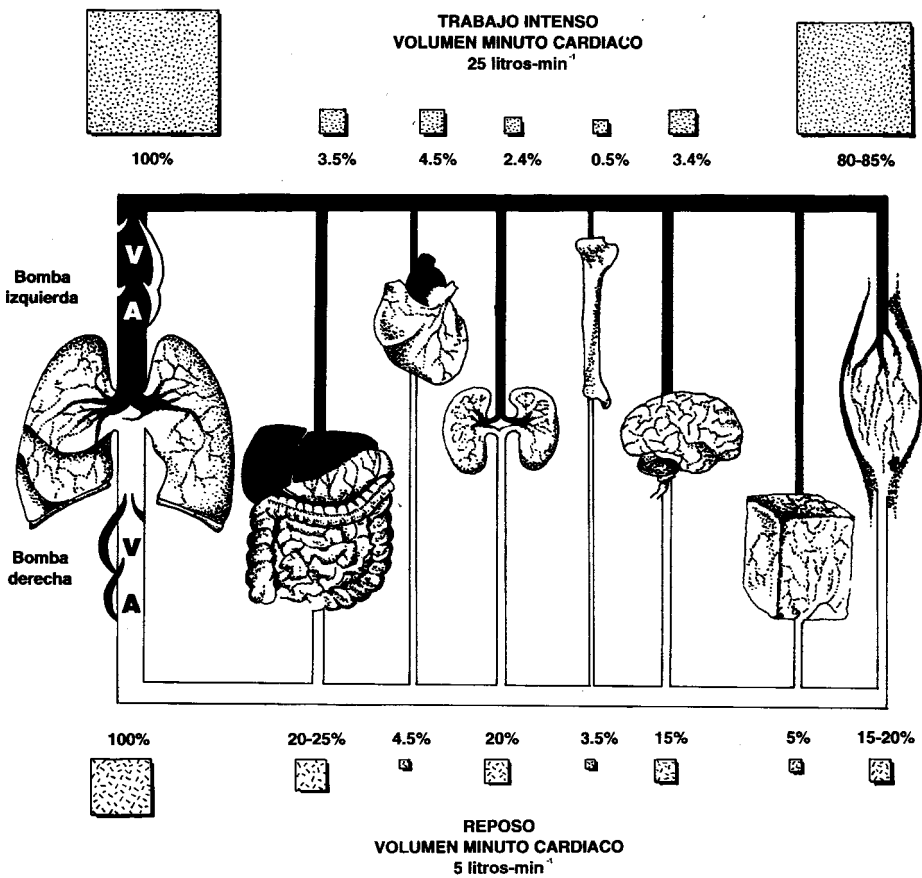


Figura 6.1 Distribución del gasto cardíaco en reposo y durante el ejercicio.

Existe aún otro mecanismo por medio del cual se obtiene un volumen adicional circulatorio. Se trata de una recuperación de líquido plasmático del intersticio muscular. El sistema simpático no influye directamente en él, pero si indirectamente al modificar las presiones capilares. El flujo hacia el capilar se produciría por el aumento de la presión hística del músculo que trabaja, que se transmite al líquido intersticial, superando la presión capilar.

5. REAJUSTE LOCAL

Con la intervención del sistema simpático se consigue un aumento del gasto cardíaco adecuado a las demandas periféricas, con una presión de flujo elevada por aumento de las resistencias. Pero esta acción indiscriminada del simpático puede dirigirse también hacia los músculos en actividad, por lo que disminuiría la irrigación de estos. En la práctica, esto no se produce porque el mecanismo vasodilatador local actúa como un simpaticolítico. Este equilibrio entre la vasodilatación local y la vasoconstricción simpática, dirige los efectos constrictores simpáticos hacia las áreas que no trabajan, en las que el aumento de las resistencias no interfieren en el rendimiento del ejercicio, favoreciendo así, la distribución del volumen y flujos sanguíneos hacia los músculos activos.

6. ADAPTACIONES SEGUN EL TIPO DE EJERCICIO

Sabemos que existen dos tipos de ejercicio físico bien diferenciados: el aerobio, que se realiza mediante una vía que cuenta con oxigenación permanente y que se traduce en la realización de ejercicios de baja y media intensidad; y el anaerobio, que incluye ejercicios de alta intensidad y escasa duración temporal, que utiliza vías en las que el oxígeno no juega ningún papel.

Esta clasificación del ejercicio establece dos tipos principales de entrenamiento: El aerobio de endurance y el anaerobio o de potencia. Las características de ambos tipos son diferentes y las adaptaciones que realiza el organismo también. Sin embargo, es preciso recordar que hemos de hablar de actividades físicas preferenciales, ya que en todas las ocasiones las modalidades o los momentos del ejercicio son mixtos, si bien existe un predominio de una u otra vía en dependencia de la especialidad deportiva utilizada. Los deportistas que practiquen especialidades en las que predominen uno u otro tipo presentarán características claramente diferenciadas y las adaptaciones cardíacas que presentan nos permiten separar a unos y a otros.

6.1. EJERCICIO AEROBIO

En el caso del ejercicio aerobio (baja y media intensidad) prolongado en el tiempo y con actuación de grandes masas musculares, la respuesta general tiene especial interés. El elemento fundamental es el aumento del retorno venoso y de la potencia muscular cardíaca, que se traducirán en un aumento del volumen minuto de expulsión y en un posterior aumento de la volemia. La traducción de estos hechos sobre la víscera cardíaca es fácilmente comprensible; el manejo de volúmenes importantes de sangre durante tiempo prolongado y el consiguiente aumento de potencia de contracción de la fibra muscular va a generar la existencia de una dilatación de la cavidad ventricular, preferentemente izquierda, y de una hipertrofia cardíaca excéntrica. Nos vamos a encontrar ante deportistas que presentan un corazón de gran tamaño, generado fundamentalmente a expensas de la dilatación de la cavidad ventricular.

6.2. EJERCICIO ANAEROBIO

En el caso de los deportista de potencia (ejercicios explosivos, corta duración, elevada intensidad) el elemento fundamental será la hipertrofia concéntrica cardíaca. La actuación general será mucho mas limitada y la incidencia será local. No se objetiva un aumento importante de la volemia y no existe por lo tanto, de forma prioritaria, una dilatación de la cavidad ventricular. Se produce una importante hipertrofia con aumento de grosor de las paredes del miocardio.

6.3. REPERCUSIONES CLINICAS

Los rasgos clínicos condicionados por ambos tipos de entrenamiento son fácilmente deducibles a partir de los elementos cardíacos que caracterizan a cada uno de ellos, y están representados en la tabla 6.1. Sin embargo vamos a citar los elementos más característicos.

En el caso del **entrenamiento aerobio** los elementos resultantes son el aumento de la volemia, la dilatación de la cavidad ventricular y el aumento de la potencia contráctil cardíaca. Estos hechos se traducen en la existencia de un aumento del volumen sistólico, tanto en situación de reposo, como en momentos de ejercicio. Al aumentar el volumen sistólico descienden la frecuencia cardíaca y las tensiones arteriales sistólica y diastólica.

En el caso del **entrenamiento anaerobio** los elementos definitorios son la escasa o nula dilatación ventricular y el aumento de grosor y potencia contráctil de la fibra muscular. En reposo el volumen sistólico no se modifica

o aumenta ligeramente y la frecuencia cardíaca se modifica poco o desciende ligeramente.

Del análisis conjunto de los parámetros cardiovasculares correspondientes a los dos tipos de entrenamiento estudiado observamos lo siguiente:

- a) En situación de reposo el volumen sistólico aumenta más en los individuos sometidos a entrenamiento aerobio; y en estos individuos el descenso de la frecuencia cardíaca es mas importante.
- b) Al realizar un trabajo submáximo el deporte aerobio presenta aumentos más importantes del volumen sistólico, incrementos menos marcados de la frecuencia cardíaca, aumento de la diferencia arteriovenosa de O_2 y menores incrementos de las presiones arteriales sistólica y diastólica.
- c) En el caso de trabajos máximos volvemos a observar mayores aumentos de gasto cardíaco y de volumen sistólico, mayores aumentos de la diferencia arteriovenosa en O_2 y menores aumentos en las presiones arteriales sistólica y diastólica en el caso de los deportistas representantes del deporte aerobio.

Tabla 6.1. Variaciones de los parámetros de la respuesta cardiovascular

AEROBIO MAXIMO	REPOSO	TRAB SUBMAXIMO	TRAB
Gasto cardíaco	=	- =	++
Vol sistólico	+	++	+++
Frec cardíaca	-	--	= -
Dif a-v O_2	=	+	++
P. A. S.	= -	= +	= +
P. A. D.	= -	=	= +
$\dot{V}O_2$	=	- =	++
ANAEROBIO			
Gasto cardíaco	=	=	+
Vol sistólico	= +	+	++
Frec cardíaca	= -	-	-
Dif a-v O_2	=	=	=
P. A. S.	= -	+	++
P. A. D.	= -	= +	+
$\dot{V}O_2$	=	=	= +

Difa- $\dot{V}O_2$: Diferencia arteriovenosa de Oxígeno.

P.A.S.: Presión arterial sistólica.

P.A.D.: Presión arterial diastólica.

$\dot{V}O_2$: Consumo de Oxígeno.

Para finalizar en la tabla 6.2 se exponen los resultados correspondientes a la aplicación de un protocolo de trabajo realizado sobre diferentes muestras poblacionales. El protocolo citado incluía la realización de una anamnesis general, exploración, electrocardiografía basal y de esfuerzo, niveles de ácido láctico sanguíneo y ecocardiografía bidimensional. El test de esfuerzo aplicado ha sido una variación del método Astrand modificado, realizado en cicloergómetro y consistente en escalones de trabajo de tres minutos, con velocidad fija (30 r.p.m.) y cargas crecientes de 50 vatios por serie, partiendo de una serie inicial de 50 vatios y una final de 250 vatios.

La primera muestra que presentamos está formada por quince corredores de maratón de la provincia de Soria que, a tiempo parcial, realizan entrenamientos discontinuos. El segundo grupo está formado por setenta y siete policías locales dependientes del Ayuntamiento de Logroño (La Rioja) que de forma global no realizan preparación física específica; y el tercero lo constituyen ocho bomberos, también pertenecientes al Ayuntamiento de Logroño.

Como puede apreciarse, en el grupo de los maratonianos se incluyen cuatro individuos que presentan una historia personal de hipertensión arterial, en tratamiento dietético. Este hecho modificará naturalmente algunos de los resultados. Hemos citado como "abandono" el caso de aquellos individuos que no han conseguido finalizar el test por presentar cuadros de fracaso de bomba con hundimiento de tensión arterial y con signos y síntomas derivados de dicho fracaso (maratón:0 individuos; policía:25 individuos; bomberos:5 individuos). Resulta evidente el hecho de que los resultados correspondien-

Tabla 6.2. Modificaciones de parámetros cardiovasculares.

CONCEPTO	MARATÓN	POLICÍA	BOMBERO
Número	15	77	8
Edad	34.9 + 5.7	35.8 + 10.3	39.12 + 7.5
Rango Edad	26-46	21-62	30-49
Abandono	0	25	5
FC basal	72.2 + 12.3	78.3 + 13.01	80.12 + 12.4
FC 3 serie	139.06 + 17.1	147.9 + 18.5	158.16 + 15.9
FC 5 serie	179 + 13.6	184.2 + 14.6	185.3 + 8.3
PAS basal	133 + 12.7	118.8 + 13.4	113.5 + 12.9
PAS 3 serie	179 + 14.6	154 + 25.7	141.6 + 16.02
PAS 5 serie	192 + 16.8	140.8 + 24.9	101.3 + 20.13
PAD basal	83.06 + 9.2	72.9 + 9.6	67.5 + 11.6
PAD 3 serie	93.3 + 8.5	54.2 + 12.9	46.6 + 15.05
PAD 5 serie	95.6 + 9.6	40.5 + 14.07	36.6 + 15.2

tes a las Tensiones arteriales se encuentran claramente sesgados al incluir en los mismos las correspondientes a los individuos con abandono.

Quizás el dato más llamativo consiste en la existencia de niveles de frecuencia cardíaca significativamente más bajos, en la población que realiza entrenamiento, junto a un menor incremento de dicha frecuencia cardíaca ante el esfuerzo.

Queda ahora correlacionar los datos entre los individuos de los diferentes grupos, estableciendo como condición básica el hecho de que hayan finalizado la prueba de esfuerzo.

CAPITULO 7

ADAPTACIONES RESPIRATORIAS DURANTE EL EJERCICIO

DR A. CORDOVA

La respiración es una función vital del organismo que tiene como fin primordial el aporte de O_2 desde la atmósfera hasta los tejidos y la eliminación de CO_2 desde estos al exterior. Para lograrlo, el sistema respiratorio utiliza la acción de una serie de músculos (músculos respiratorios) que originan variaciones de presión y volumen en la cavidad torácica, posibilitando la aireación de los alvéolos.

El proceso respiratorio se puede dividir en dos fases, una externa y otra interna. La respiración externa se lleva a cabo en 3 etapas: a) ventilación pulmonar que significa intercambio de aire (entrada y salida) entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares; b) difusión y perfusión del O_2 y CO_2 entre alvéolos y sangre; c) transporte de O_2 y CO_2 en la sangre y en los líquidos corporales hasta las células y viceversa. Por su parte la respiración interna, o respiración celular, implica la utilización del oxígeno y la producción de anhídrido carbónico por los tejidos, reacciones metabólicas esenciales en la producción de energía a partir de los alimentos. Todas estas etapas de la respiración están reguladas y coordinadas por el centro respiratorio.

1. FUNCIONES GENERALES DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Además de las funciones ventilatorias y de aporte de oxígeno a los tejidos, el sistema respiratorio tiene otras funciones no menos importantes:

- a) Filtración de materiales tóxicos,
- b) Metabolización de compuestos,
- c) Reservorio de sangre,
- d) Vía de medicación,
- e) Función del lenguaje.
- f) Función endocrina.

Como ocurre en el aparato cardiocirculatorio, la actividad física exige una serie de modificaciones o adaptaciones del sistema respiratorio. La realización de un ejercicio determina un aumento de la frecuencia y de la amplitud respiratorias (polipnea e hiperpnea respectivamente), circunstancias que pueden ocurrir incluso antes de comenzar el esfuerzo.

2. PROPIEDADES ELÁSTICAS DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Para evaluar las propiedades elásticas del sistema ventilatorio, aunque actúen como una unidad coordinada, desde el punto de vista didáctico, es conveniente considerar por separado las de los pulmones y las del tórax.

2.1 PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS PULMONES

Las propiedades elásticas del pulmón son debidas a las fibras que componen su tejido y a la tensión superficial existente en los alvéolos pulmonares. Estas propiedades son fundamentalmente dos: a) Distensibilidad, debida al tejido pulmonar y a la tensión superficial, y b) Interdependencia.

2.1.1 Distensibilidad. El pulmón por su comportamiento elástico y por efecto de la fuerza muscular, se distiende durante la inspiración recobrando su posición original al dejar de actuar, simulando a un muelle (Fig. 7.1).

La relación entre la fuerza ejercida para conseguir la distensión y el estiramiento provocado, o lo que es lo mismo, entre la presión efectuada y el volumen obtenido se le denomina **distensibilidad o complianza** es por tanto: “el cambio de volumen originado por cambio de unidad de presión”, en pulmón se expresa como: “el cambio de volumen (intra) pulmonar generado por el cambio de presión transpulmonar”.

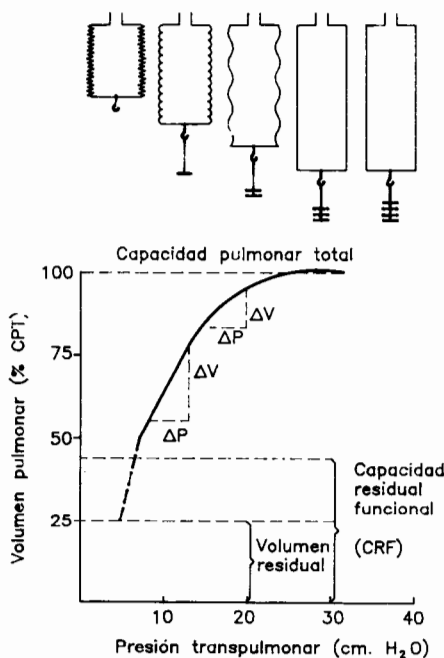


Figura 7.1 Propiedades elásticas del pulmón.

La base molecular de esta propiedad elástica la constituye su composición y organización fibrilar de fibras de elastina y colágenas. Las fibras de elastina aportan el nivel de estiramiento, y las colágenas, junto con el reflejo de estiramiento de Hering Breuer, actúan como factor limitante al mismo.

2.1.2 Histéresis. A la diferencia entre la curva presión-volumen originada durante la inspiración y la espiración se denomina histéresis, que se define como "la incapacidad del pulmón para seguir la misma curva presión-volumen durante la inspiración y la espiración".

La histéresis que es una propiedad común a las estructuras elásticas, en los pulmones se debe fundamentalmente a tres hechos:

- a) Elasticidad tisular pulmonar
- b) La película tensoactiva de los alvéolos
- c) La desigualdad del número de bronquiólos y unidades respiratorias abiertas para una misma presión en la inspiración y la espiración.

2.1.3. Tensión superficial. A nivel de los alvéolos existe una fina película líquida que los recubre, denominada surfactante o sustancia tensoactiva, que se va a encargar de disminuir la tensión superficial de los alvéolos pulmonares. La tensión superficial de las paredes alveolares varía con el volumen pulmonar.

El surfactante tiene importantes funciones fisiológicas: a) hace que el pulmón sea más fácilmente distensible y que disminuya el esfuerzo (trabajo) muscular necesario para ventilar los pulmones y conservarlos aireados, b) ayuda a estabilizar los alvéolos y evita el colapso alveolar, cuando la cantidad de surfactante es insuficiente se produce un estado de sufrimiento respiratorio o también llamado distress respiratorio, y c) mantiene secos los alvéolos evitando la trasudación de líquidos en el espacio alveolar.

2.1.4. Interdependencia. Esta consiste en el apoyo que las unidades circundantes se ofrecen reciprocamente, de esta forma, los alvéolos (excepto los que están en contacto con la superficie pleural) se sostienen mutuamente.

2.2. PROPIEDADES ELASTICAS DE LA PARED TORACICA

Al igual que el pulmón, la caja torácica también es elástica. La elasticidad de la pared torácica es tal, que si no encontrase oposición por parte de los pulmones, el tórax se distendería hasta aproximadamente el 70% de la capacidad pulmonar total, posición que representa su punto de equilibrio o

reposo (cuando los músculos respiratorios están totalmente relajados). En esta posición, la diferencia de presión a través de la pared torácica (transtorácica), es decir, la diferencia entre la presión pleural y la superficie del tórax, es igual a 0. Sin embargo, si el tórax fuese forzado a distenderse aún más, su retracción elástica actuaría hacia adentro (como la del pulmón) oponiéndose a la expansión y favoreciendo la vuelta al punto de equilibrio, y a la inversa, con volúmenes inferiores al 70% de la capacidad pulmonar total, la retracción del tórax se opone a la del pulmón y está dirigida hacia afuera.

En consecuencia, si se tiene en cuenta que los pulmones y el tórax son elásticos y funcionan a manera de resortes, estos tienen distintas posiciones en descanso (Fig. 7.2).

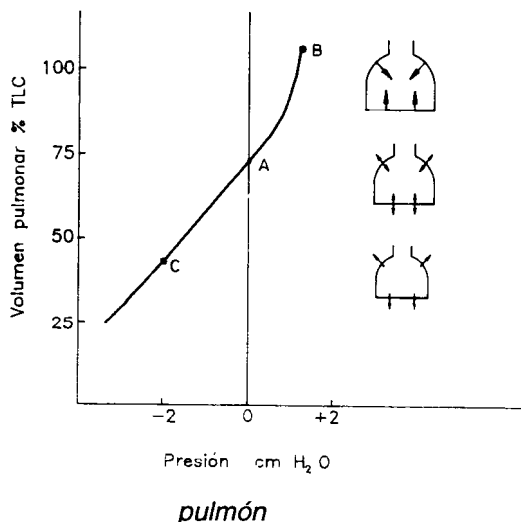
3. MECANICA RESPIRATORIA Y VENTILACION PULMONAR

La caja torácica es un receptáculo semirrígido que contiene los pulmones. La modificación de su volumen permite la entrada y salida de aire. La ventilación pulmonar se realiza mediante la inspiración y la espiración, fenómenos que tienen lugar por la contracción y relajación de los músculos respiratorios que movilizan el tórax y los pulmones aumentando y disminuyendo el volumen pulmonar.

3.1. INSPIRACION

La inspiración, producida por la contracción de los músculos inspiratorios, origina expansión torácica y llenado de los pulmones con aire. Los músculos más importantes que intervienen en este proceso son:

- a) Diafragma: principal músculo respiratorio, que al contraerse produce: desplazamiento del contenido abdominal hacia abajo aumentando el diámetro vertical de la caja torácica y levantamiento de los bordes de las costillas desplazándolos hacia afuera aumentando el diámetro transversal.



- b) Músculos intercostales externos y supracostales largos y cortos. Al contraerse elevan el extremo anterior de cada costilla aumentando los diámetros antero-posterior y transversal del tórax
- c) Músculos accesorios: Escalenos, esternocleidomastoideos y serratos mayores, que al contraerse aumentan algo las dimensiones antero-posteriores y longitudinales del tórax.

3.2. ESPIRACION

La espiración es un fenómeno pasivo que se produce por la retracción elástica de los pulmones. Sin embargo, al aumentar la ventilación o cuando existe un impedimento para la salida del aire de los pulmones, el proceso se torna activo. En la espiración intervienen los músculos:

- a) Músculos intercostales internos: que se oponen a la acción de los externos deprimiendo las costillas.
- b) Músculos abdominales: (oblicuo mayor y menor, transversos y rectos), al contraerse comprimen el contenido abdominal empujando al diafragma hacia arriba, a la vez que bajan las costillas inferiores y tiran de la porción antero-inferior del tórax reduciendo su volumen.
- c) Serratos menores posteroinferiores y triangular del esternón.
- d) Diafragma y músculos intercostales externos permitiendo la disminución de volumen del tórax.

Los procesos de expansión y deflacción de la caja torácica no se realizan directamente sobre los pulmones, se hacen sobre la pleura (pleura parietal - espacio pleural - pleura visceral). La pleura visceral unida a los pulmones hace que estos le sigan en su movimiento.

Durante la inspiración la presión en el interior del alvéolo es negativa con respecto a la atmosférica lo que hace que entre aire. En la espiración las presiones se invierten y ocasionan la salida de aire, completando un ciclo respiratorio.

La ventilación pulmonar consiste en la penetración de aire nuevo en los pulmones y su llegada al alvéolo. Allí se produce el intercambio gaseoso y el aire viciado saldrá de nuevo hacia el exterior. Una ventilación normal, en un ciclo respiratorio, moviliza unos 500 ml de aire. Es decir que si la frecuencia respiratoria normal es de 15 c/min la ventilación total o volumen minuto respiratorio es de 15 c/min. $500 \text{ ml/c} = 7500 \text{ ml/min}$.

La ventilación alveolar es algo menor porque siempre queda aire en el espacio muerto anatómico.

4. INTERCAMBIO GASEOSO Y TRANSPORTE DE O_2

Mediante la ventilación, que supone el movimiento de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares, se renuevan los gases alveolares que deben intercambiarse o transferirse, a través de la membrana respiratoria (barrera hematogaseosa), con los de la sangre de los capilares perialveolares. Este proceso se produce por difusión simple del O_2 hacia la sangre pulmonar y el paso de CO_2 desde la sangre pulmonar hacia el alvéolo.

El intercambio gaseoso es el proceso por el que los gases (CO_2 y O_2) atraviesan la barrera hematogaseosa o alveolocapilar permitiendo la expulsión de CO_2 , producto de las combustiones internas, y la entrada de O_2 hacia la sangre, necesario para la nutrición y el metabolismo celular. Este intercambio viene regido por la ley de Fick.

La intensidad de la difusión de los gases en un líquido depende de:

- a) Gradiente de presión (P) a ambos lados de la membrana,
- b) Solubilidad del gas en el líquido (S),
- c) Área de la superficie de contacto con el líquido,
- d) Distancia a través de la que debe difundir el gas (espesor de la membrana o líquido),
- e) La velocidad del movimiento cinético de las moléculas del gas,
- f) La temperatura del líquido, que en el organismo humano es fisiológicamente constante.

El O_2 pasa hacia la sangre a favor de un gradiente de concentración (100/40 mmHg) y lo hace en 1/3 del tiempo del que dispone. Es decir existe una gran reserva de la capacidad de difusión. Como durante el ejercicio la velocidad del flujo capilar se triplica, la PO_2 al final del capilar no suele modificarse por motivos de difusión. En ambientes pobres en O_2 (estancia en grandes alturas) la difusión se produce a favor de gradiente de presiones, aunque este es menor (50/20 mmHg). Esto provoca una lentitud en el proceso de difusión observándose, al final del recorrido por el capilar, diferencias alveolocapilares en la PO_2 .

La misma reserva de capacidad de difusión existe para el CO_2 con la ventaja de que es 20 veces más difusible por su mayor solubilidad en la membrana.

5. RELACIONES VENTILACION-PERFUSION

En los pulmones, en un supuesto ideal, la inspiración aportaría a cada uno de los alvéolos iguales cantidades de aire de composición uniforme y la

perfusión distribuiría a cada alvéolo una cantidad igual de sangre venosa. En condiciones reales esto no sucede de esta forma ya que, como sabemos, la ventilación y la perfusión no se distribuyen de manera homogénea por todo el parénquima pulmonar y las relaciones VA/Q son diferentes según la zona del pulmón en la que se estudie (vértices, zonas medias, bases), siendo las variaciones de la perfusión mucho más relevantes en relación con el efecto que la gravedad ejerce sobre la misma.

En reposo la ventilación alveolar (VA) y el flujo sanguíneo pulmonar (Q) son aproximadamente iguales. La relación VA/Q normal oscila como promedio entre 0,85 y 0,9 (unos 4 l de aire/ 5 l de sangre por minuto). Con el ejercicio la ventilación se incrementa de forma paralela a las demandas metabólicas mientras que el flujo sanguíneo aumenta en menor proporción, por lo que durante el ejercicio intenso la relación VA/Q puede ascender a 3 o 4 veces. El incremento relativamente menor del flujo durante el ejercicio determina en la sangre venosa mixta un aumento de la PCO_2 y un descenso de la PO_2 como reflejo de las presiones gaseosas hísticas, pero las presiones parciales de los gases arteriales permanecen normales siempre que la ventilación sea suficiente para compensar las alteraciones del metabolismo. Si la ventilación alveolar es adecuada y el intercambio gaseoso se realiza de forma normal, los gases sanguíneos arteriales permanecen normales con independencia del gasto cardíaco y de la presiones gaseosas venosas mixtas que pueden afectar al metabolismo y rendimiento de los tejidos periféricos, pero no ejerce efecto alguno sobre las presiones parciales de los gases en la sangre arterial (Fig. 7.3 y 7.4).

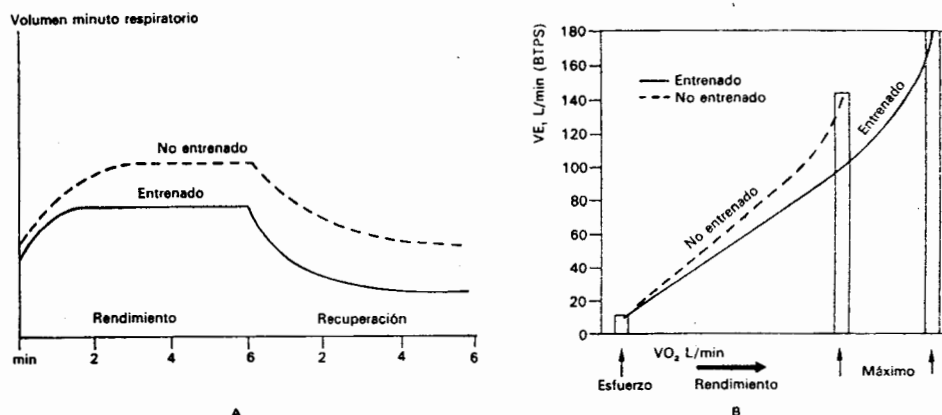


Figura 7.3 Variaciones del volumen minuto respiratorio y relación entre éste y el consumo de oxígeno en individuos entrenados y no entrenados.

6. TRANSPORTE DE GASES

El O_2 es captado por los capilares desde el aire alveolar y es transportado por la sangre de dos maneras: a) Una pequeña parte es transportado disuelto en la fase acuosa del plasma, y b) la mayor parte (más del 98%) es transportado en combinación química reversible con la hemoglobina (Hb).

6.1. TRANSPORTE DE O_2 DISUELTO

La cantidad de O_2 disuelto en la fase acuosa del plasma obedece a la ley de Henry, o sea depende del coeficiente de solubilidad del gas en la sangre y es directamente proporcional a la PO_2 . Por cada mm de Hg de PO_2 hay 0,003 ml de O_2 /100 ml de sangre (0,003 vol%); en condiciones normales, con una PO_2 en sangre arterial de 100 mm de Hg, se transportan 0,3 ml de O_2 por cada 100 ml de sangre (0,3 ml/dl o 0,3 vol%).

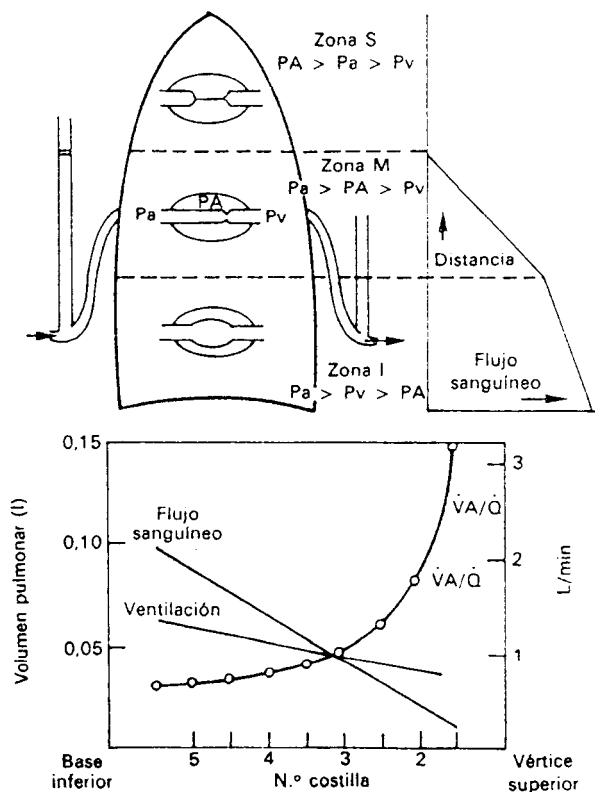


Figura 7.4 Relación ventilación perfusión. Distribución regional de la ventilación.

Pero aunque el O_2 disuelto es de muy escasa cuantía desempeña una función importante, ya que establece la PO_2 plasmática de la que depende la carga hemoglobínica y la difusión del gas a través de las membranas celulares.

6.2. TRANSPORTE DE O_2 COMBINADO CON LA HEMOGLOBINA

La hemoglobina (Hb), contenida en el interior de los hematíes, tiene entre otras funciones la de captar transportar y liberar O_2 , existiendo una íntima relación entre su estructura y su función. La función respiratoria de la Hb depende de su capacidad para unirse reversiblemente con el O_2 . Esta propiedad es consecuencia de las características intrínsecas de la estructura molecular del pigmento y de la composición del medio ambiente en el que se encuentra (pH, CO_2 , temperatura, 2-3 difosfoglicerato, etc.).

El hematíe proporciona a la Hb el adecuado ambiente para mantenerse en estado funcional. La Hb, al ubicarse en el interior de los hematíes, se libera del influjo metabólico general y evita su rápida degradación (su vida media en plasma es de 200 minutos, frente a 120 días en el interior del eritrocito); además la localización intraglobular de la Hb previene de los efectos deletéreos que se producirían al aumentar la viscosidad sanguínea y la presión coloidsmótica si la proteína circulase libremente a una concentración de 15 g/dl. La Hb representa el 95% del peso seco del hematíe y este importante acúmulo intraeritrocitario o de Hb es posible gracias a la alta hidrosolubilidad y a la forma esférica y compacta de la misma (Fig. 7.5).

La cantidad máxima de O_2 capaz de combinarse con la Hb se denomina **capacidad máxima de O_2** . Un gramo de Hb puede fijar 1,34 ml de O_2 (para otros autores 1,36 o 1,39, debido a que en condiciones normales parte de la Hb se halla en formas como la metaHb que no puede fijar O_2) y, puesto que la sangre normal tiene unos 15 g de Hb/100 ml, la capacidad máxima de transporte de O_2 de 100 ml de sangre es de unos 20 ml. La Hb permite, por tanto, transportar unas 70 veces más O_2 que el que es transportado disuelto en la fase acuosa del plasma. La cantidad de O_2 combinado con la Hb, al ser la concentración de ésta variable en condiciones normales y más aún en estados patológicos, tiende a expresarse en forma de un %. Este porcentaje expresa la relación entre el O_2 realmente combinado con la Hb disponible y la capacidad máxima de O_2 que puede unirse con ella. Esta relación se denomina **saturación del O_2 de la Hb (SO_2)**. Su valor depende de la PO_2 , por lo que la saturación de O_2 de la sangre arterial para una PO_2 de 100 mm de Hg es de alrededor del 97% (sería del 100% si no existiera un pequeño shunt pulmonar fisiológico), mientras que la de la sangre venosa, para una PO_2 de 40 mm de Hg, es de alrededor del 75%.

En el individuo normal, el volumen total de O_2 que la sangre aporta por minuto a los tejidos está en función de la cantidad total de O_2 transportado por unidad de volumen de sangre y del volumen de sangre movilizado por unidad de tiempo. En condiciones normales sólo se utiliza por las células un 25 % del volumen total de O_2 transportado. Si los requerimientos metabólicos de los tejidos aumentan (durante el ejercicio), su valor puede incrementarse. Otros mecanismos son capaces de aumentar la oferta de O_2 a los tejidos, entre los que pueden señalarse esquemáticamente:

- El incremento de la masa eritrocitaria para aumentar la capacidad de transporte de O_2 (al aumentar la Hb, aumenta la CaO_2) en respuesta a un aumento de producción de eritropoyetina por parte del riñón en relación con la captación de una señal hipóxica por "sensores" renales específicos.
- El incremento del número de capilares tisulares funcionantes (reclutamiento) que proporciona un rápido y flexible mecanismo de adaptación a la hipoxia local.

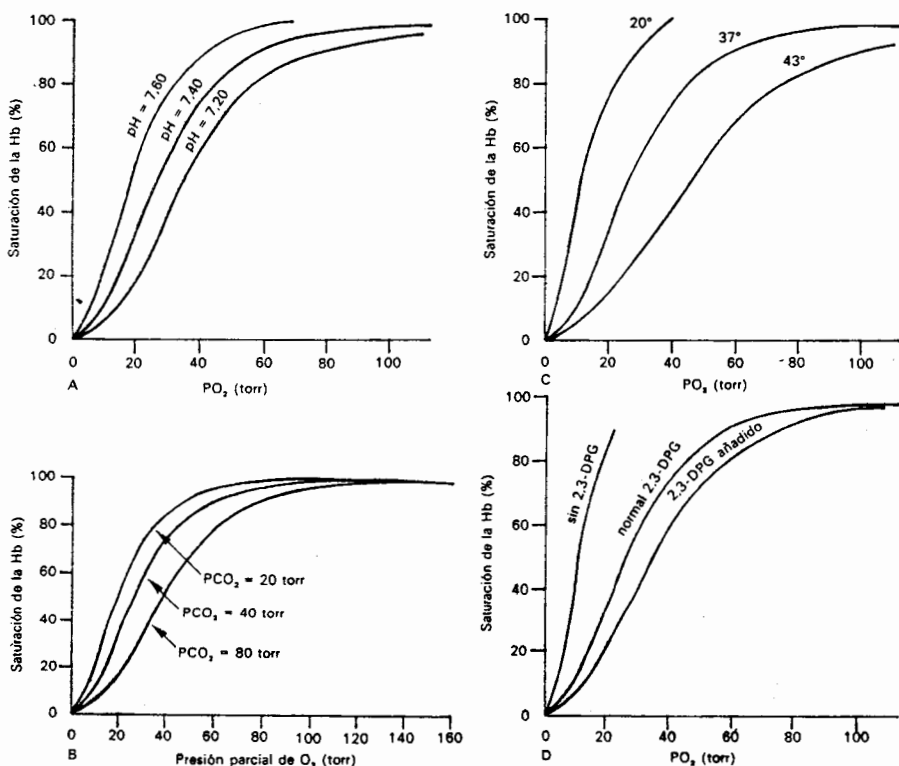


Figura 7.5 Factores que modifican la curva de disociación de la hemoglobina.

Durante el ejercicio la PO_2 tisular disminuye por un incremento en el consumo de O_2 , esto provoca una mayor desaturación de O_2 de la Hb circulante, es decir que existe una reserva automática de O_2 para que las células estén abastecidas cuando se incrementan las necesidades metabólicas. Como además el gasto cardíaco se incrementa, la transferencia de O_2 a los tejidos aumenta hasta 20 veces. El ejercicio induce también incrementos en la acidez, T^a , $[CO_2]$, y 2,3 DPG del eritrocito, todo lo cual ejerce modificaciones en la molécula de Hb que pierde capacidad de retener O_2 . Se traduce en un desplazamiento de la curva de disociación hacia la derecha con liberación de más O_2 hacia los tejidos.

A nivel tisular el transporte y almacenamiento de O_2 lo realiza la mioglobina. Esta hemoproteína es capaz de liberar el O_2 que fija a PO_2 muy bajas y facilita su entrada a las mitocondrias, sobre todo en ejercicios vigorosos cuando la PO_2 cae de forma espectacular.

La anemia por deficiencia de Fe disminuye significativamente la capacidad transportadora de O_2 y repercute en el rendimiento del ejercicio aeróbico (anemia del deportista).

Con respecto al CO_2 la sangre transporta un 5% de forma libre disuelto en el plasma. El mayor porcentaje circula en forma de bicarbonato y el resto forma compuestos carbamínicos con las proteínas sanguíneas, incluida la Hb.

7. VOLUMENES PULMONARES DINAMICOS

Los volúmenes dinámicos son importantes en la evaluación de la capacidad funcional del deportista. Para valorar la capacidad ventilatoria no solo hay que comprobar si el individuo mantiene unos volúmenes respiratorios estáticos fisiológicos sino que es indispensable comprobar si es capaz de mantener unos niveles de flujo aéreo adecuados.

La ventilación dinámica depende de dos factores: de la capacidad vital y de la velocidad con que puede moverse dicho volumen. Esta depende a su vez de las resistencias que oponen las vías a la conducción tranquila del aire (resistencias de las vías aéreas), y de las que ofrecen el tórax y el tejido pulmonar al cambio de dimensiones durante la respiración (resistencias parietales e hísticas). Como la reserva funcional es muy grande hay que recurrir a pruebas que midan el flujo para poder conocer realmente las posibilidades de movilización de grandes volúmenes de aire por minuto.

El volumen espiratorio forzado (VEF1 o VEMS); volumen de aire expulsado en el primer segundo de una espiración forzada tras una inspiración

máxima) da una idea de la potencia espiratoria y de la resistencia general de los pulmones al movimiento del aire. Expresado en % de la capacidad vital se considera normal un 85%. Puede sospecharse cierta obstrucción de las vías cuando no se llega a porcentajes del 70%.

El volumen ventilatorio máximo (VVM) se obtiene tras respirar de forma rápida y profunda durante 15 seg. y extrapolando los resultados al minuto. Los jóvenes sanos masculinos alcanzan los 140-180 l/min y las mujeres 80-120 l/min. Estos valores son más altos en atletas de alta competición y descienden en enfermos con patología obstructiva hasta un 40% de lo considerado normal para su edad y tamaño. La terapia de ejercicio específica mediante el correspondiente entrenamiento, tanto en pacientes obstructivos como en individuos normales, es beneficiosa ya que incrementa la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios aumentando su VVM. Se mejora así la capacidad de ejercicio reduciendo el esfuerzo fisiológico (Fig. 7.6).

8. FUNCION PULMONAR, ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO FISICO

Cuando los valores de la función pulmonar se encuentran dentro de los límites normales, sus variaciones aportan poca información sobre la condición física y el rendimiento de los deportistas. En este sentido, al comparar valores medios de diversas variables de la función respiratoria de personas sedentarias, entrenadas y deportistas de elite, no se han observado diferencias significativas. Son la natación y el buceo los deportes que más incrementan la capacidad vital y disminuyen el volumen residual, debido a que los músculos respiratorios luchan contra la presión ejercida por el agua y mejoran con el entrenamiento su capacidad aeróbica. Sin embargo, los resultados no son concluyentes, sobre todo en edades infantiles. En definitiva existe una incapacidad para valorar el rendimiento en individuos sanos a partir de las medidas de la función pulmonar, siempre que estas se encuentren dentro de la normalidad. Los volúmenes pulmonares mayores de lo normal y las capacidades pulmonares de algunos atletas parecen ser debidas a la dotación genética. Esto acompañado del entrenamiento específico de los músculos respiratorios sí mejora el rendimiento físico. El entrenamiento de los músculos respiratorios favorece el mantenimiento de altos niveles de ventilación submáxima ya que mejora la resistencia ventilatoria al incrementar los niveles de enzimas aeróbicas de los músculos ventilatorios. Se consigue pues un retardo en la aparición de fatiga ventilatoria la cual está relacionada con una sensación de "estar sin aliento" y con un malestar local provocado por los niveles de lactato sanguíneo.

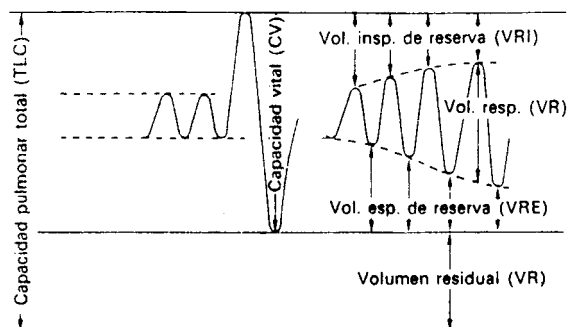
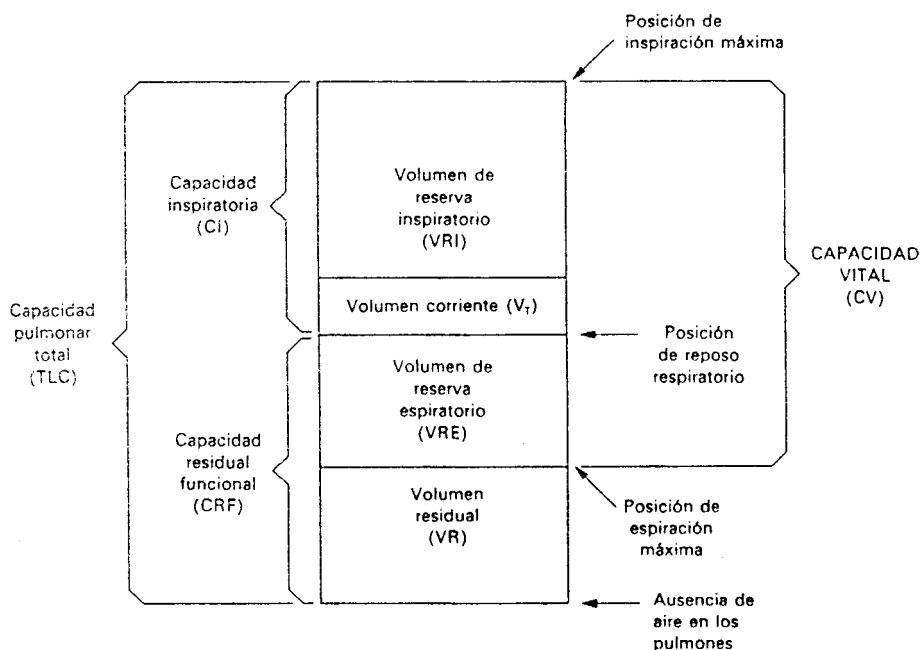


Figura 7.6 Volúmenes y capacidades pulmonares.

9. REGULACION DE LA VENTILACION DURANTE EL EJERCICIO

Como se dijo al principio, la realización de ejercicio produce modificaciones en la dinámica respiratoria que se traducen en polipnea e hiperpnea (aumento de la frecuencia y amplitud respiratorias, respectivamente). Con ello se pretende satisfacer las grandes necesidades de O_2 existentes durante la actividad física. Normalmente existe una fase precoz de desequilibrio entre las exigencias y los aportes (deuda de O_2). Cuando la demanda se satisface se entra en una fase de equilibrio entre la captación y el consumo de O_2 . Si el trabajo es de gran intensidad llega un momento en que la adaptación respiratoria es insuficiente para compensar las necesidades. En este caso se vuelve a crear una deuda de O_2 , se pasa a metabolismo anaeróbico y aparece una intensa disnea (sensación de dificultad para respirar).

En las competiciones deportivas suele realizarse un trabajo máximo que crea rápidamente deuda de O_2 , abocándose al metabolismo anaeróbico lo cual puede acarrear un rápido agotamiento. Todo ello ocurre cuando las necesidades de O_2 superan ampliamente a los aportes. La deuda creada se compensará en el período de recuperación.

Aunque aumentan tanto la frecuencia como la amplitud respiratorias, es esta última la que más crece y se le denomina hiperpnea del trabajo físico.

Durante actividades de tipo moderado la ventilación crece en relación al $\dot{V}O_2$. Hasta una respiración de 30 l/min el trabajo respiratorio lo llevan a cabo los músculos inspiratorios ya que la espiración es pasiva debido a la elasticidad toracopulmonar. De aquí en adelante la espiración se toma activa, entran en juego los músculos espiratorios y al llegar a los 100 l/min intervienen también los músculos respiratorios accesorios. Esta participación en bloque de todos los músculos respiratorios condiciona un $\dot{V}O_2$ que puede privar de O_2 al resto del organismo. Es decir, la movilización de aire durante el esfuerzo físico consume O_2 lo que constituye un límite ventilatorio para la realización de trabajo. En individuos entrenados este límite llega a los 150-200 l/min, la movilización de cualquier volumen añadido requerirá unos aportes de O_2 que repercutirán en el rendimiento del organismo.

Una conclusión práctica es que la realización de un trabajo aeróbico máximo nunca desarrolla niveles extremos de ventilación pulmonar. Por otra parte, la ventilación se ve limitada por la circulación, es decir, por el tiempo que el eritrocito permanece en contacto con la barrera hematogaseosa y puede captar el O_2 alveolar (hematosis).

La regulación de la respiración durante el ejercicio es el resultado de la combinación de factores neurales y químicos:

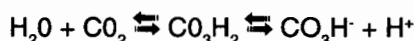
- Una programación de origen nervioso que dispone al aparato respiratorio para enfrentarse a un esfuerzo inmediato (análogo al estímulo cardíaco) ello explicaría el incremento ventilatorio inmediatamente anterior al ejercicio. Parte información de las regiones de la corteza motriz que estimulan las neuronas respiratorias medulares.
- Una respuesta refleja cuyo origen se encontraría en la estimulación de los quimiorreceptores y mecanorreceptores musculares, aunque no han sido identificados con certeza. Se especula que los factores mecánicos aumentan la salida de la información desde estos receptores y modifican la actividad del centro respiratorio.
- Un incremento de la T^a corporal tiene un efecto directo estimulador sobre las neuronas del centro respiratorio, lo cual tendría relevancia sólo en ejercicios de cierta duración.
- Más tardíamente, los metabolitos de procedencia muscular (CO_2 , ácido láctico) estimularían directamente o a través de mediadores (H^+) los quimiorreceptores aórticos y carotídeos e incluso directamente el centro respiratorio incrementando la ventilación. Como tardan cierto tiempo en producirse, no pueden ser la única causa de la hiperventilación, además su única presencia no es suficientemente potente para desencadenar las modificaciones que se producen en un ejercicio vigoroso:
- La pO_2 asciende y no constituye un estímulo para la ventilación.
- La hiperventilación produce un descenso de la pCO_2 circunstancia que inhibe la hiperventilación. Sin embargo, estos factores estimulantes sufren oscilaciones entre el final de la inspiración y el final de la espiración (pCO_2 capilar y alveolar, más alta al final de la espiración y más baja al final de la inspiración). Esto unido a un probable incremento en la sensibilidad de los quimiorreceptores periféricos provocaría parte del estímulo hiperventilatorio durante el ejercicio.

10. REGULACION RESPIRATORIA DEL EQUILIBRIO ACIDO-BASE DURANTE EL EJERCICIO

El pH de la sangre se mantiene ligeramente alcalino (7.4) y es un valor que no puede sufrir modificaciones importantes para la correcta homeostasis de nuestro organismo. Un incremento del pH indica un descenso de la $[\text{H}^+]$ y se denomina alcalosis; el aumento de la $[\text{H}^+]$ se denomina acidosis y se traduce en un descenso del pH. La realización de ejercicio genera siempre un aumento de la producción de CO_2 y casi siempre de ácido láctico. Hay tendencia a una situación de acidosis metabólica. Esto puede compensarse

con sistemas amortiguadores químicos presentes en nuestros líquidos corporales como son el tampón del bicarbonato, el fosfato, y las proteínas plasmáticas. Estos sistemas químicos se agotan con cierta rapidez por lo que deben existir otros mecanismos para evitar modificaciones importantes del pH. Se trata del pulmón y del riñón que actúan como amortiguadores físicos a medio y largo plazo y, que además potencian la actividad de los amortiguadores químicos.

Cualquier aumento de los H^+ en los líquidos extracelulares y en el plasma estimulan el centro respiratorio y provoca una hiperventilación. Esto reduce rápidamente el CO_2 de la sangre que sale con el aire espirado y facilita la recombinación de H^+ con CO_3H^- desapareciendo valencias ácidas del medio



La magnitud potencial del pulmón como amortiguador se ha estimado como el doble de todos los amortiguadores químicos juntos.

El entrenamiento anaeróbico permite soportar niveles más altos de ácido láctico y más bajos de pH que los que podía tolerar antes del entrenamiento. Sin embargo, no se ha podido demostrar que la capacidad amortiguadora pueda ser mejorada por tipos específicos de entrenamiento. Probablemente lo conseguido por el entrenamiento anaeróbico sea más una adaptación de tipo motivacional y psicológica para tolerar la incomodidad de la situación ácida.

D^a. M.A. FERRER y D.E. CONTRERAS

El estudio del efecto del ejercicio sobre diferentes parámetros hematológicos ha ofrecido resultados contradictorios durante muchos años, al no tener en cuenta aspectos importantes (tipo de ejercicio, tiempo de ejecución, intensidad, posición, T^a ambiental, etc.), que pueden modificar el comportamiento de dichos parámetros. Sin embargo, parece claro que la hemoconcentración es un fenómeno observado repetidamente tras la realización de ejercicios intensos y de corta duración. Los indicadores más frecuentemente valorados son el hematocrito (Hto), la concentración sanguínea de hemoglobina (Hb) y las proteínas plasmáticas totales (PT).

El ejercicio también ocasiona alteraciones cuantitativas en los elementos sanguíneos corpusculares. Normalmente se habla de un incremento de los eritrocitos después de la realización de ejercicio, aunque en ocasiones el número de hematíes no ha variado. Sin embargo, el incremento de los leucocitos, tras la realización de ejercicio, es un hecho suficientemente demostrado.

1. HEMOCONCENTRACION Y HEMODILUCION

Cuando se realiza ejercicio, en unos pocos minutos se verifican modificaciones del contenido líquido de los espacios intravascular e intersticial (Fig. 8.1), sin que existan apenas modificaciones en el contenido total de agua del organismo. En este sentido, podemos distinguir dos situaciones, la hemoconcentración y la hemodilución (Fig. 8.2).

La hemoconcentración se refiere al incremento progresivo de la concentración de los componentes intravasculares debido a la pérdida continua de líquido plasmático desde el torrente vascular. La hemodilución sería el caso contrario, en el que el contenido vascular aumenta gracias a una ganancia neta de líquido proveniente del espacio intersticial. Los elementos formes y los solutos se diluyen. Una vez que el ejercicio cesa, y durante el período de recuperación, los espacios vuelven a su volumen normal.

El trasiego de líquidos en los tejidos depende del juego de presiones hidrostáticas y coloidosmóticas capilares y tisulares (Fig. 8.3). Así, la tendencia a la hemodilución o a la hemoconcentración depende de varios factores específicos:

- a) Condiciones térmicas ambientales. Así, cuanto mayor es la sobrecarga de calor ambiental mayor es la tendencia a la hemoconcentración, debido lógicamente a la eliminación de sudor.
- b) Severidad y tipo de ejercicio. La realización de ejercicios como pedalear en una bicicleta ergométrica o correr provocan como respuesta más común una hemoconcentración, que parece ser lo más frecuente en cualquier tipo de ejercicio. La magnitud de esta hemoconcentración suele ser proporcional a la intensidad de la actividad.
- c) La postura de ejecución puede condicionar la respuesta. Un ejercicio en bipedestación facilita la hemoconcentración porque predomina la filtración del lecho capilar de la parte inferior del cuerpo. Sin embargo, el efecto bombeador de los músculos sobre el sistema venoso puede limitar la cuantía de la hemoconcentración.
- d) El estado de hidratación puede influenciar cualitativa y cuantitativamente las respuestas del volumen intravascular al ejercicio. Curiosamente se ha comprobado que las reposiciones líquidas durante el esfuerzo pueden atenuar pero no prevenir la aparición de hemoconcentración.

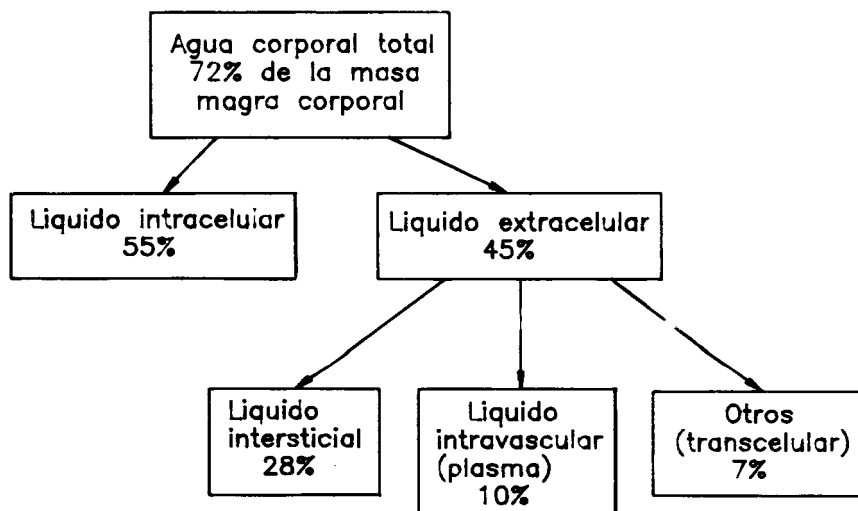


Figura 8.1 Distribución orgánica de líquidos corporales.

e) Los procesos de termorregulación contribuyen a la hemoconcentración al promover la sudoración (pérdida de líquidos). Si un individuo está aclimatado, los procesos termorreguladores no serán tan determinantes.

Las pérdidas líquidas corresponden a una mayor eliminación sudoral y de vapor de agua por la vía respiratoria, y al paso desde el espacio vascular hacia el intersticial. Esto último depende de la presión hidrostática de los vasos y de la osmolaridad de los músculos en ejercicio.

La hemoconcentración inicial tiende a desaparecer en ejercicios prolongados por incrementos de la osmolaridad plasmática, aumentos en la presión tisular, y por la propia hemoconcentración.

2. EL SISTEMA ERITROCITARIO

2.1. VARIACIONES DE LOS GLOBULOS ROJOS

La capacidad de transporte de O_2 por la sangre, es un factor determinante de la capacidad física y se basa en la concentración de Hb, en el nº de hematíes circulantes y en la eficacia de sus funciones.

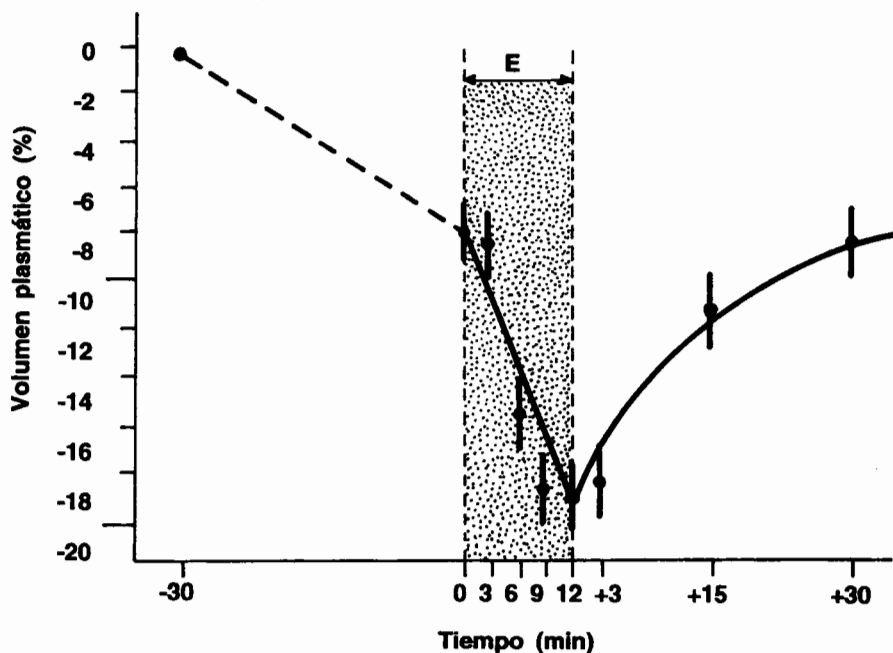


Figura 8.2 Hemoconcentración y hemodilución.

Una sola sesión de ejercicio y/o ejercicios repetidos pueden modificar los índices hematológicos de la sangre y afectar el proceso eritropoyético en la médula ósea.

La realización de esfuerzos físicos aislados ocasiona incrementos en la concentración de hemoglobina, del hematocrito y del recuento de eritrocitos en sangre periférica (Tabla 8.1) Varios factores modifican la intensidad de los cambios que van a estar en función del esfuerzo (a mayor esfuerzo, mayores serán las modificaciones) y del entrenamiento (cuanto mayor sea el entrenamiento, menores los cambios observados):

- a) La deshidratación,
- b) Las catecolaminas. Su aumento durante el ejercicio provoca la contracción de reservorios sanguíneos como el bazo o el hígado, capaces de liberar cierta cantidad de glóbulos rojos a la circulación.
- c) Duración del ejercicio. En ejercicios prolongados se han observado descenso en los parámetros hematológicos, que no pueden solo atribuirse al trasiego de líquidos desde el espacio extravascular al intravascular. Se han de tener en cuenta la hemólisis, las pérdidas insensibles por vía digestiva y urinaria, y la expansión plasmática tras el ejercicio que depende de la toma de líquidos, del intercambio tisular

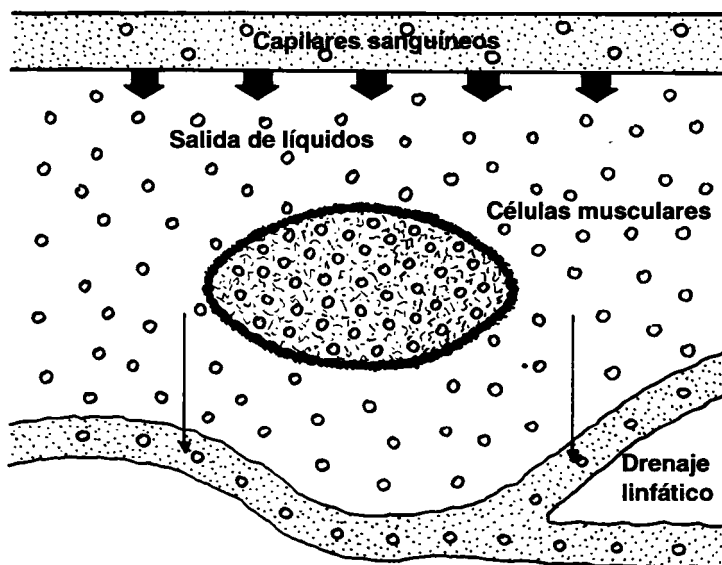


Figura 8.3 *Trasiego de líquidos a través de las membranas capilares.*

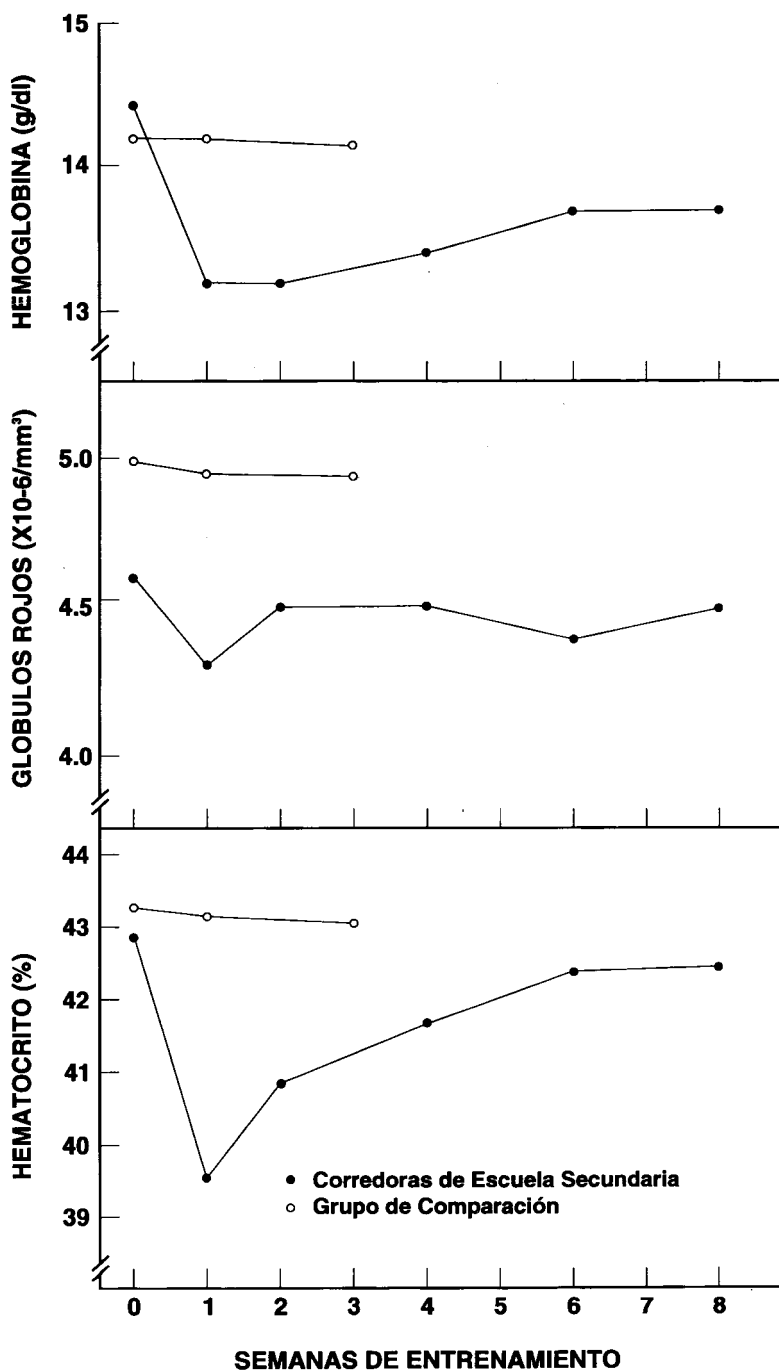


Figura 8.4 Valores hematológicos durante la temporada de competición.

y del restablecimiento de la función renal en toda su amplitud (reteniendo sodio y agua). Diferentes hormonas como la renina, la aldosterona, la vasopresina, etc. están implicadas en estos mecanismos.

En cuanto a los índices hematológicos: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración hemoglobínica corpuscular media (CHCM), los estudios realizados ofrecen resultados contradictorios. Los esfuerzos cortos hasta el agotamiento parecen no modificarlos y los ejercicios muy prolongados conducen a la deshidratación del eritrocito para compensar la hiperosmolaridad plasmática, por lo que pueden observarse VCM descendidos y CHCM aumentados. Tras el esfuerzo estos valores retornan a la normalidad o incluso se invierten por la recuperación de líquidos en el espacio intravascular.

Tras ejercicios prolongados también se pueden observar en los eritrocitos alteraciones estructurales importantes y aumentos en la fragilidad celular, fenómenos que vuelven a la normalidad tras períodos más o menos largos de reposo.

2.2. EFECTO DEL ENTRENAMIENTO EN EL SISTEMA ERITROCITARIO

En cuanto a los efectos del entrenamiento, unos autores defienden la mejora de los parámetros hematológicos y otros no. Los deportistas de élite, sometidos a fuertes entrenamientos, presentan valores más bajos que los de la población normal, probablemente debido a una adaptación de su volumen plasmático, expandido hasta en un 20%. Esto mejora las condiciones físicas de la sangre en su circulación por los vasos, incrementa la capacidad de resistencia frente al agotamiento y mejora la eficiencia de la sudoración. También puede aumentar la producción de elementos formes pero es proporcionalmente menor que la expansión del volumen plasmático. Esta expansión depende en un principio de la actividad de la aldosterona, hormona que facilita la retención de agua, manteniéndose posteriormente por una mayor síntesis de albúmina que incrementa la presión coloidosmótica del plasma y se manifiesta también por una conservación del agua más a largo plazo.

2.3. ANEMIA DEL DEPORTE

La práctica de deportes de resistencia provoca la llamada anemia del deportista (corredores, nadadores), que puede aparecer en ambos sexos. Es un estado caracterizado por niveles de hemoglobina (Hb) reducidos que se aproximan a la anemia clínica (Hb < 12 g/100 ml de sangre para mujeres y Hb < 14 g/100 ml de sangre para hombres) (Fig. 8.4). Se ha atribuido a deficiencias en Fe pero también se apuntan otras causas:

Tabla 8.1.- Cambios en la serie roja provocados por el ejercicio

	Antes	Después	$\Delta \%$
Volumen sanguíneo	-	-	-9,8
Volumen eritrocitario	-	-	+1,86
Volumen plasmático	-	-	-18,9
Número de eritrocitos ($10^6 \cdot \text{mm}^3$)	4,69	5,19	+10,7
Hemoglobina (g/dL)	14,34	15,88	+10,7
Hematócrito (%)	41,4	46,8	+13,0
VCM (μ^3)	88,0	91,3	+3,7
HCM (picogr)	30,4	30,6	+0,6
CHCM (%)	34,7	33,8	-2,6

- a) La ya mencionada expansión plasmática postentrenamiento.
- b) El aumento de la hemólisis durante el esfuerzo.
- c) Las hemorragias digestivas y urinarias (inadvertidas).
- d) Las alteraciones en la eritropoyesis, etc.

2.4. HEMOLISIS DURANTE EL ESFUERZO FISICO

La rotura de eritrocitos dentro de los vasos recibe el nombre de hemólisis intravascular, que es un hecho fisiológico, pero en determinadas circunstancias puede intensificarse, produciéndose un exceso de Hb libre que aparece en orina (hemoglobinuria). Este fenómeno se ha descrito tras ejercicios duros y prolongados y se debe, probablemente, a daño mecánico sobre los hematíes al circular por los vasos superficiales que contactan con una superficie dura. Sin embargo, en deportes en los que no existe ningún tipo de trauma físico (natación) también puede producirse la hemólisis, por lo que sus causas deben atribuirse además a otros factores: edad de los eritrocitos, cambios en su configuración, deshidratación y hemoconcentración, temperatura corporal, acidosis, catecolaminas, hipoglicemia, peroxidación de la membrana del eritrocito por efecto de radicales libres, etc.

2.5. ERITROPOYESIS Y EJERCICIO

El ejercicio es un importante regulador del sistema eritrocítico, ayudando a eliminar los hematíes más viejos y alterados y estimulando la producción y el rejuvenecimiento de los elementos circulantes. Tras el ejercicio y el entrenamiento se produce un aumento de la eritropoyesis ya que aumenta en sangre periférica el nº de los eritrocitos jóvenes y de los reticulocitos. Las catecolaminas tienen un efecto liberador de reticulocitos sobre la médula ósea, y los cambios de presión en la misma por las contracciones musculares ayudarían a su liberación.

La eritropoyetina es una hormona sintetizada en los riñones que regula la proliferación de los glóbulos rojos y cuyo aumento se atribuye a varios factores:

- a) La hipoxia tisular (sobre todo renal).
- b) La presencia de diferentes hormonas: catecolaminas, T3 y T4, corticosteroides, andrógenos, etc.
- c) La aparición de productos de la hemólisis.
- d) La hipoglucemia postejercicio.

3. EL SISTEMA LEUCOCITARIO

Existe un marcado incremento de los glóbulos blancos tras la realización de ejercicio. En el hombre este aumento corre sobre todo a cargo de los linfocitos en ejercicios intensos de corta duración y de los neutrófilos en ejercicios prolongados. En otras especies animales, como en la rata, la respuesta de la serie blanca al ejercicio está invertida con respecto al hombre (Fig. 8.5). Esta leucocitosis se atribuye a varios factores:

- a) Arrastre de los leucocitos que, en condiciones normales, se encuentran marginados en la pared vascular. En última instancia, la adrenalina sería la responsable de esta demarginación. Resulta muy marcada en corredores de maratón.
- b) La hemoconcentración generalizada.
- c) La respuesta inflamatoria a la injuria tisular local. Los impactos repetidos y la tensión muscular elevada podrían provocar una neutrofilia que sería la responsable de la leucocitosis en los maratonianos.
- d) La acidosis ha sido también implicada en la producción de leucocitosis y en la movilización de plaquetas. De esta forma ejercicios con menor nivel de acidosis, parecen provocar cifras menores de leucocitosis.

- e) El estrés originado por el ejercicio puede promover la secreción de ACTH y de cortisol que provocarían una liberación de leucocitos desde la médula ósea.
- f) La intensidad del ejercicio y su duración son factores que determinan la magnitud de la leucocitosis, que resulta ser mayor en individuos sedentarios que en los entrenados, para una determinada carga de trabajo físico.

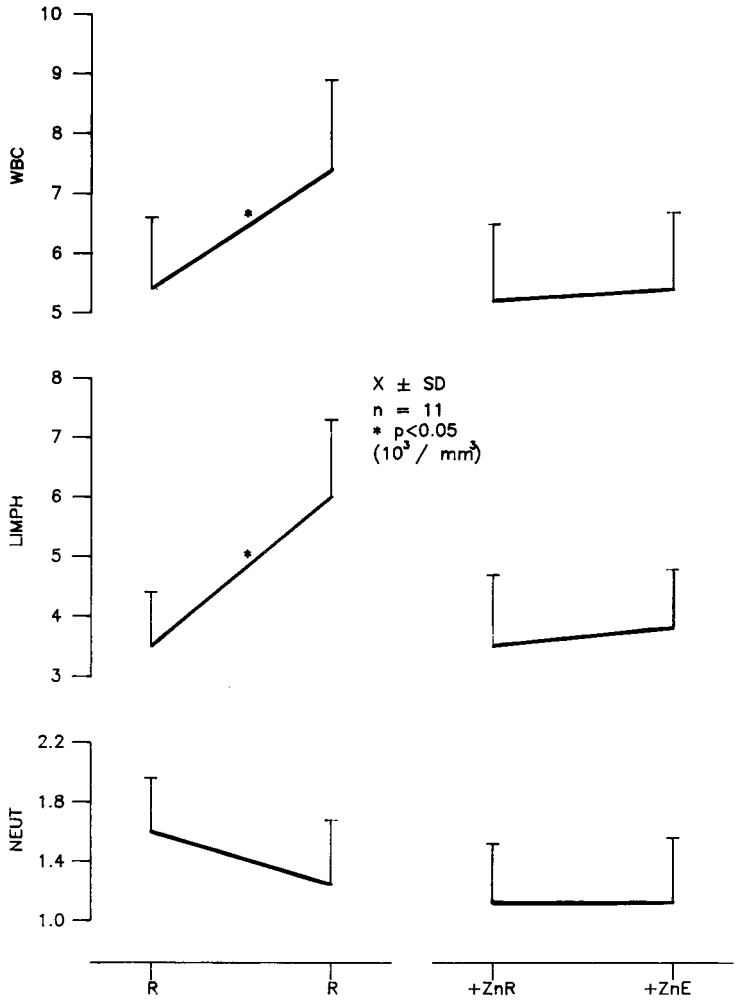


Figura 8.5 Variaciones en la serie blanca tras ejercicio, en la rata.

4. RESPUESTA DE LAS PLAQUETAS AL EJERCICIO

La actividad media o prolongada parece no modificar de forma substancial el nivel sanguíneo de plaquetas. Sin embargo, conforme la actividad va ganando en intensidad, y por tanto va creciendo el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), el nº de plaquetas va aumentando.

La procedencia de estas plaquetas no está muy clara pero se cree que hay varios factores implicados iguales a los mencionados para la leucocitosis.

Así pues son muchos los factores que condicionan las adaptaciones hematológicas durante el ejercicio. Probablemente sea esta la causa de los desacuerdos y controversias que entre los diferentes autores existen en este campo. Sin embargo, los investigadores van tomando conciencia de estos problemas y tienden a una estandarización de las pruebas físicas a realizar. Así, se tienen en cuenta cuestiones como el tipo de ejercicio, la posición de ejecución, su duración, las condiciones ambientales, el estado de forma, el entrenamiento, etc, que sin duda conducirán a obtener resultados comparables y a establecer conclusiones válidas sobre el comportamiento de la sangre durante la realización de ejercicio.

DR. V. PUIGDEVALL

El sistema endocrino es uno de los grandes mecanismos de control de que dispone el organismo. Se basa en la existencia de mensajeros químicos, denominados **hormonas**, que producidos en glándulas especializadas son vertidos directamente a la sangre para, una vez en ella, distribuirse por todo el organismo y ejercer sus acciones a distancia en los órganos diana correspondientes. La secreción de las distintas hormonas ocurre en respuesta a alteraciones específicas del medio.

Las hormonas se clasifican, según su estructura química en: **péptidos o derivados de los aminoácidos** (que corresponden a la mayoría de las hormonas) y **esteroides**, derivados del colesterol (que incluyen hormonas suprarrenales, sexuales y los metabolitos activos de la vitamina D).

Las células diana reconocen las hormonas gracias a receptores específicos que pueden localizarse bien en la membrana plasmática celular (para las peptídicas), estimulando la producción de mensajeros intracelulares o mediante receptores intracelulares (para las esteroideas), estimulando la síntesis de RNA mensajero específico.

Generalmente, la liberación hormonal viene precedida de un estímulo nervioso procedente del sistema nervioso central, constituyendo la característica definitoria del sistema endocrino el control de la producción hormonal mediante sistemas de retroalimentación.

1. MECANISMOS REGULADORES DURANTE EL EJERCICIO

Aunque no se dispone de suficientes datos como para establecer un esquema fiable de la regulación hormonal durante el ejercicio físico, se han propuesto varios.

Inicialmente, Galbo propuso que impulsos procedentes de centros motores y de la zona de trabajo muscular (por estímulo de receptores de presión,

volumen plasmático, osmolaridad y temperatura), modulan la actividad de centros superiores del sistema nervioso central, provocando un aumento de la actividad simpaticosuprarrenal e hipofisaria. Estos cambios a su vez controlan la respuesta secretora de las células endocrinas subordinadas.

Actualmente, este esquema puede ser modificado pues:

- a) Existen sustancias procedentes del metabolismo de la célula muscular, como es el ácido láctico, capaces de estimular vías aferentes.
- b) El área del sistema nervioso central implicada en el mecanismo de control se localiza principalmente en el hipotálamo, y se le ha denominado "Comando Central".
- c) La respuesta frente al ejercicio del hipotálamo posee cronológicamente tres componentes:
 - Una respuesta rápida, a cargo del sistema simpático-suprarrenal con liberación de catecolaminas (epinefrina, norepinefrina, etc.), que se produce incluso antes del ejercicio en respuesta a órdenes recibidas desde centros motores y el sistema límbico. Al iniciar el ejercicio se incorporan estímulos procedentes de propioceptores.
 - Una respuesta intermedia (tras algún tiempo de ejercicio) mediante la secreción de hormonas hipofisarias (GH, ACTH, PRL, ADH, TSH, etc), que conlleva la producción de hormonas en sus glándulas subordinadas (vg cortisol).
 - Y un componente lento, después de al menos 60 minutos de ejercicio, procede de las modificaciones del medio interno (como la hipoxia, ácido láctico, y en especial la hipoglucemia), que modula las respuestas anteriores y estimula la actividad vagal, con secreción de las hormonas gastroenteropancreáticas (VIP, PHI, glucagón, etc).

2. FUNCIONES DE LA RESPUESTA HORMONAL

La iniciación de un ejercicio se caracteriza por el aumento plasmático de la concentración de la mayoría de hormonas, aunque unas pocas descienden.

Sólo se han estudiado un número reducido de hormonas, aunque la impresión general es que estos cambios son el resultado de modificaciones en el ritmo de secreción, más que en su aclaramiento.

El primer paso en el estudio de la función de una hormona en el esfuerzo consiste en medir su concentración plasmática durante ejercicios de diferentes intensidades y duraciones.

En ejercicios prolongados la concentración plasmática de los péptidos sustancia P, péptido inhibidor vasoactivo (VIP) y secretina aumentaban, mientras que la neurotensina no lo hace.

Para saber si los cambios inducidos son el resultado de variaciones en la secreción o en el aclaramiento de la hormona debemos estudiar su metabolismo. Muchas hormonas se metabolizan en hígado y riñón; y su aclaramiento puede descender por el ejercicio, al disminuir el flujo sanguíneo de estos órganos. Sin embargo, estudios con infusión continua de un trazador marcado han mostrado, por ejemplo, que el aclaramiento de epinefrina sólo disminuye un 20 % durante el ejercicio intenso, no explicando el aumento simultáneo de esta hormona en el plasma. El incremento de algunas hormonas gonadales en el ejercicio, se ha comprobado es el resultado de un menor aclaramiento.

3. CAMBIOS DE LA SENSIBILIDAD CELULAR

La respuesta hormonal no la determina el ejercicio en sí mismo, sino que son las propias necesidades de la célula muscular activa, mediante señales, las que provocan los cambios orgánicos. De tal modo que, por ejemplo, el ejercicio físico prolongado aumenta la afinidad de los receptores para la insulina en los músculos.

La célula muscular, con el entrenamiento, aumenta su sensibilidad a las hormonas. Pero ¿cómo una simple contracción muscular es capaz de producir cambios en los receptores hormonales?. Se sabe que la actividad de la proteína quinasa (PK-C) aumenta en la membrana de la célula muscular con el ejercicio, siendo más manifiesto este fenómeno en individuos entrenados. Probablemente durante el fenómeno de la contracción mecánica, se produce la translocación de la PK-C desde el citosol a la membrana plasmática de la célula muscular, mediante la producción de diacilglicerol. LA PK-C participa en el crecimiento y en cambios de la célula muscular, entre otros activa la fracción β del receptor de membrana para la insulina.

4. HORMONAS DE LA GLANDULA HIPOFISARIA

4.1. HORMONA DE CRECIMIENTO (GH)

La GH se modifica poco, o nada, con ejercicios de tipo anaeróbico. Pero, su secreción responde con intensidades de esfuerzo tan bajas como el 30-40 % de la potencia aerobia máxima del sujeto. Presenta incrementos muy evidentes durante los ejercicios de larga duración y muestra una

respuesta mayor en sujetos que no realizan habitualmente ejercicio físico. De igual modo, se incrementa con el aumento de las cargas, el tiempo de trabajo o ambos. A pesar del incremento tan acentuado de la GH durante los ejercicios prolongados, no conocemos hasta el momento si la hormona tiene alguna función en estas circunstancias.

Los ejercicios en alturas extremas (superiores a 4000 metros) originan su elevación. Por otra parte la GH está más elevada en reposo en los nativos de las montañas que en individuos que habitan a nivel del mar. En estas altitudes posee un período de liberación más tardío y menor vida media en los montañeros, por un posible efecto en el aclaramiento hormonal.

La GH se opone a la acción de la insulina pudiendo favorecer el mantenimiento de los niveles de glucosa como aporte energético al tejido nervioso y, por otro lado, resulta evidente que se puede favorecer de esta forma el reemplazamiento de la vía energética glucídica que utiliza inicialmente la célula muscular, hacia la obtención de una mayor energía a partir de los ácidos grasos libres y de los cuerpos cetónicos.

Otras posibles funciones de la GH consisten en la reparación de proteínas contráctiles y tejido en general, después del ejercicio, así como en la preparación del tejido muscular para una próxima y adecuada acción.

La administración de GH se ha utilizado para mejorar el rendimiento deportivo. En el adulto entrenado ocasiona un aumento de la masa muscular, con hipertrofia y probablemente también hiperplasia. En el tejido adiposo ejerce un efecto lipolítico con liberación en el plasma de ácidos grasos no esterificados, disminución del cociente respiratorio y aumento de la cetogénesis. Posee un efecto diabético. Favorece la glucogenólisis hepática y disminuye la utilización de glucosa por la célula muscular activa, alterando la función del receptor de insulina.

4.2. PROLACTINA (PRL)

El ejercicio físico también es un estímulo de la secreción de PRL, observándose paralelismo entre la producción de β -endorfinas y PRL tras ejercicios de alta intensidad y breve duración, siendo el inicio de producción de PRL posterior a las β -endorfinas.

Se ha sugerido la producción de amenorrea secundaria en deportistas, a través de la PRL, mediante el bloqueo de la acción de las gonadotropinas sobre los ovarios.

En la mujer deportista, los incrementos plasmáticos de PRL se han relacionado con el estímulo provocado por el movimiento continuado de las mamas durante la realización de algunos ejercicios físicos, especialmente prolongados.

4.3. HORMONAS TIROIDEAS

Las hormonas tiroideas estimulan el consumo de oxígeno de la mayoría de las células del organismo, cooperando a la regulación del metabolismo. De igual modo, son necesarias para desarrollar un crecimiento y maduración normales.

La TSH hipofisaria controla la función tiroidea, siendo las principales hormonas secretadas por la glándula tiroides la tiroxina (T4) y la triyodotironina (T3), que es más activa que la T4, que se considera como una prohormona.

La TSH aumenta durante el ejercicio, a partir del 50 % de la potencia aerobia máxima, en pruebas de esfuerzo con aumentos progresivos de la carga. No todos los autores han confirmado estos hallazgos.

El aumento de la TSH no se acompaña de un incremento inmediato de las hormonas tiroideas. Existen pocos estudios sobre las hormonas tiroideas en relación con el ejercicio físico. En general parecen permanecer inalterables e incluso pueden descender, en ejercicios de aumentos progresivos de las cargas que llevan al agotamiento, durante el período de postejercicio, a los 30 minutos de finalizar la prueba.

En alturas extremas, la mayor respuesta simpática coincide con los aumentos de los niveles plasmáticos de hormonas tiroideas junto a glucocorticoides y ácidos grasos libres. El aumento de T4 y el descenso de T3 encontrados por ellos se podrían justificar por una alteración de la conversión periférica de T4 en T3.

Con el entrenamiento se encuentran descendidos los niveles de T4 libre, tanto en varones como en mujeres, sugiriendo que el entrenamiento físico aumenta su degradación.

En resumen, aunque con el ejercicio pueden observarse algunos cambios en estas hormonas, se encuentran sometidas a controles homeostáticos que no permiten las grandes oscilaciones que aparecen en otras hormonas.

El exceso mantenido de hormonas tiroideas puede ocasionar debilidad muscular durante el ejercicio físico, que se origina, por el aumento del catabolismo proteico y cambios en el tipo de la proteína contráctil miosina.

4.4. HORMONA ADRENOCORTICOTROPA (ACTH)

En condiciones de normoxia se produce un aumento en las concentraciones de ACTH a los 60 minutos de ejercicio realizado al 65 % de la potencia aeróbica máxima, con un patrón muy similar al del cortisol plasmático, lo que sugiere que la ACTH es el estímulo primario de la secreción de cortisol durante el ejercicio físico.

Sin embargo, en condiciones de hipoxia, el incremento de ACTH no se correlaciona con los aumentos de cortisol plasmático. En alturas extremas, el incremento inicial de cortisol suele desaparecer a los 10 días, coincidiendo con el final de la etapa de aclimatación. Aunque para otros autores no existen cambios en las concentraciones de cortisol en estas circunstancias.

4.4.1. Cortisol.

Durante el ejercicio físico, la cortisolemia varía como consecuencia de diversas acciones, a veces opuestas, tales como el incremento de la destrucción periférica de cortisol, la disminución de su tasa de aclaramiento hepático o el aumento en la secreción de ACTH, derivadas en su mayoría de mecanismos relacionados con el estrés.

El entrenamiento tiene efectos opuestos sobre la epinefrina y el cortisol, el cual se incrementa y retorna a sus valores de reposo más tardíamente, tras el cese del ejercicio, lo que produce una prolongación del plazo de recuperación del deportista.

El comportamiento del cortisol durante el ejercicio es variable. En ejercicios de poca intensidad, el aumento de la cortisolemia es muy débil. Si el ejercicio es mayor del 60 % de la potencia aerobia máxima, el cortisol plasmático se incrementa tanto más cuanto mayor es la potencia alcanzada por el deportista.

Las lesiones deportivas que implican dolor de tipo agudo suelen ocasionar un aumento de la cortisolemia, dependiendo su magnitud de la gravedad de la lesión. El dolor producido por lesiones en la superficie corporal no inducen incrementos significativos del cortisol. Otras lesiones, como ortopédicas, torácicas, etc. lo aumentan un 100-400 %.

Una característica especialmente interesante de la respuesta del cortisol al dolor agudo, producido durante el ejercicio, es que existe una diferencia clara entre varones y hembras, siendo siempre mucho mayor el incremento en éstas y más significativas en el período inmediato a la lesión.

4.5. HORMONAS SEXUALES

Las adaptaciones fisiológicas (metabólicas y hormonales, cardiovasculares y respiratorias), así como las características antropométricas determinan las principales diferencias en el rendimiento deportivo entre hombres y mujeres. Las adaptaciones fisiológicas son básicamente las mismas, siendo las características antropométricas (peso, talla, y porcentaje de grasa) las que van a marcar las diferencias en el rendimiento deportivo a favor del hombre.

El entrenamiento físico, practicado de forma habitual y con fines deportivos, produce profundos efectos sobre el sistema hormonal de las mujeres y efectos transitorios sobre la capacidad de reproducción femenina.

Se han detectado oligomenorrea, amenorrea, anovulación y pubertad retrasada en atletas entrenadas y habituadas al entrenamiento físico. Se constata, así mismo, una relación entre la modalidad deportiva, el grado de intensidad del entrenamiento realizado y el trastorno menstrual. También el inicio de entrenamiento antes de la menarquia da como resultado frecuentes anomalías en la función ovárica y retraso en la aparición de la primera regla, pudiendo revertir estas disfunciones con el cese o al menos la interrupción del entrenamiento. El retraso de la menarquia puede ocasionar una grácil configuración morfológica en modalidades deportivas como la gimnasia, natación, patinaje artístico y danza. Sin embargo, también se asocia con mayor riesgo de escoliosis, mamas pequeñas, delgadez, mayor longitud de brazos, etc.

Estas anomalías en las atletas de competición incluye factores como el estrés del corredor, pérdida de peso, intensidad y patrones de entrenamiento, pérdida de grasa corporal, descompensación en la termorregulación por el régimen alimenticio y/o dieta, etc.

El ciclo menstrual normal en la mujer deportista es siempre compatible con una actuación deportiva de alto nivel. No obstante, trastornos relativamente corrientes de la menstruación pueden crear circunstancias desfavorables en relación con el rendimiento. Las hemorragias prolongadas y abundantes pueden producir con el tiempo una anemia ferropénica, la dismenorrea puede repercutir de forma muy diversa sobre el rendimiento, pero generalmente, de forma desfavorable. La retención de líquidos (por anticonceptivos orales) y la endometriosis, pueden ser también obstáculos para la participación atlética y el rendimiento de la mujer.

La manipulación del ciclo menstrual, mediante anticonceptivos orales, para disminuir los trastornos que puedan repercutir en el rendimiento, deben comenzar varios meses antes de las competiciones. Los estudios actuales sobre los efectos del uso de anticonceptivos orales en el rendimiento deportivo indican un descenso de la capacidad aerobia máxima.

Los niveles de testosterona varían como respuesta al ejercicio, en relación con la intensidad y la duración. En esfuerzos submáximos (50-70 % de la capacidad aerobia máxima) y máximos, no se modifican los niveles de LH, pero sí los de testosterona, que aumentan. En ejercicios que finalizan por agotamiento, la respuesta inicial de aumento hormonal se sigue de un marcado descenso. Estas variaciones, independientes de la LH, sugieren mecanismos de regulación diferentes en las células testiculares de Leydig.

Es posible que, durante los ejercicios extenuantes, la redistribución del flujo sanguíneo afecte al flujo testicular, siendo el responsable de la reducción de los niveles plasmáticos de la testosterona.

El entrenamiento físico implica una mayor respuesta de la testosterona al ejercicio, habiéndose relacionado con una mejor capacidad de rendimiento deportivo. Estos resultados se refieren tanto a programas aerobios como de fuerza. Sin embargo, los escasos datos bibliográficos recogidos en este sentido deberán ser evaluados con la reserva consiguiente.

4.6. HORMONA ANTIDIURETICA (ADH)

Esta hormona se segrega fundamentalmente en respuesta a situaciones que incrementan la osmolaridad plasmática. Por ello, aumenta considerablemente durante el ejercicio físico, en relación a múltiples factores como el estímulo de los osmorreceptores, los volorreceptores auriculares, los barorreceptores carotídeos, aórticos y pulmonares, la redistribución del volumen sanguíneo, cambios en el hematocrito, y el incremento de la concentración iónica de la sangre por una sudoración no compensada con una adecuada ingesta líquida.

La liberación de ADH se relaciona con la carga del ejercicio, manifestándose a partir del 40% de la potencia aerobia máxima. La respuesta secretoria es más sensible a los cambios de osmolaridad en los sujetos entrenados que en los no entrenados.

No existen datos concluyentes de sus modificaciones en alturas extremas, aunque cabe suponer que participa en las alteraciones del metabolismo del agua y el mal agudo de la montaña, relativamente habituales en cotas extremas.

A la vez que la ADH controla la osmolaridad de los líquidos extracelulares, controla también sus concentraciones de sodio en estos líquidos, produciéndose una restauración de la volemia del deportista, al reducirse la emisión de orina y normalizarse las concentraciones osmóticas del espacio extracelular.

4.7. OXITOCINA

Sus relaciones con el ejercicio físico se desconocen en la actualidad.

4.8. CATECOLAMINAS

La concentración de catecolaminas (epinefrina y norepinefrina) aumentan, tanto en ejercicios dinámicos como en los de tipo estático a partir de una carga de trabajo próxima al 50 % de la capacidad aeróbica máxima.

El aumento es mayor, con la misma intensidad de trabajo, si el ejercicio se realiza con los brazos que con las piernas, pues parece existir una correlación inversa entre la masa muscular activa y los cambios en las catecolaminas.

Se aprecia un aumento progresivo de su concentración al prolongar el ejercicio hasta el agotamiento. La recuperación de los niveles basales se establece a los 30 minutos de finalizar el ejercicio.

Las variaciones de la posición corporal producen diferente respuesta catecolamínica (mayor en bipedestación que en posición supina), probablemente secundarios a cambios de la presión arterial captados por barorreceptores.

Los niveles hormonales alcanzados son menores en individuos entrenados, estableciéndose una cierta estabilización hacia las tres semanas de actividad muscular.

El sistema simpático-suprarrenal participa en la adaptación cardiovascular, la termorregulación y el equilibrio hidroelectrolítico durante el ejercicio, influyendo también en la contracción del músculo esquelético y la respiración.

Además, la actividad simpático-suprarrenal es esencial en la glucogenolisis y la gluconeogénesis hepáticas y esta función parece proceder más de las catecolaminas plasmáticas que de la acción nerviosa simpática. Además, parece ser responsable del descenso de la secreción de insulina y el aumento de la actividad de renina plasmática.

4.9. β -ENDORFINAS

Generalmente se han encontrado niveles elevados de β -endorfinas después del ejercicio, aunque no todos los estudios son coincidentes. El incremento se ha encontrado tanto en ejercicios de tipo máximo como submáximo.

Los niveles de β -endorfinas y ACTH se incrementan correlativamente con el ejercicio intenso y tras el ejercicio.

Se ha hecho el intento de clasificar a algunos individuos como de respuesta rápida y a otros de lenta, en relación con las variaciones de β -endorfinas.

Se ha encontrado una reducción a la percepción del dolor después del ejercicio, no todos los autores están de acuerdo, los cambios del estado anímico no siempre se encuentran relacionados con las variaciones de β -endorfinas.

Se han postulado una relación entre la anaerobiosis y las β -endorfinas. Por debajo de los 4 mmol/L, no aparece una respuesta neta de las β -endorfinas al ejercicio; no obstante, al superar este umbral el incremento es considerable.

Así mismo parece que no existe una relación lineal entre las endorfinas y la intensidad del ejercicio y que la respuesta de endorfinas está relacionada con el sexo. Existen posibles interrelaciones entre el ejercicio muscular, la

producción de β -endorfinas, la estimulación de la testosterona y la inhibición de la secreción de LH, que podrían relacionarse con la aparición de alteraciones de la menstruación en mujeres deportistas.

4.10. INSULINA Y GLUCAGON

Son dos de los determinantes más importantes del flujo de combustibles dentro y fuera de las células de los tejidos de almacenamiento del organismo. Estas dos hormonas antagónicas desempeñan un papel clave en la regulación fina de muchos procesos metabólicos intermediarios, siendo el cociente Insulina/Glucagón el que posee importancia crítica en la regulación metabólica. Esto es especialmente importante durante el ejercicio físico, ya que esta regulación depende de la duración, la intensidad y el grado de entrenamiento.

Como consecuencia del ejercicio, la insulina plasmática puede descender hasta un 50 % de los niveles de reposo, en sujetos sanos, así como en los diabéticos. Este descenso se relaciona con la intensidad y la duración del ejercicio, observándose tanto en ayuno como tras la ingesta de glucosa oral.

Esta disminución junto con la elevación de glucagón, GH, catecolaminas y cortisol, favorece la liberación de glucosa hepática por incremento de la glucogenolisis y gluconeogénesis, así como una mayor y más rápida captación de glucosa en los músculos activos durante el ejercicio. Además se liberan ácidos grasos libres desde el tejido adiposo por lipólisis, sobre todo en ejercicios de gran intensidad y duración.

Un ejercicio de alta intensidad y corta duración, cerca del nivel de la capacidad aerobia máxima, no causa una reducción de la insulinemia, sino que eleva los niveles plasmáticos de insulina, en contra de lo esperado. Se necesitan de 10 a 15 minutos para que el mecanismo de inhibición insulínica alcance efectividad, lo cual se traduce en una disminución de los niveles de insulina.

La insulina recupera los niveles de preejercicio entre 3 y 5 minutos tras finalizar el ejercicio.

El descenso insulínico es menos manifiesto en individuos entrenados que en sujetos sedentarios, siendo posible que esté en relación con la menor respuesta de catecolaminas de los sujetos entrenados.

Funcionalmente, todo lo anterior traería como consecuencia la restauración del glucógeno muscular antes que el hepático.

El ejercicio físico puede tener un peso específico importante en el tratamiento de la diabetes (diabéticos mal controlados) el ejercicio es más perjudicial que beneficioso, al dificultarse el uso de glucosa por el músculo en actividad, lo que aumenta el nivel sanguíneo de glucosa y aparece acetona en la orina.

Sin embargo, con el tratamiento adecuado el diabético se comporta frente al ejercicio como un sujeto sano, aunque con mayor riesgo de hipoglucemia. La zona de inyección de la insulina influye en su velocidad de absorción, en relación con el ejercicio desarrollado, y debe recordarse que para evitar una mayor movilización del depósito subcutáneo con la consecuente hipoglucemia se inyectará la insulina en áreas que no estén comprometidas en el ejercicio. La zona de absorción más regular de insulina y menos comprometida durante el ejercicio suele ser el abdomen.

En general, la respuesta del **glucagón** aumenta con el ejercicio de forma gradual, observándose el nivel más alto al final del mismo. Esto es especialmente evidente en ejercicios de intensidad por encima del 75 % de la capacidad aerobia máxima y de larga duración. El ejercicio de corta duración tan sólo causa ligeros descensos de la hormona en el plasma. Ejercicios superiores a los 60 minutos, al 50 % de la potencia aeróbica máxima, incrementan los niveles plasmáticos hasta un 300 % sobre los valores de reposo. El incremento en la especie humana es paulatino. La respuesta hormonal al ejercicio se relaciona con la disponibilidad previa de glucosa, así la administración de glucosa inhibe el incremento durante un ejercicio prolongado. En situación de ayuno y dieta rica en grasas se incrementa la respuesta del glucagón al ejercicio. Podría ser que la relación Insulina/ Glucosa fuera la señal clave que pone en marcha la respuesta fisiológica al ejercicio físico. Es sugerente un aumento de sensibilidad de las células a pequeñas variaciones de la glucemia por un aumento de la demanda inicial de glucosa.

Los niveles de glucagón habitualmente regresan a los niveles basales unos 30 minutos después de finalizar el ejercicio.

El efecto del entrenamiento sobre la secreción de glucagón se manifiesta en una disminución de la adaptación al ejercicio. Posiblemente exista un componente nervioso, estresante, más notable en los sujetos no entrenados, que afecta al desarrollo del ejercicio o de las pruebas de esfuerzo, causando cambios hormonales y metabólicos más evidentes, y, a veces, también más duraderos.

4.11. PARATHORMONA (PTH) Y CALCITONINA

Se ha documentado un pequeño incremento de la PTH plasmática durante ejercicios de larga duración, no asociándose a cambios en la calcemia, sino a un incremento de descarga adrenérgica. En otros estudios no se han observado variaciones. Esto se debería a que el estímulo adrenérgico para aumentar la secreción de PTH estaría contrarrestado por un alza del Ca^{2+} iónico, debido probablemente a un aumento de la acidosis que facilitaría la liberación de Ca^{2+} unido a complejos.

La calcitonina aumenta principalmente durante ejercicios de larga duración, como en nadadores y en atletas.

4.12. ERITROPOYETINA

El proceso de eritropoyesis está controlado por la eritropoyetina. También puede incrementarse la masa eritrocitaria con el entrenamiento debido a que con el ejercicio se produce eritropoyetina. En esta producción pueden participar los andrógenos, la GH y los glucocorticoides.

DR. F.J. NAVAS

El concepto de fatiga, se refiere por una parte a una sensación desagradable sentida y vivida por el sujeto que la refiere y, por otra, a una serie de características físicas y químicas objetivables desde el exterior. Por ello nos podemos referir a dos tipos de fatiga: fatiga subjetiva y fatiga objetiva. Esta última es la que podemos estudiar con garantías de precisión a través de diferentes parámetros objetivos.

1. CONCEPTO

Desde un punto de vista general, la fatiga se define como la imposibilidad **física, psíquica u orgánica** para continuar un trabajo al mismo **ritmo** que se venía realizando y que resulta reversible con el reposo (a diferencia de ciertas condiciones patológicas). Es evidente que el grado de fatiga soportado presenta diferencias entre las personas y depende en gran medida del **respaldo psicológico y motivación** de cada individuo.

La fatiga fisiológica puede considerarse como un **mecanismo de aviso**, que previene un esfuerzo excesivo de todo el cuerpo o de parte de él y que podría conducir finalmente a un estado patológico parcial o general de todo el organismo. Por ello la utilización de productos que enmascaran la fatiga pueden poner en peligro incluso la vida del individuo.

2. TIPOS DE FATIGA

Dentro de la fatiga objetivable podemos distinguir también entre la fatiga central y la fatiga periférica.

2.1 FATIGA CENTRAL

Se debe a cambios perturbaciones en alguno o varios de los escalones que van desde el **cerebro hasta la fibra muscular**. Se cree que los nervios no se fatigan pero sí las sinapsis, fundamentalmente por el consumo de

neurotransmisor químico, en este caso la **acetilcolina**, que se secretaría a un ritmo menor del necesario e impediría la llegada del impulso nervioso (orden de contracción) a la placa motora. La consecuencia es que el músculo no responde al estímulo y deja de contraerse.

2.2. FATIGA PERIFERICA (FATIGA MUSCULAR)

La fatiga periférica o muscular es un **estado transitorio** y de duración variable en el que existe una deficiencia en la capacidad de trabajo de la fibra muscular debida, casi siempre, a un exceso previo de actividad física o a la realización de un esfuerzo extenuante.

Los cambios de la función muscular asociados a la fatiga pueden ser identificados mediante: pérdida de fuerza, retardo en la relajación, cambios en las características contráctiles o alteraciones en las propiedades eléctricas.

3. ETIOLOGIA DE LA FATIGA MUSCULAR

A esta situación se llega de una **forma progresiva** y por la confluencia de diversos factores como son: fallos en el **aporte** energético y de O_2 , alteración en la actividad enzimática, desbalance electrolítico, desequilibrio ácido-básico, defectos en la homeostasis de macro y micronutrientes; etc.

Estos factores dependen, a su vez, de otras circunstancias como la **duración** del ejercicio, el tipo de **contracción**, la clase de **fibras musculares** participantes, el grado de **entrenamiento**, etc.

3.1. APOORTE ENERGETICO Y DE OXIGENO

En condiciones normales, existe un equilibrio entre los aportes nutricionales y energéticos, y los requerimientos para mantener un nivel adecuado de rendimiento físico. Cualquier circunstancia que altere este equilibrio conducirá al desarrollo de fatiga muscular. Las circunstancias más directamente implicadas en su desarrollo son:

3.1.1 Falta de compuestos ricos en energía (ATP-fosfocreatina). Durante la realización de ejercicio el gasto de ATP por segundo y por gramo de tejido se incrementa hasta 300 veces con respecto a la situación de reposo. Sin un aporte adecuado de ATP las reservas musculares del mismo se agotarían rápidamente conduciendo en cuestión de segundos a la fatiga. Por otra parte, la aparición de fatiga está en estrecha relación con la pérdida completa de los **depósitos de fosfocreatina**, descenso que corre paralelo a la **pérdida de fuerza** de contracción. Sin embargo, y a pesar de la manifiesta correlación inversa entre la concentración muscular de ATP y fosfocreatina y

la fatiga muscular, las reservas de ambos compuestos ricos en energía en el músculo nunca se agotan por lo que los descensos observados podrían resultar coincidentes y no determinantes directos de la fatiga. No obstante los descensos de ATP y fosfocreatina serían los causantes del agotamiento en ejercicios de muy alta intensidad y corta duración (menos de 30 seg.)

3.1.2 Falta de glucógeno muscular. La cantidad de glucógeno muscular es medible en las biopsias musculares antes, durante y después de la realización de ejercicio. Por tratarse de la principal reserva energética, su pérdida constituye un factor determinante en la aparición de fatiga, tanto en las fibras de contracción rápida como en las de contracción lenta y, sobre todo, en ejercicios de baja o moderada intensidad y larga duración.

3.1.3 Falta de oxígeno. Parece lógico pensar que la falta de oxígeno sea un factor limitante en la realización de ejercicio y deba considerarse como un desencadenante de la fatiga muscular. La deficiencia en el aporte de oxígeno conduce a la puesta en marcha de las vías anaeróbicas de obtención de energía con la consiguiente acumulación de metabolitos ácidos, que en última instancia serían los que condicionarían la aparición de la fatiga.

3.1.4 Falta de utilización de los ácidos grasos libres. En los ejercicios de larga duración y de baja intensidad, tan importante es la utilización de glucógeno como la de ácidos grasos libres para obtener ATP. Tanto es así que el retardo en la aparición de fatiga en atletas de resistencia durante actividades muy prolongadas, se ha relacionado con la utilización prioritaria de las grasas como combustible. En este sentido, los músculos entrenados para ejercicios de resistencia presentan mayor contenido en lípidos, y las vías metabólicas para su utilización están más desarrolladas.

3.2. AUMENTO DE LA CONCENTRACION DE METABOLITOS

Cualquiera que sea el tipo de trabajo muscular se originan residuos que interfieren las vías metabólicas de obtención de energía durante la contracción muscular.

3.2.1 Exceso de lactato y descenso del pH (acidosis). El incremento de ácido láctico interfiere con los procesos de producción de ATP, con la neurotransmisión y, en definitiva con la excitación muscular. La mayor parte de los investigadores defienden la importancia del lactato en la aparición de fatiga, sobre todo cuando esta aparece en ejercicios de corta duración y alta intensidad, es decir, aquellos en los que participan las fibras de contracción rápida y que obtienen la energía por la vía anaeróbica. El aumento de ácido láctico incrementa la osmolaridad celular y atrae agua hacia el músculo, que por ser un tejido encapsulado va aumentando progresivamente su presión llegando a restringir la circulación sanguínea.

El aumento de los hidrogeniones (H^+) provoca una alteración de los sistemas enzimáticos de la glucogenolisis hepática y de la glucólisis con lo que se interrumpen las vías de obtención de energía rápida. Además se han detectado alteraciones en la actividad del calcio durante el proceso contráctil lo que conduce a un defecto en la actividad de la miosina. La falta de suministro de ATP que producen estas situaciones conduce a alteraciones en el **trasiego de iones contra gradiente**. La **recuperación de Ca^{++}** por el sarcoplasma será menor y prolongará el período de relajación. Asimismo, los procesos de neurotransmisión del impulso nervioso al retículo sarcoplásmico estarán afectados por mal **funcionamiento de la Na/K ATPasa**.

Como se puede observar los **procesos anaeróbicos** son por sí mismos **autolimitantes** y, de alguna forma protegen al músculo de una situación de **rigidez permanente** por agotamiento absoluto de las reservas de ATP.

3.2.2 Incremento de amonio. El amonio (NH_4^+) aumenta con la carga de trabajo en relación inversa al tiempo de aparición de fatiga, y este incremento provoca alteraciones en los sistemas enzimáticos de obtención de energía. En ejercicios muy intensos, el inicio de los signos y síntomas de fatiga es paralelo a los ascensos de amonio. Con el entrenamiento parecen descender los niveles del mismo, si comparamos personas entrenadas y no entrenadas sometidas a la misma carga de trabajo, retardando la aparición de la fatiga.

3.3. DESEQUILIBRIOS HIDROELECTROLITICOS

La fatiga muscular local cursa con cambios en el flujo de iones a través de las membranas celulares, debido posiblemente al aumento de la permeabilidad del sarcolema durante el agotamiento.

3.3.1. Sodio y Potasio. Las alteraciones en la concentración de los iones implicados en la transmisión del potencial de acción a la fibra muscular (Na^+ y K^+), disminuyen la excitabilidad de la fibra participando también en la aparición de fatiga.

3.3.2. Calcio. Un apartado especial merece el calcio como ión implicado directamente en el desarrollo de la contracción muscular. La fatiga ha sido atribuida en numerosas ocasiones al flujo alterado de este elemento, aunque no se conoce muy bien qué compartimento es el que está relacionado con su aparición. Sin embargo, sí se ha podido comprobar cómo el aporte suplementario de Ca^{++} ha conseguido retardar la fatiga de músculos aislados estimulados eléctricamente, retardo similar al conseguido por el entrenamiento de resistencia.

Conviene recalcar aquí que la acidosis afecta la función del Ca^{++} durante la contracción reteniéndolo en el interior del retículo sarcoplásmico y, por tanto, interfiriendo el proceso de acoplamiento actina-miosina. En este sentido, ciertas investigaciones afirman que la cafeína promueve la liberación

de Ca^{++} al sarcoplasma y mejora la pérdida de fuerza durante la fatiga. También se ha postulado que los hidrogeniones en exceso compiten directamente por la unión con la troponina. Además el ejercicio exhaustivo podría promover el secuestro de Ca^{++} en el interior de las mitocondrias impidiendo una buena biodisponibilidad por parte de los filamentos de actina y miosina.

3.4. ALTERACIONES DE TIPO MECANICO

Si tenemos en cuenta dos tipos diferentes de contracción muscular: la excéntrica y la concéntrica, en aquella la aparición de fatiga se debe más a daño mecánico que a alteraciones en el metabolismo o a procesos bioquímicos. La tensión alcanzada en las fibras musculares durante los trabajos excéntricos es mucho mayor que en los concéntricos y ello se traduce en el daño mecánico de las bandas Z de la estructura estriada muscular y a una desorganización de los miofilamentos de actina y miosina. Estos trastornos son demostrables por la liberación, fuera del músculo, de hidroxiprolina y de las enzimas CK y LDH.

3.5. TIPO DE FIBRA MUSCULAR

La participación de una gran cantidad de fibras de contracción rápida en un ejercicio conduce a un incremento en la formación de lactato con las consecuencias perjudiciales que este tiene en el desarrollo de fatiga. Asimismo, una mayor proporción de este tipo de fibras en un individuo, provoca una depleción más rápida de las reservas de glucógeno que en aquellos en los que dominan las fibras de contracción lenta.

3.6. SISTEMA TERMORREGULADOR

Un fallo en los **sistemas termorreguladores** de disipación de calor conlleva rápidamente la aparición de fatiga. Ascensos de la T^a ($>2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) originan una **redistribución de flujo** sanguíneo hacia la piel (desde el cerebro e incluso desde el músculo). Sin embargo, debe existir un **equilibrio** entre los mecanismos termorreguladores y la disponibilidad de sangre por parte del músculo. Un exceso en la vasodilatación del territorio condiciona un descenso del gasto cardíaco y un perjuicio en la realización de ejercicio e incluso en el riego cerebral. Por ello, tener una **volemia adecuada** es importante para poder atender las demandas de todos los sistemas que se ponen en marcha durante el ejercicio.

4. SINTOMAS DEL ESTADO DE FATIGA

Con la aparición de la fatiga se produce una sensación subjetiva de pérdida de fuerza y de falta de respiración, baja la tensión arterial, se acelera

la respiración, aumenta la T^a corporal y va descendiendo el rendimiento progresivamente, se acelera el pulso y se pierde precisión y coordinación en los movimientos. Durante ejercicios de resistencia como el maratón puede presentarse, además palidez, cianosis, excitabilidad, incoordinación, sacudidas musculares, etc. El paso siguiente es el **agotamiento** cuya causa radica en la intensa hipoglucemia que afecta primordialmente al sistema nervioso central (SNC). Aparece debilidad intensa, visión borrosa, transpiración profusa, fría y pegajosa, dolor de cabeza pulsátil, náuseas y vómitos. Puede llegarse al colapso y a la pérdida de conciencia, con incapacidad para la realización de cualquier movimiento voluntario. La recuperación se fundamenta sobre todo en el reposo, restableciendo la glucemia, aprovechando las reservas hepáticas. Es precisa la recuperación de sales y agua para el equilibrio hidroelectrolítico. Se favorece la eliminación de los metabolitos acumulados y, en un periodo variable de tiempo dependiente de la duración e intensidad del ejercicio, se vuelve a una situación de normalidad.

5. ADAPTACIONES FUNCIONALES DEBIDAS AL ENTRENAMIENTO

Los cambios morfofuncionales provocados por el entrenamiento permiten una mayor resistencia a la fatiga. Como ya se ha dicho, los síntomas de la fatiga guardan relación con una incapacidad para suministrar la energía requerida por unidad de tiempo. El entrenamiento consigue **mejorar las vías de abastecimiento** tanto de O_2 como de nutrientes e incrementa las **reservas energéticas musculares**, asegurando la disponibilidad de energía para determinado grado de actividad. El entrenamiento permite al músculo adaptarse a la **utilización de lípidos** para la obtención de energía y retarda la utilización de glucosa.

Además, se mejora la capacidad de disipar al medio ambiente el calor excesivo de la actividad metabólica. Cuanto más adaptado esté el individuo para responder rápidamente a cambios térmicos, mejor será su disipación de calor y más tarde aparecerá la fatiga.

El entrenamiento de los **músculos inspiratorios** es importante para conseguir un buen estado de preparación física. La fatiga diafragmática o de otros músculos respiratorios puede **limitar la ventilación**.

También se **mejora el gasto cardíaco** a costa de un incremento del volumen sistólico. Juega un importante papel la **expansión del volumen plasmático** que permite incrementar el volumen sistólico hasta más de un 50%. Dicho fenómeno **aumenta la precarga** y por la ley de Frank Starling la fuerza de contracción permitirá la expulsión de mayor volumen de sangre.

Se mejora el consumo de O_2 ($\dot{V}O_2$) y gran parte de esta mejora depende de una mayor **extracción** porque la capilarización muscular aumenta y/o porque los sistemas oxidativos mitocondriales se incrementan.

A pesar de las consecuencias que conlleva la fatiga, conviene reseñar que **no es conveniente eliminarla por completo** ya que ésta constituye un mecanismo de defensa del organismo ante sobrecargas de trabajo. Es más conveniente retardarla al máximo manteniendo un rendimiento adecuado pero nunca eliminarla mediante drogas o estimulantes ya que pondríamos en peligro la integridad física del individuo.

DR. J.C. MARCO

La fatiga para Lagrange es considerada como “una disminución del poder funcional de los órganos provocado por un exceso de trabajo y acompañado de una sensación característica de malestar”.

Siguiendo a Haynal y Pasini la fatiga se define como

“Una sensación corporal que generalmente sigue a un esfuerzo físico importante”.

Más adelante añade: “Este mismo término tomado en sentido metafórico, expresa un estado subjetivo de acoso, de hostigamiento, una sobrecarga emocional o psíquica, a veces consecutiva a un exceso de trabajo intelectual o de estímulos y asociada a un sentimiento de estar desbordado, de laxitud, de desilusión y decepción”.

En esta primera aproximación al concepto de fatiga encontramos una doble vertiente: El cansancio fisiológico, consecutivo a un esfuerzo físico intenso o prolongado. En segundo término, una fatiga psicológica, con escaso rendimiento mental e intelectual, secundario a un conflicto emocional y que se acompaña de apatía, desinterés, pérdida de la concentración y disminución de la atención.

Delay y Pichot consideran a la fatiga como “el estado del organismo cuando la movilización energética ha sobrepasado la capacidad de restauración inmediata del mismo, es decir, casi siempre aparece a continuación de un esfuerzo.”

Es importante reseñar la misión protectora de la fatiga, ya que nos indicaría que se empiezan a agotar las reservas energéticas o que comienza a aparecer una incapacidad funcional del organismo.

Siguiendo a estos autores, existirían tres variedades de fatiga: la fatiga celular (con alteración del medio interno de la misma), la fatiga muscular (con disminución de la amplitud y enlentecimiento muscular) y la fatiga nerviosa que es la que desarrollamos en este capítulo.

La fatiga psíquica, a pesar de su clara separación con el aparato neuromuscular, ejerce una clara influencia sobre el síndrome general de la fatiga. No debemos olvidar que esta síndrome, puede ser influido decisivamente por factores psicológicos, fisiológicos e incluso sociológicos.

La fatiga nerviosa o psíquica en Patología, se denomina astenia. Ya a principios de este siglo Janet describió el concepto de psicastenia para referirse a un cuadro clínico con fatiga psíquica, intelectual, con disminución de la atención, que obliga al enfermo a reducir su actividad. Estos enfermos presentaban una marcada tendencia a la introspección, una insatisfacción de sí mismos, ciertas tendencias obsesivas en su actuación y muy pocos trastornos de tipo funcional.

Tal y como reseña Dourdill, Janet atribuía la fatiga a un descenso de la tensión psicológica, Dejerine pensaba que era consecuencia de un agotamiento emocional y Freud, lo relacionaba con un gasto excesivo de la energía psíquica secundario a un rechazo instintual.

López Ibor reseña que muchos cuadros crónicos de fatiga, sin otra sintomatología psíquica aparente, podrían ser depresiones larvadas (equivalentes depresivos).

2. "STRESS"

El concepto de fatiga psíquica en la actualidad, debe ser completado con nuevos términos que estudian mejor la idea del cansancio. De todos es conocido que Hans Selye a mediados de este siglo definió el término "stress", como "un estado de tensión aguda del organismo, obligado a movilizar sus defensas, para hacer frente a una situación amenazante". En este concepto incluía las reacciones fisiológicas que se producían frente a cualquier forma de estímulo nocivo, generándose una respuesta inespecífica que denomino "Síndrome General de Adaptación"

Bugard la define como "Un conjunto de fenómenos subjetivos y objetivos que aparecen en un sujeto sometido a una suma de agresiones menores" y en una visión panorámica al referirse a la fatiga, considera que además de en alguna patología psiquiátrica, puede aparecer la fatiga en la sexualidad y en el deporte.

Michal define el "stress" como "la respuesta fisiológica, psicológica y conductual de un individuo que intenta adaptarse y ajustarse a presiones internas y externas". Esta misma autora afirmaba que un cierto nivel de "stress" es esencial para nuestra salud y rendimiento. Una dosis moderada de "stress" genera alegría, optimismo, vitalidad, vigor, evaluación positiva, mayor grado de creatividad, incremento de relaciones interpersonales, etc.

La ausencia de cualquier estímulo o de falta de interés puede conllevar un mal rendimiento y una escasa valoración de uno mismo. Así mismo una situación estresante mantenida puede generar alteraciones en la esfera afectivo instintiva (desánimo, tristeza, irritabilidad, falta de apetito, insomnio) alteraciones en el curso y contenido del pensamiento (bradipsiquia, ideas de desvalorización personal, falta de confianza en uno mismo, ideas de ruina, etc.,) y alteraciones en la vida de relación interpersonal y social

El "stress" puede ser producido por un suceso, una situación, una persona o un objeto que se percibe como estresante. Por otro lado los costes humanos y económicos del "stress" son enormes.

Es necesario reseñar que un mismo hecho, puede ocasionar en distintas personas reacciones muy diversas. Algo parecido puede ocurrir en el ejemplo de la fatiga y el "stress".

*"Las cosas rara vez son buenas o malas en sí mismas;
es nuestra mente la que las hace así"*
(Shakespeare)

Esta diferente valoración del tema que nos ocupa va a depender fundamentalmente de la personalidad del sujeto, de la elaboración cognitiva y conductual que haga de ella y de sus motivaciones personales.

La percepción de la fatiga es vivenciada de forma peculiar por cada sujeto, recordando que existe un tipo de personalidad en Psicología el "tipo A" definido empíricamente por Friedman y Roseman como "esfuerzo crónico e incesante de mejorar cada vez más en menos tiempo y, si es necesario, contra la oposición de cosas o personas". Las personas "tipo A", llevan sus actuaciones e intervenciones hasta la frontera de lo patológico. Estos sujetos se caracterizan por buscar metas muy elevadas, implicándose en gran número de funciones distintas, espíritu muy competitivo, necesidad imperiosa de aprovechar el tiempo al máximo, así como del reconocimiento y promoción profesional, con elevada motivación, y sin conciencia de sus propios límites.

Tampoco podemos omitir los conocidos como "equivalentes suicidas". Son aquellas conductas muy arriesgadas que realizan determinados sujetos, poniendo su vida en grave peligro continuamente.

3. CONCEPTO DE AFRONTAMIENTO

Una persona sometida constantemente a elevadas cotas de demandas puede o no verse desbordada en función de la evaluación que haga de ellas. Es por esto que recientemente ha surgido un nuevo término, que completa lo expuesto hasta aquí.

En efecto, las diferencias individuales y grupales que pueden conseguirse frente a los mismos estímulos, hacen necesario el estudio detenido de las valoraciones cognitivas y conductuales que se pueden realizar.

En psicología animal, tradicionalmente se ha entendido el afrontamiento como “aquellos actos que controlan las condiciones aversivas del entorno, disminuyendo por tanto, el grado de perturbación psicofisiológica producida por éstas”.

Para la psicología del “ego” el afrontamiento es “el conjunto de pensamientos y actos realistas y flexibles que solucionan los problemas, y por tanto reducen el “stress””.

Lazarus y Folkmann definen afrontamiento como: “Aquellos esfuerzos cognitivos y conductuales constantemente cambiantes que se desarrollan para manejar las demandas específicas externas y / o internas que son evaluadas como excedentes o desbordantes de los recursos del individuo”.

4. ACTITUD

4.1. CONCEPTO DE ACTITUD

El afrontamiento constata los parámetros cognitivos y conductuales como maneras de abordar un hecho o vivencia. Sin embargo en Psicología Social, se conoce un nuevo concepto que profundiza en el tema de nuestro actual trabajo: la actitud.

Existen gran número de definiciones de actitud. Young dice que el termino actitud tiene dos significados: “uno estrecho, en el sentido de predisposición mental y motriz a la acción; otro más amplio para señalar tendencias reactivas, específicas o generalizadas que influyen sobre la interpretación de nuevas situaciones y la respuesta frente a éstas”.

Según Triandis, se definiría como “una idea cargada de emoción, que permite una clase de acciones ante cierta clase de situaciones sociales”.

La definición de actitud que nos parece más completa de la bibliografía revisada es la que da Krech al considerarla como “un sistema duradero formado por tres componentes que se polarizan hacia un determinado objetivo: Las creencias sobre los hechos, el componente afectivo y el componente reactivo”. Procederemos a estudiar con más detenimiento este concepto.

4.2. COMPONENTES DE LA ACTITUD

Las partes integrantes de la actitud están íntimamente relacionados entre si y podemos dividirlos en:

4.2.1. Componente cognoscitivo. Consiste en las creencias de un individuo acerca de un objeto determinado. Los conocimientos incluidos en este sistema son siempre juicios que implican una valoración positiva o negativa.

4.2.2. Componente afectivo. Son los sentimientos y pasiones vinculadas a un determinado objeto. El objeto es vivenciado como placentero o displacentero. Esta carga emotiva, precisamente es la que da a las actitudes su carácter motivacional.

4.2.3. Componente reactivo. Comprende toda inclinación a actuar de una manera determinada, ante el objeto de dicha actitud.

Krech considera que estas componentes, pueden ser distintas en su estructura. Difieren en dos características básicas fundamentales: valencia y multiplicidad. La valencia es el grado, la intensidad de favorabilidad o desfavorabilidad con respecto al objeto de una actitud. La multiplicidad se refiere a la variedad y al número de los elementos que integran cada uno de los componentes de las actitudes.

Las tres componentes se encuentran íntimamente relacionadas. Así Triandis señala como el comportamiento requiere la energía del componente afectivo para actuar y la dirección del componente cognoscitivo.

5. LA MOTIVACION

5.1. CONCEPTO

El término motivación hace referencia al por que una persona hace una cosa en vez de otra. Por que un sujeto busca por propio iniciativa determinadas prácticas deportivas o estilos vitales, que a otro sujeto le producirían temor solo de pensarlo. Por que una conducta tiene unos determinados fines u objetivos. Pretende responder al mecanismo fisiológico y, o ambiental que origina o suprime una conducta determinada.

Ej.: ¿por que una persona hace una prueba de supervivencia en soledad en una cima alta del pirineo? ¿por que un sujeto cruza el estrecho de Gibraltar a nado o quiere superar un récord mundial?

En una primera aproximación se consideraba lo mismo instinto que motivos. Ej.: Instinto de huida, de agresión, de curiosidad. Se hicieron listas enormes de cualquier conducta motivada y la llamaron instinto.

Se entiende por motivo "los estados internos activos, que influyen en una conducta iniciándola, guiándola y modificándola para tratar de satisfacer unas necesidades biológicas, psicológicas o sociales".

Esta definición es muy distinta de las necesidades, que se definen como: "deficiencias no satisfechas basadas en exigencias específicas, corporales o también aprendidas, o una combinación de las dos". Así mismo no las debemos confundir con los instintos que se conocen como "necesidades de tipo biológico y de patrones complicados de conducta o patrones de acción fija, de origen generalmente hereditario".

5.2. CATEGORIA DE MOTIVOS

5.2.1. Impulsos básicos. Son necesidades fisiológicas de supervivencia. Funcionan con un modelo homeostático.

5.2.2. Motivos sociales. Su satisfacción depende del contacto con otras personas. Sentirse amado, aceptado, estimado por las personas que nos rodean. El cariño y la aceptación son necesarios para una buena adaptación al ambiente. El apoyo social ayuda a afrontar mejor el "stress" y las dificultades.

5.2.3. Motivos sensoriales. Todos los animales y los seres humanos necesitan la estimulación sensorial. La persona manipula y explora el ambiente: curiosidad "soñar despierto", "silbar", "cantar", etc. En situaciones de privación sensorial se producen fenómenos alucinatorios.

5.2.4. Motivos para el crecimiento personal. Tratar de alcanzar la perfección, el poder, desarrollar habilidades personales sin que se reconozca socialmente.

5.2.5. Ideas como motivos. Son convicciones, valores, metas, que guían la conducta de las personas. Ej.: Huelga de hambre por una idea. Se trata de evitar disonancias cognitivas o contradicciones. (Ej.: Idea del sujeto. Corriente de pensamiento de su entorno.)

En resumen existirían dos grandes familias de motivos:

a) **Motivos biosociales:** hambre, sed, sexo, respiración, afecto, curiosidad, comodidad.

b) **Motivos psicosociales:** agresividad, gregarismo, estar en grupo, tener éxito, reconocimiento, autonomía funcional, etc.

5.3. FUNCIONAMIENTO DE LAS MOTIVACIONES

5.3.1. Modelo homeostático o autorregulación. Tiene que ver con los impulsos básicos. Existe una norma de referencia o estado ideal del organismo. El cuerpo compara la norma de referencia con su estado actual. Si el estado actual es compatible con la norma de referencia no cambia. Si es incompatible nace una necesidad, que provoca una motivación para restaurar el equilibrio.

Ej: A los animales se les deja distinto tipo de comida con diferente composición. Llevaban una dieta perfecta. El organismo elegía la dieta equilibrada.

Ej.: En las drogodependencias se rompe el equilibrio instaurado. Surge un nuevo equilibrio, que es lo que provoca que al dejar de tomarla se genere angustia que solo se equilibra tomando esa droga o ese fármaco.

5.3.2. Influencia de incentivos, emociones y cogniciones.

Primero surgen los incentivos: sujetos, hechos o condiciones que incitan a la acción. Por un lado unas cogniciones, unas emociones (recuerdos, experiencias pasadas y presentes) motivan una determinada conducta.

(Ej: Crecimiento personal, sexualidad, experiencias sensoriales.)

5.4. TEORIAS DE LA MOTIVACION

5.4.1. Psicoanálisis de Freud. La motivación inconsciente en el ser humano, es la consecuencia de sus deseos sexuales y la satisfacción de su libido.

5.4.2. Teoría del aprendizaje social. En el aprendizaje previo positivo o agradable habrá motivación para repetir esa conducta y viceversa.

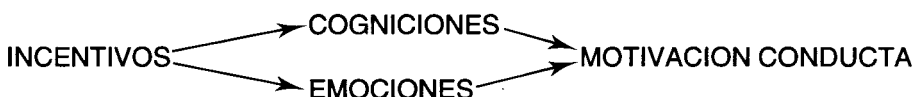
5.4.3. Teoría humanista. Maslow establece una jerarquía de motivos. Los animales tienen necesidades toda su vida. Al hombre le pasa algo similar, pero unas necesidades son más importantes que otras y es preciso satisfacer unas primero, para pasar a las siguientes. Estas necesidades las recogen en la denominada "**Pirámide de Maslow**" que se puede ver en la tabla 11.1:

1. NECESIDADES DE AUTO-REALIZACION DEL POTENCIAL INDIVIDUAL SATISFACIENDO TODAS SUS CAPACIDADES.
2. NECESIDADES ESTETICAS: SIMETRIA, ORDEN Y BELLEZA.
3. NECESIDADES COGNITIVAS. SABER, ENTENDER Y EXPLORAR.
4. RESPETO A SI MISMO. TIENE UN VALOR DENTRO DEL TRABAJO NECESIDAD DE ESTIMA. SE LE APRECIA Y RECONOCE LOS VALORES DE LA PERSONA EN EL GRUPO. TIENE APROBACION, EXITO ES COMPETENTE.
5. NECESIDADES DE AMOR, ACEPTACION, POSESION. PERTENENCIA, AFILIACION, SENTIRSE DENTRO DE UN GRUPO DE REFERENCIA.
6. NECESIDADES DE SEGURIDAD EXTERIOR E INTERIOR. ESTABILIDAD, AUSENCIA DE PELIGRO.
7. NECESIDADES FISIOLOGICAS MAS ELEMENTALES. HAMBRE, SED, SEXO.

5.5. MOTIVACION A LA CONDUCTA DE EXITO

Es la necesidad de aspirar a metas mas elevadas o superar tareas difíciles. Tiene que ver con el **crecimiento personal y social**. Influyen los **incentivos**.

Son mas motivadores cuando los triunfos inmediatos conducen a oportunidades futuras que se consideran de mucho valor.



Influyen los recuerdos, expectativas, capacidad de la persona, inteligencia, aptitudes, energía. La motivación para esta conducta es moldeada por padres, educadores, amigos, etc. Puede haber obstáculos para conseguir ese éxito. Cuando las personas esperan el fracaso o temen el esfuerzo, dejan de intentarlo.

¡Es mejor tener expectativas de triunfo que de fracaso!

En las mujeres hay más temor al éxito que en los hombres.

Entre las claves para tener más éxito podemos destacar el **análisis de metas personales** de forma realista, considerándolas verdaderos retos para estas personas. Distinguir entre resultados finales que se pueden controlar y los que no pueden ser controlados. Fijarse **objetivos realistas** con cierta probabilidad de éxito.

5.6. FRUSTRACION

Cuando no se logran las expectativas creadas llega el fracaso. Se conoce el término de frustración como la falta de satisfacción de unas necesidades y motivos. "Es el bloqueo o impedimento de la conducta dirigida hacia un objetivo". Genera ansiedad, tensión, depresión.

6. MEDIDA DE LA FATIGA

Entre las pruebas que permitirían objetivar la fatiga nerviosa Delay y Pichot destacaban el tiempo de reacción, el registro del temblor en masa del cuerpo, la agudeza estereoscópica, el umbral de fusión del centelleo luminoso, la excitabilidad eléctrica retiniana. No obstante se evidencia la escasa fiabilidad de las medidas de la fatiga nerviosa, que están pendientes de nuevas investigaciones.

Una experiencia interesante en nuestro medio fue realizada por Rubio. Cogió un grupo de 40 niños comprendidos entre los 9 y 10 años. Los subdividió en dos grupos de 20 provocando en uno de ellos una fatiga muscular y en el otro una fatiga mental. Posteriormente mediante los test motores de Ozerestki, la prueba de rapidez de punteado de Mira Stambak y la prueba de clave de números de una subescala del Wechsler, se midió la influencia de los tipos de fatiga en el nivel muscular.

En coordinación estática, se encuentra más afectada la fatiga muscular que la mental. Los niños obtienen mejores resultados que las niñas.

En coordinación dinámica, el rendimiento es menor en los fatigados muscularmente (aunque con diferencias menores al anterior)

Sin embargo en la prueba de punteado de Stambak, los dos tipos de fatiga obtienen un descenso en la concentración y en la rapidez de los movimientos y en la coordinación visomotora, sin diferencias significativas entre ellos.

En un estudio realizado por Seva en la población general de la Ciudad de Zaragoza, objetivó que el 52% de las amas de casa y el 41% de los cabezas de familia, se quejaban de haber presentado en la última semana sensación de astenia y fatigabilidad.

Al estudiar una población de pacientes ingresados por problemas médicos en un hospital general Dourdill encontró que el 70% de las mujeres y el 54% de los varones presentaban muchas veces o siempre el sentimiento de fatigabilidad.

7. CATEGORIAS DIAGNOSTICAS

La clasificación de la asociación psiquiátrica americana, en su edición del DSM-III, describe la "Reacción aguda ante gran tensión", definiéndola como "trastornos transitorios de cualesquiera gravedad y naturaleza, que aparecen en individuos sin afección mental evidente, como reacción a tensión física o mental excepcional, tal como una catástrofe telúrica o una batalla y generalmente ceden dentro de horas o días".

La décima revisión de la clasificación internacional de enfermedades (CIE-10) de los trastornos mentales y del comportamiento incluye el concepto de Neurastenia (F48.0), definiéndolo con criterios operativos como:

- a) Quejas continuas de un molesto cansancio progresivo, tras un esfuerzo mental o quejas continuas de una molesta debilidad física y agotamiento tras esfuerzos mínimos.
- b) Dos o mas de las siguientes:

- Sensación de dolor y molestias musculares
- Mareos
- Cefaleas de tensión
- Trastornos del sueño
- Incapacidad para relajarse
- Irritabilidad
- Dispepsia

c) Además si estuvieran presentes síntomas vegetativos o depresivos, no serían lo suficientemente persistentes o graves como para satisfacer las pautas de uno de los trastornos de esta clasificación

Lo que predomina es la debilidad y la preocupación por la disminución del rendimiento muscular o físico.

Es preciso hacer diagnóstico diferencial con cuadros de ansiedad, depresión o convalecencia tras una enfermedad somática (gripe, hepatitis vírica o mononucleosis infecciosa)

Lo expuesto en el presente capítulo permite tener una visión amplia y actualizada de la fatiga psíquica. En el hemos presentado conceptos innovadores que están apareciendo en la bibliografía internacional, ("stress", afrontamiento, actitud, motivación, etc.) que permite profundizar con mayor riqueza de matices en la fatiga psíquica. Así mismo hemos introducido criterios clínicos objetivos concretos, atendiendo a los nuevos sistemas de clasificación internacional (CIE-10). Esperamos y deseamos haber sido capaces de despertar la inquietud a nuestros lectores, con este capítulo de la fatiga central, para que profundicen en este fascinante tema.

APLICACION DE LAS DINAMICAS DE GRUPO A LOS DEPORTES DE EQUIPO

DR. J.C. MARCO

1. INTRODUCCION

La práctica de un deporte en equipo, presenta características particulares que la distinguen notablemente del ejercicio de deporte individual.

La realización de una actividad física para cualquier persona es muy importante. Antes de profundizar en el significado de las leyes de un equipo, haremos una breve referencia a dos términos que nos van a ayudar a comprender mejor el presente capítulo: motricidad y psicomotricidad.

1.1. MOTRICIDAD

Se entiende por **motricidad** el “movimiento considerado en sus estructuras anatómicas y en sus mismas funciones orgánicas, que atienden esencialmente al soma y que favorece el desarrollo orgánico del sujeto”.

En esta dimensión trabajan los fisiólogos del ejercicio y la inmensa mayoría de los preparadores físicos y entrenadores. **Pirie** afirmaba que las aptitudes de un deportista pueden dividirse en seis componentes fundamentales, que habrá que saber desarrollar:

1.1.1. El 1º sería la **composición corporal** y el entrenamiento pretendería sustituir el tejido adiposo (grasa) por masa magra corporal (desarrollando el músculo y el hueso y reduciendo la grasa).

1.1.2. El 2º sería la **fuerza** y se buscaría el desarrollo de la máxima tensión muscular que se puede hacer en un determinado momento (se mide con el dinamómetro).

1.1.3. La 3ª sería la **potencia** que implica a la velocidad que se puede imprimir a determinada fuerza.

1.1.4. La **resistencia muscular** es la capacidad de los músculos de mantener una contracción durante mucho tiempo o realizar múltiples contracciones repetidas sin cansarse.

1.1.5. La **resistencia cardiorrespiratoria**. En efecto la eficacia del corazón, del sistema vascular y de los pulmones, es clave para un bombeo de sangre y de oxígeno (que transportan los hematíes) acorde con unas demandas celulares elevadas por el ejercicio.

1.1.6. Un último elemento sería la **flexibilidad** (o elasticidad) que se refiere al grado de movimiento que puede alcanzar una determinada articulación.

Es necesario reseñar que con independencia de la clasificación anterior, existen otras líneas de desarrollo de la fisiología deportiva. Por otro lado, existen técnicas de entrenamiento muy complejas y avanzadas (centros de alto rendimiento) en las que no profundizaremos ya que superaría el propósito del presente capítulo. Me he limitado a exponer estas seis funciones por su sencillez y fácil comprensión y porque permitirán una exposición ulterior más clara y pedagógica.

1.2. PSICOMOTRICIDAD

Existe un concepto relativamente reciente que amplía y complementa el término motricidad antes mencionado, que es el de **Psicomotricidad**. En efecto hay un significado más holístico e integral de la práctica de un deporte, pues no sólo se debe buscar el desarrollo y optimización de los recursos físicos, sino que también es necesario trabajar en la búsqueda de nuevas motivaciones que permitan al deportista un mayor rendimiento en sus actuaciones.

La **psicomotricidad** "es el movimiento examinado en su realización como actividad total del organismo que se expresa de una manera global a través de la personalidad, constituyendo una respuesta total del mismo".

El desarrollo de un mayor grado de bienestar psicológico, la búsqueda del movimiento como expresión de la personalidad, el cuerpo como elemento de contacto y transformación de la realidad, la mejora de la autoestima por una mejor aceptación del esquema corporal, van a ser logros que se pueden conseguir a través de un entrenamiento selectivo en todas estas variables. Esta nueva búsqueda supone un cambio radical en la concepción del deporte. No sólo se pretende una mayor plenitud física sino también un mejor rendimiento global de la persona. De esta forma se puede trabajar con los deportistas en una nueva faceta que a buen seguro dará numerosos frutos.

En esta nueva dimensión del deporte es donde podríamos ubicar la importancia de “los otros” en nuestra práctica deportiva. Las interacciones con los demás integrantes del equipo bien trabajadas, pueden incrementar el nivel de motivación de cada jugador, la capacidad de esfuerzo, el mayor apoyo psicológico, el reconocimiento del puesto de uno y en suma de todo aquello que favorezca la obtención de resultados más brillantes.

Si importante es la práctica individual de un deporte, mucho más gratificante y satisfactoria puede ser el realizarlo en colaboración y gracias a la ayuda que “los otros” aportan. Una de las escuelas psicológicas denominada “Psicología de la Forma o Gestalt” afirma **“que el todo es más que la suma de las partes”**. En efecto, un equipo obtiene resultados y rendimientos que jamás una persona aislada podría llegar a obtener. En un equipo cada deportista tiene una misión y una función, que está en íntima conexión con todo lo demás. En Psicología Social se sabe que el rendimiento es superior cuando se hace motivado por la presencia de los demás y se conoce a este fenómeno como **“facilitación social”**.

2. EL CONCEPTO DE EQUIPO (GRUPO)

Un equipo deportivo es un tipo específico de grupo que se estudia en Psicología social. Existen múltiples definiciones de grupo y expondré algunas de las más conocidas, para facilitar después el significado de equipo.

“Un grupo es un pequeño número de personas que se interrelacionan entre sí, con una estructura determinada para la obtención de un fin común”.

Un grupo puede definirse también como “dos o más personas que comparten un sentimiento de unidad y están ligados por pautas de interacción social relativamente estables”. Otros autores lo definen como “todo conjunto de personas que, en su vivencia y conducta, se hallan directa o indirectamente relacionadas y dependen unos de otros y no sólo aparecen como homogéneas hacia afuera, sino que también se sienten ellas mismas homogéneas y lo expresan en la conciencia de “nosotros”.

Entre los diferentes tipos de grupos que existen, el **equipo deportivo** pertenecería a los denominados **grupos primarios** (ya que existe una relación directa entre sí, con fuerte relación emocional entre sus miembros y conociéndose todos), **grupo de referencia** (porque el sujeto establece una vinculación voluntaria de índole afectivo o de valores respecto al mismo), **grupo formal** (pues tienen una estructura determinada) y **grupo de trabajo** (ya que pretende conseguir un rendimiento y buenos resultados en los objetivos definidos, generando para ellos sistemas de evaluación y grado de consecución de un objetivo).

EQUIPO

INTERACTUAN
MUTUAMENTE

CONJUNTO DE
DEPORTISTAS



OBJETIVO COMUN
OBJETIVO COMUN
OBJETIVO COMUN

Figura 12.1 El equipo deportivo.

Una definición operativa que nos va a aclarar el concepto de “**equipo deportivo**” (Fig. 12.1) sería la siguiente: Un **número de personas** (deportistas) reducido, que tiene un **objetivo común** (la práctica de algún deporte) y que desarrollan entre sí una **interacción mutua** (los roles y funciones que se asignan a cada elemento del grupo). Analizaremos esta definición por partes:

- a) En efecto por todos es conocido que cualquier equipo consta de **varios jugadores o deportistas**. Su preparación física, su capacidad técnica, su resistencia y su potencia, serán elementos clave para alcanzar un buen rendimiento deportivo. Este grupo cuando practica el deporte concreto sólo puede utilizar un número muy determinado de estos jugadores.

- b) Siguiendo con la segunda parte de la definición tendrían un **objetivo común**: ganar el partido (y si es posible ganar la competición), mejorar sus propias marcas, obtener más premios, etc. Para ello habría que desarrollar las estrategias y técnicas correspondientes que conducen a la victoria. El motivo fundamental de estar juntos es desarrollar una labor de equipo para obtener éxitos deportivos. Este objetivo es el aglutinante y el que ha permitido que estas personas se conozcan y trabajen juntas.
- c) En tercer lugar estaría la **interacción mutua**. Cada jugador necesita de la participación e intervención de los demás para alcanzar el fin de ganar. La interdependencia entre los miembros es una necesidad ineludible para obtener la eficacia del grupo. Por tanto es, fundamental la elaboración de una estrategia de acciones necesarias para alcanzarlo. Aunque partamos de que cada uno de ellos tiene unas aptitudes y capacidades concretas no es suficiente con ello, tendrá que armonizar este potencial con el resto de las capacidades y rendimientos de los otros jugadores para obtener éxito de equipo. Es aquí donde se convierte en fundamental como mejorar las interrelaciones (estrategias, técnicas, jugadas, posiciones en el terreno deportivo, sentido de la colaboración, capacidad de esfuerzo) que conduzcan al éxito.

Hay que destacar que además de los componentes esenciales ya explicados, un grupo siempre tiene una **estructura determinada** para ejecutar su objetivo, es decir, una organización relativamente estable que sirve de substrato a todas las personas que en él participan y posibilitan que cada una tenga una misión específica que cumplir. Cada componente del equipo tendrá un papel asignado, una función que cumplir, unas redes de comunicación y un nivel aceptable de relaciones interpersonales entre sus miembros. Así por ejemplo, en un equipo de fútbol, hay unas posiciones en el campo fijas: guardameta, defensas, medios, delanteros y unos jugadores reservas. Cada uno tiene unas atribuciones y una misión que cumplir. De no hacerlo así producirá un desequilibrio en el planteamiento táctico del partido. Además, este equipo tendrá una jerarquía que va a estar actuando en diferentes estratos con diferentes niveles de competencias: desde un entrenador, un preparador físico, un relaciones públicas, hasta la complejidad que puede tener un club deportivo completo (que consta de presidente, vicepresidente, gerentes, técnicos, etc.)

3. EL EQUIPO Y SU DINAMICA

La existencia de una estructura formal no puede impedir que surjan estructuras informales, niveles de relaciones y de tensiones que no corresponden con la función específica asignada. Un equipo no se rige sólo por

planteamientos operativos o racionales, sino por impulsos y lazos afectivos que es preciso conocer si queremos sacar el máximo rendimiento a nuestro equipo.

En cualquier grupo es necesario conocer el conjunto de fuerzas que actúan en él, buscando su génesis, como se modifican y como pueden conducirse para un logro concreto.

La **dinámica de grupos** pretende estudiar la relación existente entre todos los mecanismos y fuerzas que actúan sobre el grupo y aquí los expondremos en relación a nuestro equipo deportivo.

En el equipo deportivo vamos a encontrarnos con **elementos racionales** como son los hechos concretos, las habilidades de cada jugador, los entrenamientos, las intervenciones en las competiciones, las ideas que verbalizan y sus opiniones referente a la marcha del equipo. Son numerosas las publicaciones referidas a las estrategias, jugadas, modelos de intervención, etc. En este mismo libro hay un capítulo dedicado al entrenador y su proceso educativo. Me limitaré a exponer un segundo elemento que está menos estudiado: **los procesos básicos**.

3.1. ELEMENTOS EMOCIONALES

Los **elementos emocionales o procesos básicos** van a operar en el equipo de forma notable. Las necesidades personales de los miembros, su tonalidad afectiva, los niveles de temor e incertidumbre, los sentimientos interpersonales de aceptación-rechazo de los otros sobre su persona y viceversa, el nivel de integración real de cada jugador en su equipo.

Estos dos elementos expuestos están siempre presentes en mayor o menor medida y ambos son complementarios. Un entrenador que se precie debe de ser sensible a estos dos niveles de realidad grupal, (o tener en su equipo personas preparadas para ello) porque sino, sólo está trabajando con el 50% de las posibilidades reales de su equipo.

Todo ello pone de relieve la **personalidad del equipo**, que es la suma de los elementos constituyentes (preparación física, capacidad de esfuerzo, potencia, temperamento de cada jugador) y de los elementos adquiridos (estrategia de equipo, búsqueda del éxito común, grado de integración con el equipo, cohesión de grupo lograda, metas planteadas, etc.). Esto genera un conjunto de pensamientos, sentimientos y acciones colectivas que imprimen el carácter al equipo (Fig. 12.2).

El conocer estos dos procesos grupales, permite que el equipo rinda al máximo de sus posibilidades. Es necesario alimentar estos dos componentes creando un ambiente agradable y una capacidad de superación continua con la colaboración de los demás. Así por ejemplo los entrenamientos pueden

plantearse con profesionalidad, pero en forma de juego, agrupándolos por parejas para potenciar ciertos grupos musculares, fomentando la competencia sana, dando muestras de colaboración, animando a los deportistas con alguna limitación (los reservas, lesionados, etc.).

Al terminar el entrenamiento o en sesiones específicas para ellos, hay que hacer reuniones para comentar lo sucedido, como han vivido cada uno los ejercicios, las técnicas y las tácticas. Es importante que los jugadores expongan sus ideas y estrategias y sean debatidas y comentadas con el entrenador. El objetivo último es que no se haga lo que una sola persona quiera (salvo que tenga una autoridad aceptada por el resto del grupo), sino que la estrategia elegida sea la mejor de las posibles porque todos han participado en ella. Es interesante fomentar las conversaciones de como van las relaciones interpersonales y si existen discrepancias o tensiones entre los diferentes miembros, habrá que encauzarlas apropiadamente.

Momentos clave son los instantes antes a una competición donde el nivel de tensión-ansiedad es elevado y puede afectar negativamente al resultado global (también en los períodos de descanso, si existen). Fomentar en este momento la autoestima individual y grupal, estimular el sentimiento del “nosotros podemos”, elevar el grado de seguridad colectiva y el sentimiento de bienestar puede ser clave para la competición. Es muy importante celebrar de forma extraordinaria los trofeos o victorias como un éxito del equipo (sin personalizar) porque esto va a aumentar la cohesión del equipo y sirve como refuerzo de la conducta grupal.

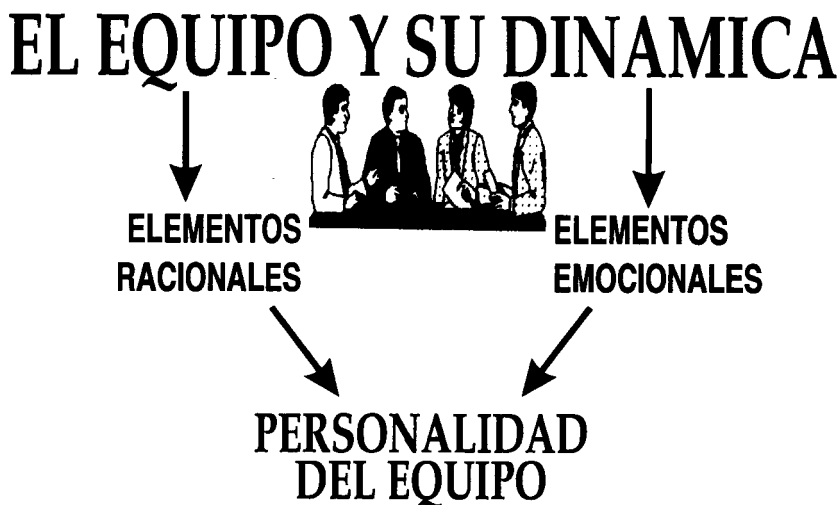


Figura 12.2 El equipo y su dinámica.

Incluso de las derrotas es necesario hacer una lectura positiva, elaborando los posibles defectos, valorándolos en su conjunto y estableciendo nuevas estrategias y técnicas para solucionarlos en un futuro. Es muy importante no buscar “al culpable” del fracaso y encajarlo más bien, como un fallo grupal. Por otro lado cualquier equipo debe de tener claro que las competiciones son un juego, es decir en alguna medida interviene el factor suerte o el azar. En todo enfrentamiento deportivo hay aspectos que son controlables (rendimientos personales, estrategias, jugadas, posiciones en el campo, etc.). Hay sin embargo algunas circunstancias que no dependen de los jugadores. En el análisis de una competición es fundamental discriminar donde se ha encontrado el fallo. Una derrota bien encauzada puede ser el mejor aliciente para un equipo. En efecto, el perder algo (además del enfado y la sensación desagradable que nos produce) nos enseña que no somos perfectos, que siempre se puede y se debe trabajar por mejorar y perfeccionar nuestra técnica individual o grupal y que somos un proyecto inacabado. Acentúa el “nosotros” y eleva la cohesión del equipo para tratar de aportar cada uno algo más y conducirlo a la victoria. Nos implica más emocionalmente en nuestro objetivo y aumenta nuestras motivaciones.

Estos dos elementos que subyacen en todo grupo se polarizan en el “líder técnico” y el “líder emocional”, el líder de las ideas y el de los sentimientos (que en ocasiones puede coincidir en la misma persona) y que desarrollamos en el siguiente apartado.

4. EL LIDER DE UN EQUIPO

En la interacción de todo grupo (y por supuesto en los equipos deportivos) surge normalmente una figura (o varias) de autoridad y de liderazgo. La actitud que adopta cada jugador y las relaciones que establece con el resto origina la aparición de un “líder”.

La figura del líder, conlleva generalmente una serie de características personales y circunstanciales que hace que la mayoría del grupo lo acepte (implícita o explícitamente) como tal. Normalmente se trata de una persona espontánea, extrovertida, hábil en las relaciones interpersonales, con capacidad de escucha y acogida, con una estabilidad y madurez emocional, con moderado sentido del humor, con capacidad de entrega en la competición y que suele salir relativamente bien de situaciones adversas o de las frustraciones. Este líder suele ser observador, con iniciativa y con una visión optimista de la vida. Tiene que ser capaz de manejar tensiones personales y servir como catalizador (neutralizador) de las diferencias existentes. Suele ser respetuoso con los demás y les anima a que tomen sus propias decisiones y tomen iniciativas en el deporte.

Es preciso reseñar que estas características del líder no son ni constantes ni tienen porqué estar siempre. Aunque generalmente dispone de alguna de ellas, lo más importante es que **el líder será aquel jugador que por sus características personales concretas, ante una situación específica es capaz de contribuir eficazmente al logro de los objetivos del equipo**. Esto quiere decir que en competiciones distintas o en momentos concretos, el líder puede ser alguien que no responda a estos rasgos de personalidad antes aludidos o ir cambiando según el momento. El liderazgo va íntimamente relacionado con la capacidad que tiene éste, de movilizar al resto de los jugadores para desencadenar acciones exitosas frente a terceros o aumentar el nivel de bienestar, interacción y cohesión del equipo (Fig. 12.3).

Estos objetivos a su vez pueden lograrse por mecanismos racionales o por mecanismos emocionales (o bien una suma de ambas.) Cuando hay un jugador que es un excelente deportista, hábil, que es “el motor”, que domina la técnica, controla o dirige la estrategia racionalmente, es decir con criterios operativos de eficacia, estamos ante el “líder técnico” o “líder de las ideas”. Siempre se mueve usando la inteligencia, pensando el paso siguiente y estudiando fríamente a sus contrarios. Analiza las diferentes jugadas, pide colocación a sus compañeros y ayuda a materializar las estrategias elegidas. En dinámica de grupos y con un lenguaje más técnico se dice de esta persona que ocupa la posición “Beta”. Es el que defiende con argumentos y convicción sus planteamientos y luego los demuestra con resultados concretos.

El complementario al anterior es el “líder emocional”, el que anima, apoya psicológicamente, relaja la tensión, motiva a los demás jugadores, es capaz de incentivarlos reforzando sus jugadas con palabras o gestos de apoyo. Es colaborador, entusiasta, relativiza los fracasos y potencia los éxitos aumentando el grado de autoestima individual y grupal. En un momento concreto puede llegar a entusiasmar al resto de sus compañeros y a obtener de los demás rendimientos impensables a través de la colaboración y la coordinación. (Técnicamente recibe el nombre de posición “Alfa”, que mueve a la acción).

Hasta aquí hemos expuesto dos “tipos” puros, pero pueden aglutinarse estas capacidades en la misma persona o en varias que son “el alma del equipo”, “el motor del equipo”, como se le conoce en el argot del deporte. Además los líderes suelen rodearse de algún jugador o deportista que realiza incondicionalmente sus sugerencias, que se comprometen con ellos a materializar esa idea y que ayudan al grupo para alcanzar la meta propuesta. (Posición “gamma” en dinámica de grupos).

El entrenador necesita conocer esta realidad que subyace en todo equipo para relacionarse correctamente y debe de controlar los desequilibrios que puedan producirse. Los fundamentos básicos de la dinámica de grupo se convertirá en materia obligada para el dominio y control de sus deportistas.

El entrenador procurará mantener y conservar el grupo en las mejores condiciones psicológicas (no sólo físicas). Para ello deberá crear un clima agradable entre sus jugadores, siendo amable, aceptando y buscando el acuerdo entre todos, valorando los partidos o jugadas bien realizadas, funcionando con reglas generales y aplicables a todos los jugadores (sin excepciones), describiendo las relaciones entre los miembros, armonizando diferencias, con actitud reconciliadora y desdramatizando situaciones para conseguir el mejor bienestar grupal.

Precisará* detectar aquellos comportamientos explícitos o implícitos del equipo o de sus jugadores que supongan un freno o limitación al trabajo

EL LIDER DEL EQUIPO



CONTRIBUYE AL EXITO
DEL EQUIPO EN SITUACIONES
ESPECIFICAS

Figura 12.3 El líder del equipo.

grupal. Entre otros podríamos destacar actitudes demasiado sumisas, conductas agresivas, rivalidades verbales o físicas, comportamientos aduladores, posiciones pasivas o indiferentes, bromas continuas que alteran el trabajo en equipo, obstinaciones u oposiciones persistentes.

Es fácil apreciar con todo lo expuesto, que el manejo de un equipo en plenitud, abre un abanico de posibilidades enorme que debidamente conducido puede dar abundantes éxitos, pero que mal canalizado puede abocar a un profundo fracaso. Para finalizar el presente capítulo, expondremos algunas actuaciones concretas que pueden propiciar el mejor rendimiento deportivo del equipo.

5. EL RENDIMIENTO EN EQUIPO

La experiencia demuestra que la unión de nuestras capacidades y la coordinación de nuestros esfuerzos nos ayudan a alcanzar metas imposibles de lograr de forma individual. La eficacia de un grupo se correlaciona con el nivel de cohesión de sus miembros. Es preciso sensibilizar y educar a los jugadores de su común identidad, desarrollando al máximo su conciencia de pertenencia al grupo, de “ser el grupo” de ser un “nosotros”

Es necesario fomentar los sentimientos de solidaridad, franqueza, lealtad, atracción y cooperación entre los jugadores. Con ello se consolidará el espíritu de grupo, fomentando las fuerzas integradoras e interactuando más y mejor. Todo esto genera en la persona un ambiente de confianza, de seguridad personal y de estabilidad emocional que va a facilitar su mejor rendimiento en el puesto o misión que se le asigne.

Es preciso clasificar los objetivos a corto, medio y largo plazo a conseguir, con sistemas de evaluación y análisis de los mismos. Estos objetivos a su vez deben dividirse en personales y grupales. Es fundamental la evaluación de resultados periódica con una actitud crítica en reuniones grupales. Se analizarán los grados de aproximación al objetivo y las razones que nos han dificultando su consecución.

Hay que buscar además objetivos atractivos y realistas. Si el objetivo es interesante para los jugadores, elevara su autoestima, incrementará el grado de satisfacción y aumentará el sentido de pertenencia al equipo, consiguiendo una mayor cohesión de equipo.

En suma podemos decir que es necesario estimular la pertenencia al grupo y aumentar sus interrelaciones todo ello sin olvidar en ningún momento la necesidad de estar muy bien preparado física y técnicamente para el deporte que vamos a realizar en compañía de los “nuestros”.

**ASPECTOS PSICOSOCIALES DEL
DEPORTE: GUIA PEDAGOGICA DE
LA DIRECCION DE EQUIPOS
DE CONJUNTO****DR. H. RODRIGUEZ****1. DEPORTES PARA PRINCIPIANTES**

La realización de este trabajo está motivada por la evidente crisis por encontrar y poner en práctica los recursos metodológicos necesarios para formalizar la enseñanza, para la iniciación de los deportes de equipo y el efectivo desarrollo de las prácticas organizativas de los más elementales niveles como de grupos de élite o de alto rendimiento. Esto provoca que el deporte como elemento fundamental de la sociedad esté en crisis, como consecuencia de los diferentes y drásticos cambios sociales. Es entonces vital que los entrenadores y educadores físicos utilicen el juego como medio eficaz en la infancia. Como señala Mead en su teoría de juego conocida como "Determinismo Cultural": "El juego es una fuerza motivadora en el desarrollo de la civilización y reflexión de la cultura. De lo determinista es más que un acto biológico, sirviendo a los propósitos sociales y culturales. Es visto como una herramienta básica de la socialización".

En los países industrializados el interés por lo pedagógico del deporte es escaso, indiferente, no se tiene prácticamente en cuenta. Según Blázquez: "Las estructuras educativas de los países de industrias están concebidas de manera que contribuyan a hacer funcionar el sistema".

El elemento esencial en este principio pedagógico, que es la maestría, se acentúa cuando los educadores reflexionamos en profundidad sobre la escasa atención por parte del sistema de instrucción, por lo que el deporte-juego puede beneficiar al aprendizaje y al desarrollo educativo. Como indica Erikson: "Existen secuencias normales de experiencias básicas para el desarrollo del organismo. El juego es una forma social para la socialización de la juventud y a través del juego los niños llegan a conocerse a sí mismos, sus relaciones con otros y el mundo en que viven. Las expresiones de juego están atadas al desarrollo intelectual y social; sus formas están condicionadas con la sociedad".

No existe duda alguna de que el deporte es una excelente alternativa para el surgimiento de los modelos sociales dominantes. Pero el que las mismas instituciones deportivas no hayan demostrado un marcado interés por el deporte, han limitado las posibilidades evolutivas de los modelos pedagógicos utilizados en este campo.

El deporte como “actividad especializada” es la forma menos apropiada de iniciar al niño a los deportes colectivos. Estableceremos un movimiento de lento desarrollo de la práctica pedagógica, ya que el deporte por sí sólo no predomina en el principio educativo. Necesitamos encontrar las condiciones pedagógicas que permitan al deporte enlazarse en el contexto como actividad educativa. Las instituciones académicas, las responsables de preparar profesionales, facilitan únicamente con la existente incorporación de programas de educación física, la oportunidad de que se ofrezca un sentido de unidad a la pedagogía deportiva. La investigación debe ser estimulada para encontrar otras técnicas de enseñanza apropiadas en la iniciación deportiva, ya que en la actualidad se han caracterizado los métodos de concepción instrumentalista y mecánica del movimiento. Quiere esto decir que se ha tomado en consideración que el niño aprenda el “modelo de gesto correcto o eficaz”, modelo adquirido del deporte de alto rendimiento. Las técnicas pedagógicas se han creado con el fin de que el niño se apropie de la técnica del deporte de alta concepción. El niño ha tenido que adaptarse al deporte. Y el proceso de iniciación no debe ser elaborado sobre este principio.

Como educadores, nuestra mayor preocupación debe centralizarse en encontrar unos objetivos más educativos, aplicados a la educación física, olvidándonos del concepto competitivo, para dirigirnos hacia la posibilidad de estudiar el proceso de enseñanza y del comienzo del común denominador educativo-deportivo, la motricidad, siendo el niño el protagonista de este proceso. Nuestra mayor aportación no debe ser el proveer al niño de un modelo, sino dotarle de una autonomía motriz que lo prepare para adaptarse a cualquier circunstancia. Con esto en mente debemos convencer a los demás educadores de que no es suficiente con conocer y dominar los ejercicios progresivos del deporte del cual impartimos las enseñanzas, y sí que es el complemento correcto y más eficaz, después de haber asegurado la educación física de base.

Aquí se sugiere que los movimientos técnicos y los comportamientos tácticos puedan ser adquiridos a través del juego. Pero el juego debe suministrarse procurando analizar el desarrollo y secuencialidad del mismo, en el niño. De ésta manera podremos localizar progresivamente al niño ante nuevas y constantes dificultades y circunstancias que éste ha de resolver. Así tomarán importancia estos aspectos técnicos y tácticos que a su vez podrán ser analizados.

Según nos apunta D. Blázquez en su libro **Iniciación a los deportes de equipo**: “Más que un conjunto de técnicas, los deportes de equipo son, ante todo, un juego. Olvidar esto es desconocer gravemente las leyes del aprendizaje. No es suficiente que la enseñanza esté basada en una progresión de técnicas cada vez más complejas, sino que debe tener en cuenta, en todo momento, el juego y al jugador como realidad inseparable”.

“La competencia trae como consecuencia una actitud de controversia psicológica para el niño, que tan sólo desea divertirse en compañía de otros. Imprime además la tendencia de clasificación (mala, buena, regular) donde se enmarca al niño en un estado de categoría”.

2. CONCEPTOS PEDAGOGICOS PARA LA FORMACION DE INDIVIDUOS QUE PARTICIPAN EN DEPORTES

La psicología del deporte no podrá, ni será tan efectiva sin tomar en cuenta los principios pedagógicos de la psicología básica-infantil. Sugerimos entonces empezar a educar desde una temprana edad.

Aunque la psicología es tremendamente correctiva y actualmente está ejerciendo más la función de solucionar condiciones, sería mejor si intentamos anticipar el sano y productivo futuro de nuestros hijos. Seamos padres de hijos propios y de los que son nuestra responsabilidad en la escuela o en el campo de juego.

Ahora bien, se debe tener claro que en la psicología y educación no existen reglas concretas. Los encargados entenderán además que cada niño y cada caso es diferente. Esto nos hace pensar que también en el deporte debemos buscar y tomar en cuenta detalles como que entre niños de la misma edad puede haber años de diferencia en su desarrollo.

La educación en los primeros años de vida representa la base primordial para alcanzar la fijación correcta de las destrezas, las virtudes y los valores éticos que estos niños utilizarán en la vida subsiguiente. Es aquí cuando hay que tener claro que los niños hacen suya la primera idea que llega, “esa será su idea”. Esa idea ha ocupado un espacio en su mente. Citemos como F. Corominas presenta este concepto con una descripción pedagógica como uno de los autores más curiosos y acertados de la orientación infantil.

La teoría del teatro “cuando nacemos, el teatro está vacío”. Poco a poco vamos aprendiendo ideas nuevas; cada una de estas ideas ocupa una butaca. El público son las ideas, los conceptos que cada persona tiene. Por el escenario va pasando la vida, y en función de las ideas que tenemos sentadas en las butacas, cada uno de nosotros toma decisiones o actúa”.

2.1. HABITOS ERRONEOS

Una vez que estas primeras ideas provocan una conducta incorrecta se van desarrollando y fijando los hábitos erróneos en las destrezas, las virtudes y los valores éticos antes mencionados. El corregirlos o cambiarlos conlleva el emplear una estrategia difícil de desarrollar y más cuando se lleva muchos años con hábitos no deseables pues, mientras más años, más fijos estarán en sus mentes. Posiblemente nos lleve, no uno o dos meses, sino años. Es complicado el sustituir lo ya fijado, por una práctica apropiada, no por las técnicas y pasos a seguir, sino porque no somos ordenadores donde desprogramamos y luego programamos. Pero, aunque la lógica nos sugiere algo más humano, en principio podemos seguir un camino parecido.

Para corregir o cambiar un hábito erróneo se sugiere el siguiente proceso:

- a) Descubrirlo mediante hallazgo casual o claramente observado por uno mismo, por el educador o por los padres.
- b) Aceptarlo como mío. Que por el deseo de ser y hacer lo correcto, lo acepto sin excusas, dándome la oportunidad de crecer como ser humano y deportista. Es éste el momento más crítico de nuestra intervención, lograr que el niño o el joven acepte su habitual conducta o práctica deportiva que no favorece las mejores intenciones del grupo al que pertenecemos, ni a sí mismo.
- c) Decidirme a corregirlo con la ayuda de padres, educadores y entrenadores. Hasta provocar la posibilidad de que se autocorrija.
- d) Insistir en corregirlo por motivación propia. La motivación puede venir orientada por los padres, educadores y entrenadores. Insistir en porqué se quiere ser un mejor ser humano y deportista (porque me conviene y favorece a los que me rodean). En lo deportivo y en deportes de equipo es esencial el que todos se sientan en la obligación por afecto a los compañeros del equipo al que se pertenece.

El provocar una actitud, debe ser uno de los principales objetivos de aquellos que somos responsables de educar a otros.

En los intentos por solucionar y convencer para corregir algún hábito erróneo, podemos contar con el respaldo de la aplicación de otras técnicas y proposiciones psicológicas o por instintos humanos. Estos instintos humanos nos hacen pensar que nuestra sensible y educada naturaleza, puede ayudarnos a resolver y evitar problemas que, de no hacerlo, podrían entorpecer el camino hacia nuestras metas.

2.2. CONOZCAMOS LAS CARACTERISTICAS DE NUESTRO DEPORTE

Sin alejarnos de la realidad, el acercamiento que hacemos a nuestros atletas puede variar de un deporte a otro, si tomamos en cuenta las características del deporte que se está practicando. Con la intención de armonizar nuestro trabajo (entrenador) con determinadas características de deportes concretos, debemos ser conscientes de que las técnicas de entrenamientos y refuerzos a utilizar pueden variar. Lo que pretendemos reconocer es que cada característica nos presenta unas condiciones que hemos de tratar de acuerdo a lo que la misma nos exige en la práctica.

Ejemplo: Característica del Voleibol (Fig. 13.1).

Es un deporte de rebote por el cual el balón no se puede retener, o sea, que el tiempo de contacto es mínimo en el transcurso de un partido. Por consiguiente el aspecto de cooperación entre jugadores, el desarrollo de la concentración y la continuidad de las jugadas en un determinado entrenamiento tendrá que ser cuidadosamente planificado por el entrenador. Los jugadores serán debidamente avisados de la realización de unos ejercicios con unas normas a seguir, de manera que para lograr el objetivo final, la característica considerada estará debidamente protegida.

Así que, antes de aplicar las técnicas psicológicas preventivas y curativas, debemos enmarcarnos en el conocimiento específico del deporte con que trabajamos y veremos que en cada característica encontraremos la necesidad de aplicar la psicología aprendida o instintiva de una forma u otra.

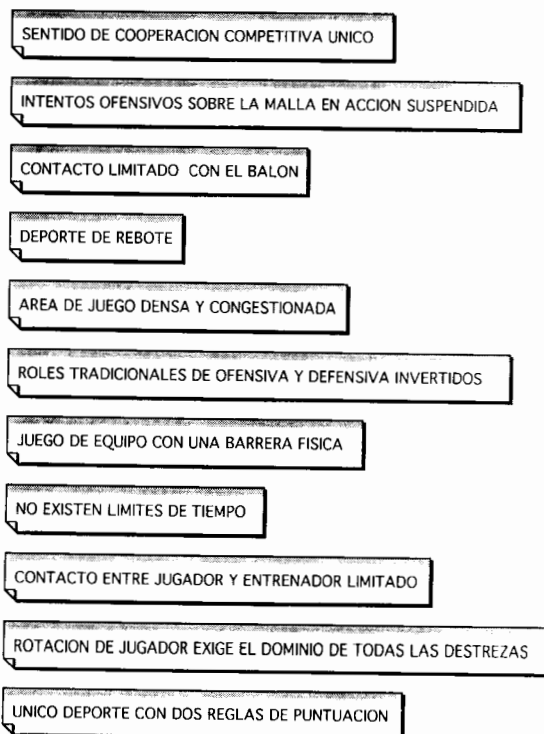


Figura 13.1 El voleibol y sus características.

3. EN BUSCA DE LA EXCELENCIA EN EL DEPORTE A TRAVES DE LA PSICOLOGIA DEPORTIVA

La incondicional dedicación que muchos entrenadores ofrecemos para mejorar las destrezas de los atletas, puede ayudar a elevar los niveles de ejecución de un equipo o individuo, siempre y cuando estemos dispuestos a aplicar los principios de la psicología del deporte. A menudo no logramos los resultados deseados de nuestros jugadores, de nuestro equipo o de nosotros mismos. Entonces es cuando nos preguntamos: ¿cómo podemos lograr los resultados propuestos y deseados?, ¿cómo llegar al límite de nuestras posibilidades o ejecuciones?. En otras palabras ¿cómo podemos elevar en el momento apropiado los niveles de ejecución de cada jugador y del equipo?.

Premeditadamente y sin explicación nosotros mismos eludimos el responder a estas preguntas. Esto puede responder sencillamente a que debemos tener un mejor entendimiento del **comportamiento humano y de los logros motivacionales**.

Cuando los principios psicológicas son aplicados como es debido provocan un aumento notable del potencial de ejecución humana. Estos principios

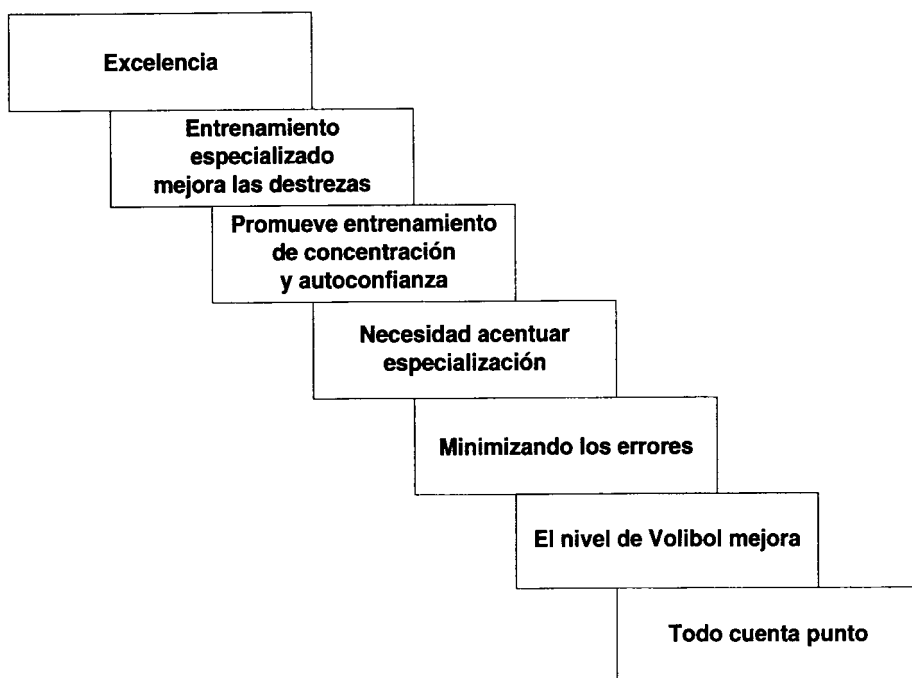


Figura 13.2 Regla del Quinto Parcial. Escalera de Excelencia.

están orientados para desarrollar metas tanto del deportista como del entrenador, de manera que cada uno facilite el cumplimiento del otro y el beneficio de ambos. Ahora bien, el entrenador además de haber estudiado sus propias motivaciones debería analizar todas los puntos motivacionales de cada uno de los jugadores. Es pues, evidente que la motivación influencia el rendimiento atlético, convirtiéndose en una respuesta dirigida a satisfacer una necesidad. Así pues, como responsables entrenadores convirtamos el proceso de logros en una zona de investigación de motivaciones.

En el caso de los principiantes, sus dos necesidades prioritarias y que tratarán de satisfacer, porque los motiva para hacer deporte, son divertirse y sentirse importantes jugando. Según Diego Sagrado “La motivación se refiere tanto a la intensidad como a la dirección de una necesidad que queremos satisfacer”.

Ahora bien, para lograr otras metas previamente establecidas, y todavía sin alcanzar, tenemos que iniciar un programa que enfatice, primero el establecer unas metas y, segundo mejorar el comportamiento de jugadores y entrenadores. Debemos cuidadosamente analizar hasta donde llegó el equipo, hasta donde queremos que llegue y cómo podemos llegar. Esto utilizando cambios de lo anteriormente planificado. La cohesión social, el espíritu de equipo y las actitudes optimistas son conceptos importantes a considerar en la planificación de un programa. Estos conceptos se pueden conseguir exitosamente realizando los logros del equipo y **satisfaciendo las necesidades individuales de los miembros del equipo**. Entre los componentes que realizan la cohesión social y el espíritu de equipo podría incluirse, el desarrollo de unas metas establecidas en común, fortaleciendo la comunicación entre jugadores y entrenadores, y realzando la satisfacción del deportista. Así, estos jugadores se unirán en un contexto de equipo, logrando que el nivel de ejecución sea mayor que la suma de los resultados individuales.

3.1. ESTABLECER METAS

Muchos equipos e individuos de altos niveles atléticos tienen establecidas sus metas, mostrando en su comportamiento un constante deseo de alcanzarlas. Sin unas metas definidas el deportista carecerá de motivación, dirección y entrega, tenemos como resultado un mínimo de mejora técnica. Tienen que existir esfuerzos que influyan en la motivación tanto del atleta como en del equipo.

3.2. METAS INDIVIDUALES Y DE EQUIPO

3.2.1. Metas individuales. En lo que se refiere a metas individuales se solicitará a los atletas completar una lista de metas a corto y largo plazo. Las

metas a corto plazo deberán ser cumplidas al final de cada semana o mes. Estas podrán cambiarse o modificarse según lo dicten los logros del deportista.

Las metas a largo plazo son las que el jugador desea alcanzar al final de la temporada o tras varios años.

El atleta debería escribir sus metas en términos de comportamiento específico y siendo importante el que puedan ser medidas.

Para ayudarle a valorar sus metas, podríamos hacerle varias preguntas.

- ¿Que entiendes por dar el 120%?
- ¿Cómo sabrías cuando lo has conseguido?
- ¿Qué significa para ti el ser lo mejor que puedes ser?
- ¿Qué destrezas crees que tienes que mejorar y hasta qué punto puedes llegar?

Quando le pedimos que escriban sus metas deberán sentir que estas son reales aunque suficientemente exigentes. Le pediremos que reconozcan sus capacidades cuidadosamente y que luego escojan las que sean compatibles con estas capacidades. Tendrán que añadir el esfuerzo que ellos están dispuesto a realizar.

Un ejemplo de una meta individual es "mejorar la habilidad de remate para lo que necesita aumentar su brinco vertical a 5 centímetros más". Esto es un buen esfuerzo inicial, porque ha hecho un reconocimiento substancial de la meta escogida. Luego nos citamos con cada uno de los jugadores para repasar sus metas y determinar como se medirán y evaluarán las ejecuciones.

Si por ejemplo la meta del deportista es aumentar 5 cm de brinco vertical, hemos de proveer la oportunidad de trabajar con un programa de fortalecimiento de piernas y facilitarle el mejoramiento del despegue vertical y el porcentaje de remate.

Los atletas controlarán su propio progreso durante toda la temporada. Nosotros los organizaremos en pequeños grupos para que se ayuden a evaluar su progreso de acuerdo a sus metas, además esto servirá para que se animen cuando la motivación merma o la frustración está rondando.

3.2.2. Metas de equipo.

En cuanto a las metas de equipo, cada jugador escribirá qué será más apropiado y alcanzable para el equipo, en la temporada que se avecina. Las metas aquí propuestas se escogerán y modificarán para sumarlas a las del año anterior. Pero primero se someterán para discutirse entre jugadores y luego decidir con cual han de quedarse. Este proceso debe ser conducido por

el capitán de equipo. El entrenador y personal técnico no estarán involucrados, para así evitar una presión inapropiada por querer cambiar o modificar las metas propuestas. Es importante que exista un sentido de pertenencia con respecto a las metas, queremos que ellos decidan cuales serán sus metas. Y es que si los deportistas sienten que las metas les han sido impuestas, pueden crearse un sentido de menor compromiso para lograr alcanzar las metas del equipo. Estos deben contar con varios días para pensar acerca de los objetivos, y al reunirse nuevamente habrán de finalizar la lista. El capitán como principal moderador realizará reuniones periódicas para discutir con relación al progreso, evitar prontas caídas de interés y reforzar la voluntad del equipo.

Nosotros como entrenadores responsables debemos recordarles con frecuencia sus metas, reforzar su voluntad y brindarles constante apoyo.

3.3. GRUPOS ADULTOS-ELITE

No olvidemos que para contribuir en su motivación hay que entender que lo que les anima a continuar empleándose es la competición, porque les sirve para demostrar que tienen dominio de las altas exigencias de su deporte.

Además el trabajo debe ser individual, porque las diferencias de cada individuo son fundamentales a estas edades de madurez competitiva.

Los objetivos de la campaña deberán establecerse entre entrenador y jugador evitando así diferencias en este particular. Es en este grupo y por estas razones que la comunicación entre ambos deberá ser apropiada, reconociendo cada uno las necesidades del otro. Así y en caso de desmotivación, hay que saber cómo animar para que se esfuerce, demostrando sus habilidades y el máximo de sus posibilidades atléticas.

3.4. COMPORTAMIENTO Y REFUERZOS UTILES DEL ENTRENADOR

El comportamiento del entrenador es en realidad una variable importantísima en el proceso de logros motivacionales. A menudo nos envolvemos intensamente en la enseñanza de la corrección de las destrezas atléticas, sin ser conscientes de la metodología o proceso. Los entrenadores debemos constante y adecuadamente utilizar refuerzos negativos y positivos con nuestros atletas, o sea **motivación extrínseca**, que quiere decir que necesita motivación o refuerzos externos.

Entre los **refuerzos positivos** comunes (premios), están incluidos el reconocimiento verbal, el dinero, el ser incluido en un viaje lejos de casa, el comenzar en un partido, el recibir un trofeo o ser reconocido públicamente entre otros.

Entre los **refuerzos negativos** podemos incluir el ser excluido de un ejercicio de acondicionamiento impopular o de no cargar al equipo en un viaje fuera de casa.

Al enseñar una destreza nueva debemos dividirla en partes y así el jugador será recompensado según va ejecutándola exitosamente hasta que logre realizarla totalmente. El fin de dominar la destreza propiamente, es premiada extrínseca e intrínsecamente (el atleta no espera que otros le motiven, está motivado por la propia actividad atlética y por su propia determinación).

En cuanto a los dos tipos de **motivación intrínseca y extrínseca** hay que definirlas. **La intrínseca** (interna) como la más duradera al ser controlada por propias recompensas y, **la extrínseca** varía constantemente según se va consiguiendo cada recompensa. Ambas deben ser juiciosamente aplicadas dependiendo de las situaciones que se nos presenten. Debemos seriamente considerar su coexistencia.

El entrenador debe específicamente identificar los comportamientos incorrectos, y asegurar que el deportista ha entendido la corrección, para luego demostrar la destreza correctamente. Demos el ejemplo: si el jugador ha fallado en asumir su posición correcta en la cancha durante la transición ofensiva:

- a) El entrenador detendrá la jugada.
- b) Le dirá al jugador lo que hizo mal específicamente.
- c) Hará que se demuestre la ejecución correcta.
- d) Repetirá la ejecución correcta varias veces.

El entrenador, o la entidad que representa, debe conseguir un ambiente de apoyo que será esencial para que el atleta sea más productivo y, a su vez, experimente satisfacción. El estudiante-atleta debe recibir una considerable tutoría personal y profesional, para ayudarlo en lo riguroso de su vida académico-deportiva.

A nuestros deportistas debemos enseñarles la relajación progresiva y ejercicios de respiración, desde que comienzan con nosotros. Los jugadores se animarán a utilizar estas técnicas que les ayudarán a controlar los niveles de ansiedad en partidos y entrenamientos.

El entrenamiento mental debe enfocarse principalmente en el uso positivo de la visión imaginaria para las prácticas mentales y la relajación. Invitaremos al jugador a regular la repetición de situaciones de partidos y entrenamientos, enfocándose en la práctica correcta de la destreza. Esta práctica, de comportamiento imaginario, se puede convertir en un instrumento para crear comportamientos optimistas y que servirían para prepararse frente a los partidos.

Con lo sugerido en este apartado podríamos conseguir que nuestros atletas logren ser más consistentes en sus ejecuciones atléticas y que aprendan con mayor rapidez las nuevas destrezas. Sabrán qué esperar de ellos mismos y estarán orientados para esforzarse más por lo que quieren alcanzar. Aunque lo que principalmente debemos pretender es crearle un buen sentido de satisfacción y orgullo personal al lograr conseguir sus objetivos específicos, que podrían ser los establecidos por los jugadores antes de la temporada. Esto significa que han tenido que mejorar estadísticamente las destrezas individuales. Sugerencias de las cuales se pueden mantener resultados deportivos con y sin recompensas externas, pero nunca sin refuerzos internos, por lo que el entrenador debe fomentarlos:

- a) Planificando entrenamientos variados y entretenidos (dentro de lo posible).
- b) Recompensando el esfuerzo y el desarrollo en la ejecución deportiva más que el resultado.
- c) Recompensando cada logro que se vaya alcanzando en consonancia al mismo, sin sobrevalorarlo o infravalorarlo.
- d) Potenciando el refuerzo no sólo unidireccional entrenador-deportistas, sino también entre los propios deportistas.

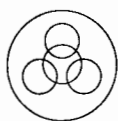
4. ENFOQUE EDUCATIVO

Los años de experiencia como dirigentes nos ofrecen la oportunidad de formular una filosofía de la cual los alumnos-atletas se beneficiarán especialmente para su futura vida profesional y deportiva (Fig. 13.3).

Es así que: "Lo que ellos proyectan durante esta etapa social-competitiva es el reflejo de lo que van a seguir disponiendo estos jóvenes en todas sus funciones futuras. Tanto aquellas en el trabajo, como en el hogar o en la familia".

Una vez el entrenador comienza a envolverse en la dinámica del juego, inmediatamente comprende que un deporte de conjunto requiere la **integración de todas las partes**. Con sólo la iniciativa de alcanzar esta integración comenzamos a desarrollar el "**Espíritu de Equipo**", que es sumamente importante para lograr el éxito.

Una de las obligaciones de ser dirigente es **encarar todo tipo de dificultades**. Una vez reconozcamos que existe un problema, lo primero que debe hacerse es identificarlo. Después, hemos de agrupar varias alternativas para escoger la más conveniente y tener disponible otras por si es necesario



FIVB

FILOSOFIA DEL ENTRENADOR -Enfoque Educativo-



HUMBERTO RODRIGUEZ - INSTRUCTOR FIVB

Figura 13.3 Filosofía del entrenador. Enfoque educativo.

intentar otro camino. Obviamente el dirigente ha de tener en mente que el problema puede surgir en cualquier otro momento y se debe estar preparado. Todo esto es debido a que está patente la necesidad de solucionar lo que se nos presenta para así continuar desenvolviéndonos efectivamente en nuestros innumerables quehaceres.

Al respecto John R. Wooden dice: "El dirigente debe usar todo método y recurso psicológico a su alcance para desarrollar el **Espíritu de Equipo**". El trabajo de equipo debe ser fomentado en cada oportunidad y cada jugador debe tener un deseo vehemente para sacrificar su interés o gloria personal por el bienestar de todos. La envidia, el egoísmo y la crítica de unos a los otros, puede destruir el espíritu y arruinar el potencial de cualquier equipo.

El dirigente debe estar consciente de los detalles negativos que pueden surgir y debe estar constantemente alerta para prevenirlos antes de que se desarrolle algún tipo de inconveniente que pueda afectar negativamente la participación del equipo.

El sentido de cooperación, unión y armonía contribuirá a alcanzar las metas que el equipo se ha propuesto. Si estas metas son alcanzables y de provecho debemos convincente e incansablemente intentar conseguirla.

Las charlas motivacionales pre-competición pueden ser mucho más efectivas si se realizan enfatizando lo que todos los jugadores esperan de cada uno, reforzando más la intención de lucha y de determinación, que si se enfatiza la obsesión del resultado final.

La comunicación no verbal es un aspecto muy positivo a utilizarse durante la competición. Los gestos corporales y faciales que sugieren una actitud luchadora, de combatividad, y de control de tensión son percibidos por el deportista reflejándolos en la competición. El entrenador deberá asumir dicha práctica durante los entrenamientos obteniendo los mismos y positivos resultados.

El dirigente, cuidadosa y responsablemente debe crear o despertar actitudes optimistas y de triunfo. El pensar en forma positiva favorece, entre otras cosas, para que desarrollemos precisión (en el dirigente y en el jugador), en tomar decisiones en momentos determinantes y de emergencia. En ocasiones ésta es la clave para determinar la victoria o la derrota. Ser consciente de los detalles positivos y negativos es determinante para encontrar el mejor acercamiento que pueda ofrecernos la facilidad de provocar en ellos una práctica diligente.

Este bien intencionado optimismo estimula la confianza, que es el verdadero éxito en el juego. Si no logramos realizar nuestra meta de ser campeones, queda en el jugador la propia satisfacción, porque trató todo lo que sus habilidades le permitieron, para convertirse en lo mejor que pudo ser.

Todos los asuntos que el entrenador habla con sus jugadores deben tratarse con honestidad. Esta es la condición más eficaz que existe para gozar de su respeto y confianza. Es así que logra verse ante ellos como un líder y no como un dictador que quiere imponer su autoridad. La experiencia en este deporte ayuda a comprender que cuando llegamos a ese punto los jugadores

tienen la iniciativa de ejecutar lo que se les pida, y esto resulta aun cuando la instrucción no fue la mejor o haya sido equivocada.

Para continuar gozando del respeto de los jugadores podemos considerar varios aspectos; tener buena apariencia física (buen estado físico, vestimenta, buena higiene). Su comunicación no verbal debe mejorar utilizando gestos como dando palmadas en la espalda por apoyo o felicitación por alguna acción meritoria en el deportista, evitando las ironías y sarcasmos, dando frente a los jugadores y aprendiendo a interpretar su comunicación no verbal, que siempre te dirá mucho de ellos.

La paciencia es el factor determinante para lograr éxito y la formación positiva del individuo. En muchos casos el progreso es muy lento, aun en atletas de gran potencial. La ansiedad que el dirigente muestre por corregir apresuradamente parece causar daños irreversibles en la personalidad de sus atletas.

Existen conductas erróneas que se han estado practicando por muchos años y tardan posiblemente otros más en corregirlas, aun cuando el individuo está consciente de que las posee.

Algo que ha de ayudar es el estar atento a los detalles, ya que pueden ser la diferencia entre el éxito y la derrota.

El dirigente debe ser un perenne estudioso de la psicología, ésto contribuirá a facilitar su dinámico y exigente trabajo.

4.1. FUNCION DEL DIRIGENTE-EDUCADOR

- a) Crear o desarrollar un sentido de armonía y unidad entre los jugadores. (Debemos inclusive implicar a todas las partes, administradores, asistentes, etc). Esto es más fácil de lograr cuando conocemos a los jugadores. Hay que identificar sus debilidades y fortalezas. Podemos alimentar esta idea cuando se ha estado con el mismo grupo en años anteriores. Este es el verdadero deporte de conjunto: se requiere total cooperación. Bombeo-acomodo-remate.
- b) Crear o desarrollar un sentido de responsabilidad en sus atletas y asistentes. Es necesario cuidarse física y mentalmente durante y después de la temporada. Disciplina es ser correcto en la cancha.
- c) Estimular la creatividad de los atletas. Por la escasez de tiempo disponible para establecer una efectiva comunicación entre jugador y dirigente (e.p. los tiempos de descanso son de 30 seg. cada uno) es necesario estimular la creatividad para que ellos mismos encuentren la alternativa que ha de ayudarlo en la solución del problema que se le presente, sin necesidad de tener que buscar una ayuda desesperada.

- d) Estimular el intercambio de ideas, conocimientos y nuevos descubrimientos técnicos y de estrategias. Al estimular la creatividad y el intercambio de ideas, estos pueden hacernos ver errores porque no son infalibles. Demostrándoles que sus aportaciones no servirán para debilitar nuestra imagen personal. Al contrario, enriquecen nuestros conocimientos y posiblemente estén contribuyendo para que el equipo obtenga logros. Los jugadores son buenos observadores, por ello también hay que escucharlos. Ese es otro medio de ganarnos su respeto y confianza. La retroalimentación también nos proporcionará una idea clara de si nuestros deportistas han recibido y captado la información que le hemos indicado.

¿Cómo sabe el entrenador si los atletas se han enterado y han entendido bien sus indicaciones? Pues, de Diego y Sagredo nos sugieren varias formas básicas de saber:

- a) Haciendo que el deportista las repita verbalmente.
- b) Haciendo que las ejecute.
- c) Repasando con imágenes (video, diapositivas, etc) si, efectivamente, ha captado las indicaciones una vez realizado el movimiento.
- d) Promoviendo con refuerzos positivos o negativos la competencia y el espíritu de lucha entre todos los atletas. Aquí se presenta un sin número de situaciones que pueden ser observadas en los diferentes jugadores. Más sin embargo, el acercamiento a cada uno de estos atletas puede ser diferente, aunque inclusive el refuerzo utilizado sea el mismo. Pongamos el ejemplo de un voleibolista que no está produciendo lo que se espera de él en determinado momento. Un **refuerzo negativo** sería decirle: **“No creo que tengas miedo”**.

El mismo refuerzo lo podemos utilizar de diferentes formas. Cambiando de tono de voz, de gesto o de expresión.

Un **refuerzo positivo** del mismo caso pero a otro jugador sería decirle: **“Tú eres bueno, reacciona”**.

El refuerzo que utilizamos depende del jugador implicado, de la situación y la circunstancia de juego que le rodea. El postulado g) nos servirá para encontrar otros acercamientos a nuestros atletas. De esta forma podemos hablar mucho. Así se crea nuestro siguiente postulado.

- e) Tratar como individuo y dar atención individual para sacar el máximo o lo mejor del jugador. Hágalos reaccionar positivamente a las demandas ya establecidas y a las que están por presentarse, motivándolos. Considerando que son seres humanos con dignidad. Si queremos obtener lo mejor de cada uno debemos trabajar en su personalidad conociendo sus cualidades. Esto no significa que queramos cambiarlo.

- f) Estimular el cumplimiento de las normas del equipo. Esto es un mecanismo para desarrollar seres responsables con su trabajo y con ellos mismos. Así estaremos creando hombres y mujeres dispuestos a resistirse a las tentaciones, concentrándose entonces en las metas que pueden alcanzar.
- g) Identificar problemas personales del atleta hasta el punto que no interfiramos con su intimidad. Estos problemas afectan el comportamiento y el rendimiento del jugador. Los problemas pueden ser de índole social, familiar, físico, emocional, etc.

4.2. METODOS PEDAGOGICOS DEL ENTRENAMIENTO

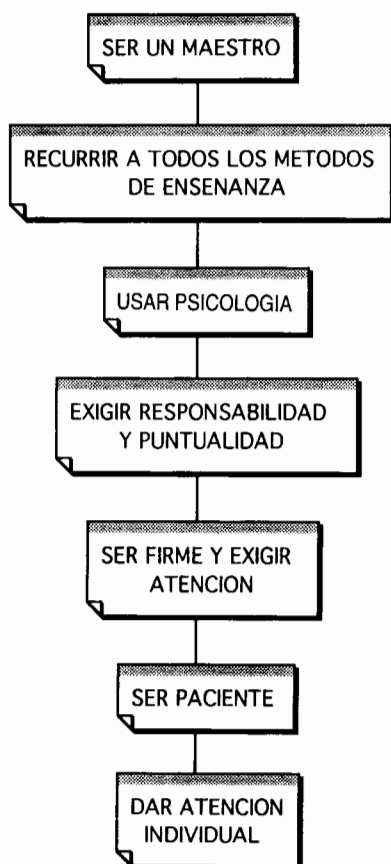


Figura 13.4 Métodos pedagógicos del entrenamiento.

4.2.1. El dirigente debe ser un maestro. Debe entender y seguir las leyes de enseñanza. Es su deber explicar y demostrarle al jugador lo que éste quiere, a su vez debe corregir y criticar al jugador tantas veces como sea preciso hasta que consiga un movimiento autónomico (Fig. 13.4).

4.2.2. Debe recurrir a todos los métodos de enseñanza tales como: dibujos, fotografías, diagramas, reuniones antes y después del juego, conferencias de equipo e individuales con los jugadores.

4.2.3. En su función de entrenador usará la psicología ya que cada jugador puede mostrar un problema nuevo y diferente. Hay que hacer creer al jugador que la mejor manera de mejorar el equipo es corrigiéndose ellos mismos. Y la misma filosofía o principios aplica al entrenador.

4.2.4. Debe exigir responsabilidad y puntualidad tanto a prácticas, reuniones y juegos y hasta compromisos sociales.

4.2.5. Será firme y exigirá atención si se quiere ganar y merecer el respeto de los jugadores.

4.2.6. Debe ser paciente, alentar y entusiasmar al jugador en todas las oportunidades que se presentan.

4.2.7. Dar atención individual a cada jugador y atender sus problemas, fallas o dificultades.

5. FUNCION DEL ENTRENADOR

El voleibol es un juego variable, de una infinidad de situaciones cambiantes. Los movimientos y la posición para iniciar cada transición (a defensa o a la ofensiva) ocurridas en un juego van a ser diferentes, requiriéndose la combinación de varias destrezas para lograr nuestro cometido. Usted debe preparar a los jugadores para que entiendan y resuelvan con este fenómeno. Ya que es una responsabilidad única del dirigente.

Los postulados que identifican la función del entrenador serán pues:

5.1. Familiarizar a sus atletas con las características únicas del deporte ya que estas son herramientas útiles que han de servir para lograr el éxito. Identifiquemos algunas características de nuestro deporte.

- a) En voleibol los roles tradicionales de ofensiva y defensiva están invertidos. La ofensiva previene que los puntos sean anotados (equipo que recibe), y con la defensiva se intenta anotar puntos (equipo que sirve). En la defensa se pretende ser agresivo y crear la oportunidad para anotar nuevos puntos. El entrenador debe entender estos intercambios e integrar dichos conceptos en el entrenamiento.
- b) El voleibol es un juego de equipo con una barrera física que previene el contacto físico uno contra uno. Los jugadores están en control de su propio juego y en muchos aspectos ellos controlan su éxito o fracaso, sin hacer caso de las ejecuciones del opositor. El entrenador debe preparar a sus jugadores de tal manera que consigan el éxito sin importar cuan fuerte o débil sea el oponente.
- c) Las reglas del voleibol requieren de la rotación de jugadores. Esto significa que cada jugador debe dominar todas las fases del juego. Particularmente en la fase de aprendizaje para jugadores nuevos, al concepto de rotación es quizás la regla con que se familiarizan.
- d) Es el único deporte con dos reglas diferentes de puntuación. Al tener que decidir un partido en un quinto y decisivo parcial donde toda falta, jugada ganada o jugada perdida, cuenta un punto a favor o en contra independientemente si está en poder del servicio o no, la especialización es vital. Como resultado el voleibol mejorará más aún su nivel técnico, procurando con el entrenamiento el concienciar para minimizar los errores. Se hará entonces evidente la necesidad de afirmar la

especialización, promoviendo un entrenamiento orientado hacia la concentración y autoconfianza, para mejorar las destrezas del especialista.

5.2. Escoger los sistemas que mejor se apliquen al equipo y a los jugadores.

Claro está, que el entrenador debe procurar el conocer prematuramente algunos de los sistemas defensivos y ofensivos. Además deberá calificar en términos técnicos a todos y cada uno de los componentes de su equipo para así adoptar las estrategias y tácticas capaces de llevarse a cabo.

5.3. El dirigente debe analizar cuidadosamente, planificar y organizar todas sus prácticas anteriores y futuras.

Esto se debe considerar independientemente del grupo con que se va a trabajar, ya sea de nivel alto o aprendiz.

5.4. Debe ser un individuo de comunicación clara, correcta y efectiva, poniendo en práctica todas sus habilidades.

5.5. Debe ser el eje principal para tomar las decisiones.

5.6. Todo trabajo cuyo objetivo sea provechoso tiene sus normas.

Obviamente se deben establecer unas normas por el entrenador consensuadas con los jugadores. Como también, adoptar normas sugeridas por los atletas. Estas serán llevadas a cabo convenientemente, pues fueron escogidas por ellos mismos. El dirigente debe vigilar por el cumplimiento de todas y cada una de las normas, manteniendo constante supervisión y atención al comportamiento del voleibolista. Podría así anticiparse a un posible incumplimiento.

5.7. Debe asegurar una buena condición física, que es la clave del éxito y tener conocimientos científicos que le han de servir de guía para lograr un sano desarrollo físico en sus jugadores.

6. ORGANIZACION DE ENTRENAMIENTOS

Debemos considerar el adoptar la idea de que las prácticas sean orientadas por los jugadores. Tiene la ventaja de que dan margen a que los entrenadores y sus asistentes dediquen más tiempo y atención a sus jugadores. Estos tendrán la oportunidad de tocar más veces el balón. Tan sólo calcule cuántos toques hace el entrenador y sus asistentes en los diferentes ejercicios de entrenamiento. Un dirigente puede realizar más toques que cada uno de sus atletas.

Claro está que este principio es aplicable a grupos de un alto nivel técnico y táctico. Con grupos de jóvenes y por razones obvias las prácticas o entrenamientos deben estar orientadas por los dirigentes (Fig. 13.5).

6.1. TAREAS PARECIDAS AL JUEGO

Cada ejercicio o práctica necesita una tarea o un problema para ser resuelto. Esta tarea o problema debe ser derivada de la situación del juego.

6.2. POSICIONES Y MOVIMIENTOS PARECIDOS AL JUEGO

Las prácticas y los ejercicios deben ser llevados a cabo de acuerdo a las situaciones ocurridas en el juego.

Los ejercicios deben comprometerse a una acción mayor la cual resuelva el problema de acuerdo a la situación del juego. La atención de los jugadores y del entrenador debe estar centralizada en el objetivo del ejercicio.

TARES PARECIDAS AL JUEGO
POSICIONES Y MOVIMIENTOS PARECIDOS AL JUEGO
COMPROMETER LA MAYOR ACCIÓN EN EL CONTROL
EJERCICIOS PRESIDENDO UNA ACCIÓN
DINAMISMO Y VELOCIDAD PARECIDO AL JUEGO
COOPERACIÓN SIMILAR AL JUEGO
OPONENTE PASIVO O ACTIVO
VARIEDAD
COMPLEJIDAD
CONTROL DE LOS RESULTADOS
PRÁCTICAS CON INTENSIDAD PROGRESIVA

Figura 13.5 Organización del entrenamiento.

6.3. PRACTICAS Y EJERCICIOS PRESIDENDO Y SIGUIENDO UNA ACCION

La acción principal del ejercicio debe ser un punto de enlace en la cadena de acción.

6.4. DINAMISMO Y VELOCIDAD PARECIDA AL JUEGO

Los jugadores tienen que ejecutar las prácticas con la misma agilidad, velocidad y dinamismo como si fuese un juego.

6.5. COOPERACION SIMILAR AL JUEGO (AVANZADO)

Las prácticas y los ejercicios deben (por lo menos en la mayor acción) exigir cooperación y comunicación de los jugadores envueltos, como en situaciones similares al juego.

6.6. Oponente Activo o Pasivo (Avanzado)

Las prácticas deben incluir o considerar los oponentes activos y hasta los oponentes pasivos, hasta donde corresponda. Siempre se debe crear una

situación y conciencia de juego. Darle a entender al jugador que en todo momento ha de tener un oponente.

6.7. VARIEDAD

Las prácticas y los ejercicios deben ser ejecutadas en formas variables según corresponda a la situación del juego (hacer que los jugadores siempre tengan que pensar ante las demandas).

6.8. COMPLEJIDAD

Las prácticas y los ejercicios deben estar arregladas en una forma tal que (por lo menos para la acción principal), la complejidad de la acción durante el juego esté garantizada así como la que concierne a la unidad de los cuatro componentes (mental, física, técnica, tácticas).

6.9. CONTROL DE LOS RESULTADOS (INTERCAMBIO)

Las prácticas deben incluir una meta clara de acuerdo a la situación del juego. El resultado de las acciones deben ser evaluadas y controladas fácilmente por los jugadores.

6.10. CREAR LAS PRACTICAS CON INTENSIDAD PROGRESIVA

Según se continúe con las prácticas pre-temporada los jugadores irán entrando en mejor condición. Sin una buena condición no podemos tener éxito.

7. GUIAS DE ENTRENAMIENTO

7.1. Explicar clara y detalladamente el ejercicio que se va a realizar por vez primera. Si ha sido practicado anteriormente, debe describirse de forma general (Fig. 13.6).

7.2. Identificar los ejercicios para facilitar y aligerar la práctica y el entrenamiento.

7.3. Repetir el ejercicio en varias ocasiones de manera que los jugadores se relacionen con el mismo hasta dominarlo con facilidad. Un ejercicio que es ejecutado en una o pocas ocasiones de entrenamiento o no se practica con regularidad no puede llegar a ser dominado por ningún miembro del equipo.

7.4. El entrenador debe mantener un ritmo continuo de la práctica con varios descansos cortos. El exceso de descanso o descanso prolongado puede afectar la motivación del equipo.

7.5. El ejercicio debe tener un tiempo límite. El mismo podría llevar al equipo una monotonía por ejecutarse durante largo tiempo. (Niveles elementales).

7.6. Es de mucha utilidad usar asistentes y a los mismos jugadores para demostrar los ejercicios. Esto crea motivación para el equipo, creatividad e iniciativa en el jugador.

7.7. Es una buena práctica mantener variedad de ejercicios. Además de ejercicios que sustituyan la forma pero no el objetivo de aquellos ejercicios que se practican como rutina.

7.8. El ejercicio debe dar uso estadístico de cada uno de los jugadores. Con este método se puede saber el progreso individual de cada miembro del equipo.

Quizás los entrenadores carezcamos principalmente de cuidado en los mecanismos evaluadores, para detectar el desarrollo o mejora de nuestro equipo o individuos. Esto es más manifiesto en el aspecto técnico.

Una herramienta muy notoria y viable, que servirá para asegurarnos de la estabilidad progresiva de nuestro equipo o individuo, es conocer concretamente si existe un mantenimiento y continuo mejoramiento de las destrezas fundamentales. Todo ello nos lleva a medir estadísticamente los entrenamientos y más aún a hacerle saber al atleta los resultados diarios en su especialidad, con miras a que los entrenamientos no sean una mera asistencia y sí una oportunidad más para conseguir el máximo de sus potencialidades.

EXPLICAR CLARA Y DETALLADAMENTE EL EJERCICIO
IDENTIFICAR LOS EJERCICIOS
MANTENER UN RITMO CONTINUO
EJERCICIO CON TIEMPO LÍMITE
USAR ASISTENTES O JUGADORES PARA DEMOSTRACIONES (Elemental).
MANTENER VARIEDAD DE EJERCICIO
EL EJERCICIO DEBE DAR USO ESTADÍSTICO
ADAPTAR EL NIVEL DEL EJERCICIO CON EL DEL JUGADOR

Figura 13.6 *Guías del entrenamiento*

8. EL TRIUNFO Y LA SUERTE

Oímos muy frecuentemente después de un partido comentarios refiriéndose a las razones por las cuales el equipo al que estamos vinculados, no se adjudicó el triunfo. El comentario más común y que siempre ha de mencionarse, disparándose ilógica e inconscientemente es: "que mala suerte tuvimos".

La suerte es una condición subjetiva que falta a la razón y a la realidad de los hechos. La única salida viable al esclarecimiento de las posibilidades

reales de la suerte a nuestro favor es reconociéndose que para alcanzar nuestro objetivo, es necesario entender mediante el análisis lógico los factores que hemos de utilizar para provocar la suerte.

Primero la suerte hay que provocarla mediante la aplicación correcta de la técnica y la táctica. Además de estimular el principio o factor psicológico (Fig. 13.7).

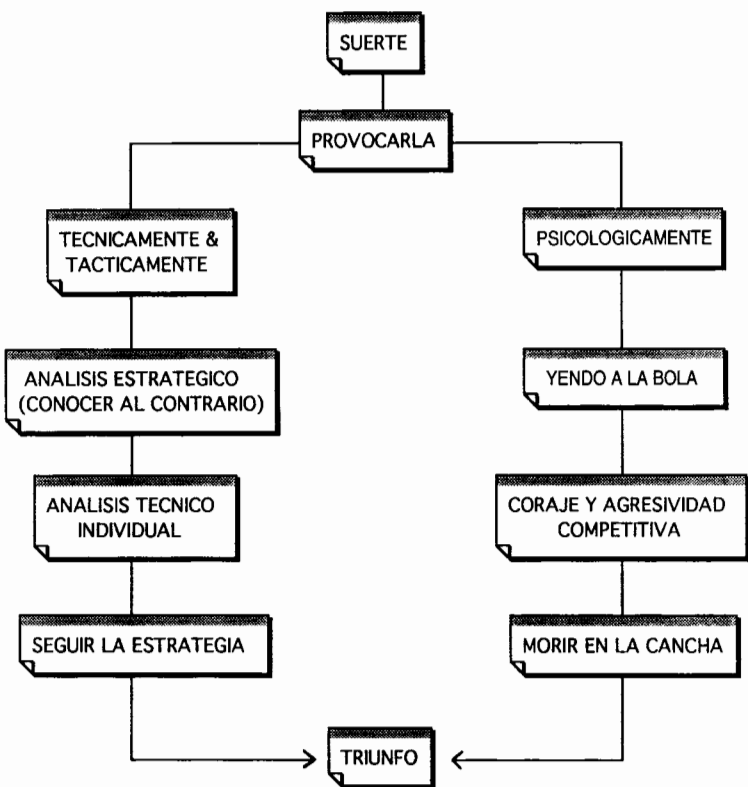


Figura 13.7 Fórmula del éxito.

D. T. PEREZ

Todas las personas necesitamos tener una cierta condición física para llevar a cabo algunas de nuestras ocupaciones cotidianas, profesionales y, sobre todo, deportivas. La condición física, es sin duda, una premisa para la realización de determinadas prestaciones.

1. *CONDICION FISICA EN EL DEPORTE*

La condición física en el deporte es la suma compensada y equilibrada de todas las cualidades físicas, también llamadas cualidades físicas básicas, capacidades condicionales o facultades motrices condicionales, importantes para el **rendimiento deportivo**, compuesto de múltiples atributos: condición física, técnica, táctica, situaciones, disposición y personalidad. Estas cualidades o propiedades se pueden incrementar mediante un entrenamiento deportivo de años. En general, se puede decir que cualquier tipo de actividad física requiere de las cualidades físicas básicas, predominando unas más que otras, según el tipo de actividad o deporte de que se trate. También habría que distinguir entre lo que es condición física general y condición física especial. La general es la base para todos los tipos de deportes, la especial se limita al desarrollo de las capacidades específicas de un deporte ya que determinan el rendimiento en el mismo. Por ejemplo, la resistencia aeróbica para un corredor de maratón, la velocidad de reacción en un luchador, la fuerza máxima en un levantador de pesos, etc.

2. *CALIDAD DE LA CONDICION FISICA.*

La calidad de la condición física del entrenamiento depende sobre todo de las siguientes premisas:

- a) Del desarrollo según la edad. (niño, adolescente, adulto, anciano.)
- b) De las condiciones genéticas de los órganos, sobre todo del corazón, del sistema circulatorio y de los músculos (Tabla 14.1).

- c) De los mecanismos de dirección coordinativos del S.N.C. es decir (reflejos etc...) y la musculatura.
- d) De las capacidades psíquicas que en el deporte son: fuerza de voluntad, confianza, motivación, alegría, agresividad, estado de ánimo y el temperamento.
- e) De la edad del inicio del entrenamiento.

3. CUALIDADES FISICAS BASICAS

Pueden definirse como los factores que determinan la condición física de un individuo y que le orientan o clasifican para la realización de una determinada actividad física, o que posibilitan, mediante el entrenamiento que un sujeto desarrolle al máximo su potencial físico. Estas cualidades son la fuerza, la velocidad, la resistencia y la flexibilidad.

3.1. FUERZA

Es la capacidad de vencer, apartar o mantener una resistencia mediante una acción o esfuerzo muscular. Podemos distinguir varios tipos de fuerza.

- a) Fuerza estática. Se mantiene una resistencia exterior, no existe desplazamiento.
- b) Fuerza dinámica. Al desplazar o vencer la resistencia el músculo sufre desplazamiento. Esta a su vez puede ser:

Tabla 14.1 *Estimación de la heredabilidad de algunos factores de la condición física.*

Factores	Estimacion de la heredabilidad en %
Talla	95
Diametros de los huesos	50
Longitud de los huesos	75
Pliegues adiposos	35
Volumen del corazon/kg. de peso	25
Capacidad vital	90
Potencia acrobica	90
Potencia anaerobica	80
Potencia muscular	95
Velocidad de reaccion	85

- F. Lenta. No importa el tiempo sino la carga máxima a elevar.
- F. Rápida. Es la que vence una resistencia que no es máxima, con una velocidad no máxima.
- F. Explosiva. Es la que vence una resistencia no máxima a la máxima velocidad.

3.1.1. Factores que determinan la fuerza.

a) Fisiológicos: estrecha relación entre el volumen del músculo y la fuerza.

- Weber estableció que “la fuerza de un músculo es directamente proporcional a la magnitud de su corte transversal” es decir a mayor volumen más fuerza.
- La forma del músculo, se puede decir que los músculos peniformes son los músculos de fuerza (sobre todo isométrica) mientras que los músculos fusiformes son principalmente los músculos de velocidad.
- A mayor número de unidades motoras o de fibras inervadas, mayor fuerza.
- El tipo de fibras de los músculos. A mayor proporción de fibras blancas (rápidas) mayor fuerza. Las fibras musculares se hipertrofian de manera distinta ante los estímulos de entrenamiento. Movimientos lentos de 40-60% hipertrofian fibras lentas. Cuando se efectúan movimientos contra resistencias de 60-80% con gran rapidez se hipertrofian fibras rápidas.

b) Factores mecánicos.

- El grado de angulación de las articulaciones en un movimiento determinado puede movilizar más o menos músculos de un modo favorable.
- El grado de giro que adopta la articulación en la aplicación de una fuerza, condiciona su mayor o menor intensidad.

c) Otros factores.

- La edad y el sexo, la temperatura muscular, la alimentación y la motivación, pueden determinar la fuerza muscular.

3.1.2. Evolución de la fuerza con la edad.

Desde los 8 hasta los 12-13 años no hay un gran incremento de fuerza, sólo el debido al crecimiento en longitud y grosor muscular por el desarrollo físico, lo que también supone un aumento considerable del peso corporal. A estas edades el entrenamiento de fuerza requiere sólo un trabajo ligero y entrenamiento para la musculatura de apoyo. Un trabajo excesivo podría provocar cambios adversos en el sistema óseo (Fig. 14.1).

Entre los 14-16 años se produce un gran incremento del volumen corporal por la creciente producción de testosterona, observándose un desarrollo creciente de la fuerza (hasta un 90%) y de su capacidad de entrenamiento.

El que en las mujeres no se registre un aumento del rendimiento en la misma medida, se explica por falta de hormonas sexuales masculinas, cuyo efecto anabólico provoca hipertrofia muscular.

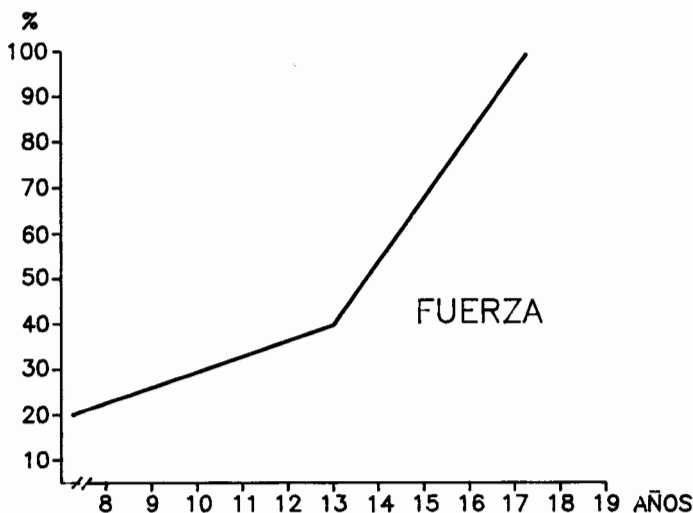


Figura 14.1 Desarrollo de la fuerza con la edad.

3.2. VELOCIDAD

Es la capacidad de desarrollar una respuesta verbal o motriz en el menor tiempo posible (Fig. 14.2).

3.2.1. Tipos de velocidad.

- a) De traslación. En la que recorremos un espacio en el menor tiempo posible.
- b) Gestual. Se responde motrizmente a una situación deportiva en el menor tiempo posible.
- c) De reacción. Tiempo que se tarda en dar una respuesta a un estímulo y que consta de 5 fases: Presencia de un estímulo en un receptor (oído, ojo, piel, músculo); traslado del estímulo al S.N.C.; formación de una señal de efecto ("orden"); transmisión de esta "orden" del cerebro (S.N.C.) al músculo; estimulación del músculo y creación de una actividad mecánica (primer movimiento visible).

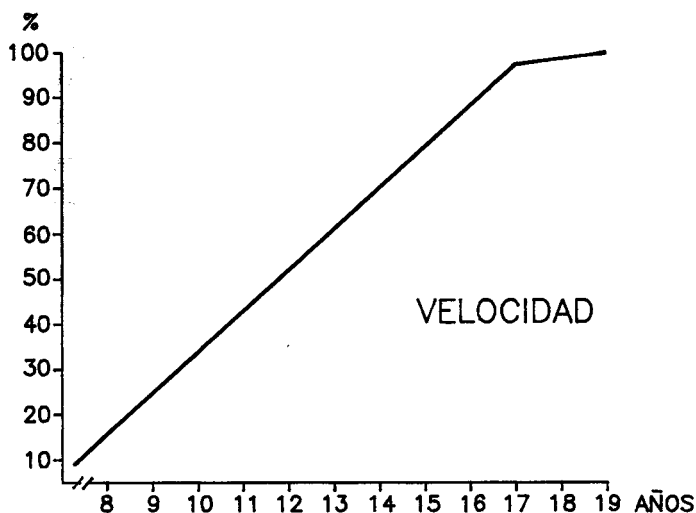


Figura 14.2 Desarrollo de la velocidad con la edad.

d) Mental. La respuesta puede ser verbal o motriz frente a la propuesta dada, siempre en el menor tiempo posible.

3.2.2. Factores que determinan la velocidad.

a) Fisiológicos

- La estructura de la fibra muscular que es poco modificable con el entrenamiento.
- La mayor o menor masa muscular.
- La longitud de la fibra.

b) Físicos: Factores extrínsecos (modificables con el entrenamiento).

- La amplitud de zancada dependiente de la fuerza del impulso.
- Número de apoyos. (frecuencia).
- La coordinación y utilización correcta de los músculos que intervienen en ese movimiento.

3.2.3. Evolución de la velocidad.

De los 8 a los 12 años se incrementa notablemente debido a la mejora de fuerza y de la coordinación de movimientos.

De los 14-15 años la capacidad de coordinación y la apreciación del espacio-tiempo se perfeccionan. La selección de futuros talentos para pruebas donde la velocidad de reacción y repetición son elementos básicos, debe hacerse a la edad de 14 años. A los 15-16 años es cuando se recogen

informaciones más fiables referentes a la velocidad de carrera, siendo la edad clave para diferenciar a los futuros "velocistas".

De los 15 a los 17 años mejora la velocidad de carrera que está en dependencia de la fuerza general y en particular de los músculos de las piernas. Hay un claro paralelismo entre el aumento de la fuerza y la velocidad.

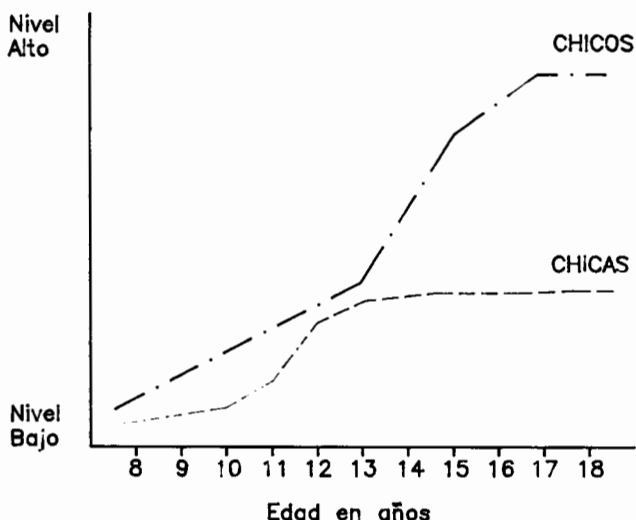


Figura 14.3 Nivel de la condición física según la edad para chicos y chicas.

3.3. RESISTENCIA

Es la capacidad de realizar un esfuerzo de mayor o menor intensidad el mayor tiempo posible.

La resistencia tiene como substrato morfofuncional el sistema de aporte de oxígeno (aparatos cardiocirculatorio y respiratorio)

La resistencia va a depender de:

- a) El alcance de la musculatura en acción (local-general)
- b) La posibilidad de obtener energía (aeróbica-anaeróbica).
- c) El funcionamiento de la musculatura (dinámica-estática)

3.3.1. Tipos de resistencia.

Teniendo en cuenta la **deuda de oxígeno** tenemos dos clases de resistencia: (Fig. 14.4)

- a) La resistencia aeróbica, que es la capacidad del organismo para prolongar el mayor tiempo posible un esfuerzo de intensidad leve, es

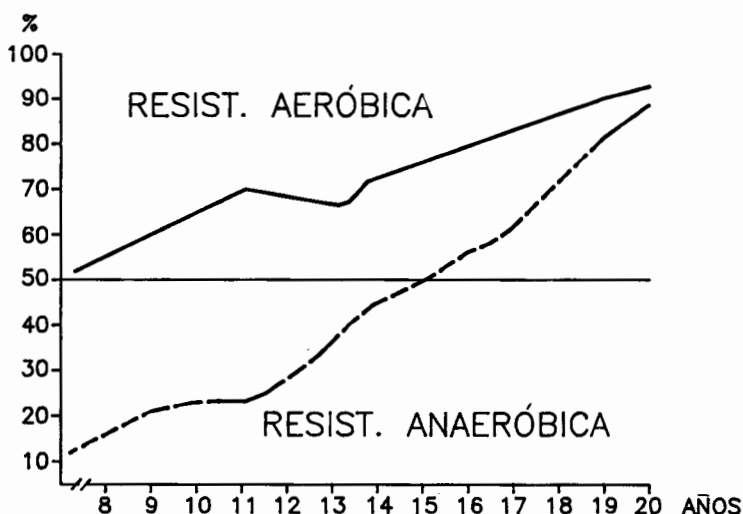


Figura 14.4 Evolución de la resistencia aeróbica y anaeróbica con los años.

decir cerca del equilibrio de gasto y aporte de O_2 con una deuda de O_2 insignificante. Aumentando la resistencia aeróbica favorecemos la capacidad de absorción de O_2 , gracias a la mejora del sistema circulatorio (aumento del volumen cardíaco e incremento de la capilarización), lo cual conlleva un equilibrio favorable entre gasto y aporte de O_2 .

- b) La resistencia anaeróbica es la cualidad que permite realizar un esfuerzo intenso provocando un desequilibrio entre aporte de O_2 y las necesidades del organismo. Es decir la resistencia anaeróbica será la que nos permita realizar esfuerzos muy intensos y por lo tanto no muy largos.

3.3.2. Evolución de la resistencia con la edad.

De los 10 a los 12 años hay un crecimiento de la capacidad de resistir esfuerzos continuos moderados. A esta edad estos esfuerzos se afrontan con una frecuencia cardíaca alta, sin que haya ningún riesgo.

De los 13-14 años es la fase de menor capacidad fisiológica para resistir esfuerzos continuados. Este retroceso coincide con el período de mayor aceleración de la madurez sexual.

Antes de la pubertad el consumo de O_2 ($\dot{V}O_2$) es parecido entre chicos y chicas de la misma edad y peso corporal. En la pubertad el $\dot{V}O_2$ máx. es más bajo entre las chicas, por eso ellas recurren antes al sistema anaeróbico-láctico.

De los 15 a los 18 años, la capacidad de resistencia aeróbica aumenta hasta casi el 90% del total fisiológico, aunque la madurez funcional máxima del corazón y el nivel más alto de $\dot{V}O_2$ máx. no se alcanza hasta los 19 o incluso después.

3.4. FLEXIBILIDAD

Es la capacidad por la que los movimientos alcanzan su máximo grado de extensión o amplitud, utilizándose con el mismo significado los conceptos de movilidad y agilidad (Fig. 14.5).

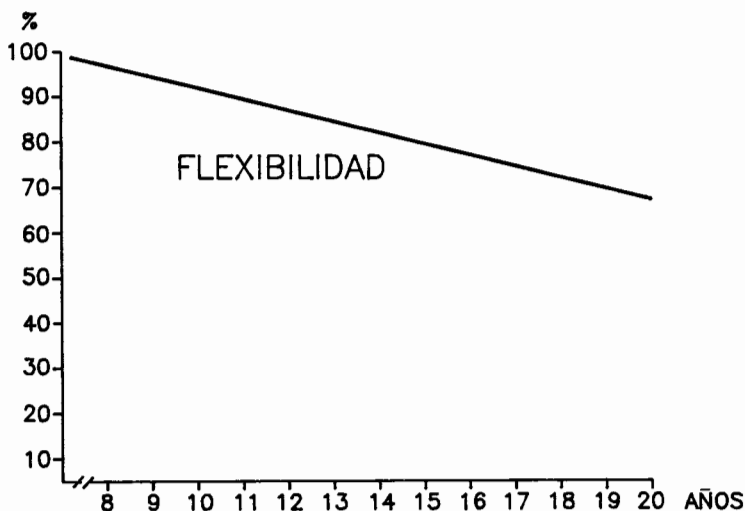


Figura 14.5 Evolución de la flexibilidad con los años.

3.4.1. Factores de los que depende la flexibilidad.

La flexibilidad es el componente integrador de la movilidad articular y la elasticidad muscular ya que los movimientos de gran amplitud no sólo afectan a la parte estática del aparato locomotor (huesos y articulaciones) sino también a su parte dinámica (músculos y ligamentos).

3.4.2. Factores que influyen en la flexibilidad.

La flexibilidad viene determinada por factores individuales como: la herencia y el sexo, la edad, la temperatura muscular y el volumen muscular y adiposo; y por factores externos al individuo como el entrenamiento, la temperatura ambiente, etc.

3.4.3. Evolución con la edad de esta cualidad.

Esta cualidad se va perdiendo paulatinamente desde el nacimiento, aunque hasta los 10 años apenas se nota. En la pubertad, el crecimiento muscular rápido hace que se pierda flexibilidad más rápidamente. Hasta los 17 años, la flexibilidad se puede recuperar e incluso se desarrolla, si hay un entrenamiento de la misma. A partir de los 18-19 su desarrollo es mucho más problemático.

En la figura se puede observar el desarrollo de la condición física en un estudio evolutivo realizado sobre escolares norteamericanos. En las chicas la condición física a cualquier edad es inferior que en los chicos, y el período de progresión es más corto. Esto se interpreta en base a la presión socio-cultural, llena de prejuicios sobre la conveniencia o no del ejercicio físico para la mujer. Este menor desarrollo puede deberse también a: a) las expectativas más limitadas que se tienen sobre la capacidad de la mujer en cuanto a la adquisición de la condición física; b) temor a que el ejercicio físico pueda causar perjuicios a los órganos internos femeninos; c) miedo a que un aumento de la capacidad física pueda producir masculinización.

Es posible que con el paso del tiempo cambie considerablemente acercándose el potencial femenino al masculino.

Los docentes en educación física debemos despertar el interés por el ejercicio físico y fomentar hábitos positivos respecto al mismo. Esto llevaría al alumno a alcanzar unas cotas en el desarrollo de la condición física más próximas a su potencial real.

4. PRUEBAS DE CONDICION FISICA

Se utilizan como proceso de medición informativo en la ciencia y práctica deportivas. Estas pruebas deben cumplir una serie de condiciones.

- a) Estandarización. Que sea posible la comparación de los resultados propios con los de otros grupos o con valores de referencia.
- b) Criterios científicos: Entre ellos se cuentan la validez, la fiabilidad o grado de exactitud (precisión en la medida) y la objetividad, que expresa el grado de independencia del rendimiento probado de la persona, del calificador o evaluador.

4.1. TEST DE LA CONDICION FISICA.

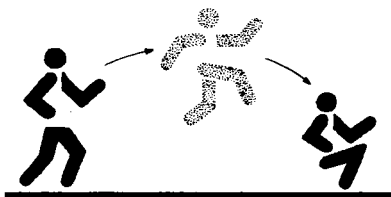
En toda prueba se han de tener en cuenta los siguientes apartados: su objetivo, las instrucciones a seguir en su ejecución, su descripción y realización, la medición y valoración y las indicaciones para su organización.

En los esquemas siguientes se muestran ejemplos de pruebas para la valoración de la condición física.

SALTO HORIZONTAL

Valoración fuerza.

- Potencia piernas.



FLEXION PROFUNDA DEL CUERPO

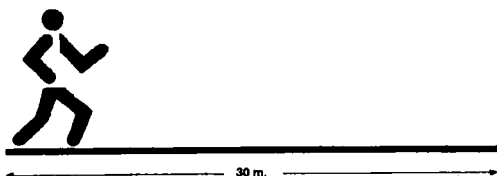
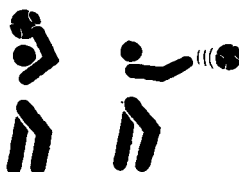
Valoración de la flexibilidad.



LANZAMIENTO BALÓN MEDICIANAL (3 Kgrs).

Valoración de la fuerza.

- Fuerza tronco y brazos (explosiva).



VELOCIDAD 30 m.

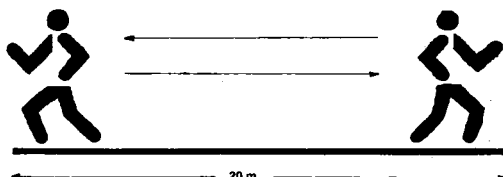
Valoración velocidad.

- Velocidad reacción.
- Velocidad traslación.

ABDOMINALES 1'

Valoración fuerza

- Fuerza resistencia de los músculos abdominales.



"COURSE NAVETTE"

Valoración resistencia.

- Potencia aeróbica máxima.

D. E. PASCUAL

Para mejorar el rendimiento físico es necesario llevar a cabo una serie de actividades en las que se quiere mejorar la performance. A estas actividades se les denomina **entrenamiento**.

Vamos a considerar el atletismo como base de deporte individual y nos referiremos casi siempre a él, pero en todos los deportes individuales el esquema de trabajo será el mismo. Las diferencias que veremos en otros deportes serán las actividades específicas relacionadas con él.

1. PRINCIPIOS GENERALES DEL ENTRENAMIENTO

La elaboración de un programa de entrenamiento se basa en principios definidos que deben considerarse como una unidad lógica que asegura la integración de todos los estímulos encaminados a provocar un cambio positivo del organismo.

Según Schmolinsky los principios fundamentales del entrenamiento serían los siguientes (Fig. 15.1):

- Principio de la versatilidad.
- Principio de la promoción de la salud.
- Principio de utilidad.
- Principio de consciencia.
- Principio de repetición.
- Principio de sistematización.
- Principio de durabilidad.
- Principio de graduación.
- Principio de dependencia de la edad.

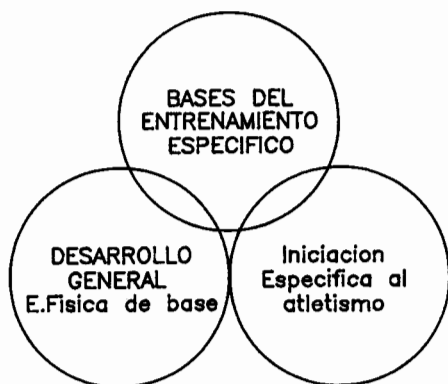


Figura 15.1 Los principios del entrenamiento.

En general, los principios relacionados pueden considerarse válidos, aunque la bibliografía actual sobre la teoría del entrenamiento no coincide, ni en cuanto al número ni en cuanto a la denominación. Por ello, ahora se trata de centrar la selección de los principios basándose en sus aspectos fundamentales: la existencia de fundamentos biológicos y pedagógicos.

Los **principios biológicos** llevan implícito la **adaptación** del organismo a los esfuerzos y la relación carga-recuperación-adaptación será la triada clave para llevar a buen fin el proceso de entrenamiento.

Se dice que un organismo está **adaptado** a una situación determinada cuando existe un equilibrio entre la síntesis y la degeneración. A este equilibrio se le denomina **homeostasis**.

Si un estímulo rompe la homeostasis y se aceleran los procesos degenerativos, la respuesta del organismo será la de un aumento de los procesos regenerativos, que no sólo intentarán llegar al nivel inicial sino que lo van a superar. A este fenómeno se le denomina **supercompensación** (Fig. 15.2).

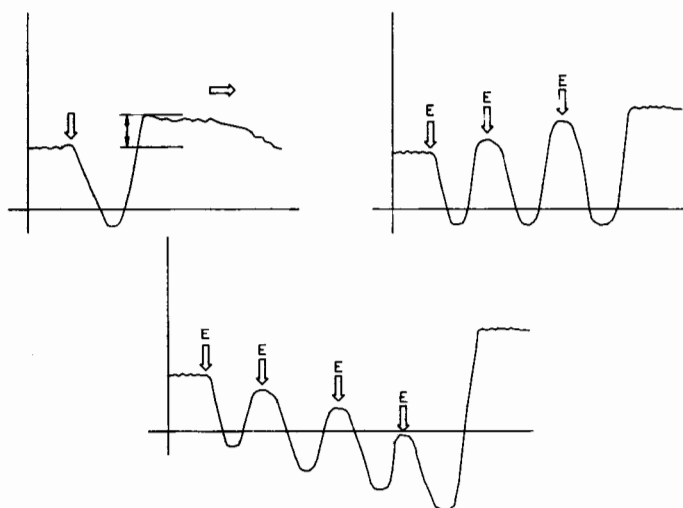


Figura 15.2 Gráficas del fenómeno de la supercompensación.

Si estos estímulos se realizan de forma ordenada y progresiva llegaremos a los niveles de desarrollo óptimos. Si, por el contrario, son estímulos aislados perderemos lentamente la supercompensación.

No trataremos más el tema de la adaptación y de la supercompensación por estar ya ampliamente abordado en el tema "Entrenamiento en deportes de equipo".

Para complementar los principios del entrenamiento y resumiendo un poco, podemos establecer los siguientes:

- Principio de la multilateralidad.
- Principio de la continuidad.
- Principio del crecimiento paulatino del esfuerzo.
- Principio de la sobrecarga.
- Principio de transferencia.
- Principio de especificidad.
- Principio de la estimulación voluntaria.
- Principio de eficacia.
- Principio de la individualización.

2. PERIODIZACION

Es el proyecto o el plan de trabajo que se diseña para distribuir el trabajo a realizar durante un lapso de tiempo, basándonos en el análisis previo de todos aquellos factores objetivos y subjetivos, internos y externos, que pueden influir en el resultado del proceso de entrenamiento.

La periodización por lo tanto, trata de resolver los siguientes problemas:

- Lograr que el deportista esté en forma el día de la competición importante.
- Combinar los elementos que intervienen en la consecución del estado de forma.
- Combinar las cargas y los descansos a lo largo de la temporada.

Ulatowski da las siguientes normas para llevar a cabo un plan de entrenamiento: a) el plan debe basarse en supuestos reales y posibles de alcanzar, b) la planificación debe considerarse como una obligación del entrenador de ajustar su tarea al programa, c) el plan ha de ser exacto, basándose en datos cuantitativos y cualitativos y señalando los medios necesarios para conseguir los fines propuestos, d) el plan ha de ser sencillo y claro para poder trabajar de forma más eficaz y racional, e) la función de los planes de entrenamiento consiste en crear indicios para la dirección del trabajo.

Tras estas referencias teóricas vamos a ver como plantearíamos nosotros el proceso de entrenamiento en una temporada cualquiera (Fig. 15.3). Dividiremos el año, o ciclo de trabajo, en las siguientes etapas:

- a) Período preparatorio
- b) Período de competición,
- c) Período de transición.

A su vez estos períodos pueden dividirse en mesociclos que temporalmente se corresponden con meses, aproximadamente. Los mesociclos, a su vez, los dividimos en microciclos que se corresponden con semanas generalmente. Los microciclos, por fin, estarán formados por sesiones ó días (Fig. 15.4).

3. CUALIDADES FISICAS

Podemos definir las como los factores que determinan la condición física del individuo y que le orientan para la realización de una determinada actividad física, posibilitando que mediante su desarrollo, el individuo pueda conseguir su máximo potencial físico.

Las cualidades físicas, por lo tanto, serán los elementos a desarrollar para conseguir el objetivo final del entrenamiento que será la puesta a punto, o la consecución del estado de forma.

3.1. CLASIFICACION

Existen muchas clasificaciones diferentes de las cualidades físicas, todas ellas válidas, nosotros vamos a exponer una muy sencilla: cualidades motoras, cualidades psicomotoras y coordinaciones

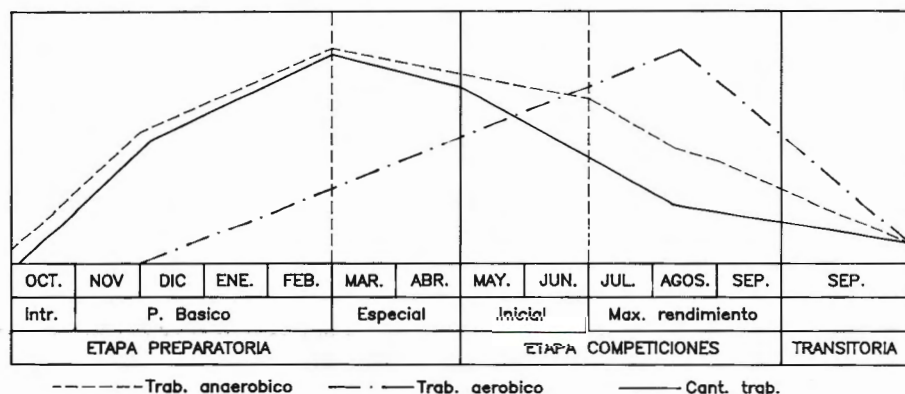


Figura 15.3 Ejemplo de periodización anual con una puesta a punto.

Todas ellas juegan un papel importante en el movimiento humano. Las **psicomotoras** son las que se relacionan con el conocimiento del propio cuerpo y su relación con el exterior. Su desarrollo será un tema propio de la Educación Física. Las **coordinaciones** se relacionan con la economía y precisión de los movimientos. El desarrollo fundamentalmente de base, será objetivo primordial de la Educación Física.

Las cualidades **motoras**:

- a) Motoras protagonistas: resistencia, fuerza y velocidad
- b) Motoras posibilitistas: flexibilidad

4. RESISTENCIA

El concepto de resistencia contempla esfuerzos con duraciones muy amplias que van desde los 20 segundos hasta 6 horas y más. Vamos a mantener el concepto de capacidad psicofísica para soportar la fatiga. El primer factor que limita y, al mismo tiempo, afecta al rendimiento de un deportista es la fatiga. De este modo, una persona se considera que tiene resistencia cuando no se fatiga fácilmente o es capaz de continuar el trabajo en estado de fatiga.

La resistencia por lo tanto, podemos definirla como “la capacidad física y psíquica de mantener un esfuerzo de forma continuada”.

En general, las cualidades motoras van a depender de un suministro de energía y en el momento en que la fuente que la suministra se agota, la capacidad de desarrollarlas también va a desaparecer. Por lo tanto para ver los tipos de resistencia haremos referencia a las posibilidades de producción de energía.

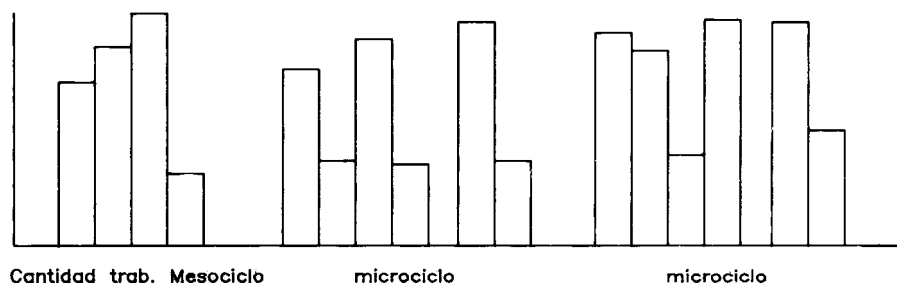


Figura 15.4 División de los períodos en mesociclos y microciclos.

4.1. RESISTENCIA ANAEROBICA ALACTICA

Si nosotros empezamos a realizar un esfuerzo, con una intensidad máxima, en los primeros 15 segundos aproximadamente, el aporte de energía vendrá de los depósitos existentes de ATP y CP (fosfocreatina). Esta energía tiene una procedencia anaeróbica, es decir, no ha sido necesaria la utilización de O_2 . A la resistencia dependiente de este sistema la denominaremos resistencia anaeróbica aláctica (Fig. 15.5).

Esta forma de obtener energía a partir de almacenes intracelulares de ATP y CP tiene la ventaja de no necesitar ningún aporte externo a la célula y de su rapidez de puesta en marcha.

Esta vía tiene tres características:

- a) De muy baja inercia: su puesta en funcionamiento es instantánea.
- b) De alta potencia: suministra mucha energía por unidad de tiempo.
- c) De baja capacidad: sus reservas son limitadas.

4.2. RESISTENCIA ANAEROBICA LACTICA

Siguiendo nuestro esfuerzo, a partir de los primeros 15 segundos, una vez agotadas las fuentes de reserva empieza la producción de energía a través de la glucosa pero sin utilización de O_2 . Estos procesos son por lo tanto anaeróbicos lácticos, es decir, no hay utilización de O_2 y aparece un producto resultante que es el ácido láctico, aproximadamente duran 70 segundos. A la capacidad de soportar estos esfuerzos le denominaremos resistencia anaeróbica láctica (Fig. 15.5).

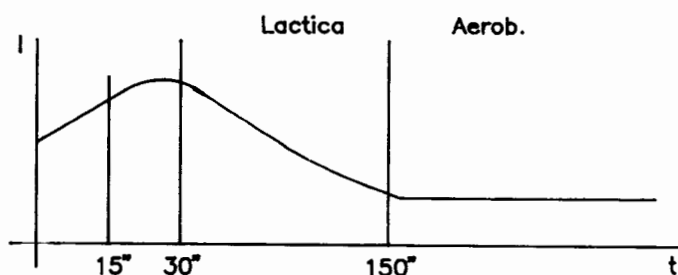


Figura 15.5 Clasificación de la resistencia Intensidad/Tiempo.

Durante la glucólisis, se produce la degradación de glucosa hasta piruvato, esta cadena produce energía, pero hay acumulación de iones ácidos en la célula muscular.

Esta vía consideramos que es de: inercia intermedia, capacidad intermedia, potencia intermedia.

- a) De muy baja inercia: su puesta en funcionamiento es instantánea.
- b) De alta potencia: suministra mucha energía por unidad de tiempo.
- c) De baja capacidad: sus reservas son limitadas.

4.3. RESISTENCIA AEROBICA

A partir de 70-75 segundos, debemos utilizar otros procesos fisiológicos para producir energía. Una vez agotadas las fuentes lácticas, usaremos procesos más eficaces, aunque más lentos. Ahora la energía se producirá gracias a la combinación del O_2 con el sustrato, es decir, procesos aeróbicos. Su duración es prácticamente ilimitada. A esta capacidad la llamaremos resistencia aeróbica (Fig. 15.5).

Los principios inmediatos entran en el ciclo de Krebs, se oxidan con O_2 y producen CO_2 y energía. Si a la miofibrilla llega suficiente O_2 y hay suficientes enzimas, esta fuente es usada como síntesis de ATP.

Esta vía la consideramos de:

- a) Alta inercia, necesita un período de tiempo para poner en actividad todos los sistemas.
- b) Baja potencia.
- c) Capacidad indefinida.

Como es lógico si seguimos este proceso, el nivel de intensidad irá decreciendo progresivamente. En un principio, hasta los primeros 15 segundos podremos trabajar a una intensidad del 100% de nuestro máximo teórico, pero a medida que transcurre el tiempo la intensidad tiene que ir descendiendo. Al final en esfuerzos de más de 2 horas de duración, la intensidad máxima de trabajo podría estar en un 70% .

Este esquema propuesto para ver los diferentes tipos de resistencia pretende exponer de forma sencilla las bases de las que se ha partido para hacer esta clasificación. Pero realmente todo nos hace suponer que esto no es tan sencillo y que la división en departamentos "estanco" e independientes no es real. Más bien, podemos pensar, que las fuentes de energía funcionan todas a la vez, aunque haya predominio de alguna de ellas. Nosotros definiremos cada una de ellas según este predominio.

El control del trabajo de resistencia se ha ido realizando de diferentes formas a medida que las investigaciones y la tecnología han ido avanzando. En un principio el control se hizo por medio de la medida de las pulsaciones/minuto, siguiendo las pautas:

- Endurance 130 puls/min.
- Capacidad aeróbica 150-160 puls/min.
- Potencia aeróbica 160-170 puls/min.
- Capacidad anaeróbica láctica $\approx$ 170 puls/min.
- Potencia anaeróbica láctica > 170 puls/min.

Actualmente, el control se tiende a hacer por medio de la medida de la producción de lactato en sangre, tras el esfuerzo. Considerando, por acuerdo generalmente aceptado, que la zona de paso de procesos anaeróbicos a aeróbicos se encuentra en el momento de producción de 4 mmol/l. Este punto será el denominado **umbral anaeróbico** (Fig. 15.6).

Esto generalmente no se hace a diario, sino que hay un control con un estudio de laboratorio y de campo que permite crear las bases para después trabajar fácilmente.

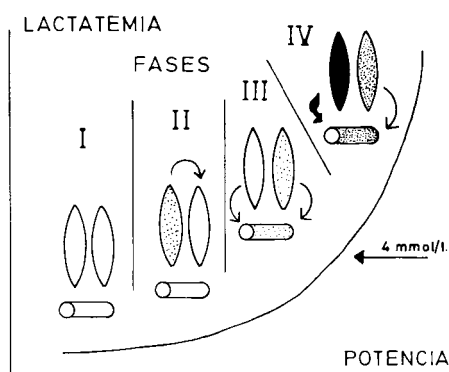


Figura 15.6 Fases de la LACTATEMIA en relación con la potencia.

5. SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

Podemos considerar tres métodos fundamentales sobre los cuales se construyen un gran numero de variantes. Estos son el método continuo, el método fraccionado y el método de competición y control.

5.1. METODO CONTINUO

Se caracteriza porque el trabajo se hace sin ningún tipo de interrupción y porque generalmente son de larga duración, más de media hora. También se le llamó método natural, porque casi siempre se realiza en la naturaleza.

Por lo general los métodos continuos tienen como objetivo primordial el **desarrollo de la resistencia aeróbica**, tanto en capacidad como en potencia. Pero también es posible incidir sobre la resistencia anaeróbica (Fig. 15.7)

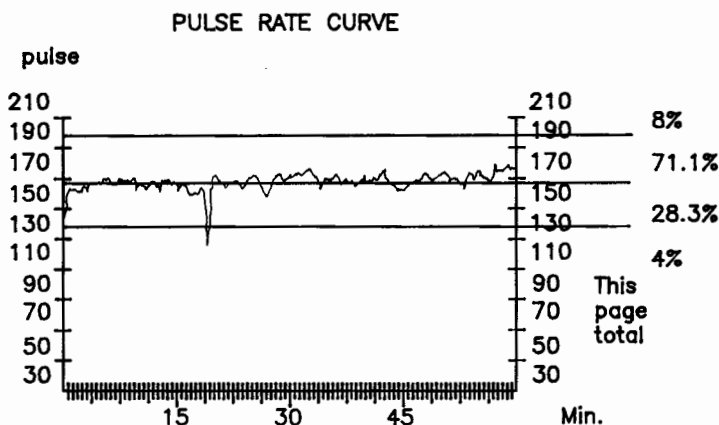


Figura 15.7 Entrenamiento aeróbico extensivo continuo.

Dentro de los métodos continuos tenemos:

5.1.1. Carrera continua: como su nombre indica, consiste en mantener la actividad de forma continuada, con intensidad constante, duración grande.

También podríamos distinguir, dependiendo de la intensidad, la carrera continua lenta, con más duración y menos intensidad.

La carrera continua media, nivel intermedio. Y la carrera continua rápida con poca duración y gran intensidad.

5.1.2. Fartlek: se le considera como un juego de carreras. Se trata de aprovechar el terreno para hacer cambios de ritmos. Podemos decir que es una forma especial de carrera continua en la que hemos alterado el ritmo, pasando de ser constante a ser variado. En general los tramos rápidos varían su distancia en función de la especialidad del deportista que lo practica.

5.1.3. Las cuestas: se trata de aplicar los sistemas anteriores en terrenos con pendientes o rampas. También puede aplicarse como método fraccionado.

5.1.4. Dunas, playa: al igual que en el sistema anterior, se trata de cambiar el medio. Igualmente puede hacerse fraccionado.

5.2. METODO FRACCIONADO

Este término se utiliza para todo trabajo que se realice con pausas intermedias. Es decir, hay períodos de descanso entre bloques de trabajo. De esta forma se puede realizar más cantidad de trabajo y lo que es más importante, siendo el objetivo primordial, con más intensidad (Fig. 15.7). Dentro de los métodos fraccionados tenemos:

5.2.1. El interval training: en este sistema vamos a tener en cuenta cuatro variables, con ellas jugaremos para lograr el entrenamiento adecuado a cada caso e individuo.

- Distancia: bloques de trabajo, generalmente estarán entre 100 m. y 400 m. Dependiendo de la especialidad y de los objetivos planteados, vamos a elegir una distancia a recorrer comprendida entre estas.
- Intensidad: será la velocidad a la que recorreremos el espacio planteado y que generalmente estará entre el 85% y el 90% del máximo del atleta en esa distancia.
- Numero de repeticiones: o cantidad de trabajo a realizar. Vamos a realizar entre 10 y 30 veces la distancia elegida.
- Recuperación: período de descanso entre cada distancia recorrida. Estará comprendida entre 45 segundos y dos minutos.

Estos cuatro elementos pueden ser combinados de tal manera que pueden resultar trabajos totalmente diferentes, sin salir de este esquema planteado.

5.2.2. Ritmo resistencia: las distancias a utilizar estarán entre menor que la de la prueba y mayor. La intensidad entre el 85% y el 90%. Generalmente se hacen entre 3 y 10 repeticiones, recuperando entre 2 y 5 minutos. El objetivo de este tipo de trabajo será el desarrollo de la resistencia aeróbica intensiva y la anaeróbica extensiva o lo que denominamos trabajo mixto.

5.2.3. Velocidad resistencia: Las distancias a utilizar serán menores que en la prueba. La intensidad del 90-95 % del máximo en la distancia. El numero de repeticiones entre 3 y 7, recuperando entre 5 y 7 minutos.

El objetivo de este trabajo será el desarrollo de la resistencia anaeróbica extensiva y anaeróbica intensiva.

5.2.4. Estímulos máximos: también denominados “velocidad”. Las distancias a utilizar serán menores que la prueba y en general menores de 100 m. La intensidad a de ser máxima y el numero de repeticiones puede llegar a 10, con una recuperación total.

El objetivo de este trabajo será el desarrollo de la resistencia anaeróbica aláctica.

5.3. METODO DE COMPETICION Y CONTROL

Este método podría incluirse en el fraccionado perfectamente. Realmente se realiza para poner en práctica la preparación de la competición. Es un trabajo por lo tanto totalmente específico. También se emplea como medio de valoración y control.

Se emplean distancias menores que la prueba o bien, se rompe la distancia en otras más cortas. El objetivo de este trabajo es el desarrollo de la resistencia específica.

También sería válido, si los medios lo permiten utilizar los datos del laboratorio para incidir más sobre la cualidad que queremos desarrollar. Es decir, si tengo la posibilidad de analizar los lactatos después del esfuerzo, plantearía las siguientes cargas (Fig. 15.6):

a) Cargas de entrenamiento aeróbico.

2-3 mmol/l	aeróbico extensivo
3-4 mmol/l	aeróbico mixto
4-5 mmol/l	aeróbico intensivo
5-6 mmol/l	aeróbico-anaeróbico

b) Cargas de entrenamiento anaeróbico láctico

6-8 mmol/l	anaeróbico extenso (desarrollo capacidad)
10-16 mmol/l	anaeróbico intenso (desarrollo potencia)
>16 mmol/l	valores máximos (ritmo de competición)

Según esto, estaremos trabajando la cualidad y en el sentido que se especifica, siempre que con la carga aplicada produzcamos el nivel de lactatos que se indica.

FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO EN DEPORTES COLECTIVOS

D. M.A. GOMEZ

Antes de comenzar a exponer los “Fundamentos del Entrenamiento Deportivo”, me gustaría retrotraerme a los comienzos de este, que datan del mundo griego. Fueron los Juegos Olímpicos antiguos de 1.776 antes de Cristo, hasta 394 Era de Cristo, los que dieron lugar a unas formas regladas de entrenamiento.

Desde hace 2500 años, se conocen los ciclos de entrenamiento griegos, denominados tetras o plan de cuatro días. El primer día consiste en un entrenamiento suave de preparación. En el segundo el trabajo es muy intenso, se descansa o se realizan ejercicios muy suaves. En el tercero y, en el cuarto, se hace un trabajo de mediana intensidad. Ahora se utilizan ciclos semanales, quincenales o mensuales.

Avanzando hasta 1956, Matveyev, preconiza el entrenamiento durante el año, dividiéndolo en: a) Período preparatorio; b) Período de competición; c) Período de transición.

Hacia 1966 Naglak establece dos posibles ciclos de trabajo anual para lograr dos estados de forma.

En la actualidad, estas teorías siguen vigentes, acompañadas de otras pendulares que alternan el trabajo de intensidad fuerte con suave o la planificación por bloques de Bompá. El volumen y la intensidad han aumentado de 3-4 veces debido a avances técnico- científicos, incorporando al entrenamiento aspectos de pedagogía, psicología, fisiología, bioquímica, etc y, últimamente, de forma decisiva la informática.

1. FACTORES DE LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DEPORTIVO.

La figura 16.1 ilustra los factores que determinan el rendimiento deportivo que sólo puede ser mejorado por medio de un entrenamiento complejo. Una buena planificación y armonía nos llevarán a alcanzar el máximo rendimiento.



Figura 16.1 Factores que determinan el rendimiento deportivo.

El rendimiento se puede estructurar o dividir en diversidad de capacidades y condiciones que inciden de forma diferente, según el tipo de deporte.

En los deportes colectivos, la técnica, junto con la condición física y la táctica, juega un papel dominante, siendo cruciales la fuerza, la velocidad, la resistencia y la flexibilidad. La técnica específica se debe desarrollar al máximo para aprovechar el estado físico del jugador o deportista.

Estas capacidades o condiciones están sometidas, en cuanto a su aplicación, organización, volumen e intensidades, a determinadas leyes y

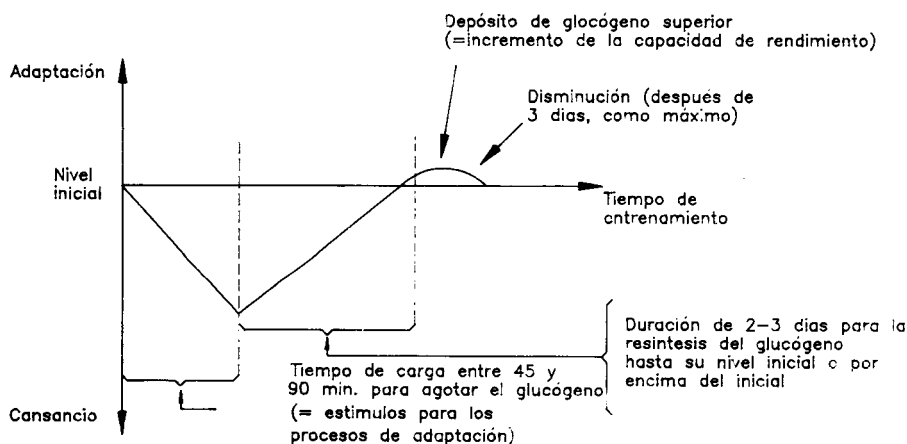


Figura 16.2 Fenómeno de supercompensación de los depósitos de glucógeno.

principios que dan lugar al incremento o mantenimiento óptimo del rendimiento del organismo humano. Se trata de las leyes de adaptación biológica que intervienen en el proceso de planificación, siendo los principios del entrenamiento las normas a cumplir. Estos principios dan una estructura sistemática a las distintas fases de los procesos de adaptación, fijando las pautas metodológicas del entrenamiento.

Si un estímulo interrumpe la homeostasis (equilibrio orgánico), el organismo intenta reconstruir un nuevo equilibrio, y los procesos regenerativos no sólo recuperan el nivel inicial sino que lo llegan a superar, encontrándose en una situación de supercompensación. La sobrecompensación, parece ser el primer nivel de adaptación del organismo a la actividad muscular.

Para que este fenómeno de adaptación se cumpla, las cargas tienen que guardar una relación óptima entre volumen, intensidad y recuperación. Si los estímulos están por debajo de un 20% del rendimiento actual, no hay adaptación. Estímulos demasiado elevados en intensidad, volumen o con pocos descansos, provocan sobreentrenamiento. Pero si la carga del entrenamiento se da de forma aislada, se pierde lentamente el efecto de la supercompensación y se vuelve a establecer el equilibrio orgánico inicial (Fig. 16.2) de Grosser.

Como se puede apreciar en la figura 16.3, no todos los parámetros sometidos a una carga evolucionan igual. Mientras unos han acabado la fase de supercompensación, en un determinado tiempo, otros aún se están regenerando.

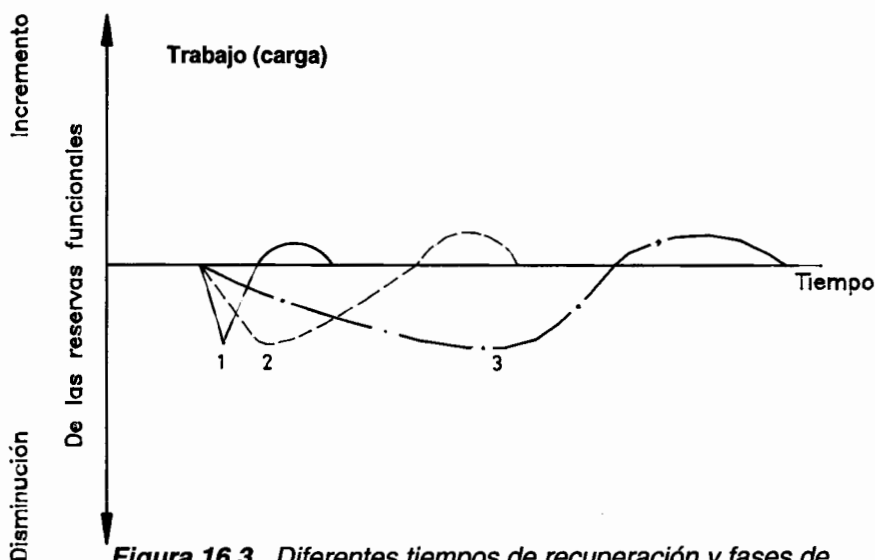


Figura 16.3 Diferentes tiempos de recuperación y fases de supercompensación: 1, 2, 3 procesos cortos, medios y largos de regeneración (seg. min. horas)

2. PRINCIPIOS DE ENTRENAMIENTO

Estos principios se han desarrollado en la práctica del entrenamiento individual y pueden aplicarse siempre que se basen en los procesos de adaptación del organismo, determinando de forma decisiva las fases de planificación del rendimiento (Fig. 16.4). A estos se les superponen los procesos de adaptación o supercompensación.

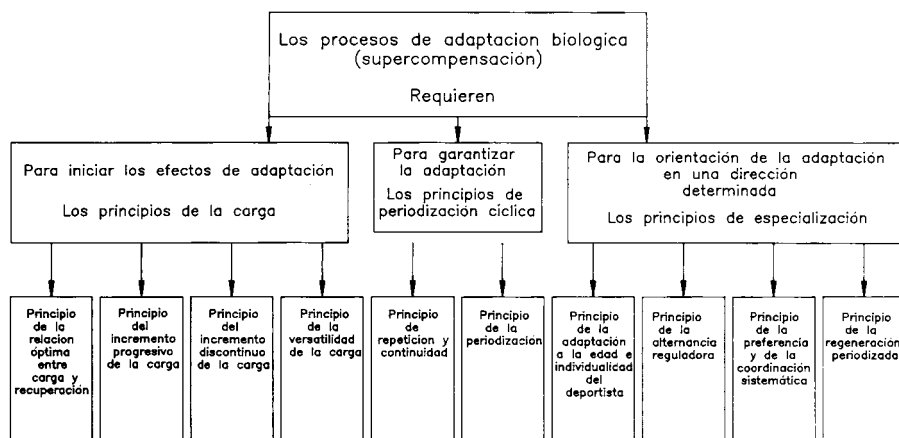


Figura 16.4 Principios de entrenamiento.

2.1. PRINCIPIO DE LA RELACION OPTIMA ENTRE LA CARGA Y LA RECUPERACION

Para que se produzca la adaptación debida, en primer lugar habrá que elegir la intensidad de la carga que, además deberá mantenerse un tiempo imprescindible para que se produzca efecto de supercompensación, es decir, la adaptación también depende del volumen. A estos dos factores les sigue otro, la recuperación.

Como podemos ver en la figura 16.5 después de una carga de entrenamiento se observa una disminución funcional del organismo, lo que trae consigo una disminución de la capacidad de rendimiento (menor potencial energético). A esta fase le sigue otra de recuperación la cual se va acercando al nivel funcional anterior a la sesión de entrenamiento y finalmente una fase de mejora en el rendimiento, coincidiendo con un estado de supercompensación (Fig. 16.5) de Grosser y Brugerman-Zints.

Si se aplican estímulos de carga sucesivos, coincidiendo con los picos de supercompensación, se mejora progresivamente el nivel de rendimiento (Fig. 16.6).

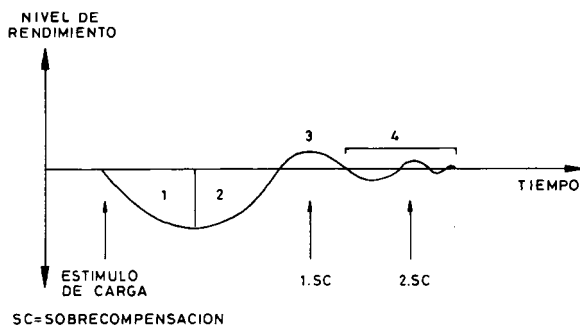


Figura 16.5 Efectos de una carga de trabajo sobre el nivel de rendimiento.

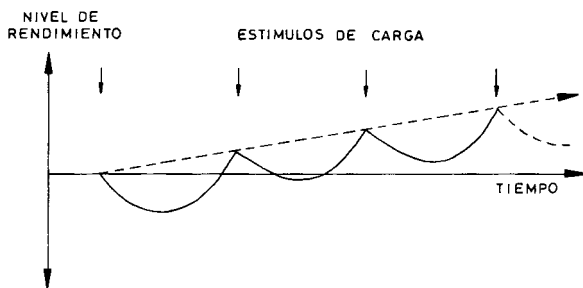


Figura 16.6 Efecto de cargas sucesivas en los picos de supercompensación.

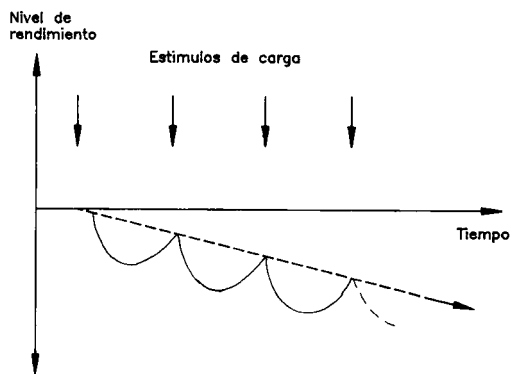


Figura 16.7 Efecto de cargas sucesivas en las fases de recuperación.

En caso de que se apliquen estímulos de entrenamiento en la fase de recuperación, sin que esta se haya completado, se producirá un sobreentrenamiento, lo que traerá consigo una disminución del rendimiento. (Fig. 16.7).

Cuando las cargas sucesivas van acompañadas de una mayor fase de recuperación, se puede producir una sobrecompensación más elevada, aprovechando mejor las reservas energéticas Grosser (Fig. 16.8).

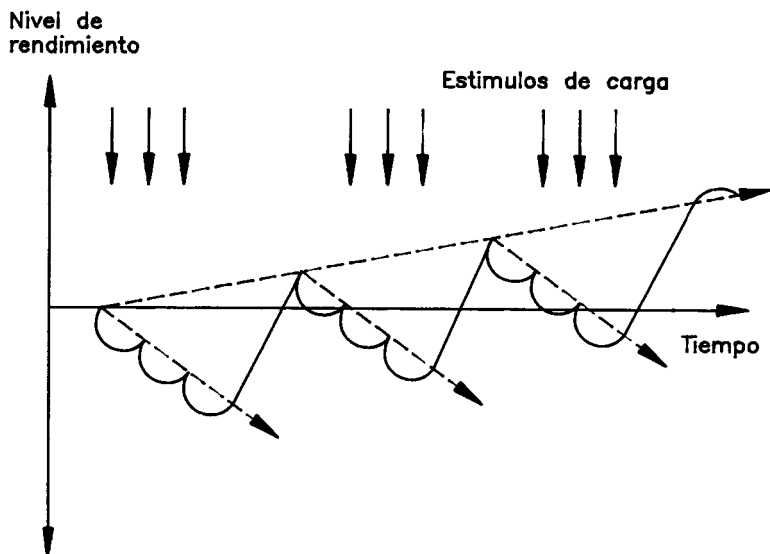


Figura 16.8 Efecto de cargas de trabajo sucesivas con mayores períodos de recuperación.

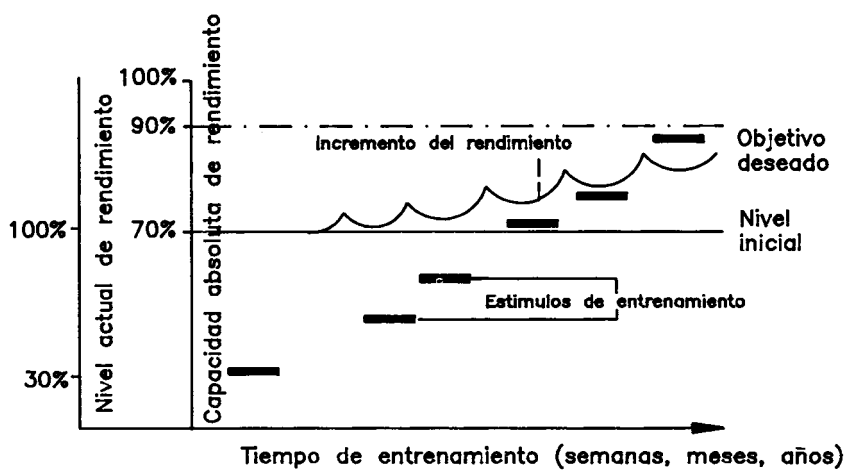


Figura 16.9 Carga aplicada y nivel rendimiento.

Tabla 16.1 *Tiempos y procesos de regeneración con diferentes cargas de entrenamiento.*

	aeróbicos (correr, nadar, ir en bicicleta)	aeróbicos / anaeróbicos (correr, otros)	anaeróbicos alactácidos y lactácidos (ejercicios de velocidad y de fuerza)	(fuerza máxima)	neuromuscular (velocidad, técnica)
Regeneración continua	A una intensidad del 60-70%. La regeneración es continua.				En cargas de corta duración según el método de repeticiones con descansos largos.
Regeneración rápida (muy incompleta)		Después de 1½ ó 2 horas, aproximadamente.	Después de 2-3 horas aproximadamente.		
Regeneración hasta el 90-95% (incompleta con capacidad buena de rendimiento)	A una intensidad del 75-90% después de 12 horas aproximadamente.	Después de 12 horas aproximadamente	Después de 12-18 horas aproximadamente	Después de 18 horas aproximadamente	Después de 18 horas aproximadamente
Regeneración completa del equilibrio de los procesos metabólicos (capacidad de rendimiento aumentada)	A una intensidad del 75-90% después de 24-36 horas aproximadamente	Después de 24-28 horas aproximadamente	Después de 48-72 horas aproximadamente	Después de 72-84 horas aproximadamente	Después de 72 horas aproximadamente

Al tiempo que programamos los entrenamientos, debemos de tener en cuenta las distintas fases de descanso óptimo, así como la intensidad de las distintas cargas (Tabla 16.1).

Los atletas entrenados deben trabajar como mínimo al 70% de su capacidad máxima para mantener el nivel de rendimiento y, para aumentarlo, hay que realizar esfuerzos por encima del 70% (Fig. 16.9).

El momento ideal para utilizar los efectos de la supercompensación se encuentra situado entre los dos o tres días, siempre dependiendo del tipo de estímulo que se aplique.

Los tiempos de recuperación o de descanso pueden ser activos o pasivos. Los primeros nos ayudarán a disminuir el tiempo de recuperación, favoreciendo la eliminación de sustancias tóxicas en el organismo. Los ejercicios recomendados pasan por el trote, flexibilidad, ejercicios de relajación u otros de nivel motriz bajo.

Las pausas pasivas aumentan el tiempo de recuperación. Cuanto más elevada sea la intensidad y duración, más larga deberá ser la pausa, aunque los descansos serán más cortos a medida que aumenta la capacidad de rendimiento.

2.2. PRINCIPIO DEL AUMENTO CRECIENTE DE LA CARGA

Este principio se basa en el aumento gradual del volumen y de la intensidad de las cargas. Este aumento gradual se suele dar en principiantes, ya que los atletas de élite lo realizan a “saltos”, lo que provoca transformaciones importantes en el organismo y modificaciones que no se conseguirían de forma gradual. Este procedimiento se debe aplicar una vez que los atletas tengan una buena base de entrenamiento, obtenida a través del aumento gradual del esfuerzo (Figs. 16.10.A y 16.11.B).

Las cargas del entrenamiento deben de realizarse acompasadas con el nivel de rendimiento del deportista, sin olvidar que cuando las cargas se mantienen iguales, van perdiendo su efecto beneficioso, es decir, la carga debe ser mayor y más intensa a medida que va aumentando la capacidad de rendimiento.

La mayor o menor duración del estado de un deportista y su vida deportiva, van a depender de la capacidad de asimilación de estímulos que van creciendo con el entrenamiento.

Para seguir aumentando el rendimiento se requiere un aumento de la carga de entrenamiento en un 20%-40% por año.

Como progresión metodológica aplicaremos el siguiente orden:

- a) Aumento de la frecuencia de entrenamientos.
- b) Aumento del volumen.
- c) Aumento de la densidad del estímulo.
- d) Aumento de la intensidad del estímulo.

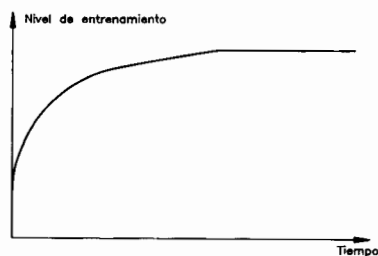


Figura 16.10.A Evolución del rendimiento con el tiempo.

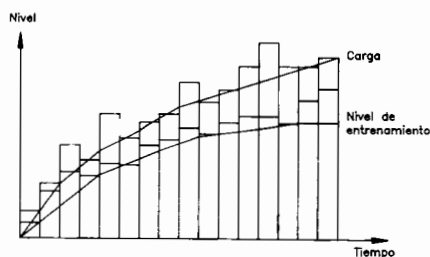


Figura 16.10.B Evolución del rendimiento con la carga y con el tiempo.

2.3. PRINCIPIO DE PERIODIZACION

Se refiere a la estructuración del entrenamiento en período que completan un ciclo o temporada, ya que un deportista no puede estar todo un año en un nivel de máximo rendimiento. Por tanto, se requiere un cambio de cargas por razones biológicas, con sus fases de incremento, estabilización y reducción, lo que hace que podamos subdividir el año de entrenamiento en período (preparatorio, de competición y transitorio) (Fig. 16.11).

Hay entrenadores que junto a los preparadores físicos, planifican la temporada en función del calendario de competiciones, otros programan la temporada completa de unos 10 meses de competición, como ocurre con los deportes de equipo. Los planes anuales son los que determinan el proceso de entrenamiento durante el campeonato.

Un entrenamiento durante todo el año garantiza un esfuerzo continuo y un aumento favorable del rendimiento, y nos exige una planificación razonada de la temporada.

Por otra parte, un período se compone a su vez de varios **mesociclos** de 3-5 semanas de duración (normalmente cuatro), el **microciclo** se extiende durante una semana, y permite una distribución casi exacta en cuanto a las fases de carga y recuperación, siendo la unidad más pequeña la sesión dentro de un ciclo diario. Tabla 16.2.

Tabla 16.2 Fases de la planificación (desde la más larga hasta la más corta).

Fase principal de la planificación	Se divide en:	Fases parciales de la planificación.
Ciclo plurianual	→	Ciclos anuales (2-8).
Ciclo anual	→	Períodos (preparatorio, de competición, transitorio).
Períodos	→	Macroциclos (etapas de 3-5 semanas c/u)
Macroциclos	→	Microциclos (de 1 semana c/u).
Microциclos	→	Ciclos diarios (7-1 semana).
Ciclo diario	→	Sesiones de entrenamiento (1-5).
Sesión de entrenamiento	→	Partes del entrenamiento. (calentamiento, parte principal, parte final).
Parte del entrenamiento	→	Minutos (5-45).

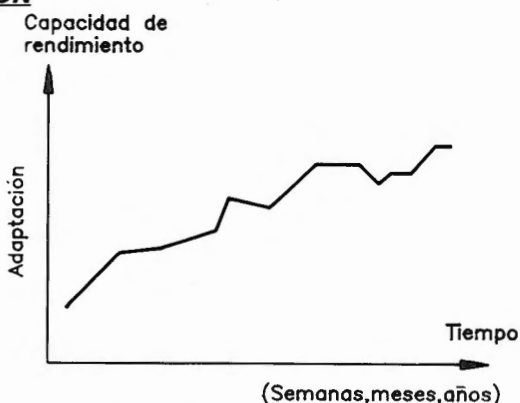


Figura 16.11 Evolución de la capacidad de rendimiento. Períodos de adaptación.

2.4. MODELOS DE PERIODIZACION ANUAL

- a) Periodización con una cima que alcanza el máximo rendimiento durante 3-10 semanas al año (deporte individual) (Fig. 16.12).
- b) Periodización con dos o más cimas (deportes de lucha).
- c) Periodización con un bloque competitivo de varios meses. Se utiliza en todos los deportes colectivos. Aquí se tiene en cuenta el nivel del equipo y las aspiraciones del mismo a lo largo de la temporada (Figs. 16.13 y 16.14). No es igual planificar para un equipo puntero, que para otro que tenga posibilidades de ascensos, mantenerse o esté inmerso en copas de Europa.

2.5. PRINCIPIOS DE CONTINUIDAD

Los períodos de inactividad deben reducirse lo más posible y procurar que estos sean activos. Cuando se está inactivo demasiado tiempo entre períodos de esfuerzo, se pierde el efecto de supercompensación, ejercido por la primera carga

Este principio se basa en la necesidad de la repetición de la acción para mejorar el rendimiento. Además, es necesario que las repeticiones y las recuperaciones sean óptimas.

La experiencia y la fisiología del ejercicio constatan que cuando unos esfuerzos se interrumpen por un período prolongado o son realizados sin continuidad, ni hay adaptación ni se entrena.

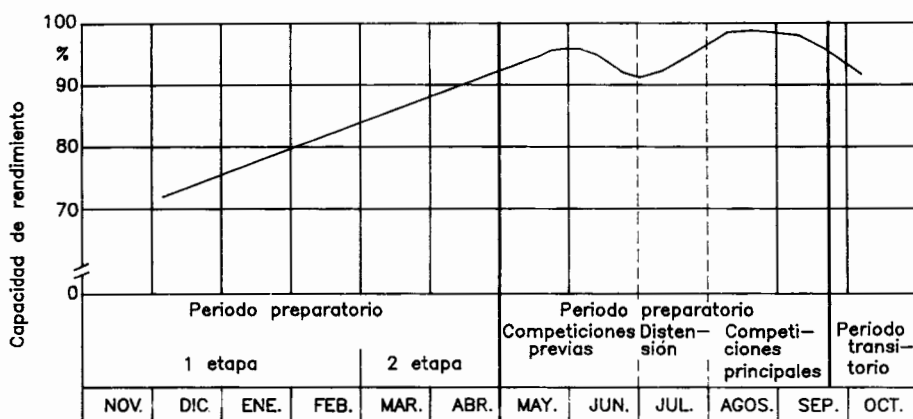


Figura 16.12 Ejemplo de periodización de deporte individual.

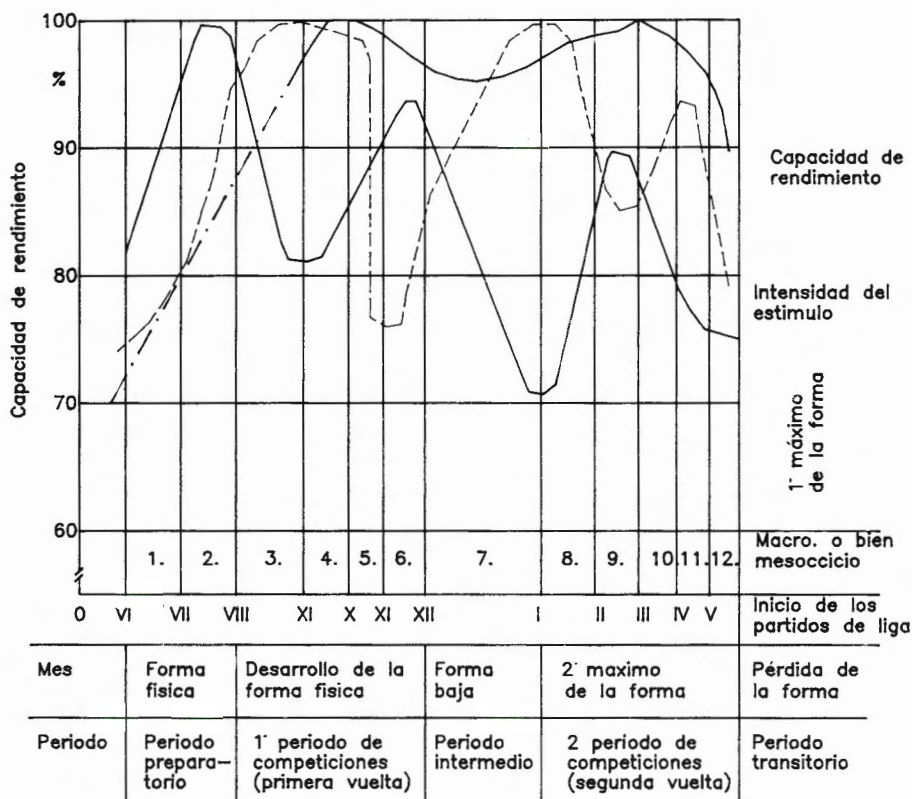


Figura 16.13 Periodización de deportes colectivos.

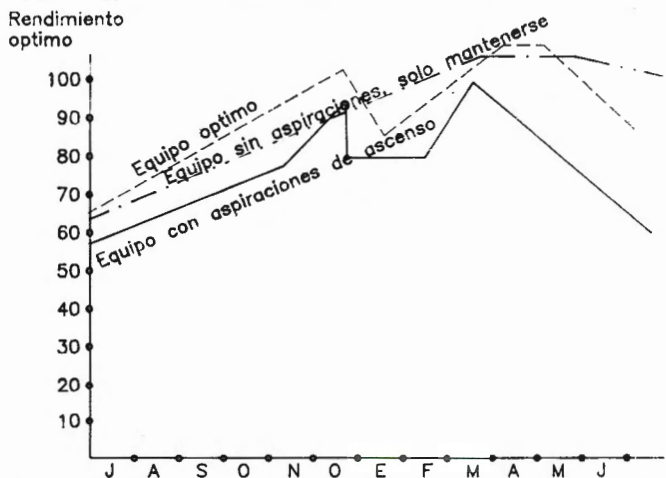


Figura 16.14 Periodización de equipos de diferente nivel competitivo.

Las adaptaciones técnicas son más estables que las físicas. La memoria motriz permanece al mismo tiempo que disminuyen las bases funcionales que permiten realizar esas acciones técnico-deportivas.

La adaptación definitiva sólo se alcanza cuando ha existido enriquecimiento en sustratos y se han producido cambios en sistemas funcionales (Vías metabólicas, sistema cardiocirculatorio, sistema respiratorio, sistema hormonal, etc.) El metabolismo se adapta 2-3 semanas aunque los cambios morfológicos requieren más tiempo, entre 4-6 semanas como mínimo. Sin embargo, las estructuras directoras y reguladoras del SNC necesitan meses para su adaptación.

2.6. PRINCIPIO DE LA ALTERNATIVA REGULADORA

Este principio trata de coordinar el entrenamiento técnico, con el de condición física, para alcanzar y mantener un nivel máximo de rendimiento.

El desarrollo de la condición física para aumentar el rendimiento se encuentra con no pocas dificultades, sobre todo, si se trata de deportes donde intervienen diferentes capacidades físicas con predominio de alguna, o con igualdad de todas. A este respecto y, en relación a una alternancia reguladora, podemos señalar lo siguiente:

- a) Los deportistas que necesitan resistencia aeróbica y anaeróbica, deben desarrollar la anaeróbica sobre una base aeróbica.
- b) Los que necesitan fuerza y resistencia las desarrollan de forma aislada y cuantitativa en un principio, para combinarla más tarde. Incidirá más hacia un lado u otro según cada deporte.



Figura 16.15 Sistema de entrenamiento en países del este europeo.

- c) Los deportistas que requieren velocidad de reacción, velocidad máxima acíclica y fuerza resistencia (local), las mejoran entrenándolas en primer lugar de forma aislada y, posteriormente combinándolas.
- d) Al desarrollar la fuerza, debemos tener presente realizar de forma conjunta ejercicios de agilidad y flexibilidad, pues un incremento grande de la masa corporal las perjudica y deteriora la técnica motriz.

En los deportes con gran requerimiento de condición física y habilidad motriz, se trabajará primero de forma independiente cada aspecto, para hacerlo después de forma combinada.

Existen siempre unas influencias positivas entre la técnica y la condición física. Una modificación de la condición física, requiere una readaptación motriz, debido a que el deportista ha sufrido un aumento del rendimiento físico.

En una sesión de entrenamiento se debe practicar primero la técnica y luego el trabajo físico, ya que el organismo debe de estar recuperado para asimilar los movimientos motrices.

2.7. PRINCIPIO DE DESARROLLO MULTILATERAL

Es necesario exponerse a un desarrollo multilateral con el fin de adquirir los fundamentos básicos para una especialización posterior. Con una preparación multifacética el deportista domina más acciones motrices y su rendimiento físico se alcanza desde el conjunto de las cualidades físicas, al mismo tiempo que el entrenamiento incide sobre los distintos órganos.

Los jugadores de deportes de equipo, deben ser atletas completos, pues las acciones que tienen que realizar van desde la resistencia a la velocidad, pasando por la fuerza y la flexibilidad (al mismo tiempo que tienen que saltar, correr, etc.).

Este principio es perfectamente útil y necesario en las primeras etapas del entrenamiento. A medida que va aumentando la especialidad deportiva, esta multilateralidad incide en menor medida, como ocurre en los deportes individuales, que precisan desarrollar cualidades muy específicas. Así, un atleta de 100 m., precisa que su entrenamiento incida sobre todo en la velocidad y la fuerza y menos sobre la resistencia.

La figura 16.15 nos ilustra un sistema de entrenamiento que es común en los países del este europeos.

La base de la pirámide, es considerada fundamental para cualquier programa de preparación. Cuando este desarrollo ha alcanzado un buen nivel, especialmente físico, el deportista entra en una segunda fase de desarrollo más especializado para posteriormente alcanzar cotas de rendimiento de alto nivel.

Según Bompa, el deportista debe alcanzar un desarrollo a nivel superior de todas las capacidades fisiológicas y morfológicas que se necesiten para ejercitar eficientemente un alto nivel de destreza técnica y táctica.

Este principio tiene una importancia crucial en niños y jóvenes. Pero como indica la figura a medida que va madurando el atleta y eleva el nivel de maestría deportiva, su entrenamiento debe tener una naturaleza más especializada.

La multilateralidad atañe a todos los factores de rendimiento, las capacidades motoras, las habilidades técnico-tácticas y a las cualidades psíquicas.

Un desarrollo unilateral dejaría de lado muchas capacidades y reduciendo un desarrollo general y específico futuro (Fig. 16.16).

2.8. PRINCIPIO DE LA INDIVIDUALIZACION

Cada sujeto responde de forma diferente al mismo estímulo porque tiene características distintas desde el punto de vista antropométrico, fisiológico, motor, psíquico, etc. Este principio exige que los ejercicios físicos, su forma, intensidad, duración, recuperación, etc. deben estar en correspondencia con el sexo, edad, preparación y cualidades de los practicantes. Si no se tienen en cuenta estas y otras características individuales es difícil alcanzar un elevado dominio deportivo.

Para estructurar el plan de entrenamiento se pueden seguir las siguientes normas:

- a) Analizar la capacidad de rendimiento y desarrollo de los deportistas teniendo en cuenta los factores que influyen en la carga individual: edad, tiempo de entrenamiento, capacidad individual de rendimiento y carga, estado de entrenamiento y de salud, carga total y posibilidad de recuperación y el sexo.
- b) Adaptar la carga externa a la capacidad individual del rendimiento del deportista, ya que por ejemplo es distinto entrenar a niños, jóvenes, adultos, etc.

Los niños y los adolescentes, tienen gran capacidad de adaptación y soportan una carga de entrenamiento relativamente alta.

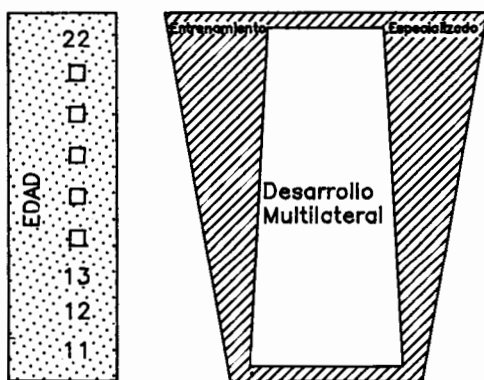


Figura 16.16 Principio de desarrollo multilateral.

El entrenamiento de los jóvenes, debe tener variedad debiendo existir un intercambio correcto entre la carga de entrenamiento y el descanso para facilitar la adaptación y dosificar cuidadosamente el volumen de carga, fuerza, resistencia y velocidad.

2.9. PRINCIPIO DE LA ESPECIALIZACION

Gran número de especialistas en rendimiento deportivo, consideran que hay que sentar unas bases sobre las cualidades físicas, para después y en un segundo nivel desarrollarlas en función de las particularidades de cada deporte o especialidad deportiva. Así la realización de ejercicios específicos de ese deporte, conducirá a alteraciones morfológicas y fisiológicas, relacionadas con la especialidad deportiva, estas adaptaciones también van encaminadas a aspectos técnicos, tácticos y psicológicos.

Tabla 16.3 *Edad de comienzo, especialización y máximo rendimiento en diferentes deportes.*

DEPORTE	PRACTICA DEL DEPORTE	ESPECIALIZACION	ALCANZAR MAXI- MOS RESULTADOS
ATLETISMO	10-12	13-14	18-23
BALONCESTO	7-8	10-12	20-25
BOXEO	13-14	15-16	20-25
CICLISMO	15-15	16-17	21-24
SLATOS	6-7	8-10	18-22
ESGRIMA	7-8	10-12	20-25
PATINAJE ARTISTICO	5-6	8-10	16-20
GIMNASIA (mujeres)	6-7	10-11	14-18
GIMNASIA (hombres)	6-7	12-14	18-24
REMO	12-14	16-18	22-24
ESQUI	6-7	10-11	20-24
FUTBOL	10-12	11-13	18-24
NATACIÓN	3-7	10-12	16-18
TENIS	6-8	12-14	22-25
VOLEIBOL	11-12	14-15	20-25
HALTEROFILIA	11-13	15-16	21-28
LUCHA	13-14	15-16	24-28

La especialización está basada en una sólida preparación multilateral, la cual va disminuyendo a medida que va aumentando de rendimiento del deportista.

En muchas ocasiones, el hecho de alcanzar buenos resultados a edades tempranas y obligar a los deportistas a trabajar con grandes cargas de entrenamiento, va en detrimento de que en la edad adulta pueda alcanzar mejores resultados, ya que han sido forzados distintos órganos y sistemas corporales que no estaban preparados para soportar esas cargas con comodidad, e incluso en algunos casos en perjuicio de la propia salud del deportista.

La relación entre el entrenamiento multilateral y especializado tiene que ser cuidadosamente planificado.

La edad media que se debe comenzar a entrenar un deporte y el tiempo en que uno puede comenzar su especialización, así como la edad donde se alcanzan sus máximos rendimientos se presentan en la tabla 16.3 de Bompa.

DR. A. CORDOVA

El deportista precisa de un control y seguimineto constante de su estado de salud y de su condición física. El ejercicio es un proceso en el cual se transforma la energía química en mecánica. La energía química la obtenemos por una serie de reacciones, conocidas como metabolismo. El organismo trabaja en condiciones basales, con una pequeña parte de la capacidad de sus órganos, los cuales disponen de una importante reserva funcional.

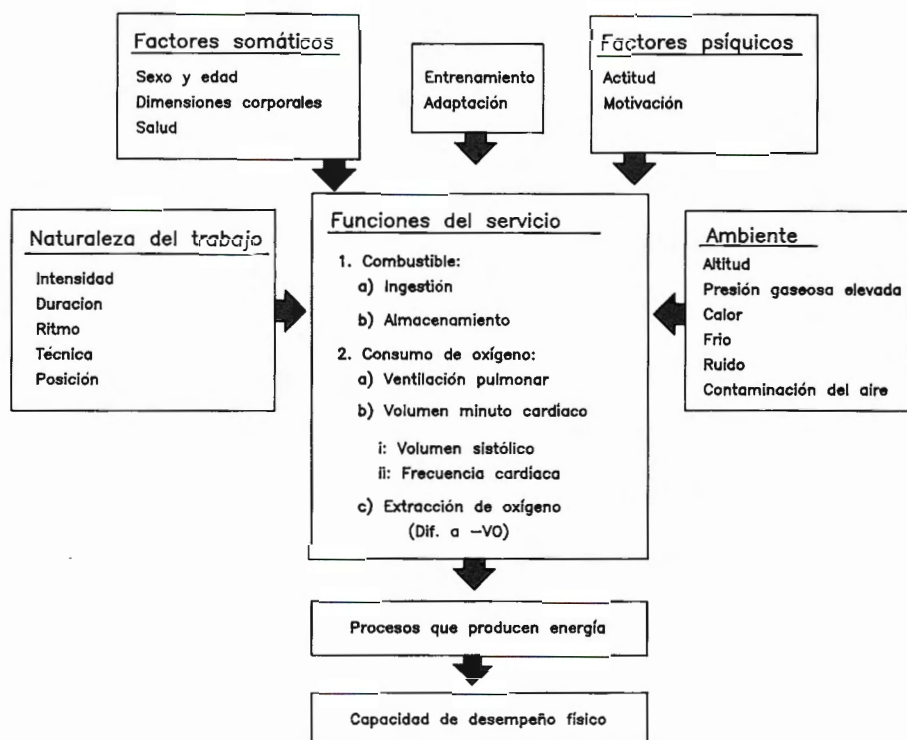


Figura 17.1 Factores que determinan el rendimiento deportivo.

El rendimiento deportivo es multifactorial, por lo que existen varios factores condicionantes que van a influir tanto en su expresión como en su valoración:

- a) Edad, sexo y morfotipo.
- b) Aspestos nutricionales.
- c) Factores energéticos: aeróbicos-anaeróbicos.
- d) Biomecánicos.
- e) Psicológicos.
- f) Tácticos.
- g) Nivel de entrenamiento.

En todos ellos hay un componente adquirido y uno genético. Este último puede llegar a representar hasta un 75%, lo que constituye una "tasa de herencia" en el rendimiento global muy elevado. En la valoración global de un deportista intervienen todos ellos. El objetivo prioritario es, no obstante, la valoración del metabolismo energético, del que dependerá en gran medida la realización de un esfuerzo.

En los ejercicios de breve duración, dicho aporte se realiza predominantemente por la vía metabólica anaeróbica, mientras que a medida que se prolonga el tiempo de práctica deportiva, aumenta progresivamente el porcentaje energético suministrado por la vía aeróbica, hallándose el punto de cruce alrededor de los 2 minutos, momento en el cual el aporte energético se realiza en un 50% por cada una de las vías.

Existen diferentes test para determinar la aptitud física y que vienen recogidos en la normativa EUROFIT de la Comunidad Europea. Estos test se expresan en la siguiente tabla (Tabla 17.1).

Tabla 17.1 Test Eurofit de aptitud física.

RESISTENCIA CARDIORESPIR.	RESISTENCIA CARDIORESPIRATORIA	NAVETTE BICICLETA ERGOMETRICA
FUERZA	FUERZA ESTATICA FUERZA EXPLOSIVA	DINAMOMETRIA MANUAL SEGUN TAMAÑO SALA
RESISTENCIA MUSCULAR	FUERZA FUNCIONAL FUERZA DEL TRONCO	SUSPENSION BRAZOS FLEXIONADOS EXTENSION DEL RAQUIS

1. ESTUDIO MEDICO

Antes de realizar cualquier prueba de laboratorio debemos realizar un valoración clínica exhaustiva del deportista, con el fin de descartar posibles patologías o anomalías que contraindiquen la actividad deportiva bien sea recreativa o de competición.

Entre las pruebas que nosotros realizamos al comienzo de la valoración incluimos las siguientes:

- a) Historia clínica. Se lleva a cabo una detallada y minuciosa anamnesis y exploración de todos los órganos y sistemas.
- b) Electrocardiografía de reposo. Siempre imprescindible antes de iniciar el trabajo en el laboratorio, pues nos da una gran cantidad de información relativa al corazón (elemento fundamental en el funcionamiento corporal).
- c) Espirometría estática y dinámica. Con ellas tenemos información acerca del estado y capacidad del sistema respiratorio.
- d) Analítica de sangre (bioquímica y hematológica) con el estudio de parámetros rutinarios en la práctica clínica.

Tras la realización y valoración de estas pruebas básicas en la práctica médica, planteamos el protocolo de valoración.

2. PRINCIPIOS PARA LA VALORACION FUNCIONAL

Antes de plantearnos la valoración de los deportistas, como primer axioma admitiremos que el trabajo deberá ser medible y reproducible. Las condiciones para el test deben ser tales que los resultados puedan compararse y repetirse, deberemos respetar idénticas condiciones ambientales y personales.

De acuerdo a la actividad desarrollada por el sujeto y la especialidad, diseñaremos el protocolo de trabajo. En nuestro laboratorio realizamos:

- a) Test para la valoración del metabolismo aeróbico.
- b) Test para la valoración del metabolismo anaeróbico.

2.1. VALORACION DE LA VIA AEROBICA

2.1.1. Potencia aeróbica máxima

El objetivo final será conocer el consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_2$ máx). Con ello obtenemos el volumen máximo de O_2 que puede ser consumido por un individuo y se expresa por unidad de tiempo y kg de peso (Fig. 17.2). Consta

de un componente central (gasto cardíaco) y de un componente periférico (extracción hística de O_2). El $\dot{V}O_2$ máx puede aumentar hasta veinte veces con el ejercicio, dependiendo de factores como el entrenamiento, la edad y el sexo (Fig. 17.3) (Tabla 17.2).

Figura 17.2 Relación entre el consumo de oxígeno y la potencia mecánica.

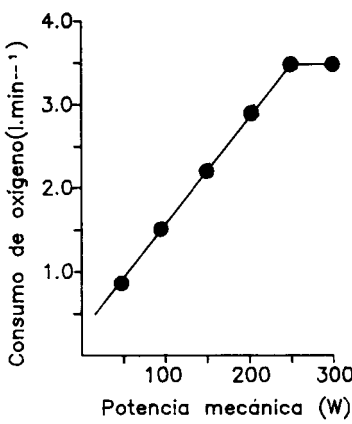
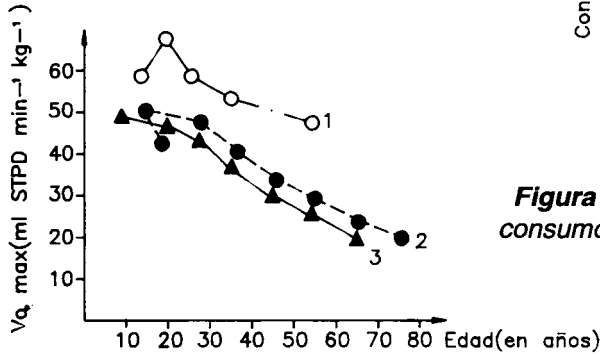


Figura 17.3 Evolución entre el consumo de oxígeno y la potencia mecánica.

Carga de trabajo		Consumo de oxígeno litros . min ⁻¹
Watts	Kpm . min ⁻¹	
50	300	0.9
100	600	1.5
150	900	2.1
200	1.200	2.8
250	1.500	3.5
300	1.800	4.2
350	2.100	5.0
400	2.400	5.7

Tabla 17.2 Evolución del consumo de oxígeno según la carga de trabajo aplicada.

El protocolo utilizado para su obtención deberá ser máximo, aunque a veces, y en función de las necesidades también se realizan tipos de ejercicios submáximos. Los ejercicios se realizarán en un cicloergómetro de acuerdo al siguiente protocolo:

- a) Test progresivo “triangular” comenzando con una carga de 30 vatios y aumentando cada 3 minutos 30 vatios hasta obtener su potencia máxima.
- b) Test constante “rectangular”, en el que el sujeto debe pedalear, con la carga máxima obtenida en el test progresivo triangular, al menos durante 8 minutos.
- c) Test en intervalos (interval-training) denominado “creneaux” que tiene una duración de 45 minutos y durante el cual se alternan bases de 4 minutos en las que se mantiene una carga del 50%, y picos de 1 minuto a la carga máxima (100%).

El rendimiento en estas pruebas es generalmente independiente de la fuerza, velocidad, tamaño corporal y destreza, con la excepción de pruebas especializadas como nadar, remar y patinar sobre hielo.

2.1.2. Resistencia aeróbica

La conoceremos mediante la obtención del “umbral anaeróbico”, término introducido por Wasserman en 1964 y descrito como “el nivel de trabajo justo por encima del cual se produce la acidosis metabólica”. Existen diversos métodos para su obtención que podemos dividir en:

- a) Directos o metabólicos. Utilizan como base el comportamiento del lactato en sangre, y a partir de los estudios realizados por Mader, donde terminaron la zona de 4 mmol/l, a partir de los cuales se acumula el lactato en sangre.
- b) Indirectos o respiratorios. Analizan los cambios producidos en la ventilación y el intercambio gaseoso. Los métodos ventilatorios se basan en los mecanismos de compensación respiratoria producida por la acidosis láctica.

De todas formas, existe gran correlación entre ambos métodos, según muchos estudios llevados a cabo. Los test de valoración de la vía aeróbica se realizan en ergómetro (tapiz rodante, cicloergómetro, etc.) y se deben cumplir ciertas condiciones antes de realizar los test:

- a) Preparación y motivación. Consiste en infundir confianza al deportista antes de realizar la prueba ergométrica, convenciéndole de que es agradable pero seria y muy importante.

- b) Uniformidad del método. Mínimas modificaciones, aunque parezcan insignificantes, pueden afectar a la ejecución del test, perdiendo la validez del mismo. Por ejemplo, no se tomarán comidas copiosas antes del test y preveer un intervalo mínimo de una hora; la sala debe tener una temperatura agradable (18-22°C); evitar realizar ejercicios pesados y duraderos el día anterior a la prueba; evitar perturbaciones como: ruidos, expectadores en la sala, etc.
- c) Consideraciones fisiológicas y psicológicas. Se deben atender unas mínimas normas higiénicas que favorecen la mejor ejecución y desarrollo de las pruebas. El sujeto deberá reposar unos 10 minutos antes de la prueba, evitará estados de excitación y ansiedad y no fumar al menos 2 horas antes de la prueba, etc.

2.1.3. Desarrollo de un test ergométrico progresivo

En nuestro laboratorio, se realiza en bicicleta ergométrica fija con freno mecánico. El sujeto se sienta en la bicicleta y se le conectan los electrodos electrocardiográficos de los miembros para obtener información continua sobre la evolución del ritmo cardíaco durante la prueba.

En el brazo se conecta el esfigmomanómetro para la determinación de la tensión arterial. El ergospiómetro se conecta a la boca del individuo y se le indica que respire con normalidad. Una vez hechas las pertinentes conexiones se inicia la prueba pedaleando durante 5 minutos con una carga de 30 watos para calentar, a partir del 5º minuto (pasado éste) se aumenta la carga en 30 watos cada 3 minutos (resgistrando el ECG y TA en cada escalón), hasta obtener la potencia máxima. Se considerará máximo cuando el individuo mantiene el último escalón, al menos durante 2 minutos. Al final del ejercicio el individuo alcanzará su frecuencia cardíaca máxima ($220 - \text{edad} \pm 5$).

Durante toda la prueba se mantendrá un ritmo de pedaleo constante por minuto, variaciones del ritmo tanto por arriba como por abajo hacen modificar la carga sostenida durante la prueba. Igualmente monitorizaremos la respiración con un analizador de gases respirados para registrar las variables de función respiratoria, lo que nos permitirá obtener el consumo máximo de oxígeno. Tras la finalización del ejercicio y a los 30 minutos de recuperación, realizaremos un nuevo registro electrocardiográfico, toma de tensión arterial y toma de muestras sanguíneas para llevar a cabo las determinaciones bioquímicas y hematológicas rutinarias y especiales en la valoración del deportista.

2. 2. VALORACION DE LA VIA ANAEROBICA

La valoración de la vía anaeróbica tiene algunos inconvenientes como: la dificultad para establecer fronteras entre el metabolismo aláctico y láctico, dificultad en algunos test para diferenciar claramente la potencia de la

capacidad. Queremos sentar como premisa clara que hablamos de test de potencia, siempre que no se excedan los dos minutos de ejercicio, y en caso de que el tiempo de trabajo sea igual o superior hablaremos de capacidad anaeróbica.

2.2.1. Test de potencia anaeróbica

- a) *Test de Wingate*. Consiste en la aplicación de una carga (45 g/kg de peso) y, previo calentamiento de 2 minutos, se debe pedalear hasta alcanzar la carga marcada. A partir de aquí se cronometran 30 segundos al máximo. El número de revoluciones se anota cada 5 segundos. Calculamos el trabajo mediante la fórmula:

$$\text{Trabajo (W)} = \text{kg de carga} \times \text{número de revoluciones} \times 6$$

Y obtenemos:

- Potencia anaeróbica: trabajo más alto llevado a cabo en cualquier período de 5 segundos.
- Capacidad anaeróbica: trabajo total en los 30 segundos.

Un problema importante de dicho test es la falta de valores normalizados para poblaciones en las que varíe de edad, sexo y condición atlética.

- b) *Test de Margaria-Kalamen*. Consiste en subir una escalera a velocidad máxima, previo una carrera inicial de 6 m. Los escalones de 17,5 cm se subirán de 3 en 3 y en los escalones 6 y 12 hay una célula fotoeléctrica que indica el inicio y el fin en segundos de este período.

$$W = F \times v = \text{kg} \times 9,812 \times h(\text{m})/t (\text{seg})$$

siendo: h: altura entre los escalones 6 y 12, y t: tiempo de recorrido.

- c) *Otros test*: test de Bosco, test de Schnabel-Keul, test de Schnabel-Kinderman

3. ESTUDIO DE LA FUERZA Y VALORACION DE LA FATIGA

La fuerza muscular, o más precisamente la fuerza o tensión máxima generada por un músculo (o varios grupos de músculos), se mide utilizando uno de los siguientes métodos:

- 1) Tensiometría.
- 2) Dinamometría.
- 3) Una repetición máxima o 1 RM.
- 4) Determinaciones computarizadas de la producción de fuerza y trabajo.

3. 1. TENSIOMETRIA POR CABLE

Se emplea para medir la fuerza muscular durante la extensión de la rodilla. Al aumentar la fuerza impuesta en el cable, el tubo por el que pasa éste es deprimido. Esto desvía la aguja e indica el valor de la fuerza de tiro de un músculo durante una contracción estática o isométrica en la que no hay esencialmente un cambio en la longitud externa del músculo. Nosotros lo evaluamos con un dinamómetro directamente.

3. 2. DINAMOMETRIA

Cuando se aplica una fuerza externa al dinamómetro se comprime un muelle de acero y la aguja es desplazada. Si se sabe cuánta fuerza hace falta para desplazar la aguja una distancia particular, se puede determinar exactamente cuanta fuerza externa "estática" ha sido aplicada al dinamómetro.

3.2.1. Potencia máxima del brazo (performancia del brazo).

Se coloca al individuo en decúbito supino, sobre una mesa estándar de rehabilitación y sujeto a la misma mediante una banda de presión acoplada a nivel de las espinas iliacas antero-superiores. Los muslos del paciente se encuentran en 70° de flexión y las piernas con una flexión de 120° a nivel de la articulación de la rodilla, de forma que se produce el apoyo plantar en la mesa de exploración.

El brazo de la extremidad superior que debe ser explorado, permanece en aducción de 6° y apoyado por su cara dorsal en el plano de la mesa de sustentación. El codo de dicha extremidad se dispone en 90° de flexión y la mano en actitud supinadora. Se acopla un brazalete de tracción de 8 cm de ancho y dispuesto a partir de la línea flexora palmar de la muñeca. El brazalete, mediante una cadena de fijación, se une al tractor del dinamómetro, de forma que en el momento de flexión, la línea de tracción constituida por el dinamómetro y el brazalete, incidan perpendicularmente sobre el antebrazo. El dinamómetro se dispone podálicamente con relación al paciente, acoplando la altura del mismo con relación a la mesa de exploración, mediante un cursor deslizante que nos permitirá ajustar dicha altura con la longitud del brazo de palanca del antebrazo.

En la posición descrita se invita al sujeto a efectuar una contracción máxima del bíceps, que quedará reflejada en el dinamómetro mediante aguja fija, expresando la fuerza desarrollada en kg. Se indica al individuo la conveniencia de efectuar dicha contracción de forma progresiva, evitando las tracciones súbitas y desordenadas. Después de una pausa de relajación, pero sin perder el contacto con el dispositivo de tracción, se repite la contracción máxima, aceptando los valores máximos obtenidos.

3.2.2. Medida de la resistencia (endurancia) del brazo.

Se coloca al individuo en sedestación en un banco, con el tronco erguido y apoyo biescapular. El antebrazo y brazo de la extremidad superior no dominante deben encontrarse en una actitud flexora de 90° y la mano en posición supinadora. En dirección proximal y a partir de la línea flexora de la muñeca, se ajusta un brazalete de tracción acoplado a un soporte de pesas que penderá perpendicularmente. En dicho soporte colocamos en kg el equivalente al 30% de la fuerza máxima flexora del brazo (30% de la fuerza obtenida en la performance del brazo), explorada anteriormente.

A partir del momento de la suspensión medimos el tiempo con un cronómetro hasta llegar a la situación de agotamiento, que nos lo indicará personalmente el individuo, cuantificando en segundos la resistencia de la musculatura flexora del brazo.

Los signos que nos permiten objetivar la fatiga son entre otros: las contracciones fibrilares de la musculatura braquial anterior, una progresiva contracción excéntrica del codo (el límite fijado en esta prueba son los 75° de flexión), taquicardia, aumento de la transpiración, enrojecimiento facial, etc.

La valoración de la respuesta cardiocirculatoria, frecuencia cardíaca y tensión arterial, frente a la prueba de esfuerzo expuesta anteriormente, (endurancia del brazo) se realiza mediante un estetoscopio y esfigmomanómetro. Las medidas basales corresponden a los valores obtenidos en sujetos en reposo y después de transcurridos un mínimo de 3 minutos desde el último cambio posicional. Se realiza un seguimiento de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, durante la prueba de resistencia de la endurancia del brazo.

En el momento de parar el cronómetro, que mide el tiempo de la endurancia del brazo y corresponde al grado máximo de fatiga, se determina la tensión arterial máxima y la frecuencia cardíaca, registrando sus valores junto a los basales.

La referencia para la frecuencia cardíaca que desarrolla el paciente en esta prueba la tomamos de: diferencia entre 220 y la edad del sujeto en años, que consideramos la frecuencia cardíaca máxima aconsejable, y junto a la información continuada del registro electrocardiográfico nos indicará el nivel de seguridad en el desarrollo de esta prueba de esfuerzo.

3.2.3. Potencia máxima de la mano (performance de la mano).

Se realiza mediante un dinamómetro manual hidráulico con capacidad de ajuste, en 5 posiciones diferentes, al dispositivo prensorial de la mano. De las dos abrazaderas del dinamómetro, la correspondiente a la eminencia tenar es fija, y la que debe acoplarse al dispositivo flexor interfalángico de los 4 últimos dedos es graduable.

Después de comprobar un perfecto acoplamiento mano dinamómetro, repetimos la prueba tres veces consecutivas mediante otros tantos apretones de mano, partiendo siempre de una relajación previa del aparato flexor, pero sin que el sujeto llegue a perder el contacto con el dinamómetro. El “apretón de mano” debe realizarse de forma suave y creciente hasta alcanzar su máximo, con una completa y pausada relajación entre las contracciones.

3.2.4. Fuerza extensora del raquis.

Se pone al individuo en bipedestación apoyando las regiones plantares en la plataforma del dinamómetro, con calzado plano, rodillas en extensión y tronco erguido. Tomando como referencias el trocánter mayor y el acromion, procuramos que dichos puntos óseos se encuentren en una vertical que sea paralela al plano dorsal de referencia. A partir de esta posición invitamos al sujeto a dejar flácidas las extremidades superiores y el conjunto articular biescapular, de forma que dichas extremidades penden relajadas, en vertical y delante del tronco; al mismo tiempo hay una posición flexora de cabeza-raquis cervical y raquis dorsal superior. Se invita al individuo a tomar fijamente la barra de tracción del dinamómetro, graduable mediante cadena a la altura y posición de las manos del paciente. Sin perder el contacto las regiones glúteas y lumbares del enfermo con el plano vertical de referencia, el explorado debe traccionar de forma gradual y ascendente hasta desarrollar la fuerza máxima cuyo cenit debe coincidir con la maniobra de Valsalva.

3. 3. UNA REPETICION MAXIMA (1-RM)

Un método dinámico de medir la fuerza muscular es el de realizar una repetición máxima o 1-RM. Esto se refiere a la cantidad máxima de peso levantado una vez con la forma correcta durante la ejecución de un ejercicio predeterminado de halterofilia. Para probar 1-RM en cualquier grupo o grupos musculares tales como los flexores del antebrazo, los extensores de las piernas o de los hombros, se selecciona un peso inicial apropiado que está cerca, pero por debajo, de la capacidad máxima de levantamiento. Si se completa una repetición, se añade peso al aparato que se está utilizando hasta que se alcance la capacidad máxima de levantamiento. Los incrementos de peso son normalmente de 5, 2 y 1 kg durante el período de medición. La técnica de 1-RM se utiliza generalmente con halteras y mancuernas pero también se puede administrar con la mayoría de las máquinas de pesas comerciales.

4. ESTUDIO METODOLOGICO DE LA FATIGA

La fatiga constituye un tema de investigación que incide en varias especialidades médicas y paramédicas: neurofisiología, rehabilitación, medicina física y deportiva, neumología, medicina legal, unidades de valoración de incapacidades, etc.

La visión conjunta e interdisciplinaria del tema resulta necesaria dada la gran cantidad de información que puede extraerse del análisis combinado de las diferentes metodologías del estudio de la fatiga. Las fuentes de información del estado funcional del sistema neuromuscular durante una contracción, pueden resumirse en tres apartados diferentes:

- a) Fuerza muscular, ya analizada anteriormente.
- b) Actividad mioeléctrica, a estudiar en biofísica.
- c) Bioquímica muscular.
- d) Análisis subjetivo.

4.1. CUANTIFICACION SUBJETIVA DE LA FATIGA

La fatiga que intentamos cuantificar es un síntoma subjetivo, disfórico y general que se presenta o aparece frente al trabajo habitual o actividad física ordinaria. Aquellas molestias que puedan limitar o impedir dicha actividad física o la disposición para el trabajo, que tengan su origen en alguna patología regional, deberemos analizarlas críticamente. Debe distinguirse con claridad entre el efecto fatigante general y la molestia invalidante parcial y pasajera que pudiese desvirtuar o interferir nuestra valoración.

La medida subjetiva de la fatiga se realiza mediante una escala gráfica diseñada al efecto y que responde a situaciones cotidianas que realiza el individuo:

5. ESTUDIO DEL ESTADO NUTRICIONAL

Brevemente, pues ya se estudia con detenimiento en otro capítulo de este libro, es importante conocer al menos las determinaciones bioquímicas y hematológicas necesarias para una buena evaluación del deportista. En este apartado sólo mencionaremos aquellas que nosotros podemos realizar en nuestro laboratorio, no siendo excluyentes el estudio de otros parámetros.

- Bioquímica: glucosa, urea, creatinina, ácido úrico, proteínas totales y proteinograma, minerales: tanto en suero como en eritrocitos, así como la fracción activa o ultrafiltrable. En sangre total: ácido láctico.

- Bioquímica especial: estado inmunitario (inmunidad humoral (inmunoglobulinas) y celular, proteínas reactivas de fase aguda (prealbúmina, proteína fijadora del retinol, fibronectina, alfa 1 glicoproteína ácida, alfa 1 antitripsina, transferrina, ceruloplasmina, alfa 2 macroglobulina).

- Estudio Hematológico: en sangre total de las células sanguíneas, hemoglobina, hematocrito e índices hematológicos.

DR. J.C. MARCO

Un entrenador debe de conocer bien las posibilidades reales de sus deportistas. Es norma muy extendida que el entrenador analiza exhaustivamente las posibilidades físicas de sus jugadores, sus habilidades técnicas y sus estrategias.

Es imprescindible para un buen entrenador incluir dos dimensiones más a su trabajo (Fig. 18.1).

- a) **El estado médico** de sus deportistas, midiendo su potencial real con pruebas de esfuerzo y técnicas avanzadas de fisiología deportiva.
- b) **El estado psicológico** de sus deportistas. Para ello debe de profundizar en la personalidad del jugador y en sus estados emocionales, que pueden cambiar considerablemente de un entrenamiento al momento de competición, especialmente si ésta es de élite.

Existe una tercera dimensión que me parece muy importante incluir también aquí. El preparador debe de **conocer las interacciones que pueden generarse entre los integrantes de un grupo** y cómo mejorar las relaciones entre ellos para mejorar sus rendimientos.

RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA

CAPACIDADES FISICAS

ESTADO DE SALUD EN EJERCICIO DE ELITE

ESTADO PSICOLOGICO

PERSONALIDAD

ESTADO DE ANIMO

MOTIVACION

INTERACCIONES CON EL EQUIPO

Figura 18.1 Aspectos del deportista a tener en cuenta por el entrenador.

Es necesario tener muy presente que un deportista no va a rendir exclusivamente ni directamente, en función de su potencial fisiológico. El deportista va a dar de sí en función de su motivación personal, de su personalidad, de la prioridad que tenga en su escala de valores, de su estado emocional, y de la valoración que el mismo realice de sus actuaciones.

En un capítulo anterior hemos expuesto la importancia de la motivación, sus significados y la necesidad de incrementarla progresivamente con el estímulo entusiasta, pero realista de su preparador. En este capítulo nos vamos a centrar en otros aspectos de la psicología del deportista.

La relación existente entre la psicología del deporte y la ciencia del deporte ha evolucionado en relación directa a tres factores. En primer lugar a la generalización de la práctica deportiva en toda la población y a la competición de élite, que obliga a elaborar complejos sistemas de entrenamiento y preparación del deportista. En segundo lugar la psicología ha ido avanzando como ciencia, perfeccionando sus técnicas de exploración psicológica, diseñando más completos test psicométricos y conociendo mejor la personalidad de los sujetos a estudio. Un tercer factor decisivo ha sido el desarrollo de la ciencia del deporte. Cada vez se consiguen materiales deportivos que mejoran los rendimientos de quienes los practican. Desde zapatillas especiales a bicicletas menos pesadas, aerodinámicas y de muy escaso rozamiento. Estos ejemplos sirven para ilustrar un complejo mundo de técnicas e industria desarrollada en torno al mundo deportivo.

2. PERSONALIDAD

2.1. CONCEPTO

El entrenador de un deportista debe de conocer desde el punto de vista psicológico la forma de ser del sujeto (no sólo su capacidad o potencial físico). Cada uno de las personas que entrene es diferente de los demás. Por este motivo no valen los mismos sistemas de entrenamiento, ni de motivación para un deportista que para otro. Es preciso profundizar en el significado del concepto “personalidad”.

Etimológicamente procede del término latino “persona” que significa **máscara de teatro, apariencia, comportamiento perceptible**.

El sujeto con su forma de ser o de estar ejerce diversas **interacciones con los demás**, produciendo un cierto efecto e impresión en los otros. Personalidad vendría a ser en este sentido “el efecto total (la suma de todos los efectos) ejercido por un individuo sobre la sociedad”.

La acepción popular del término presente en anuncios y libros de divulgación, resalta el valor de eficacia o atracción social del individuo. En esta línea,

personalidad es un conjunto de cualidades que resulta socialmente eficaz y agradable.

Aunque la única forma de conocer a los demás es a través de los efectos que nos provocan, es preciso reseñar que esta definición resulta insuficiente.

Para Sheldon y Evans personalidad es una “organización dinámica de los aspectos cognitivos, afectivos, conativos, fisiológicos y morfológicos del individuo, con un desarrollo y estructuración progresiva”.

Esta definición es preciso analizarla en sus componentes. Cualquier valoración que realicemos de un deportista deberá explorar con cierto rigor los siguientes parámetros:

El elemento cognoscitivo, es decir como piensa el deportista, cuales son sus inquietudes, sus expectativas, el grado de confianza que tiene en sí mismo y en sus posibilidades de superación y de éxito, la valoración que es capaz de hacer de sus triunfos y de sus derrotas. El puesto que ocupa en su escala de valores la actividad profesional e incluso el grado de implicación en su proyecto vital.

Un segundo elemento a estudiar es su mundo emocional. ¿Cuál es el grado de estabilidad emocional? ¿es muy influenciable por las opiniones del entorno? ¿Es muy visceral? ¿Es irritable? por el contrario es capaz de ejercer un control sobre sus emociones en momentos decisivos? ¿Se desanima fácilmente? ¿Se crece en la adversidad? ¿Necesita continuamente el reconocimiento y estímulo de su entrenador o de su gente para mantener los “ánimos altos”?

Un tercer elemento es el componente conativo o tendencial reactivo. ¿Como tiende a reaccionar el deportista en situaciones concretas? ¿Cual es su conducta previsible? ¿Cuales son los comportamientos esperables frente a determinadas circunstancias?

Estas tres dimensiones de la personalidad han de ser tenidas en cuenta por el preparador físico o entrenador, si quiere conocer realmente con quién esta trabajando y si quiere sacar un mayor rendimiento a las capacidades físicas de su deportista. (completando así la definición de personalidad en sus componentes fisiológicos y morfológicos anteriormente descrita.)

Existen otras definiciones que pueden completar la idea de personalidad expuesta. Algunos consideran que existe una estructura interna de la persona que constituye su “verdadera naturaleza” o personalidad. Sería una entidad objetivable (diferente a la cultura o percepción social), dinámica y base del respeto que merece todo individuo.

Otro autor la define como “La organización dinámica en el interior del individuo, de los sistemas psicofísicos que determinan su conducta y su pensamiento característicos”.

2.2. Teorías de la personalidad.

Cuando queremos valorar la personalidad de un deportista podemos aproximarnos al estudio de la misma de dos grandes formas:

2.2.1. Ideográfica: Considera al ser humano como un ser único e irrepetible. No puede utilizarse con él ningún sistema de clasificación y quedan por tanto fuera de lugar las comparaciones entre individuos. El azar y la espontaneidad dominan los fenómenos humanos y cada persona es un proyecto inacabado en continuo cambio. Desde esta perspectiva se estudia al hombre entre otras, en las escuelas psicológicas existencialista, fenomenológica y psicoanalítica.

2.2.2. Nomotética: Parte de la hipótesis de que existe un considerable grado de uniformidad, constancia y regularidad en los procesos psicológicos. Pretende encontrar dimensiones o parámetros comunes a todas las personas. A este último gran grupo corresponderían las teorías de los rasgos y las de tipos que vamos a explicar en los siguientes puntos.

2.3. TEORIA DE LOS RASGOS

2.3.1. Definición de rasgos. En la vida cotidiana las personas usan espontáneamente los términos de rasgo. Términos como agresivo, temeroso, desesperado, sumiso... Inicialmente usadas como descripciones (“fulano se comporta como un perezoso”), pasan a extenderse a toda la persona (“fulano es perezoso”), e incluso hacen una abstracción del tipo “fulano tiene una disposición perezosa”, “a fulano le falta motivación”.

Basado en el sentido común, se acepta que la personalidad puede ser descrita en términos de rasgos. **Rasgo es lo característico de un individuo que puede ser observado y medido.** Guilford lo define como “**Cualquier forma discernible y relativamente constante en que un individuo se diferencia de otro**”

Los **rasgos** son dimensiones continuas. Los extremos los ocuparían los rasgos más puros y opuestos y entre ellos estarían todos los posibles matices intermedios (ejemplo: Dominancia - sumisión; obstinación - inestabilidad). En esta “continuum” pueden ordenarse en forma cuantitativa las diferencias individuales de acuerdo con la cantidad de atributo que el individuo tenga.

Tienen como finalidad **explicar las similitudes comportamentales que se aprecian dentro de las personas y las diferencias, mantenidas y constantes, que se aprecian en ellas respecto a sus respuestas ante los mismos estímulos** (situaciones). Tres son los autores que más han profundizado en esta teoría: Allport, Catell y Eysenck.

2.3.2. Gordon Allport. Considera a los rasgos como tendencias o disposiciones determinantes a emitir una respuesta. Son de relativa generalidad: unifican respuestas ante diversos estímulos (Tabla 18.1).

Estímulo	Rasgo	Respuesta
Conocer a un extraño	Comunicativo,	Grato
Trabajar con compañeros	Cooperativo,	Alentador
Visitar a la familia	Amistad	Cálido, interesado
Salir con una chica	Atento	Cortés

Tabla 18.1 Rasgos y tendencias a dar una respuesta

Los rasgos podrían ser **cardinales** influyendo en casi todos los aspectos de la conducta (ejemplo las expectativas de logro); **rasgos centrales** que están bajo la influencia de los anteriores; **rasgos secundarios o disposiciones** que son más estrechos y específicos. La estructura básica de la personalidad es su patrón de disposiciones o rasgos y serían fundamentales para comprender su comportamiento. Cada persona, siguiendo a este autor también sería singular y diferente, peculiar. Cada rasgo tiene características personales, por lo que se ha de estudiar cada sujeto sin tender a comparaciones entre la gente.

2.3.3. R.B. Catell. Introduce alguna modificación en el concepto de rasgo definiéndolo como una “estructura, mental” inferida a partir de la conducta, que explica la regularidad o uniformidad conductual”. Este autor con complejas correlaciones estadísticas y análisis factorial llega a determinar los rasgos fuente y los rasgos superficiales. Se pretende así dar un soporte metodológico riguroso y científico al estudio de la personalidad y en esa línea ha desarrollado un cuestionario el “16PF” que describiremos posteriormente.

2.3.4. H.J. Eysenck. Desarrolla el Cuestionario de Personalidad de Eysenck (EPQ) y propone dos dimensiones de la personalidad:

- Introversión Extroversión
- Estabilidad emocional Neuroticismo

2.4.- TEORIA DE LOS TIPOS

La **teoría de tipos** era la segunda gran forma de abordar la personalidad del deportista y de cualquier persona desde una perspectiva nomotética. Se

entiende por tipo “**Un criterio de ordenación basado en la presencia o no, o en el grado de intensidad de determinadas características**”.

Esta teoría genera las tipologías constitucionales que vamos a desarrollar porque consideramos aporta información interesante para poder decir “como es un deportista” “cuales son sus características concretas que lo definen” y “cual es su forma de ser”.

2.4.1. Tipología morfológica (Kretschmer).

Basándose en la **observación de pacientes** con determinadas enfermedades psiquiátricas como son la psicosis maniaco-depresiva y la esquizofrenia, encontró ciertos atributos físicos que eran uniformes. Así por ejemplo señaló que los primeros parecían tener un tipo corporal pesado (“pícnico”) y los segundos un cuerpo delgado (“asténicos”). Dichos **resultados los extrapoló primero a los familiares de los pacientes y después a la población general dándole ciertos nombres técnicos**. Consideraba que la morfología o forma externa del sujeto, guardaba cierta relación con su forma de ser. Así el tipo corporal pícnico guardaría relación con el Sancho Panza de la obra “El quijote”, mientras que el asténico sería el que reproduciría la delgada figura de D. Quijote en esta maravillosa obra de Cervantes. Las características psicológicas que acompañarían a cada uno serían las siguientes (Tabla 18.2):

Figura 16.15 Sistema de entrenamiento en países del este europeo.

TIPO CORPORAL	PICNICO	ASTENICO	ATLETICO
MORFOTIPO	CICLOTIMICO	ESQUIZOTIMICO	ENEQUETICO
SOCIEDAD	ESPONTANEO NATURAL	FRIO, FORMALISTA	ADHERENTE
GRUPO	SERVICIAL NATURAL	RETRAIDO	PROLIJO
PENSAMIENTO	PRACTICO	RIGIDO	LENTO
ACCION	FRANCA	MUTISMO	APROPIADA
VITALIDAD	ALTA	ESCASA	NORMAL

2.4.2. Tipología psicofisiológica de Pavlov. Paulov a partir de la experimentación animal diseñó una clasificación común a personas y animales diferenciándolos en cuatro tipos: **Equilibrado** que reacciona de forma adecuada y discrimina bien los estímulos; **excitable** que adquiere con facilidad hábitos activos; **inhibido** opuesto al excitable y el **inerte** con tendencia a no alterarse nunca y a costarle mucho motivarle.

2.4.3. Tipología psicológica de Spranger. Considera que **el carácter de las personas es un conjunto de actos y vivencias referidos a la cultura**. Dividiendo artificiosamente la cultura, se describen los siguientes caracteres:

- a) **Hombre teórico:** considera al mundo que le rodea como objeto de **conocimiento**
- b) **Hombre económico:** el mundo que le rodea es un conjunto de bienes materiales, de utilidad o no utilidad. En todas las situaciones vitales antepone el valor de **utilidad**.
- c) **Hombre estético:** se entrega a su intimidad y sentimientos. El mundo que le rodea es un mundo “consentido” al que se **entrega pasiva y emocionalmente**.
- d) **Hombre social:** ante el otro adopta una postura de simpatía, un **impulso de entrega a los demás**.
- e) **Hombre político:** ante el otro adopta una postura de **poder**, deseo de superar a los demás.
- f) **Hombre religioso:** el mundo es ante todo trascendente y ético. El mundo y la vida está dotado de sentido hacia un supremo valor espiritual.

Si conocemos el carácter que predomina en nuestro deportista, tenemos la clave para saber como motivarle más y mejor, insistiendo en aquellos aspectos que son más inherentes a su persona o que pueden sacar lo mejor de sí.

2.4.4. Tipología psicosocial de Jung.

Jung partiendo de una base teórica psicoanalítica, considera que la **energía instintiva o libido** del individuo, puede dirigirse hacia el mundo exterior y los objetos (extrovertido) o por el contrario hacia el mundo interior, hacia sí mismo (introvertido). Partiendo de este supuesto teórico y considerando que las **funciones psicológicas fundamentales** son cuatro, describe los tipos de personalidad:

- El pensar Reflexivo
- El sentir Sentimental
- El percibir Perceptivo
- El intuir Intuitivo

A su vez cada uno de los cuatro tipos puede ser extrovertido e introvertido quedando constituida la tipología jungiana en 8 tipos. (Ejemplo: Reflexivo introvertido, perceptivo extrovertido, etc.).

2.4.5. Tipología clínica de K. Schneider. Este autor realiza una descripción con sintomatología clínica y con matices patológicos, aunque lo exponemos para completar este apartado:

- a) Hipertímico o hipomaniaco: humor exaltado, euforia hiperactividad.

- b) Depresivo: humor tendente a la depresión y dolor moral. Estado permanente.
- c) Inquieto: intranquilo.
- d) Sensitivo: hipersensibilidad para todas las experiencias vividas, sin capacidad de descarga
- e) Anancástico: con ideas obsesivo-compulsivas
- f) Fanático: rigidez, hipertrofia del yo.
- g) Histeroide, histriónico: tipo con necesidad de reconocimiento y estimación continua, de expresión ruidosa superficialidad de sentimientos
- h) Inestable: humor cambiante, que ocasiona inestabilidad social
- i) Explosivo: reacciones emocionales "en cortocircuito", violento, impulsivo.
- j) Apático: insensibilidad y frialdad afectiva
- k) Abúlico: muy influenciable en su conducta, de voluntad maleable.
- l) Asténico o psicasténico: Persona siempre cansada ante el mínimo esfuerzo.

3. EVALUACION DE LA PERSONALIDAD

Hemos expuesto un marco teórico de referencia para conocer las posibilidades existentes de estudiar la personalidad. Es preciso ahora aterrizar en el terreno de lo concreto, presentando los tests más utilizados. La valoración de la personalidad puede realizarse con test proyectivos o con test psicométricos.

3.1. TEST PROYECTIVOS

Parten de una concepción psicodinámica de la personalidad.

Utiliza el mecanismo de defensa conocido en el nombre de proyección para provocar la respuesta del sujeto al estímulo del test. Se basa este mecanismo psicológico en **proyectar al exterior procesos internos**, hay un desplazamiento inconsciente de impulsos, instintos, sentimientos, faltas, culpas, etc., que son propios y que se dirigen hacia otras personas, situaciones u objetos.

El investigador descubriría por los contenidos proyectados en los materiales del test las características, los problemas, las necesidades del sujeto.

Estos test dan una visión global de la personalidad, si bien su uso queda restringido al área de descripciones psicoanalíticas de la personalidad. Su interpretación es compleja, por lo que sólo lo pueden hacer con garantías

psiquiatras y psicólogos con notable formación en este campo. Son entre otros el Test de Rorschach o de manchas de tinta y el Test de Apercepción Temática (TAT), diseñado por Morgan y Murray en 1930. Estos test se caracterizan por tratar de resolver tareas ambiguas (ver algo partiendo de elementos simples), existe total libertad en la respuesta y a partir de este material se revelan contenidos inconscientes. Con estos test se abarcan multitud de aspectos y dimensiones de la personalidad, aunque no están exentos de cierto grado de subjetividad. El psicoanalista elabora las respuestas y hace inferencias sobre la personalidad y conducta futura del sujeto. Cada explorador tiene sus propias elaboraciones, por lo que existe escasa fiabilidad interexaminadores.

3.2. TEST PSICOMETRICOS DE PERSONALIDAD

Los test de personalidad más utilizados son el 16 PF de Catell y el MMPI.

Expondremos las características técnicas del 16 PF. Es original de Catell (Illinois, U.S.A.) y ha sido adaptado en nuestro medio por TEA ediciones.

Consta de 187 preguntas con tres posibles respuestas. Estas preguntas saturan en 16 factores de personalidad. Evalúa 16 dimensiones, funcionalmente independientes y psicológicamente significativas, tanto en sujetos normales como en pacientes clínicos. Así por ejemplo, el factor A mide la dimensión **sizotimia** (reservado, alejado, aislado), **afectotimia** (abierto, afectuoso, sereno y participativo). El factor C mide **poca fuerza del ego** (poco estable emocionalmente, fácil perturbación) **mucha fuerza del ego** (emocionalmente estable, maduro, tranquilo, etc.)

Así hasta 16 factores que podemos estudiar en el Manual de Tea Ediciones.

Con toda esta información y en función de las puntuaciones obtenidas en cada uno de los factores, se obtiene un perfil de personalidad que es distinto para cada persona.

Estos factores de personalidad, se enmarcan en un concepto más amplio de la teoría de la personalidad, que en alguna medida hemos reseñado en un apartado anterior.

Se puede administrar de forma individual o colectiva a sujetos con más de 16 años. Dura entre 45 y 50 minutos su aplicación.

Se define como un "instrumento de valoración objetiva de la personalidad".

Este cuestionario de personalidad ha sido utilizado por el Comité Olímpico Español y el Consejo superior de Deportes. Nosotros lo hemos administrado en el estudio de los jugadores de Voleibol de Soria y los de fútbol del Numancia.

4. EVALUACION DEL ESTADO DE ANIMO

4.1. INTRODUCCION

Cualquier deportista con independencia de la personalidad que tenga puede pasar por momentos de desaliento y tristeza, así como por estados de alegría y euforia. No es por tanto suficiente (aunque si imprescindible) conocer la personalidad del practicante de algún deporte. Necesitamos conocer el momento de ánimo en que se encuentra. Este hecho puede facilitar la optimización de su capacidad física. A este planteamiento general, es preciso añadir que un deportista de élite esta sometido a mayor grado de tensión emocional por los niveles de exigencia a los que se ve sometido. Incluso a lo largo de un partido (de tenis, de fútbol) o en momentos diferentes de una carrera (de ciclismo, de fondo) puede pasar por diversos momentos afectivos y cualquier lector que haya practicado algún deporte comprenderá perfectamente este extremo.

Se hace preciso disponer de escalas o tests psicológicos que puedan darnos información relevante al respecto, además de las preguntas directas que el entrenador debe de realizar para detectar “la moral del equipo o jugador” en determinados momentos. Expondremos brevemente algunos de ellos y remitiremos a la bibliografía para aquellos profesionales que quieran profundizar sobre el tema.

4.2. CUESTIONARIO DE SALUD GENERAL DE GOLDBERG. G.H.Q.- 28 ITEMS

Es un sencillo cuestionario original de Goldberg y colaboradores. En su versión española ha sido validada por Lobo y consta de 28 items con cuatro posibles respuestas.

Permite detectar la existencia o no de “malestar psíquico significativo” siendo útil para evidenciar “casos” psiquiátricos sobre todo “menores”.

Consta a su vez de 4 sub-escalas. La escala A evalúa los síntomas somáticos de origen psicológico. La escala B detecta angustia/ansiedad. La escala C objetiva disfunción social en las actividades cotidianas. Por último la escala D cuantifica depresión.

Su administración es muy sencilla y se requiere un tiempo para completarlo de 3 a 5 minutos. También es muy fácil su corrección.

4.2. CUESTIONARIO DE ANSIEDAD ESTADO/RASGO: STAI

Su nombre original es “State-Trait Anxiety Inventory (Self Evaluation Questionnaire)”. Sus autores fueron Spielberg, Gorsuch y Lushene y se diseñó en Palo Alto, California.

Ha sido adaptado a nuestro medio por TEA ediciones. Cuesta aplicarlo 15 minutos y va dirigido a adolescentes y adultos.

Este cuestionario mide dos conceptos independientes: **ansiedad estado** y **ansiedad rasgo**.

La **ansiedad-estado** hace referencia a una situación puntual a una situación emocional transitoria del sujeto. Valora como se encuentra en el momento de rellenar este cuestionario

La **ansiedad-rasgo** mide la forma habitual de ser de el sujeto que contesta a los diversos items. Es la manera en que tiende a comportarse normalmente, no en el instante en que rellena el test.

Este cuestionario es también utilizado por el Comité Olímpico Español y el Consejo Superior de Deportes. Nosotros lo hemos administrado en el estudio de los jugadores de Voleibol de Soria y los de fútbol del Numancia.

4.3. OTROS CUESTIONARIOS

Existen otros muchos cuestionarios para evaluación de los estados de ánimo. Su descripción pormenorizada desbordaría los objetivos del presente trabajo. No obstante citaremos algunos. Para valorar la Depresión tenemos el Cuestionario de ZUNG-CONDE, y la Escala de Depresión-Ansiedad de Hamilton. Hay así mismo un libro de Escalas de evaluación en los trastornos angustiosos y depresivos al que puede recurrirse para profundizar en este terreno.

Un capítulo a parte merecería el estudiar la importancia de la interacción entre los miembros de un equipo, las leyes que rigen el grupo y el conocimiento de las mismas para obtener mayor eficacia en el deporte en equipo pero superaría el propósito del presente trabajo.

Estamos convencidos que la aplicación sistemática de estos cuestionarios de valoración psicológica del deportista, así como el conocer en profundidad su personalidad facilitaría notablemente la mejor relación con su entrenador y lo que es más interesante, llevaría a los deportistas, a un mejor rendimiento físico y a mayores éxitos deportivos.

DRA. LUCIA PEREZ-GALLARDO

Actualmente nadie discute que el estado nutricional influye directamente en la salud y en el bienestar ya que, cuando se encuentra alterado afecta negativamente la capacidad de rendimiento físico, mental y social.

Es bastante habitual que los entrenadores y los propios deportistas, sólo se ocupen de una buena alimentación durante la temporada deportiva sin darse cuenta de que, para lograr un rendimiento atlético efectivo, resulta esencial alimentarse correctamente en todo momento. Para los deportistas que se dedican a la competición y son primeras figuras, el objetivo es mejorar sus marcas; para los aficionados que practican deporte por pasatiempo o con la idea de mejorar su salud o su figura, el objetivo es alimentarse adecuadamente según sus necesidades, evitando tanto las carencias como los excesos.

Cuando la alimentación está mal balanceada o es deficiente, el organismo sufre alteraciones bioquímicas y fisiológicas en el periodo inicial, a las que se añaden cambios patológicos, con o sin manifestaciones clínicas en estados más avanzados.

Para conocer el estado nutricional de un individuo o de un grupo de población se han diseñado diversas técnicas mediante las que se obtienen una serie de medidas u observaciones que luego se comparan con las correspondientes a grupos de individuos sanos, estudiados previamente, y que han sido adoptadas como patrones de normalidad.

Una valoración nutricional es un concepto apoyado en unas valoraciones, dietéticas, antropométricas, bioquímicas e inmunológicas que han de considerarse en conjunto. Nunca un simple parámetro individual nos debe hacer tomar una decisión tan importante, como es una nutrición terapéutica. De lo contrario, podría ocurrirnos como al Dr. Albert Behnke, quien al realizar un estudio con 25 jugadores de fútbol americano, observó que 17 de ellos no eran aptos para el servicio militar porque presentaban sobrepeso. Una cuidadosa evaluación de la composición corporal de cada jugador reveló, sin embargo, que el peso considerado excesivo se debía principalmente a la hipertrofia muscular. Esto quiere decir, que el hecho de estar por encima de algún peso

corporal “medio” o “ideal” basado solamente en los cuadros de peso y altura no debería dictar necesariamente la necesidad de seguir un régimen para perder peso.

Los estudios nutricionales directos se pueden realizar desde distintos puntos de vista: a) Estudios dietéticos; b) Medidas antropométricas; c) Examen clínico nutricional; d) Estudios bioquímicos; e) Estudios inmunológicos.

1. ESTUDIOS DIETETICOS

El propósito de los estudios dietéticos es determinar cualitativa o cuantitativamente los alimentos que constituyen la dieta de un grupo de población o de un individuo. Existen distintos métodos para realizar este tipo de estudio entre los que destacan: el de registro diario, el de recordatorio y el de inventario.

1.1. REGISTRO DIARIO

Consiste en medir la cantidad de alimento que el grupo de población o el individuo consume en cada una de las comidas, estimando dichas cantidades o pesándolas directamente con balanzas adecuadas. Como los menus de un individuo o grupo varían constantemente casi siempre se realiza este tipo de estudio durante varios días para obtener el promedio de consumo de alimentos/persona /día.

Al contar con las cantidades de alimentos que una persona o grupo consume diariamente, se calcula su aporte nutritivo (Kcalorías, proteínas, minerales y vitaminas), utilizando cuadros de composición de alimentos que dan el contenido de esas sustancias en cada alimento existente en la región. Se obtiene, de esa forma, la cantidad de calorías y demás nutrientes que la persona consume por día, y que puede compararse con las cantidades que se recomiendan para mantener a un individuo en buen estado de salud.

Si al comparar el consumo con lo recomendado la ingestión es muy inferior, se puede pensar en alguna deficiencia dietética, que podrá ser comprobada posteriormente por medio de estudios clínicos y bioquímicos.

1.2. RECORDATORIO

Consiste en obtener las cantidades de alimentos consumidas por un grupo o un individuo basándose en lo que se recuerda sobre el día o la semana anterior a la entrevista con la persona que realiza la investigación. Cuando este método abarca periodos de más de 24 h, se le da el nombre de “historia dietética”, que es utilizada frecuentemente por los médicos en la clínica.

1.3. INVENTARIO

Se obtiene una lista de alimentos consumidos por el grupo o el individuo durante un periodo determinado. Aunque este método es más fácil, los resultados no son tan exactos como los que se obtienen por el método de registro diario, especialmente si se desea obtener datos más precisos.

2. MEDIDAS ANTROPOMETRICAS

Para que el organismo alcance su potencial genético máximo de crecimiento y desarrollo, se necesita un aporte adecuado de nutrientes.

Hay varias medidas del cuerpo que dan información adecuada para estudios nutricionales. Las más útiles y de fácil aplicación son las medidas de estatura, peso, grueso del panículo adiposo y circunferencias en diversas áreas del cuerpo. Además habrá que tener en cuenta la edad y el sexo del individuo explorado.

Con estos datos, y mediante la aplicación de unos cálculos sencillos se pueden obtener otros parámetros que citamos a continuación: a) Porcentaje del peso ideal; b) Porcentaje de pérdida de peso; c) Porcentaje de grasa corporal; d) Peso de grasa corporal; e) Peso magro corporal; f) Peso corporal óptimo.

Para lograr un rendimiento atlético efectivo, se puede considerar el cuerpo dividido básicamente de 2 fracciones: a) Grasa corporal y, b) peso libre de grasa.

En la valoración de estas fracciones, médicos, directores técnicos, entrenadores y educadores físicos utilizan tres grupos de parámetros antropométricos corporales:

- a) Pliegues de grasa bicipital, tricipital, subescapular y abdominal, tomados individualmente o combinándolos.
- b) La circunferencia braquial y las áreas musculares y adiposas del brazo.
- c) El porcentaje de grasa corporal total deducida de los pliegues de grasa.

La experiencia y la metodología han hecho de estos parámetros unos valores de referencia para definir el estado nutricional, reemplazando a otros métodos más sofisticados basados en el cálculo de la composición corporal deducida indirectamente por densitometría, isótopos radiactivos y agua total corporal, entre otros.

Hasta hace poco tiempo, no se sabía con precisión qué parámetros había que monitorizar en la valoración nutricional. Actualmente se recomienda usar

los valores estándar internacionales. Si bien hay estudios en los que se cuestiona usar unos valores únicos de referencia estándar y sugieren que para interpretar mejor unos resultados se debe consultar la distribución percentil específica, por edad y sexo, que sea representativa de la población objeto de estudio.

2.1. GRASA CORPORAL

La cantidad total de grasa corporal se distribuye básicamente en dos depósitos o lugares de almacenamiento. El primer depósito ocupado por la grasa esencial, es la grasa almacenada en el tuétano de los huesos, corazón, pulmones, hígado, bazo, riñones, intestinos, músculo y los tejidos ricos en lípidos del Sistema Nervioso Central (S.N.C.) Esta grasa es necesaria para el funcionamiento fisiológico normal. En la mujer, la grasa esencial también incluye la grasa específica del sexo.

El otro almacén de grasa consta de la grasa que se acumula en el tejido adiposo. En este caso hay dos factores que determinan la cantidad de grasa corporal que se almacena: a) el nº de células almacenadoras de grasa o adipocitos y, b) el tamaño o la capacidad de dichos adipocitos. Se ha demostrado que el ejercicio o las restricciones dietéticas no pueden reducir de manera efectiva el nº de células grasas una vez que se llega a la edad adulta. Durante el proceso de reducción de peso, disminuye el tamaño pero no el número. En cambio, el ejercicio y los programas dietéticos introducidos durante la 1ª infancia producen una reducción tanto del número como del tamaño de las células grasas, con efectos beneficiosos durante la edad adulta.

2.1.1. Grasa corporal en atletas. En los varones no atletas de edad universitaria, la grasa representa alrededor del 15% del peso total del cuerpo; para las mujeres la cifra correspondiente es de alrededor de un 26%. Entre los atletas, al margen de las preferencias deportivas, la grasa corporal es menor, diferenciándose igualmente según los sexos.

Las células del tejido adiposo, per se, no son activas desde el punto de vista bioquímico en la generación de ATP. En consecuencia, el exceso de grasa contribuye al peso pero no aporta los recursos metabólicos necesarios para su movimiento, comportándose como lastre.

2.1.2. Estimación del peso de la grasa corporal.

El peso del contenido graso del cuerpo se calcula multiplicando el porcentaje de grasa por el peso corporal.

El **porcentaje de grasa corporal** se puede calcular a partir de ecuaciones específicas para una población determinada, y estiman el estado de nutrición

con bastante precisión en muestras de sujetos similares en edad, sexo y estado de entrenamiento. Tras varias experiencias realizadas por distintos grupos de trabajo se han elaborado ecuaciones para predecir la grasa corporal a partir de los valores de los panículos adiposos tricipital y subescapular. Así el tipo de ecuaciones utilizadas para el cálculo del porcentaje de grasa corporal en jóvenes hombres y mujeres se muestra en la tabla 19.1.

Tabla 19.1 Valoración del porcentaje de grasa corporal.

Mujeres jóvenes de 17 a 26 años	Hombres jóvenes de 17 a 26 años
$\% \text{ GC} = 0,55 A + 0,31 B + 6,13$	$\% \text{ GC} = 0,43 A + 0,58 B + 1,47$
A = panículo tricipital en mm B = panículo subescapular en mm	

La razón de realizar las medidas del panículo adiposo está basada en que existe una relación entre la grasa localizada en los depósitos que están directamente debajo de la piel, la grasa interna y la densidad del cuerpo.

La medida de los pliegues cutáneos se realiza mediante un **calibrador** y el **procedimiento** es el siguiente:

- Agarrar firmemente con el pulgar y el índice un pliegue de la piel y grasa subcutánea separándolo del tejido muscular que está por debajo siguiendo el contorno natural del pliegue.
- Colocar los brazos de pinza del calibrador, que ejercen una tensión constante en su punto de contacto con la piel.
- Leer directamente del reloj del calibrador en mm, que nos da el grosor de la capa doble de piel y tejido subcutáneo, después de 2 sg de haber aplicado la fuerza completa del calibrador.

Las áreas más comunes para tomar las medidas del panículo adiposo son los pliegues tricipital, subescapular, bicipital, abdominal y en la parte superior del muslo.

Todas las medidas se toman en el mismo lado, el derecho en los diestros, con el sujeto de pie. Se realizan 2 o 3 mediciones como mínimo en cada punto y se utiliza como valor real de panículo adiposo la media resultante.

Aunque el uso de los panículos adiposos para estimar el % de grasa se ha utilizado de manera generalizada, se deben hacer algunas observaciones:

- La persona que toma las medidas debe estar suficientemente experimentada.

b) Las ecuaciones para la estimación, desarrolladas por un investigador particular, que pueden ser validas para la muestra medida, pueden ser casi inútiles para estimar con precisión la grasa corporal de un individuo cuando otra persona toma medidas.

Las ecuaciones de estimación basadas en las circunferencias son tambien útiles para clasificar a los individuos dentro de un grupo según su gordura relativa. Las referencias anatómicas para las diversas circunferencias para hombres y mujeres jóvenes se presentan en la tabla 19.2.

Al utilizar las ecuaciones y constantes presentadas en la tabla 19.3 para hombres y mujeres juvenes y mayores, el error al estimar la grasa corporal del individuo es aproximadamente de $\pm 2,5$ a 4 %. Sin embargo, es un sistema útil para los que no tienen acceso a instalaciones de laboratorio.

Con las medidas de la grasa corporal obtenidas a partir de los pliegues dérmicos o de las circunferencias, lo que se pretende es tener información para preparar al deportista para las competiciones. Así, por ejemplo, supongamos que un entrenador desea determinar si dos jugadores de un equipo de fútbol que pesan lo mismo tendrán problemas de peso. En el jugador A la suma de los pliegues dérmicos es inferior a 25 mm y superior en el B. Según la clasificación de la grasa corporal (Tabla 19.4), basada en las medidas de los pliegues dérmicos para atletas varones y mujeres, observamos que aún con

Tabla 19.2 Referencias anatómicas medidas con el método de las circunferencias.

Edad (años)	Sexo	Punto medio (cm)		
		A	B	C
18-26	M	Brazo superior d.	Abdomen	Antebrazo d.
	F	Abdomen	Muslo d.	Antebrazo d.
27-50	M	Nalgas	Abdomen	Antebrazo d.
	F	Abdomen	Muslo d.	Pantorrilla d.

Tabla 19.3 Ecuaciones para estimar el % de grasa corporal. (%GC) en ambos sexos, basadas en las circunferencias.

Edad (años)	Sexo	Ecuación
18-26	M	% Grasa = A + B - C - 10,2
	F	% Grasa = A + B - C - 19,6
27-50	M	% Grasa = A + B - C - 15,0
	F	% Grasa = A + B - C - 18,4

el mismo peso no están igualmente preparados para la temporada. El jugador A tiene menos del 7 % de su peso en forma grasa, mientras que el B tiene más del 15 %. Con esta información se puede llegar a la conclusión de que el jugador B debería ganar peso libre de grasa y perder grasa, mientras que el jugador A debe concentrarse en el mantenimiento o en la adquisición de peso libre de grasa.

Sin embargo y teniendo en cuenta los estudios existentes al respecto, no se puede afirmar con precisión sobre un nivel óptimo de grasa o peso corporal para un individuo concreto. Lo más probable es que este nivel óptimo varíe según la persona y se ve afectado por una gran variedad de factores genéticos y ambientales. Lo que sí sería deseable, teniendo en cuenta dichos factores es mantener la grasa corporal alrededor de unos valores determinados según la actividad física a desarrollar y calcular el “peso óptimo” para conseguirlo.

2.2. PESO LIBRE DE GRASA. PESO MAGRO

Los términos peso libre de grasa y peso magro corporal se consideran intercambiables aunque no se debería hacer. El peso magro corporal contiene un pequeño porcentaje de depósitos de grasa esencial (3%). En adultos sanos normalmente hidratados, la única diferencia entre el peso libre de grasa y el peso magro son los depósitos esenciales ricos en lípidos. Por tanto, al calcular el peso magro corporal (PMC) la pequeña cantidad de grasa esencial sigue estando presente.

PMC = Peso corporal - Peso graso

Peso libre de grasa en atletas (P.L.G.)

Se suele considerar que el peso libre de grasa (PLG) se encuentra en una relación positiva con el rendimiento atlético, ya que el componente mayoritario de PLG significa una gran masa muscular y en consecuencia un mayor

Tabla 19.4 Clasificación de la grasa corporal sobre la base de los espesores de los pliegues dérmicos para atletas varones y mujeres.

Clasificación	Grasa Corporal (%)		Suma del espesor de 3 pliegues dérmicos (mm)	
	M	F	M	F
Magra	<7	<12	<25	<12
Aceptable	7-15	12-25	25-48	23-46
Exceso de G.	>15	>25	>48	>46

potencial de fuerza. Es importante, por ejemplo, disponer de grandes fuerzas musculares en los deportes que implican contacto, en las pruebas atléticas de pista y de lanzamiento.

En otras actividades un gran componente de peso libre de grasa puede ejercer una influencia negativa sobre el rendimiento. Así las actividades que implican un movimiento continuo de la masa corporal no se verían beneficiadas por un gran PLG porque al igual que la grasa contribuiría al aumento del peso corporal.

PESO CORPORAL OPTIMO (P.C.O)

Con las consideraciones antes mencionadas el peso “óptimo” puede calcularse como sigue:

$$\text{P.C.O.} = \frac{\text{Peso magro corporal}}{1 - \% \text{ de grasa deseada}}$$

Supongamos que un hombre de 90 Kg tiene un 20 % de grasa corporal y desea saber el peso que debería alcanzar para que su nuevo peso tuviese el 10 % de grasa corporal. El cálculo sería:

$$\text{Peso de la grasa} = 90 \text{ Kg} \times 0,20 = 18 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso magro corporal} = 90 - 18 = 72 \text{ Kg}$$

$$\text{P.C.O.} = 72 / 1 - 0,10 = 80 \text{ Kg}$$

- Debería perder 10 Kg de grasa corporal.

Al hacer estos cálculos se deben tener en cuenta algunas normás mínimas para el tejido magro.

Parece existir un límite inferior biológico por debajo del cual no puede reducirse el peso corporal de una persona sin perjudicar su estado de salud. Este límite inferior en los hombres es el **peso magro corporal**. En estudios realizados en jugadores profesionales de fútbol americano se han registrado valores de grasa de menos del 2% del peso corporal en varios defensas. Esto corresponde al peso corporal con esencialmente ninguna grasa de depósito. Cualquier reducción adicional en este porcentaje de grasa, disminuiría los depósitos de grasa esencial y podría perjudicar la salud óptima.

Valores similares a los anteriores han sido observados en atletas campeones masculinos, especialmente en los maratonianos de nivel mundial, y algunos objetores de conciencia que voluntariamente redujeron sus depósitos de grasa corporal durante un experimento prolongado de semi-inanición.

En general las mujeres más magras de la población no tienen niveles de grasa corporal por debajo del 10 al 12 % del peso corporal. Esto probablemente representa el límite inferior de gordura para la mayoría de las mujeres con una buena salud. Sin embargo, hay que señalar que el concepto de peso mínimo para las mujeres se basa en consideraciones teóricas, con pocos datos reales a excepción de algunos experimentos cuidadosamente realizados. Los datos recogidos de corredoras de fondo constituyen una excepción ya que se registró un valor de 5,9 % de grasa corporal en una corredora que pesaba 52,6 Kg. Si se llegan a confirmar dichos datos con una muestra mayor resultaría probablemente en la modificación de los límites inferiores de peso mínimo.

Por último, señalar que tener una apariencia delgada no significa necesariamente que el tamaño de la estructura esquelética sea reducido o que el contenido total de grasa corporal sea excesivamente bajo.

Basándose en diversos estudios , un grupo de investigadores dan tres criterios para asegurar que una mujer tiene un déficit de peso:

- Un peso corporal por debajo del peso mínimo calculado de las mediciones esqueléticas.
- Un peso corporal menor que el vigésimo percentil según peso y altura.
- Un porcentaje de grasa corporal menor del 17 %.

3. EXAMEN CLINICO-NUTRICIONAL

El examen clínico-nutricional de un grupo de población es otro de los procedimientos que ayudan a determinar su estado nutricional. Este examen, por sí solo, tiene un valor relativamente bajo, pero como complemento de la valoración total es importante. Así como, los estudios dietéticos y bioquímicos muestran el presente y un pasado relativamente reciente, el examen clínico-nutricional muestra un pasado mucho más distante. Se han dado casos en los que se ha observado baja ingestión de ciertos nutrientes, comprobados por bajos niveles de los mismos a través de métodos bioquímicos, sin encontrar ninguna prueba clínica.

Los principales órganos y tejidos afectados clínicamente por las deficiencias nutricionales son: pelo, ojos, piel, labios, encías, lengua, sistema celular subcutáneo, sistema nervioso, sistema óseo y uñas.

En el **pelo** se puede observar el efecto de la deficiencia de proteínas. Pierde su brillo, se decolora, se reseca y hace más fino y se desprende fácilmente sin producir dolor al arrancar un mechón.

En los **ojos** se puede observar el efecto de la deficiencia de varios nutrientes, especialmente algunas vitaminas. La relación de alteraciones

oculares como consecuencia de deficiencias nutricionales es tan elevada que se remite al lector a manuales especializados.

En la **piel** se puede observar una serie de lesiones debidas a la deficiencia de algunas vitaminas, pero es importante no confundirlas con las producidas por un medio ambiente desfavorable, como polvo, viento, frio, mala higiene personal, etc. Como en el caso anterior.

Los **labios** son afectados principalmente por la deficiencia de riboflavina, produciéndose lesiones seborreicas en los ángulos externos. Además los labios se engruesan y agrietan.

4. ESTUDIOS BIOQUIMICOS

En comparación con otros procedimientos de evaluación nutricional, las pruebas bioquímicas tienen una serie de ventajas por su mayor precisión, especificidad y sensibilidad y comprenden entre otras las siguientes determinaciones:

1. Proteínas circulantes . Los niveles de proteínaas circulantes pueden ser un buen indicador del estado de las proteínas viscerales a pesar de ser normal la medida del comportamiento protéico.

Proteínas consideradas como indicadores son : albúmina. prealbúmina unidora de tiroxina, prealbúmina unidora de retinol y transferrina.

De ellas, la albúmina es muy abundante en el organismo y tiene una vida media relativamente larga (20 días) por lo que se considera un mal indicador precoz de la desnutrición. Sin embargo, la transferrina es una beta-globulina sintetizada en el hígado y transportadora de Fe. Su concentración normal es de 250 a 300 mg/dl y su vida media entre 8 y 10 días, debido a que el pool de de transferrina es mucho menor que el de albúmina y su vida media más corta, resulta un buen indicador precoz del estado nutricional, al igual que ocurre con las otras dos proteínas.

2. Oligoelementos. La evaluación del estado corporal en relación a los oligoelementos, principalmente hierro (Fe), cobre (Cu) y cinc (Zn) es de gran interes debido a su papel determinante en numerosos procesos fisiológicos. Estos minerales por su participación en muchos metaloenzimas son fundamentales en: transporte de oxígeno (Fe), maduración de eritrocitos (Fe,Cu), procesos de discriminación sensorial gustativa y olfativa (Zn).

Mediante estas y otras determinaciones se obtiene información sobre a) el nivel relativo de ingestión de nutrientes y b) la alteración del metabolismo basal, siendo, el nutriente específico que en cada caso se investigue, el determinante de la complejidad, coste y tiempo requerido para efectuar las pruebas nutricionales bioquímicas.

5. ESTUDIOS INMUNOLOGICOS

Su poca especificidad e influencia multifactorial hacen de ellos unos parámetros útiles pero poco correlacionables con el estado nutricional. Se utilizan como parámetros adecuados el recuento de linfocitos totales y las pruebas cutáneas con antígenos de reconocimiento.

DR. J.M. RUIZ - LISO

1. INTRODUCCION

El 90% de la historia de la dieta de la humanidad confirma que esta era baja en grasas, alta en fibra, rica en vitamina C así como también rica en calcio. En las primitivas sociedades cazadoras y recolectoras no tenían los problemas de elección de alimentos que hoy día tiene nuestra civilización occidental con ese gran exponente de variedad de productos que podemos observar en cualquiera de nuestros supermercados; ellos comían simplemente lo que recolectaban ó/y cazaban.

Otro hecho que es importante valorar para el conocimiento de la evolución de la alimentación humana es aquel que nos presenta al hombre como **el único animal que cocina los alimentos que consume.**

Gracias a los estudios de la dieta humana a través del análisis de los elementos químicos que recoge M. Eulalia Subirá en el informe de la Revista de Arqueología (abril, 1993) sabemos que la dieta de los pueblos prehistóricos de climas templados tenía un porcentaje de grasas del 20% sobre el total de la ingesta calórica frente a casi un 50% de la civilización actual. El análisis de algunos elementos químicos presentes en los huesos (elementos traza) ha permitido conocer la dieta de dichas poblaciones. Es el "estroncio" y su ciclo biogeoquímico uno de los más importantes de estos elementos traza, que ha permitido conocer a través de su circulación en la corteza terrestre y su intercambio entre el suelo y los organismos vivos la dieta de dichas poblaciones. El estroncio presente en el suelo era absorbido por las plantas que posteriormente eran ingeridas por animales que a su vez eran parte esencial de la alimentación humana junto con los propios vegetales.

Los animales hervíboros contienen concentraciones superiores de estroncio en el hueso que los carnívoros. La comparación de la concentración de estroncio en huesos humanos en relación con los huesos de la fauna del mismo conjunto arqueológico nos da una aproximación de la importancia de los alimentos vegetales en la alimentación de aquella población. Otros

elementos traza que nos aportan gran información en este sentido son el “zinc” y el “cobre” que se almacenan fundamentalmente en el tejido muscular y que indican el aporte de tipo cárnico a la dieta; el “bario” y el “magnesio” con un ciclo similar al del estroncio indican aporte vegetal. El “selenio” se está utilizando para verificar el aporte de pescado y el “vanadio” para valorar el aporte de frutos secos tipo nuez. Tras un complejo proceso químico que no corresponde englobar en este libro, se llega a conocer los niveles de estos elementos en los huesos estudiados y a matizar por tanto el tipo de dieta pudiendo conocer si era de tipo cerealista, de aporte de elementos marinos etc... De esta forma se ha podido detectar no sólo el tipo de dieta de los pueblos prehistóricos, sino también la causa de algunas de las enfermedades que sufrían estos primeros pobladores de la tierra. Concretamente se ha podido detectar deficiencias de hierro en la población prehistórica de Nubia (alto Egipto) debido a una alimentación básica de trigo y mijo pobres en dicho elemento.

La aparición de la AGRICULTURA hace 10.000 años, modificó sustancialmente la existencia del “homo sapiens”. Esta se supone que comenzó en Egipto, probablemente en la ribera del Nilo. Se hizo sedentario y dispuso regularmente de una serie de alimentos que antes consumía de forma excepcional. Además se vió que disponía de excedentes temporales de alimentos que necesitaba conservar para consumir en las épocas de escasez. Consumían mayor proporción de grasas insaturadas sobre las saturadas, alcanzando los 45 gramos diarios de fibra sobre los escasamente 15 gramos de nuestra sociedad occidental, siendo la ingesta de vitamina C cuatro veces más alta.

Tal y como describen A. Creff y L. Berard en su trabajo sobre Dietética deportiva, los primeros atletas de los Juegos Olímpicos (884 a.C.) tienen fundamentalmente un régimen de comida de tipo vegetal: cereales, galletas de trigo, quesos, higos secos, miel y frutos crudos. Algunos optan ya por la carne además de los cereales y la fruta. El vino estaba prohibido a los atletas.

Pitágoras era partidario de la alimentación casi exclusivamente vegetal.

En la antigua Grecia, Hipócrates era algo más permisivo. Fué el primero que observó la relación entre salud y alimentación, poniendo de manifiesto los efectos negativos de algunos alimentos. Un aforismo muy conocido de la medicina hipocrática nos habla de que “los organismos en crecimiento tienen mayor calor natural y por tanto precisan mayor aporte alimenticio; por el contrario los organismos viejos tienen poco calor y precisan menos alimentos”. A partir de estas tesis dietéticas hipocráticas, la alimentación humana pasa a un primer plano en el desarrollo de la medicina y en su relación con las enfermedades.

El consumo de carne era objeto también de curiosas investigaciones; la de cabra para los saltadores, la de toro para los corredores y el cerdo muy graso

para los gladiadores y luchadores. Claudio Galieno médico de la Escuela de gladiadores de Pérgamo recomendaba “beber menos” en época de entrenamiento y “no comer un exceso de carne”. La rapidez que tenía el pueblo de los **hérulos** se atribuía a su alimentación vegetariana. La fuerza de los **hunos** con la jabalina y las proezas de los **francos** en la náutica, por el contrario, a una alimentación rica en carnes. Los luchadores **bretones** de Francisco I eran invencibles gracias a una alimentación equilibrada de carne y legumbres.

2. DIETA Y DEPORTE

No hay que llevar una alimentación especial para realizar el deporte. Al mismo tiempo podemos decir a nuestros jóvenes atletas que no existen alimentos mágicos para batir plusmarcas y conseguir grandes éxitos.

Deben hacerse **comidas racionalmente equilibradas con relación al esfuerzo que se realiza.**

Es preciso valorar las necesidades alimentarias del deportista en relación con las diferentes fases que se consideran en la práctica deportiva: entrenamiento, competición y recuperación

A partir de diversos estudios sobre dietética deportiva podemos realizar una síntesis que nos aproxima al valor práctico que tienen que alcanzar estas páginas.

Una buena forma deportiva implica de hecho un buen estado de salud.

No obstante, no podemos pretender buenos resultados en el deporte, sólo con una correcta alimentación sin un entrenamiento idóneo. La ración alimenticia durante el entrenamiento debe ser tan equilibrada como cuando el individuo no realiza competición (fase de reposo) viéndose incrementada cuantitativamente según las necesidades propias de cada deportista - adolescente ó adulto.-

Para uno de nuestros jóvenes atletas con 1,72 metros de estatura y 68-70 Kg. de peso, **1 hora de actividad sin interrupción supone un gasto calórico** que va desde las 200 Kcal a las 930 según la intensidad del ejercicio (Tabla 20.1).

2.1. Para ese joven en periodo de **entrenamiento**, el aporte calórico diario debe ser de alrededor de **3.500 Kcal.** con la siguiente relación de principios inmediatos: **hidratos de carbono 55% ; grasas 30% y proteínas 15%.** Al mismo tiempo **el agua necesaria** será de **1 cc x cada Kcal. consumida.** El tipo de alimentos deberá comportar **200 mg. de vitamina C, 5 mg. de vitamina B₁, y 4-5 mg de vitamina B₆.**

La ración alimenticia debe realizarse en **4 comidas.**

Actividad	Kcal.	Actividad	Kcal.
ciclismo de paseo	200	tenis de mesa	250
marcha	300	gimnasia rítmica	320
ciclismo en carretera	360	natación de fondo	450
remo	500	fútbol, balonmano	500
rugby	500	waterpolo	600
baloncesto	600	patinaje artístico	600
ciclismo velocidad	700	carrera de fondo	750
tenis competición	800	medio fondo	930
maratón	700		

Tabla 20.1 Gasto energético por hora de actividad.

- a) **Desayuno:** FUERTE, cacao con leche, mermelada, mantequilla, fruta e incluso un filete de jamón y un huevo cocinado al gusto del deportista.
- b) **Merienda:** LIGERA, leche con galletas y frutas.
- c) **Comida y cena:** Debe tomar alimentos precisos para cubrir las necesidades calóricas, preparados de forma sencilla y con pocos condimentos.

2.2. El día de la competición debe consumir fundamentalmente **hidratos de carbono** de absorción rápida y fácil digestión que proporcionen fuentes de energía. La última comida deberá hacerse 3-4 horas antes de celebrarse la competición y estará fundamentada en purés de patatas, arroz cocido, carne magra con poca grasa, leche, pan, mermelada y zumo de frutas muy azucarados.

- a) **Desayuno:** Deberá aportar el 25% de la ración calórica del día y es muy importante que sea rica en proteínas. Sería aconsejable una taza de cacao con leche azucarado, pan ó biscottes con mermelada, mantequilla ó miel. El pan no debería mojarse en el líquido ya que al deglutirlo sin masticar, no sufre la acción de la saliva. Cereales malteados ó instantáneos preparados con leche y fruta madura. También podemos añadir como complemento proteico una loncha de jamón ó un huevo. De esta forma este desayuno copioso en relación con nuestras costumbres eliminará la sensación de vacío al final de la mañana y permite una comida más ligera.
- b) **Almuerzo / comida:** Tomará verdura preferentemente cruda (ensaladas, zanahorias...) ó bien cocida con aceite vegetal y limón. También carne asada ó frita con poco aceite vegetal ó cocida sin salsa grasa, que

puede reemplazarse por pescado ó huevos. La verdura puede sustituirse por patatas, pasta ó arroz. Tomará también 1 porción de queso semigraso ó fresco, 1 yogur ó 1 vaso de leche. Fruta madura.

c) **Merienda:** Será simple y ligera. Un producto lácteo, galletas ó biscottes y también 1 zumo de frutas ó 1 fruta.

d) **Cena:** Una sopa de legumbres variada y una porción de carne, pescado ó huevos. Se puede sustituir por un plato de verduras o de puré, dependiendo de la composición del almuerzo. También queso ó un producto lácteo, fruta cruda ó cocida ó un pastel sin crema/ sin nata.

En la dieta de competición existe la denominada **ley de las 3 horas**, que se puede resumir diciendo que la última comida importante debe hacerse 3 horas antes de la prueba ó competición.

Una comida abundante antes de la competición implica que el estómago y el aparato digestivo van a requerir un mayor aporte de sangre para realizar la digestión de esa comida; esa sangre y concretamente el oxígeno que aporta, son necesarios a nivel de las extremidades y de todo el sistema músculo-esquelético y cerebral que es el que va a forzarse en la prueba ó competición. Por ello es importante recordar siempre esta **ley de las 3 horas** dejando sin trabajar a nuestro aparato digestivo en ese intervalo.

La ganancia de energía va a depender más de las reservas acumuladas durante el entrenamiento que del exceso de alimentos tomados antes de la competición, los cuales pueden ser perturbadores para todo tipo de metabolismo. La experiencia ha demostrado que es "pura ilusión" intentar estimular el rendimiento de un sujeto dándole poco antes de competir tal ó cual alimento, si este individuo no ha sido antes alimentado de forma equilibrada.

Decirle a un deportista que consuma **proteínas** en el desayuno y que tome cada hora **hidratos de carbono** hasta el momento de la competición, no es darle suplementos; es por el contrario equilibrarle para evitar los errores por defecto, es decir mantener constante las cifras de glucosa en la sangre. Es lo que se conoce como **ración de espera**.

RACION DE ESPERA: La espera ansiosa antes de una competición es susceptible de modificar los niveles de azúcar en la sangre debido a que se altera el equilibrio neuro-hormonal. Sobre todo la **adrenalina** del sujeto emotivo. El aumento de la secreción de esta hormona provoca bruscos aumentos de los niveles de azúcar en la sangre debido a que se produce una descompensación de los productos glucosados del organismo y salen del hígado y del músculo hacia la sangre. Mientras dura este aumento de glucosa en la sangre, esta se oxida (se quema) dentro de los tejidos del organismo; esta combustión (quemado) de los hidratos de carbono es masiva y de corta duración, produciéndose como consecuencia inmediata posterior un descen-

so de los niveles de glucosa en sangre (al haberse quemado en el proceso). Por tanto un sujeto muy nervioso en el momento de comenzar una prueba ha podido consumir todos sus hidratos de carbono. Para que esto no ocurra y con objeto de que los niveles de glucosa en sangre se mantengan estables, es necesario lo que se conoce como **ración de espera**, entre la última comida importante y la prueba a expensas de **levulosa** (hidrato de carbono) cada hora para compensar las caídas de glucemia. Esta ración **no mejora** las marcas pero mantiene al deportista en pleno rendimiento. La **miel** contiene un 50% de levulosa. El zumo de frutas se puede utilizar como ración de espera para asegurar la constancia de la glucemia en sangre, tanto más cuanto más tiempo haga que se han consumido las proteínas. El aporte hídrico alto en la ración de espera permite la movilización más rápida y la eliminación de las toxinas que produce la fatiga.

Si hay algún deporte que requiere **aporte calórico suplementario durante la prueba**, como el **ciclismo de fondo**, se administrarán raciones de digestión fácil y abundantes en líquidos.

2.3. En la fase de recuperación se dará al deportista de manera gradual líquidos ligeramente alcalinos e hidratos de carbono de absorción rápida tales como **caldos y frutas ricas en potasio y en vitamina C**. Prácticamente las mismas raciones que en la fase de entrenamiento se requieren en la fase de recuperación.

Las raciones alimenticias en las fases de entrenamiento y recuperación van a ser semejantes para todos los jóvenes que hagan prácticas deportivas, con discretas variaciones dependiendo del tipo de deporte efectuado y de las condiciones ambientales.

Consideramos importante unas valoraciones globales sobre las necesidades **energéticas** que se precisan dependiendo del "trabajo deportivo" realizado:

- Para un trabajo ligero ó bien para un intervalo entre competiciones las necesidades calóricas son de 75 a 100 Kcalorías x hora.
- Si el trabajo es de tipo medio , como un entrenamiento por ejemplo, las necesidades varían de 100 a 300 Kcalorías x hora.
- Para la realización de un trabajo deportivo pesado (la competición) su rango oscila de 300 a 500 Kcalorías x hora.
- En el caso de realizarse un trabajo muy intenso, es decir competiciones duras, como pueden ser el waterpolo ó el esquí nórdico, los requerimientos energéticos superarán las 500 Kcalorías x hora.

2.4. El gasto energético que realiza un deportista corresponde a la ración que le mantiene **estable el peso**, sabiendo que si la ración alimenticia es

superior al consumo de energía (gasto energético) el sujeto engorda y si es inferior adelgaza.

Para determinar el peso ideal de un atleta la mejor guía es **la armonía de formas** del individuo ya que las tablas pueden condicionar errores de interpretación. Atletas que según las tablas deberían considerarse **obesos** son a menudo realmente musculosos deportistas sin ninguna retención adiposa. Estos datos pudieran parecer muy simplistas pero quizá su simplicidad es la que hace que se retengan mejor por aquellos con responsabilidades en la alimentación y cuidado del deportista escolar ó no escolar, y que no pueden recurrir a balances más precisos.

2.5. Relación entre alimentos

También es muy importante para una alimentación sana y atlética, y esto sería aplicable a todas las personas sanas, conocer las relaciones **q u e** deben guardar algunos alimentos entre sí y que de forma resumida incluimos:

calorías de azucar refinado / calorías totales $< \acute{o} = 1/10$

proteínas animales / proteínas vegetales $< \acute{o} = 1$

grasas animales / grasas totales $< \acute{o} = 3/5$

grasas vegetales / grasas totales $> \acute{o} = 2/5$

Una ración óptima de 3.500 Kcalorías contendrá aproximadamente 480 gramos de hidratos de carbono (1.920 Kcalorías), 115 gramos de grasas (1.035 Kcalorías) y 135 gramos de proteínas (540 Kcalorías).

La contracción muscular es más fuerte aunque se agota antes en el **sujeto carnívoro** siendo menos fuerte y durando más tiempo en los **individuos vegetarianos**. Por ello los deportes de esfuerzo **breve** se benefician de la alimentación cárnica y los de **fondo** de la vegetariana.

3. RECOMENDACIONES PARA TODOS LOS DEPORTISTAS

3.1. EL CALOR:

Produce pérdidas de agua y de iones -electrolitos- muy marcadas, sobre todo de sal y de potasio. Esto se corrige bebiendo una cantidad mayor de líquidos en la comida previa a la competición ricos en sodio y en potasio (cloruro de sodio y gluconato potásico).

3.2. EL FRIO:

Provoca reacciones de defensa. Se debe incluir en el caso de competiciones a temperaturas bajas, una ración superior de grasas en el desayuno

superior a la habitual (más mantequilla, por ejemplo) y 1 hora antes de la prueba una cucharada sopera de un alimento rico en proteínas vegetales como puede ser una crema de avellanas.

3.3 LA SED:

Si se nota durante el esfuerzo, se calmará tomando pequeñas cantidades de agua durante el ejercicio. Si por el contrario tomásemos grandes cantidades de agua, durante el trabajo muscular aumenta la transpiración y con ello la pérdida de sal que a su vez condiciona un estado de fatiga, palidez, dificultad respiratoria y aumento de la frecuencia cardíaca. Para evitar estos problemas durante el esfuerzo, debemos beber pequeñas cantidades de agua templada y salada para aumentar las reservas de cloruro de sodio (sal).

Por último recordar las normas de higiene de la alimentación que son tan importantes como lo anteriormente descrito: comer despacio y masticando bien, no beber líquidos durante las comidas (antes ó después), realizar las comidas preferentemente en compañía y relajados etc...

DR. A. CORDOVA

Durante la última década ha despertado gran interés la idea de que la suplementación de la dieta con minerales (fortificación dietética) puede mejorar la performance atlética. Esta creencia se basa en tres razones:

- a) Se piensa que los atletas tienen unos requerimientos minerales superiores a los de la población sedentaria, para la cual se han establecido las necesidades minerales dietéticas.
- b) La población deportista consume dietas con una cantidad inadecuada de elementos traza.
- c) La excreción de éstos durante el ejercicio es mucho mayor que en condiciones basales.

Todo ello puede conducir a una situación de déficit marginal que implicaría un efecto directo sobre la performance atlética y, en casos extremos, conduciría al desarrollo de estados patológicos. La deficiencia marginal de oligoelementos no es una circunstancia infrecuente en la población deportista, ya que además pueden presentarse alteraciones en el metabolismo de estos nutrientes como resultado del ejercicio extremo.

De todos los oligoelementos, en este capítulo nos referiremos principalmente a hierro, cobre, cinc y magnesio, este último aún no siendo oligoelemento está en el organismo en poca cantidad.

1. HIERRO

La cantidad de hierro (Fe) en el organismo es de unos 4 gr. distribuidos en:

- a) Fe de depósito como ferritina 1 gr.
- b) Fe funcionante en la hemoglobina 3 gr.
- c) Fe circulante unido a transferrina y haptoglobina, principalmente, 0,1 gr.

El hierro de la dieta una vez que ha atravesado la mucosa intestinal, pasa al torrente circulatorio uniéndose reversiblemente a la transferrina, principal transportador de hierro. Del hierro unido a la transferrina, una pequeña cantidad (0,5-2 mg hierro/100 ml) circula en el plasma en forma de hemoglobina unida a la haptoglobina y de ferritina sérica, isoformina de muy baja concentración, que procede de células lesionadas o de la secreción inespecífica del retículo endoplásmico.

Los valores normales de hierro sérico se estiman en 118-142 mg/100 ml para el hombre y 90-123 mg/100 ml para la mujer. El hígado, bazo y médula ósea, son los tejidos con mayor concentración de hierro seguidos por riñón, corazón, músculo esquelético, páncreas y cerebro. El hierro de depósito se distribuye, más o menos equitativamente, entre los macrófagos del sistema mononuclear fagocítico, los hepatocitos y el músculo esquelético. La gran proporción de éste con respecto al conjunto de la masa corporal hace que, a pesar de tener una concentración baja en hierro, contribuya a 1/3 del reservorio orgánico.

El hierro de depósito se encuentra en forma de ferritina y hemosiderina. La primera es una proteína hidrosoluble que se encuentra principalmente en hígado, bazo y médula ósea, aunque puede existir en casi todas las células. La ferritina, además de la función de almacén, cumple otras, como impedir las posibles acciones tóxicas del hierro libre sobre los tejidos y proporcionar hierro de reserva rápidamente disponible. La hemosiderina deriva de la ferritina y predomina cuando el aporte de hierro es normal y la hemosiderina si existe una sobrecarga. En el tipo de almacenamiento no sólo interviene la cantidad sino también la forma química en la que se administra el hierro. Los depósitos tisulares de hierro se mantienen relativamente constantes, aunque están influidos por varios factores fisiológicos como la edad, el sexo, la dieta, la frecuencia de embarazos y la pérdida de sangre menstrual.

1.1. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DEL HIERRO

El hierro está presente en todos los sistemas vivos, desde las bacterias al hombre, mostrando una versatilidad única en su categoría. Este elemento se encuentra en el centro activo de las moléculas que llevan a cabo el transporte de oxígeno (hemoglobina y mioglobina) y el transporte de electrones, formando parte además de diversas metaloenzimas. La función tanto de la hemoglobina como de la mioglobina es captar oxígeno, pero sus constantes de enlace son muy diferentes, por lo que deben adaptarse a la presión de oxígeno que existe en el ambiente donde cada una actúa, pulmones y tejidos, respectivamente. Además la hemoglobina transporta gran parte del anhídrido carbónico producido en los tejidos hacia los pulmones.

1.2. NECESIDADES DE HIERRO

Con objeto de mantener un nivel correcto de hierro en todos los lugares en los que juega un papel importante, es necesario mantener un balance adecuado. En hombres normales y mujeres postmenopáusicas, con una dieta equilibrada, el aporte de hierro no debe suponer ningún problema. Sin embargo, se ha observado que la toma dietética es mayor en el hombre que en la mujer, la cual muestra un balance negativo en su periodo fértil, con tendencia a la deficiencia en hierro, ya que sus depósitos son también menores.

La carne provee la mayor parte de hierro disponible (hierro hemo o hierro proveniente de los alimentos animales) puesto que los alimentos no cárnicos contienen hierro no hemo que se absorbe de forma más compleja. Por otra parte, los depósitos de hierro son menores cuando se consumen dietas que evitan las carnes rojas y cuyas proteínas proceden de pescados y aves, lo que induce a pensar que dichos regímenes aportan menos hierro disponible. Otros alimentos ricos en hierro son las vísceras, la yema de huevo, las legumbres secas, el cacao, la caña de melaza, los mariscos y el perejil. Con un contenido intermedio se encuentran los pescados, las aves, las nueces y el pan integral. Por último, los de menor contenido son la leche y sus derivados, el azúcar, la harina y el arroz refinados, el pan, las patatas y la mayoría de las frutas frescas. En cuanto a la cantidad de hierro en los alimentos vegetales depende de su mayor o menor presencia en los suelos de cultivo. Además, el hierro de las verduras disminuye en cantidad variable durante la cocción, y el de los cereales durante su proceso de elaboración, de forma que los niveles son más altos en la harina completa con germen que en la harina refinada. Por otro lado el hierro vegetal es menos disponible ya que se encuentra en alimentos que contienen inhibidores de la absorción y carecen de favorecedores de la misma (Tabla 21.1).

La deficiencia en hierro puede aparecer como consecuencia de situaciones de alta demanda no compensadas o por causas patológicas. La ferropenia aparece cuando el contenido total en el cuerpo desciende y se manifiesta en tres estadios continuos progresivamente más graves:

- a) Depleción de los depósitos, detectable por un descenso de la ferritina plasmática,
- b) Eritropoyesis normocítica hierro-deficiente, tan frecuente como la anemia ferropénica,
- c) Anemia ferropénica, microcítica e hipocrómica, con niveles bajos de hemoglobina.

En general, la carencia de hierro en el hombre se manifiesta por apatía, fatiga, palpitaciones al ejercicio, síntomas secundarios a la hipoxia tisular y,

en ocasiones, por inflamación de la lengua, inflamación del estómago, dificultad para tragar alimentos y coiloniquia. En los niños se suele observar anorexia (pérdida de apetito), detención del crecimiento y poca resistencia a las infecciones, aunque las lesiones orales y ungueales son raras. Se ha postulado que muchas de las manifestaciones, hasta ahora achacadas a la falta de hierro, son en realidad secundarias a la deficiencia de cinc, ya que en muchas zonas la carencia de ambos metales coincide (Tabla 21.2).

La deficiencia de hierro no sólo se manifiesta por una falta de hemoglobina sino también por fallos en la producción y en la actividad de enzimas. También se han descrito descensos en la actividad de la mioglobina.

Tabla 21.1 Cantidad de hierro (mg.) por cada 100 gr. de alimento.

LECHE Y DERIVADOS		PESCADO		FRUTA	
Leche entera de vaca	0.10	Anchoas frescas	0.90	Albaricoque	0.50
Leche descremada de vaca	0.10	Anchoas en salazón	1.00	Naranjas	0.40
Queso de oveja	0.43	Anguila de río	0.70	Plátanos	0.60
Requesón	?	Bacalao fresco	2.27	Castañas	0.70
Queso lombardo	?	Gamba	0.80	Cerezas	0.40
GRASAS		Merluza	0.40	Higos Frescos	0.60
Mantequilla	-	Dorada	1.00	Fresas	0.80
Manteca	0.80	Pulpo	5.60	Caquis	0.30
Margarina	-	Salmon en lata	0.80	Frambuesa	0.90
Aceite de oliva	-	Sepia	2.00	Limones	0.60
HUEVOS		Lenguado	0.26	Mandarinas	0.40
Huevos enteros frescos	2.70	Bacalao seco en remojo	0.64	Manzanas	0.30
Huevos en polvo	9.80	Atún fresco	1.60	Melones	0.40
CARNES		Atún en aceite	1.40	Pera	0.30
Cordero (carne magra)	2.04	Salmonete	1.10	Melocotones	0.60
Cordero (carne grasa)	1.98	Trucha	1.10	Pomelos	0.20
Cordero lechal	2.50	HORTALIZAS		Ciruelas	0.50
Conejo	1.00	Espárragos	0.60	Uvas	0.60
Cerdo (carne magra)	2.38	Acelgas	3.20	Higos secos	3.00
Cerdo (carne grasa)	1.75	Brócoli	1.30	Avellanas	4.50
Novillo (carne magra)	2.48	Alcachofas	1.90	Nueces	2.10
Novillo (carne semigrasa)	1.84	Cardos	2.50	CEREALES Y DERIVADOS	
Temera	2.54	Zanahoria	0.80	Biscotes secos	1.10
Hígado de temera	10.60	Coliflor	1.10	Harina blanca de grano duro	1.40
Caldo desgrasado	-	Col	0.50	Harina blanca de grano tierno	1.10
Mortadela	-	Garbanzos	0.30	Maíz, harina integral	2.40
Jamón cocido	2.90	Pepino	0.50	Pan blanco	0.70
Jamón crudo	2.50	Cebollas	0.70	Pan integral	2.20
Salchichón	3.70	Judías frescas	0.50	Pasta alimenticia	1.50
Salchicha fresca	1.60	Judías secas	2.30	Pasta al huevo	2.10
AVES		Habas frescas	1.10	Pasta con gluten	1.60
Pato	2.70	Habas secas	6.90	Arroz en grano	0.80
Pichones	-	Hinojos	-	Arroz en copos	1.80
Pollo	1.50	Setas frescas	1.00	SUSTANCIAS DULCES	
Pavo	5.20	Setas secas	-	Cacao en polvo	11.60
		Endivias	1.70	Chocolate	2.80
		Lechuga	0.50	Miel	0.90
		Lentejas	7.40	Azúcar refinado	-
		Berenjenas	0.40		
		Patatas	0.70		
		Pimientos	0.40		
		Guisantes frescos	1.90		
		Guisantes secos	5.10		
		Tomates	0.60		
		Escarola	1.70		

Tabla 21.2 Consecuencias de la deficiencia de Hierro

- Pérdida de apetito
- Apatía
- Fatiga
- Palpitaciones al ejercicio
- Inflamación de la lengua y estómago
- Disminución de la producción de hemoglobina
- Disminución de la función inmunológica

En el campo de la inmunidad produce un deterioro en la transformación linfocitaria y alteraciones en componentes de la defensa humoral, cuestionándose la competencia de la inmunidad en los individuos deficientes. Además los leucocitos presentan una disminución de su capacidad destructiva por el descenso de la mieloperoxidasa y de otros hierro-enzimas. Por ello, un tratamiento correcto no sólo debe corregir la deficiencia, sino también su causa. Es preciso detectar y corregir, si es posible, un flujo menstrual aumentado, pérdida oculta por los conductos urinario o gastrointestinal o absorción defectuosa. La elección correcta del agente terapéutico exige el conocimiento de la máxima respuesta hematológica esperada, la cantidad de hierro necesaria para producir este efecto máximo y la absorción que se puede esperar de un determinado compuesto de hierro. El médico debería observar al enfermo para asegurarse que se obtiene respuesta: una elevación satisfactoria del nivel de hemoglobina atribuible al tratamiento de hierro constituye la prueba final del acierto del diagnóstico (Fig. 21.1).

Un error común consiste en interrumpir el tratamiento con hierro después de los 2 ó 3 meses necesarios para corregir la anemia. La repleción de los depósitos de hierro se produce lentamente cuando se administra hierro oralmente, ya que la absorción disminuye según aumenta la hemoglobina hacia la normalidad; en consecuencia, debe continuar el tratamiento oral durante 6 a 12 meses si se quiere replecionar los depósitos.

1.3. EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE EL METABOLISMO DEL HIERRO

La participación del hierro (Fe) en hemoproteínas que juegan un papel esencial en el metabolismo energético, relacionadas con la actividad física (hemoglobina, mioglobina, succinato dehidrogenasa, citocromo-C, etc.) ha despertado el interés sobre la interacción entre este nutriente y el ejercicio físico.

Ha quedado claro en innumerables trabajos que las necesidades de Fe en la población atlética están aumentadas por varias razones:

- 1) La anemia secundaria a la práctica del deporte. Se ha sugerido que el ejercicio físico de alto nivel puede producir la "anemia del deporte". Este tipo de anemias suele asociarse a una destrucción aumentada de eritrocitos, descenso en la absorción de Fe, y pérdida gastrointestinal de sangre. A pesar de todo, dicho estado anémico parece ser transitorio, observándose en las primeras semanas de ejercicio para volver luego a niveles sanguíneos normales, hecho que se ha atribuido a efectos de hemodilución.
- 2) La depleción de los depósitos corporales, parecen ser una respuesta adaptativa que moviliza las reservas de Fe hacia la síntesis de Hb, mioglobina y otras proteínas respiratorias que contienen Fe. Además de este aumento de las necesidades fisiológicas, las pérdidas de Fe por el sudor durante el ejercicio son excesivas y se acompañan de un incremento en su excreción biliar y de la consiguiente eliminación por las heces.

	HIERRO DE DEPOSITO	HIERRO HEMOGLOBINIO	EXAMEN DE LA SANGRE HALLAZGOS NORMALES	POSIBLES SINTOMAS DEL ATLETA
NORMALIDAD	 Normal	 Normal		Ningún síntoma
ANEMIA PRELATENTE	 Reducido	 Normal	Ferritina baja	A veces sensación de agotamiento
ANEMIA LATENTE	 Reducido	 Normal	Ferritina baja Transferrina alta	Fatiga general
ANEMIA MANIFIESTA	 Casi nulo	 Reducido	Ferritina baja Transferrina alta Sideremia baja Hemoglobina baja Volumen medio reducido	Debilidad general, dificultad de recuperación, dolores musculares

Figura 21.1 Relación del hierro en sus depósitos, de reserva y funcional, con la anemia del deportista.

A la vista de estos datos es importante evaluar el nivel de Fe en la población deportista ya que los estados de anemia ferropénica pueden ocasionar un descenso en la performance atlética a niveles máximos y submáximos. La Hb y la capacidad transportadora de O₂ de la sangre son los factores limitantes de la performance física, aunque la presencia del Fe en otras enzimas implicadas en la respiración tisular, sugiere que su disminución en los tejidos de individuos deficientes sea la causante de esta falta de rendimiento. Así se ha podido observar que la deficiencia de Fe provoca un descenso en la actividad muscular de la mioglobina, de la succinato dehidrogenasa y citocromo-C. La pérdida de función metabólica de éstas y otras enzimas respiratorias musculares se ha correlacionado con una disminución de la performance física

Teniendo en cuenta todos estos hechos cabe pensar que la mejor defensa para prevenir los efectos perjudiciales de la deficiencia de Fe sobre el ejercicio físico es asegurar su ingestión, puesto que la analítica de rutina puede enmascarar un estado carencial de los depósitos, y los estudios tisulares y de médula ósea no pueden ser rutinarios.

2. CINC

El requerimiento medio de cinc (Zn) por persona es del orden de 15 mg/día. Este cinc exógeno que ingresa con la dieta, llega al estómago donde adquiere mayor solubilidad por la acidez de las secreciones gástricas, que proporcionan unas condiciones excelentes para su captación.

El cinc presente en el plasma es sólo de un 10-20% del total sanguíneo, alcanzando una concentración de $112 \pm 12 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. El resto se localiza dentro de los glóbulos rojos y parte se incorpora a los leucocitos. El cinc plasmático circula unido mayoritariamente a proteínas (97%) y a aminoácidos (2%), no apareciendo prácticamente en forma libre (1%).

Su contenido en el cuerpo humano adulto oscila entre 1.4 y 2.5 gramos, siendo hígado, pancreas, riñón, hueso, próstata, piel y músculo los órganos más ricos en cinc, y las tasas máximas de recambio, retención y eliminación del mismo corresponden a páncreas, hígado, riñón y bazo. El tejido muscular, por su gran masa, contiene cerca del 65% del cinc corporal. La distribución tisular de cinc, al igual que el mantenimiento de sus tasas séricas, depende de factores nutricionales, sobre todo de las concentraciones dietéticas de los minerales.

2.1. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DEL CINC

El cinc es un elemento traza esencial, ampliamente distribuido por todas las células y tejidos del organismo humano y de los animales. Está relacionado

con la actividad de numerosas enzimas que actúan en todas las áreas del metabolismo, interviniendo en múltiples procesos fisiológicos. También está implicado en el metabolismo energético, en el de los hidratos de carbono, en las reacciones de biosíntesis y degradación de las proteínas, en los procesos de biosíntesis de los ácidos nucleicos y de compuestos del tipo hemo, en el transporte de CO_2 (anhidrasa carbónica) y en otras muchas reacciones. Es importante en la constitución del tejido óseo, en la inmunidad mediada por células, en el crecimiento tisular y en la actividad muscular.

El cinc tiene efectos sobre el metabolismo y la fisiología de los tejidos epiteliales y conectivo, fundamentados en la necesidad del elemento para la normal biosíntesis de proteínas en general y de colágeno en particular. Interviene también en el mantenimiento del equilibrio ácido-base de los líquidos corporales por su participación en la anhidrasa carbónica, que contiene en su estructura iones de cinc. Además juega un gran papel en la actividad muscular. Siendo trascendental en ejercicios de resistencia y en la fatiga. Su influencia sobre la actividad de la lactato deshidrogenasa (LDH) modifica la acumulación de ácido láctico durante el ejercicio.

2.2. NECESIDADES DE CINCO

La dosis diaria recomendada para conseguir un equilibrio se ha fijado en 15 mg/día. Las fuentes más importantes de cinc son las carnes rojas, los pescados, los cereales integrales, las legumbres y la leche siendo mayor su biodisponibilidad a partir de alimentos animales que de vegetales, y es debido a las características de sus proteínas ya que los fitatos y las fibras vegetales implican menor disponibilidad.

Por la importancia que tiene es necesario cubrir unos aportes mínimos, que cuando no se cumplen generan situaciones de deficiencia. La acrodermatitis enterohéptica, fue el primer trastorno hereditario por déficit de cinc que se detectó en el ser humano.

Se ha descubierto que la hipocinemia está asociada con procesos inflamatorios agudos y está mediada por una proteína que se libera desde los leucocitos y estimula el flujo de cinc del plasma al hígado. También parece tener otras acciones amplias en la mediación de algunas de las respuestas generalizadas del huésped a un estímulo inflamatorio, por ejemplo la síntesis de reactantes de fase aguda por el hígado. El contenido de cinc y la actividad de la anhidrasa carbónica de los hematíes son paralelos y se correlacionan de manera significativa en los individuos normales, así como en los que sufren anemia, policitemia vera, policitemia secundaria, leucemia e insuficiencia cardíaca congestiva. Ambos parámetros varían de manera directa con el hematócrito y con la concentración de hemoglobina. No obstante, en la anemia perniciosa que no ha sido sometida a tratamiento, la concentración

del cinc de los hematíes y la actividad de la anhidrasa carbónica se hallan cerca de la normalidad, mientras que las concentraciones de cinc sérico se reducen. Las concentraciones séricas vuelven a la normalidad con el tratamiento con vitamina B₁₂. El balance dietético del cinc en humanos se recoge en la tabla 21.3.

Tabla 21.3 Estudios sobre el balance de cinc dietético en humanos.

AUTOR (año)	POBLACION (edad)	Zn DIETA mg/día	BALANCE/RETENCION mg/día
SCOULAR (39)	Preescolar	4 - 6	Negativo
MACY (42)	8 - 12	14 - 18	4.9
TRIBBLE Y SCOULAR (54)	17 - 27	12 - 14	5 - 8
ENGLE e.a. (66)	Preadol. H	7	30 %
McCANCE WIDDOWSON (42)	Adultos	20	> 2.6
TIPTON e.a. (69)	Adultos Adultos	1 18	- 4 1
WHITE Y GYNEE (71)	Jóvenes H	11	Equilibrio
GORMICAN Y CATLI (71)	Jóvenes V	20	7 - 8

2.3. EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE EL METABOLISMO DEL CINC

Durante los últimos años se han venido realizando numerosos trabajos encaminados al estudio de las relaciones entre el ejercicio físico y el metabolismo del Zn. Este forma parte de la aldolasa, la piruvato carboxilasa y la lacticodeshidrogenasa, entre otras enzimas, por lo que participa de forma determinante en el metabolismo energético pudiendo influir en la capacidad máxima de ejercicio. En un principio se creyó que los aumentos de las tasas séricas de Zn tras el ejercicio eran producto de su salida desde el músculo hacia el líquido extracelular a causa del daño muscular. Hoy día estos hechos se explican por el trasiego de Zn entre los tejidos y el plasma, siendo el Zn plasmático un pool intercambiable que puede movilizarse durante el ejercicio intenso y utilizarse en los tejidos metabólicamente activos.

Sin embargo, en corredores de fondo se encuentran concentraciones séricas de Zn bajas incluso cuando la determinación se realiza antes de efectuar el ejercicio, hecho que obedece a dos razones principalmente:

- Los niveles bajos reflejan un estatus de Zn pobre.
- Se trataría de tasas bajas transitorias observadas tras el ejercicio, puesto que son atletas que han entrenado durante las 48 h anteriores a la determinación.
- Por otra parte se conoce que la deficiencia grave de Zn afecta a la composición y al crecimiento muscular disminuyendo la concentración de DNA en el músculo, sin embargo, las consecuencias de una deficiencia marginal sobre la fisiología muscular no están tan claras.

La mayoría de los autores sostienen que los niveles bajos de Zn sérico mantenidos indican un estatus subóptimo. Estando el aporte de Zn al músculo descendido, y como las metaloenzimas de Zn son imprescindibles en el metabolismo energético puede inducirse una reducción en la capacidad de ejercicio. Como además actúa a nivel de las membranas, puede afectar la estrecha relación contracción-tensión de la mecánica muscular.

3. COBRE

El cobre sanguíneo se distribuye entre el plasma, unido a los sistemas protéicos de transporte, y los glóbulos rojos en los que el 60% se encuentra en forma de eritrocupreína y el resto se une a proteínas menos conocidas. El cobre absorbido se une en el plasma a la albúmina, a la ceruloplasmina y a diferentes aminoácidos, permaneciendo una cantidad muy pequeña en forma de cobre libre. El transporte de cobre en sangre se realiza también por otra proteína llamada transcupreína, distinta de la albúmina y de la ceruloplasmina.

El contenido de cobre en el organismo adulto es de 50 a 80 mg. El hígado juega un papel central en el metabolismo del cobre, ya que es responsable de la excreción del elemento hacia las vías biliares, interviniendo además en el mantenimiento de los pools (cantidad total) eritrocitario y plasmático de cobre.

3.1. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DEL COBRE

Gran parte de la importancia fisiológica del cobre se debe a su intervención decisiva en numerosas metaloenzimas. La primera evidencia de que el cobre jugaba un papel importante en los vertebrados fue propuesta por Hart, quien afirma que su falta provocaba anemia. Más tarde se ha demostrado que el cobre es esencial para la síntesis del hemo A, componente de la citocromo oxidasa.

Está implicado en gran variedad de funciones fisiológicas que incluyen: formación ósea, actividad cardíaca, desarrollo del tejido conectivo, mielinización de la médula espinal, queratinización, y pigmentación de los tejidos, además de intervenir en el metabolismo de los glúcidos y de los lípidos.

En la mayoría de los casos su función en las metaloenzimas se centra en la transferencia de electrones y en la fijación enzimática del oxígeno molecular. Por ejemplo, la superóxido dismutasa protege del efecto tóxico del oxígeno y de aquellos compuestos que exacerban dicho efecto, de las radiaciones ionizantes y de los daños provocados por procesos inflamatorios prolongados. La citocromo oxidasa, enzima que contiene cobre y hierro, interviene en el metabolismo energético.

El cobre, en el organismo humano, se utiliza sobre todo en tres áreas de actuación:

- 1) En el desarrollo del sistema cardiovascular y esquelético, por su intervención esencial en el metabolismo, biosíntesis y maduración del tejido conectivo (colágeno y elastina). La carencia de cobre se puede manifestar en forma de lesiones de los tejidos óseo y conectivo. La calidad y cantidad del colágeno y de la elastina son esenciales para la integridad del sistema cardiovascular, sobre todo de las grandes arterias;
- 2) Interviene en la función eritropoyética, teniendo especial significación la interacción del cobre con el hierro. A este respecto pronto se reconoció que la anemia era la expresión común de la deficiencia de cobre. Los animales que la padecen tienen dificultad para absorber hierro, movilizarlo desde los tejidos y utilizarlo en la formación de hemoglobina;
- 3) En el mantenimiento de la estructura y función del sistema nervioso central por su mediación en los procesos de mielinización a través de la citocromo oxidasa, y en la formación de catecolaminas cerebrales, dopamina y norepinefrina.

Por otra parte, se ha comprobado que el cobre interviene en el metabolismo de los glúcidos y de los lípidos, ya que un estado carencial del mismo puede alterarlos. En cuanto al metabolismo glucídico, la utilización de glucosa por los tejidos periféricos está influenciada favorablemente por la presencia de cobre, al menos hasta una cierta concentración. Se han observado que las tasas de cobre plasmático son más elevadas en los diabéticos que en sujetos normales.

Con respecto al metabolismo lipídico, la influencia de cobre se conoce desde hace más de 20 años. Se han mostrado elevaciones del colesterol en animales sometidos a un régimen pobre del elemento.

3.2. NECESIDADES DE COBRE

Asumiendo que el cobre es un elemento esencial para un correcto estado de salud, el Consejo de Nutrición y Alimentación de la Academia Nacional de

Ciencias (USA) ha recomendado una toma mínima de cobre de 2-3 mg/día (40 µg/kg/día). Estas necesidades, pueden cubrirse sobradamente con el agua de bebida y alimentos como la carne y las vísceras de animales.

Los alimentos más ricos en cobre son los crustáceos y mariscos, especialmente las ostras, las carnes, las nueces, las legumbres secas y las patatas. Las fuentes más pobres son los cereales refinados, el azúcar blanco, la miel y los productos lácteos.

Las causas más frecuentes de déficit en el hombre son la malabsorción intestinal, la malnutrición en general y el síndrome nefrótico con proteinuria marcada. En adultos también se han descrito casos de deficiencia en pacientes alimentados con nutrición parenteral durante varias semanas sin suplementación de cobre, y en aquellos que reciben dosis altas de cinc diariamente, durante periodos prolongados, situación que revierte con la administración de 1 mg cobre/día por vía oral.

En el curso de la deficiencia de cobre se pueden observar lesiones óseas semejantes a las del escorbuto y fracturas patológicas sin hemorragia; debilidad en las paredes arteriales con tendencia a la formación de aneurismas, a veces disecantes; incoordinación motora con desmielinización espinal; y alteraciones en la formación de las células sanguíneas con anemia y neutropenia.

En conclusión, el conjunto de observaciones descritas demuestran claramente la importancia del cobre en la fisiología del individuo y en el mantenimiento de un buen estado de salud.

3.3. EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE EL METABOLISMO DEL COBRE

El Cu, a través de Cu-enzimas como la citocromo oxidasa, está implicado directamente en el mantenimiento y regulación de procesos fisiológicos relacionados con el ejercicio. Las variaciones que el ejercicio físico promueve sobre los niveles de Cu sérico han mostrado resultados discrepantes. En algunos estudios se han observado aumentos en las tasas séricas de Cu tras la realización de esfuerzo físico, ya fuera intenso hasta el agotamiento o prolongado en el tiempo, aumentos que eran significativamente mayores en individuos entrenados que en los no entrenados. Por el contrario, otros no observan cambios en los niveles de Cu sérico inmediatamente después.

4. MAGNESIO

El contenido de magnesio (Mg) en el cuerpo de un adulto de 70 kg de peso es de aproximadamente 20 a 28 g de magnesio, alrededor del 55% está presente en el hueso y el 27% en el músculo. El músculo, hígado, corazón y páncreas contienen aproximadamente la misma cantidad. El ión magnesio de

los glóbulos rojos y del plasma se encuentra en estado libre, formando compuestos o unido a las proteínas. En el plasma, los porcentajes aproximados para cada una de estas formas son 55%, 13% y 32%, respectivamente.

4.1. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA

El magnesio comparte algunas de las características con el calcio en cuanto a absorción y almacenamiento en el hueso. Presenta similitudes con el potasio porque es también un importante constituyente intracelular, y es semejante al sodio por la eficacia con que el riñón normal retiene el ión cuando descienden sus niveles en el suero. El magnesio desempeña un papel fundamental en muchas reacciones enzimáticas esenciales, se halla presente en reacciones en las que interviene el ATP y en casi todos los pasos de otras reacciones más: en la fosforilación de la glucosa, en su metabolismo anaeróbico, y en sus descarboxilaciones oxidativas en el ciclo del ácido cítrico que precisa tiaminopirofosfato, en las actividades de la fosfatasa alcalina y de la pirofosfatasa y en la activación de los aminoácidos; además está vinculado a la síntesis protéica. El magnesio interviene además de modo fundamental en la actividad y en la transmisión neuromusculares: en ciertos lugares actúa sinérgicamente con el calcio, mientras que en otros lo hace en forma antagónica (Tabla 21.4).

Tabla 21.4 *Propiedades fisiológicas del magnesio.*

1	SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR	- Disminuye la excitabilidad en ambos	
2	SISTEMA CARDIOVASCULAR	- Corazón - Sistema Circulatorio	- Afecta a la conductividad e irritabilidad. - Cardioprotector. - Antihipóxico. - Antisquémico. - Protege las paredes vasculares. - Vasodilatador.
3	SISTEMA SANGUÍNEO	- Antitrombótico - Estabiliza los eritrocitos - Aumenta la producción de leucocitos	
4	ACCION DEL Mg EN OTROS SISTEMAS	- Necesario en el crecimiento y mineralización - Necesario para conservar otros minerales - Interviene en la transmisión genética - Activa la movilidad de los espermatozoides - Activa las funciones hepáticas - Interviene en la síntesis de surfactante pulmonar - Necesario para sintetizar hormonas - Interviene en funciones antialérgicas	

4.2. NECESIDADES DE MAGNESIO

Es difícil establecer datos seguros sobre la ingesta adecuada de magnesio requerida para individuos de distintas edades y estados fisiológicos. Esto es debido a las complejas interrelaciones dietéticas y fisiológicas del magnesio

con las calorías, calcio, fosfato, proteínas, lactosa, potasio y, probablemente, otros factores nutricionales más. Se han realizado en adultos numerosos estudios del equilibrio para obtener información sobre las necesidades de magnesio. No obstante, se han señalado algunas reservas sobre gran parte de estos datos, sea por la corta duración del estudio o por lo inadecuado de los procedimientos analíticos.

Las cantidades dietéticas recomendadas para el magnesio sugieren valores de entre 40 y 70 mg/día, para los lactantes llegando hasta 250 mg de acuerdo con el crecimiento del niño y hasta los 10 años. Para los varones adultos y mujeres no gestantes ni lactantes, se recomiendan entre 300 y 400 mg, y durante el embarazo y la lactancia, 450 mg. Seelig recomienda 6 mg/kg especialmente en los varones adultos. Estas cantidades parecen ser más que adecuadas para individuos normales; pero pueden ser altamente inadecuadas para personas con importantes defectos absorbivos intestinales y renales.

La deprivación aguda de casi todo el magnesio en las dietas ingeridas por animales en crecimiento produce uno de los más rápidos desarrollos de la deficiencia. En el hombre se han registrado cuatro intentos experimentales de inducir la deficiencia de magnesio en voluntarios. En el trabajo en el que se indujo la sintomatología de la depleción, al administrarse dietas escasas en el mineral, el magnesio del plasma descendió progresivamente a niveles que fueron del 10 al 30% de los niveles testigo previos. El magnesio de los glóbulos rojos descendió más lentamente y en menor grado. El magnesio fecal y urinario llegó a niveles extremadamente bajos en un lapso de 7 días. Se produjo hipocalcemia en 6 de los 7 sujetos, a pesar de que la ingesta y la absorción de calcio fueron adecuados y de que no había antecedentes de anomalías gastrointestinales o paratiroides. En todos los casos se observó hipocalciuria precozmente. El fosfato sérico fue normal o levemente bajo en todos los pacientes, salvo en uno, y la excreción urinaria en general no se afectó. La mayoría de los sujetos deficientes desarrollaron hipocaliemia y equilibrio negativo potásico; el sodio sérico permaneció normal y los sujetos se mantuvieron en equilibrio positivo sódico. Se presentaron signos neurológicos en 5 de los 7 individuos después de períodos de deficiencia comprendidos entre los 25 y 110 días. En todos los pacientes con profusa sintomatología se produjeron hipomagnesemia, hipocalcemia e hipopotasemia. A pesar de la hipocalcemia, los reflejos tendinosos profundos estaban normales o disminuidos. El electromiograma mostró potenciales de alto voltaje y de descarga rápida durante el período de deficiencia, en los 5 pacientes estudiados. El electroencefalograma no reveló alteraciones relacionadas con la deficiencia. Fueron frecuentes anorexia, náuseas y apatía, anunciando una exacerbación de las alteraciones neurológicas. Los cambios electrocardiográficos hallados eran compatibles con una hipocalcemia o hipopotasemia intercurrente. Todas las anomalías remitieron con la reinstitución del magnesio.

A partir de estos trabajos, se llegó a la conclusión de que el magnesio es esencial para el metabolismo normal del potasio y del calcio, en el ser humano adulto; que es igualmente esencial para la movilización del calcio desde el hueso; que los signos y síntomas se deben a complejas alteraciones electrolíticas secundarias a la deficiencia de magnesio; que estas alteraciones de varios electrolitos de la sangre y los tejidos y sus ingestas relativas influyen sobre el desarrollo y manifestación de las alteraciones clínicas y bioquímicas; y que la hipopotasemia e hipocalcemia en los cuadros clínicos que no puedan explicarse por otros motivos, sugerirían la posibilidad de una importante depleción de magnesio. La sintomatología y las anomalías bioquímicas debidas a la deficiencia de magnesio todavía no están completamente definidas, y existen puntos de controversia, a pesar (o quizá como consecuencia) de los numerosos casos clínicos comunicados.

Los signos y síntomas observados en la depleción experimental fueron muy variados, incluyendo cambios de la personalidad, espasmos musculares espontáneos y generalizados, temblores, fasciculaciones, etc..

En la depleción humana experimental de magnesio, el contenido sérico del mismo comienza a disminuir pronto y antes de que se produzcan cambios en la concentración de glóbulos rojos, en presencia de una reducción de sus niveles séricos, se halló un contenido muscular normal de magnesio. Los datos recogidos en la literatura acerca de la relación de los niveles de este ión en el suero, músculo y hueso, con su deficiencia, son contradictorios; entre ellos, algunos encuentran descenso del magnesio en el suero y en el músculo con niveles normales en el hueso; niveles normales en el suero y en los glóbulos rojos con descenso del magnesio y el potasio del músculo; niveles séricos disminuidos con un contenido muscular normal; descenso de los niveles musculares con niveles normales de magnesio en suero, glóbulos rojos y hueso y concentraciones séricas considerablemente reducidas con niveles musculares variables.

La hipomagnesemia ha sido descrita en la insuficiencia cardíaca crónica. Son factores que pueden contribuir a ella el descenso en la ingesta alimentaria, el deterioro en su absorción o ambas, el empleo de determinados diuréticos y la intoxicación digitalica. La deficiencia puede predisponer a arritmias cardíacas y agravar esa intoxicación. La administración de magnesio puede resultar de utilidad en las taquiarritmias por hipomagnesemia.

4.3. EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE LAS TASAS DE MAGNESIO

La mayoría de los datos apuntan a que mientras ejercicios muy intensos de corta duración conducen a hipermagnesemia, el ejercicio submáximo prolongado se acompaña de hipomagnesemia. En el primer caso, la hipermagnesemia aparece fundamentalmente como consecuencia de:

a) Un descenso del volumen plasmático.

b) Un cambio del magnesio celular secundario a la acidosis y a la contracción muscular. En este caso, los cambios del magnesio plasmático son del mismo tipo que los del potasio, siendo ambos inmediata y espontáneamente reversibles durante el periodo de recuperación.

Se han llevado a cabo otros estudios sobre cambios plasmáticos durante diferentes tipos de ejercicios submáximos prolongados (maratón, ski de fondo, bicicleta cicloergométrica, entrenamiento de natación, tenis, paseos de larga duración) y se encontró que había una caída transitoria del magnesio plasmático, que era mayor después de tener en cuenta los descensos del volumen plasmático. Los cambios en el magnesio son diferentes de los producidos en el potasio y el sodio plasmáticos. El ejercicio submáximo prolongado puede conducir a deshidratación con un mayor o menor descenso rápido en el volumen plasmático y un aumento de la presión osmótica. El aumento del potasio plasmático se ha atribuido a hemoconcentración y a la actividad muscular, y el del sodio plasmático a la sudoración.

Mientras que el ejercicio estenuante disminuye el magnesio plasmático, la medida del magnesio eritrocitario ha ofrecido resultados conflictivos. La inconsistencia parece no ser la consecuencia de diferencias en la experimentación, duración e intensidad del esfuerzo, siempre que el método usado para la determinación del magnesio eritrocitario, el tiempo de la muestra de sangre, y las variaciones en el volumen globular sean tenidos en cuenta en el análisis de los datos.

Tabla 21.5 *Mecanismos para la regulación de la homeostasis del magnesio durante el ejercicio.*

1. Magnesio plasmático y eritrocitario, varios hallazgos:

a) Entrada de magnesio en el eritrocito

- Aumento del Mg eritrocitario
- Descenso del Mg plasmático

b) No modificaciones

c) Descenso del Mg plasmático y eritrocitario debido a la hemolisis.

2. Magnesio muscular

a) Paso del Mg desde el plasma al músculo

- Descenso del Mg plasmático
- Descenso del Mg eritrocitario

3. Magnesio urinario

- Aumento de la excreción urinaria de Mg

4. Magnesio en sudor

- Aumento de la excreción sudoral de Mg.

5. Lipolisis.

- Aumento de las catecolaminas lipolíticas produce hipomagnesemia.

D. J.R. DEL RIO

El deporte puede ser considerado desde muy diversos puntos de vista y bajo muchos aspectos. En este capítulo nos preocupará el aspecto educativo de la actividad física y las actividades deportivas como soporte válido dirigido a la educación integral de la persona.

Una definición clásica de Educación dice: "Educación es el perfeccionamiento intencional de las facultades físicas y psíquicas del hombre". La Educación Física (EF) y el Deporte inciden sobre el individuo concebido en su totalidad, y contribuyen a la formación de su personalidad, ayudándole a realizarse física, moral e intelectualmente. Por lo tanto no pueden quedarse en una mera educación del cuerpo sino que debe dirigirse al hombre considerado integralmente.

Es misión del profesor crear modelos de sesión que permitan, juntamente con la participación motriz, la mejora de todos los factores de la inteligencia. Se pretende de esta forma lograr un clima de participación del alumno, proporcionándole mayor similitud con la estructura de las demás materias de su formación "intelectual", alejando de esta forma la tan aceptada máxima "la E.F. es distinta" lo que por desgracia es sinónimo, en la mayoría de los casos, de es peor.

La E.F. debe considerar también la interdependencia existente entre las actividades físicas y los fundamentos culturales de nuestra sociedad, siendo precisamente en los centros educativos donde se debe canalizar ese gran caudal de posibilidades que el deporte ofrece como medio educativo.

El individuo ante la gran importancia que la sociedad concede al deporte como medio de lograr muy variados fines, se ve a veces confuso y desorientado ante sus diferentes posibilidades, y necesitado de una formación de base, y de una filosofía deportiva que estimo debe labrarse, como tantas otras cosas, en la edad infantil.

Existe un deporte-espectáculo, un deporte-juego, un deporte-competición, un deporte-rivalidad, un deporte-esfuerzo, un deporte-profesión, un deporte-salud, etc. En algunas formas de practicar deporte coinciden varias de estas modalidades, pero no siempre se dan todas ellas. Cuando un

futbolista de 1ª división participa en su partido semanal, practica un deporte-profesión y participa, a la vez, en un deporte-espectáculo. No puede decirse de él que practica un deporte-juego, aun cuando se diga popularmente que juega un partido. El juego es para el público no para el protagonista (llamado jugador) que actúa por obligación.

Otro gran planteamiento de nuestro tiempo consistiría en la educación de la gran cantidad de deportistas de graderío e intelectuales de televisión que ha generado la sociedad actual y su falsa interpretación del ocio. Considero importantísimo contar con espectadores con sentido crítico individual y no con masas despersonalizadas donde el yo se diluye.

1. ¿QUE ES EL DEPORTE?

En el primer gran diccionario latino de Charles du Cange (1610-1688), se recogen las palabras deportarse, desportarse, deport con distintas acepciones: a) apoyo, protección, b) divertirse, regocijarse, c) pasear, deambular, d) tomar a broma, a juego

En el diccionario de Autoridades de la Real Academia Española (1726-1739) deportarse equivale a divertirse, solazarse, y deporte a diversión, holganza, pasatiempo. Para Ortega y Gasset la palabra deporte entra en el lenguaje común de la lengua gremial de los marineros mediterráneos.

Deporte es estar de porta (conversaciones en las tabernas, juegos de fuerza, destrezas, etc.). Juego, ejercicio, rivalidad lúdica, esparcimiento, y derivativamente chanza, burla entraban en el abanico significativo del término "sport" hace ya siglos en la lengua inglesa. El "sportsman" aparece definido en el siglo XVIII, con una significación que va más allá del hombre que practica deporte para señalar un estilo de comportamiento, una excelencia, apostura, buenos modales, corrección, respeto, control (fair play). Casi un estilo de vida, con muchos puntos de coincidencia con respecto a otro rico concepto inglés, "gentleman".

Existen otras muchas interpretaciones de la palabra deporte pero en todas ellas aparece el significado de entretenimiento, diversión, recreo y distracción.

El deporte moderno tiene su origen en la ociosidad de la aristocracia británica de los siglos XVII a XVIII desligada cada vez más de responsabilidades políticas y guerreras. En el siglo XIX aparecen los clubs, las reglamentaciones de distintos deportes, y la instauración de pruebas de cross country, remo, equitación, tenis, hockey, cricket y pugilismo. Nace el fútbol actual y se estructuran las primeras federaciones de deportes específicos.

Surge la figura de Tomas Arnold, Director del Colegio de Rugby, creador de una verdadera pedagogía deportiva en los círculos aristocrático-burgue-

ses. Los centros escolares son presa de la más espantosa brutalidad. El alcohol y el juego son los reyes allí. No inventa nada, toma lo existente: golf, cricket, remo, fútbol, etc. y da una nueva orientación a estos juegos, anteriormente de enorme violencia. Con la colaboración de sus alumnos regula, codifica, arbitra y trata de desarrollar el cuerpo y el fair play en un clima de autogobierno. Con ello pretende hacer del deporte, más que un juego, un estilo de vida.

Esta orientación es la que hace que de unos juegos en los que participaban gentes ociosas se pueda hablar ya de deporte. Consigue mediante su pedagogía deportiva un rearme moral en sus escolares. “Debemos predicar y conseguir el estricto cumplimiento de las reglas deportivas y, si buscamos eludir su cumplimiento con propósitos de victoria, habremos formado una futura generación de tramposos”.

Para Arnold el deporte estaba al servicio de la acción moral puesto que su función era ayudar al cuerpo a obedecer la ley moral. El deporte es un juego y libera de preocupaciones; como es físico ayuda al desarrollo; como se practica en equipo favorece el espíritu cívico; como obedece a reglas da una formación moral. El alma demanda al cuerpo que sea el instrumento de valores morales.

Pierre de Coubertin constituye otro gran hito en la historia del deporte. Creador del “Espíritu Deportivo”, llegó a creer que podría ser considerado como una nueva religión.

Saber ganar; saber perder; uso de buenas artes; vencer sin humillar; vencer sin rencor; aceptando la derrota como lección que induzca a una autosuperación; respeto absoluto para con el adversario; fraternidad dentro y fuera del terreno de juego; acatamiento de las decisiones de los jueces, aun en los casos en que se equivoquen claramente. Este “Espíritu deportivo” tuvo aceptación universal, mientras no entraron en juego masivamente elementos ajenos a él; económicos, políticos, propagandísticos, etc.

Un ejemplo de la desaparición del espíritu deportivo por la politización del deporte es la declaración que hizo en 1972 un campeón mundial de ping-pong de la República Popular China. En una rueda de prensa explicó así la victoria: “he vencido gracias a la concentración y a la serenidad que me han proporcionado la lectura de los pensamientos de Mao. El ping-pong es muy fácil: hay que golpear la pelota con violencia, con mucha violencia, con tanta violencia como si se tratara de la cabeza de CHIANG KAI-SHEK”.

Estimo que aunque el deporte como fenómeno cultural tiene que concordar con las nuevas situaciones y circunstancias de la sociedad actual es indudable que todos los valores educativos reconocidos al deporte siempre estarán vigentes.

Creo que la definición de Carl Diem acerca del deporte es una de las mejores definiciones: “Deporte es un juego portador de valor y seriedad, practicado con entrega, sometido a reglas, integrador y perfeccionador, ambicioso de los más elevados resultados.

3. DEPORTE EN LA EDAD INFANTIL

El esquema corporal, según los neurofisiólogos, no alcanza su pleno desarrollo hasta los 11-12 años. La educación psicomotriz debe ser prioritaria hasta los 8-9 años al objeto de construir los cimientos necesarios para desarrollar más adelante habilidades más complejas.

3.1. INICIATIVA DEPORTIVA

A los 7-8 años, edad de aprendizaje, ya puede comenzarse la **iniciación deportiva** encaminada a la consecución de una buena coordinación neuromuscular, y a favorecer la economía de ejecución del gesto. Esta iniciación incluye la realización de ejercicios variados, alternados y polivalentes (multilaterales) que permitirán mayores posibilidades de mejora durante el desarrollo de su práctica deportiva. Parecen más aconsejables las actividades de tipo aeróbico aunque pueden ser iniciados, en actividades de carácter alternativo entre esfuerzos aeróbicos y anaeróbicos, como el fútbol, baloncesto, voleibol, etc. En principio debe presentarse el deporte de manera global.

3.2. FASE DE DESARROLLO

Se inicia a los 10-11 años con un trabajo específico de técnica y táctica. Es la etapa del aprendizaje donde se deben enseñar los principales movimientos para lograr una ejecución correcta.

3.3. FASE DE PERFECCIONAMIENTO

Hacia los 13-14 años se iniciará la fase de perfeccionamiento. Se introducirán elementos de juego más complejos y se afianzarán y perfeccionarán todos los conceptos técnicos y tácticos de la etapa anterior.

Se excluye el entrenamiento para la competición y fundamentalmente se pretende que el niño obtenga una amplia base donde pueda asentarse el éxito de una especialización futura.

No voy a hacer una clasificación detallada de los deportes que se pueden ofrecer al niño en esta edad. Tienen cabida la mayoría de los deportes tradicionales individuales o colectivos, las actividades en la naturaleza, los juegos tradicionales, autóctonos y alternativos, la danza, expresión corporal, etc.

3.4. JUEGO PARADOJICO

Es importante la concepción de “juego paradójico” que aporta Pierre Parlebas quien explica que en el deporte de equipo los amigos y enemigos no cambian durante el juego, sin embargo, en la vida social no ocurre así, sino que los amigos van y vienen. Hemos de presentar juegos en los que las relaciones no sean estables, puedan cambiar durante su desarrollo y puedan darse situaciones imprevistas por los jugadores existiendo incertidumbre por lo que pueda ocurrir.

4. APRENDIZAJE DEPORTIVO

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, es preciso hacer algunas consideraciones a seguir en el proceso del aprendizaje deportivo:

- a) El deporte no representa para el niño lo mismo que para el adulto. Tampoco los niños son pequeños adultos.
- b) Debe perseguirse como objetivo la consecución del mayor dominio de conductas motrices, no limitar pronto al niño. En este sentido es bueno que multiplique las acciones y situaciones practicando varios deportes. Ello facilitará los aprendizajes posteriores mediante la acción de la transferencia.
- c) No debe aplicarse a los niños considerados “talentos”, una forma reducida del entrenamiento del adulto, dirigido a la consecución de altos rendimientos. Lo normal es que deportistas que han comenzado muy jóvenes abandonen al llegar a la adolescencia, que sería el momento adecuado para iniciar el entrenamiento específico.
- d) Los deportistas que se inician tardíamente se ha comprobado que continúan hasta lograr mejores resultados que los niños prodigio.
- e) Muy importante resulta el estudio de las situaciones del juego. Saber descifrar e interpretar los comportamientos de los demás, es básico para tomar decisiones adecuadas.
- f) Como motivación podría plantearse el imitar gestos técnicos de grandes campeones mediante la exposición de videos, películas, fotografías, etc, aunque lo ideal sería combinarlo con métodos de descubrimiento.
- g) Deberán establecerse objetivos concretos a conseguir cada temporada, sin prisas y sin quemar etapas. Es oportuna aquí la opinión de Peter Coe, entrenador y padre del campeón olímpico Sebastian Coe: “Deben fijarse unos objetivos y entrenarse para conseguirlos con la menor cantidad de trabajo posible. Cuando el corredor ha alcanzado el objetivo propuesto para ese año, no se debe pedir más”.

Cuando su hijo tenía 18 años obtuvo la medalla de bronce en la prueba de 1500 m. en los campeonatos europeos juniors, y realizaba una media semanal de 45 km. El atleta que consiguió la medalla de oro, el finlandés Paunonen, realizaba ya más de 100 km. Este último no mejoró apenas nada y, en cambio, Sebastian Coe, después de 12 años continuaba entre los mejores del mundo.

Además de los objetivos específicos de enriquecimiento motor existen otros de dimensión social y afectiva, sobre los cuales la práctica de la actividad física bien encauzada puede tener una operatividad manifiesta, como son:

- Conocimiento de uno mismo: aceptación de uno mismo y desarrollo y mejora del auto-concepto
- Capacidad para seguir instrucciones: respetando las reglas convenidas y desarrollo del autocontrol
- Aceptación de los demás mediante cooperación en tareas sencillas, desarrollando la capacidad de trabajo en equipo y fomentando la integración social
- Asumir responsabilidades: desarrollo de la capacidad de tomar decisiones.

El deporte escolar (principalmente actividades extraescolares) debe permitir a un gran número de alumnos acceder al deporte competitivo que para muchos representa un medio de afirmación de sí mismos. En el club completarán y perfeccionarán su formación practicando el deporte en las mejores condiciones.

No todos optan por el deporte competitivo, y la educación física debe intentar canalizar a los restantes.

Actualmente existe el problema de niños menos hábiles que evitan deliberadamente su participación, como reconociendo que, a consecuencia de sus carencias, están incapacitados para la práctica deportiva. Jugar mal es también un derecho. Hay que procurar crear el marco adecuado para que estos niños puedan intervenir, bien disminuyendo el nivel competitivo, o bien encaminándoles a otros deportes en los que lo participativo prime sobre lo competitivo. Una buena solución sería un campeonato interno de centro en los que todos tuvieran que participar defendiendo a su grupo, y el sistema de puntuación diera la misma importancia a los equipos destacados y a los menos. Estos últimos se verían animados por sus compañeros más dotados y sentirían que lo que estaban realizando tenía relevancia.

Hasta hace unos años los Campeonatos escolares, meramente participativos, cumplían esta función, y los clubs, más selectivos representaban el eslabón superior, disponiendo de su propio campeonato. Con la integración de ambos lo participativo se ha diluido en lo selectivo.

Este tipo de deporte que podemos denominar de expansión, donde la presión competitiva y el dominio técnico es menor, representa una enorme posibilidad de canalización de lo que entendemos como gran conquista del progreso: el ocio.

4. EL OCIO

El hombre distribuye sus horas entre tres tipos de vivencias: el trabajo, el ocio y el pensamiento.

En principio existió el homo faber, el trabajo era la actividad más importante. Ganarás el pan con el sudor de tu frente dice el Génesis.

Poco a poco aparece la civilización del pensamiento. El pensar define al hombre. El homo sapiens pasa a primer plano, o mejor dicho homo faber y homo sapiens se funden, no hay distinción entre trabajo y pensamiento: el profesor, el director de empresa, el ejecutivo no tienen límite en su horario, el día entero lo consagran a su quehacer cuya definición no encaja en las horas de un calendario laboral.

Pronto aparece como una realidad esencial en la vida humana otra dimensión: la del ocio. Junto al homo faber y al homo sapiens irrumpe el homo ludens, el hombre en tanto que se recrea. Quizás sea la máquina la causante de este estado de cosas. De instrumento de ahorro de energía se fue convirtiendo en rival: una máquina hacía el trabajo de veinte obreros y muchos de ellos eran despedidos.

La máquina va a suplir el esfuerzo del organismo y ello va a traer importantes consecuencias en los hábitos del comportamiento humano: el coche, el autobús, el tren, el avión, modifican la significación humana del aparato locomotor. La era de los ordenadores actuará también de alguna forma sobre funciones intelectuales como la lectura, las matemáticas, la memoria, etc.

Ante tales transformaciones en el uso y esfuerzo del aparato locomotor, caben solamente dos soluciones: la adaptación funcional o la compensación.

La primera solución hoy por hoy no está en manos del hombre. La segunda supone la sustitución del trabajo físico, cada vez menos obligatorio por el ejercicio físico voluntario. La práctica deportiva adquiere una nueva dimensión. En este sentido ha habido intentos en varios países: "Segundo camino del deporte", "Deporte para todos", "Contamos contigo" etc, que han conseguido algunos resultados.

Por otra parte nos encontramos ante el auge de los medios de difusión, que están conformando un nuevo modo de ocio pasivo. El deporte con su espec-

tacularidad y fácil interpretación se presta perfectamente a esta pasividad. Y popularmente se considera como muy aficionado al deporte aquella persona que no se pierde un acontecimiento deportivo por televisión, radio o prensa.

En el ocio caben, por tanto, la pasividad y la actividad u “ocupación felicitaria” como decía Ortega, y es fundamental en las dos conocer los valores que adoman al deporte. Así tendremos buenos practicantes disfrutando del juego y magníficos espectadores que no sólo consideren el resultado.

Es en la edad infantil donde este concepto de ocupación del ocio debe tratarse seriamente. Pero las cosas no son fáciles y los hábitos sociales no cambian de la noche al día. Se está avanzando pero es necesario que desde los gobiernos se realicen mayores esfuerzos, se elaboren más programas dirigidos a todas las capas de la sociedad con la diversidad suficiente para que todos encuentren alguna actividad atractiva.

Si se pretende que estas actividades surtan el efecto deseado requieren de continuidad a lo largo del año, no sirven actividades puntuales para justificar que se hace algo. Si tomamos por ejemplo el ciclismo, el día llamado de la bicicleta es algo atractivo y de gran colorido pero es solamente un día. Lo ideal sería establecer rutas semanales para todo el año y promover agrupaciones que encuadren a todos los voluntarios que deseen su práctica.

5. EL EDUCADOR DEPORTIVO

De todo lo dicho anteriormente deducimos que el educador deportivo, profesor o entrenador debe ser un profundo conocedor de los valores pedagógicos del deporte, porque si educar es difícil, en el deporte lo es mucho más al recibir influencias múltiples, y sobre todo del deporte-espectáculo.

El educador deberá hacer comprender a sus alumnos, desde niños, todo lo que implica el deporte, el placer del juego y la secundariedad del resultado. Atenderá a todos sus alumnos por igual buscando la participación de todo y no sólo a los destacados.

Un buen educador deportivo debe ser consciente de que los protagonistas son sus jugadores o atletas, y no buscará el éxito fácil de aquellos para acreditar su competencia como técnico, arruinando a veces el futuro deportivo de sus alumnos.

Terminaremos con un párrafo de José María Cagigal:

“Este grupo de muchachos hacen habitualmente “juego limpio”. Han llorado en la derrota, pero no han echado la culpa a los árbitros ni a la dureza de los contrarios. En situaciones críticas no se les ocurre echar mano del fraude. Han aplaudido a sus rivales triunfadores. Descubrílos, porque en medio de esos jóvenes viene un egregio educador”.

DRA. T. DEL CASTILLO

Hasta no hace mucho tiempo, en las competiciones deportivas sólo tomaban parte los hombres, actualmente la participación de la mujer es cada vez mayor en la vida deportiva recreativa o de alta competición. La antigua creencia de que el deporte masculinizaba a la mujer y que incluso favorecía la esterilidad, demoraron su intervención en las competiciones deportivas, a las que tuvo acceso a finales del siglo pasado.

En 1922, en París, se creó la Unión Femenina Deportiva Internacional que organizó los campeonatos mundiales. Hasta ese momento, la mujer había participado en juegos como el críquet, tenis, golf, natación, etc, pero siempre de manera no competitiva. Por fin, en 1928 la mujer participó en los Juegos Olímpicos que se celebraron en Amsterdams.

Desde entonces hasta hoy, la mujer se ha ido integrando progresivamente al deporte, ya no sólo como una forma de ocupar su tiempo libre y mantener un cuerpo sano y esbelto, sino también dentro del deporte de alta competición.

1. PARTICULARIDADES FISIOLÓGICAS DE LA MUJER

La fisiología general de la mujer es similar a la del hombre. Sin embargo, existen amplias diferencias en aspectos particulares, tales como la fisiología endocrina que está representada en el ciclo menstrual.

La mujer desde la pubertad hasta la menopausia presenta ciclos menstruales periódicos de 28 a 30 días que obedecen a las acciones de las hormonas hipofisarias y ováricas. La menarquia (primera menstruación) suele ocurrir en nuestro medio entre los 11 y los 14 años. Durante los primeros 14 días del ciclo menstrual (el día de comienzo de la regla corresponde al primer día del ciclo menstrual) el ovario es estimulado por la hormona hipofisaria estimulante del folículo (FSH) que hace crecer un folículo. Dentro de un folículo madura un óvulo y las células granulares y teca del folículo segregan los estrógenos, que durante estos 14 días harán crecer el endometrio, preparándolo por si existe nidación. Como consecuencia de un aumento de la hormona luteinizante de la hipófisis, que ocurre normalmente alrededor del día 14, estalla en la pared del ovario el folículo (ovulación) y el óvulo es atrapado por la ampolla

tubárica. A partir de este momento la hipófisis continúa produciendo niveles altos de LH que hace crecer el cuerpo lúteo secretor de progesterona, hormona que mantiene al endometrio proliferado. Si no se produce la fecundación al llegar al día 28 caen los niveles plasmáticos de progesterona y, por tanto, no se mantendrá el endometrio que se descama produciéndose la menstruación.

Durante la primera mitad del ciclo hormonal de la mujer, el aumento de estrógenos provoca retención de sodio y agua en el organismo. La mayoría de los entrenadores opinan que este es el mejor período para la realización de competición por parte de la mujer, por ser la etapa en que la mujer puede desarrollar su mejor capacidad de trabajo físico.

Al llegar el día 14 con la fase progesterónica pueden producirse alteraciones psicológicas como sensación subjetiva de cansancio, astenia, abulia, malestar general y el denominado síndrome premenstrual que acarrea una disminución de trabajo físico. Durante este período menstrual pueden aparecer dolores en hipogastrio (dismenorrea). Durante la menstruación el rendimiento en el 45 % de las mujeres es el mismo, en el 43% disminuye y en el 12 % aumenta. En general se admite que el rendimiento es mayor en las fases lejanas a la menstruación. Hay que tener en cuenta que en el 13% de las mujeres el rendimiento disminuye en la fase premenstrual.

2. OTRAS DIFERENCIAS CON EL HOMBRE

2.1. DIFERENCIAS MORFOLOGICAS

Las mujeres presentan como diferencias más destacadas una talla inferior que suele ser de 7 a 11 cm de media. La pelvis femenina (ginecoide) es más ancha y menos alta que la masculina (androide) ya que en ella se encuentran alojados los órganos sexuales internos. Esta estructura de la pelvis está promovida para facilitar la gestación y sobre todo hacer viable el parto. El aumento en anchura de la pelvis hace que los ángulos de inclinación del fémur sean más agudos que en el hombre, determinando una menor resistencia. Por último, la mujer presenta una caja torácica más pequeña que el hombre, lo que conlleva una menor capacidad pulmonar.

2.2. DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS

2.2.1. Músculo.

Con respecto al hombre tiene una menor masa muscular, menor contractilidad, menor tono muscular y más tejido adiposo.

2.2.2. Pulmón

Presentan menor capacidad vital, una frecuencia respiratoria mayor y un consumo de oxígeno inferior al del hombre.

2.2.3. A. Cardiocirculatorio

Con relación al aparato circulatorio y siempre con respecto al hombre, la mujer presenta una frecuencia cardíaca de reposo más alta, un menor volumen sanguíneo circulante, la concentración de hemoglobina es inferior, por tanto tiene menor capacidad de transporte de oxígeno.

2.2.4. Articulaciones

Las articulaciones de la mujer presentan una hiperlaxitud ligamentosa, por la acción de sus hormonas sexuales, por tanto, sus articulaciones son más débiles e inestables que la de los hombres.

2.2.5. Sistema nervioso

Su sistema nervioso tiene reacciones más rápidas de sus centros motores y neurovegetativos que los de los hombres.

3. ENTRENAMIENTO EN MUJERES DEPORTISTAS

3.1. POTENCIA AEROBICA

Es conocido que la capacidad de transportar y utilizar oxígeno está más determinado por el entrenamiento y por el potencial biológico que por el sexo. Los varones y mujeres que participan en el mismo deporte tendrán unos valores más cercanos de potencia aeróbica ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) que los deportistas del mismo sexo en deportes diferentes.

En los deportes en los que la capacidad de resistencia es el requisito primario para el éxito, los deportistas varones de élite poseen generalmente valores mayores de potencia aeróbica que sus equivalentes femeninas.

Hay varios factores que pueden explicar las diferencias de sexo en la capacidad de transporte y utilización de oxígeno. Los niveles bajos de hemoglobina de la mujer reducen la capacidad de transporte de oxígeno de su sangre aproximadamente en un 10% por debajo de los niveles de los varones. A pesar de que la frecuencia cardíaca máxima es la misma en varones y mujeres, el volumen de eyección máximo en las mujeres tiene como resultado un menor gasto cardíaco máximo. El entrenamiento reduce la diferencia cuando el gasto cardíaco y el volumen máximo de eyección se relacionan con el peso corporal o con el área de superficie corporal.

Entre las deportistas, lo mismo que en los hombres, los mayores niveles de $\dot{V}O_2$ max se encuentran en aquellos deportes que poseen un elevado componente aeróbico y que demandan un esfuerzo sostenido durante períodos de tiempo prolongado.

La eficacia de los programas de acondicionamiento aeróbico es la misma en varones y en mujeres. Existen aumentos en la potencia aeróbica máxima, volumen ventilatorio, pulso de oxígeno, diferencia arteriovenosa de oxígeno y tiempo de acción.

La magnitud de la mejora que puede esperarse en la potencia aeróbica depende del nivel de aptitud inicial de las mujeres y de las características de los programas de entrenamiento.

3.2. FUERZA

Normalmente la potencia femenina de desarrollar fuerza muscular se ha infravalorado considerablemente. Aunque es improbable que las deportistas lleguen a alcanzar el mismo nivel de fuerza que sus equivalentes masculinos, pueden esperarse un 30% de mejora de algunos grupos musculares en tan sólo algunos meses.

La diferencia masculina- femenina en la fuerza se debe en primer lugar al efecto anabólico de la testosterona sobre la musculatura del varón. Como la fuerza es proporcional al área transversa del músculo, el mayor tamaño de los músculos del varón son una ventaja definitiva. Aunque las diferencias de fuerza varían de un grupo muscular a otro, la fuerza global de la mujer es en promedio dos terceras partes de la del varón.

Los efectos del entrenamiento con pesas son similares que en varones y, de hecho, las mujeres pueden tener una ganancia relativamente mayor en la fuerza por que sus niveles iniciales son menores. Pero, aunque algunas deportistas puedan ser más fuertes que algunos varones no entrenados, el deportista varón tendrá ventajas importantes en aquellos deportes en los que el éxito está determinado principalmente por la fuerza y la potencia.

En principio, un programa de entrenamiento de fuerza para mujeres puede utilizar el mismo equipo y esquema que se emplea en los varones. Sin embargo, la fuerza global de la parte superior del cuerpo de la mujer corresponde a 54% de la de los varones, en contraste con el 68% en la parte inferior. Esto sugiere que este tipo de entrenamiento necesita un enfoque especial que lo diferencia del utilizado por los varones.

3.3. FIBRAS MUSCULARES

Los varones y mujeres no entrenados poseen casi una relación de 50%-50% entre las fibras de acción lenta y las de acción rápida. Entre las

deportistas, el porcentaje de fibras rápidas y lentas depende más del deporte que del sexo. La diferencia en el porcentaje de las fibras lentas entre sprinters y corredores de medio fondo, por ejemplo, es mayor que las diferencias entre cualquier grupo de varones y mujeres. Los deportistas de carreras de resistencia masculina y femenina tienen típicamente un 60 - 70% de fibras lentas, mientras que los sprinters pueden tener únicamente un 25 - 30%.

3.4. COMPOSICION CORPORAL

Las mujeres en edad universitaria mantienen entre el 20% y el 25% de su peso corporal en grasa, cerca del 20% si son activas y más cerca del 25% si llevan una vida sedentaria. Para las deportistas esta cantidad de grasa es inaceptable por que disminuye su rendimiento. Las deportistas de resistencia hacen lo posible para reducir la grasa no esencial al mínimo, dado que ésta aumenta la carga sin contribuir a la capacidad de trabajo.

Las cifras promedio para los deportes y pruebas específicas oscilan entre mínimas del 12% para corredoras de élite, a máximos de casi el 24% para jugadoras de golf y lanzadoras de disco.

3.5. TOLERANCIA AL CALOR

Durante muchos años se creía que las mujeres eran incapaces de tolerar el ejercicio en ambientes cálidos lo mismo que los varones. Estudios recientes, han demostrado que las mujeres toleran el ejercicio en el calor y se aclimatan igual de bien que los varones. Parece ser que el nivel de forma y el estado de aclimatación son más importantes que el sexo para determinar la tolerancia al calor.

4. PATOLOGIA ESPECIFICA DE LA MUJER

4.1. AMENORREA

La amenorrea se define como ausencia de la menstruación. Si la menarquia no se ha producido, la amenorrea es primaria. Cuando las menstruaciones han sido normales y luego se interrumpen se habla de amenorrea secundaria, que para que sea asociada al ejercicio debe haberse producido después de realizar un período de entrenamiento, en algunos cambios de régimen de entrenamiento y en ausencia de otra patología subyacente.

Se barajan varias teorías como causas de esta amenorrea. Entre las más importantes destacan: la reducción de la grasa corporal, los cambios hormonales agudos y crónicos como resultado de un ejercicio intenso, un gasto excesivo de energía y el estrés psicológico.

Esta amenorrea no suele tener efectos negativos sobre la función reproductiva y pueden ser suficientes pequeñas modificaciones en el entrenamiento y en el estilo de vida para reanudar una menstruación regular. El problema que pueden tener estas deportistas al tener amenorrea es que mantengan un estado hiperestrogénico prolongado y que ello derive en una pérdida de masa ósea. Estado que es reversible al desaparecer la amenorrea.

4.2. ANEMIA DEL DEPORTISTA

Este trastorno está relacionado con el metabolismo del hierro. Todos conocemos que la importancia del hierro viene determinada por que forma parte de la molécula de hemoglobina que es la encargada de transportar el oxígeno a la célula.

La mujer pierde aproximadamente 1.5 mg de hierro al día, el doble que el varón, y no consigue cubrir con la dieta las necesidades diarias de hierro que son de 18 mg día. Normalmente la causa de pérdida de este mineral es multifactorial en el deportista tanto hombre como mujer (transgresiones dietéticas, a través del sudor, por orina, por heces). En la mujer hay que sumar otro factor muy importante: la pérdida de hierro durante la menstruación.

4.3. ANOVULATORIOS

En las deportistas pueden emplearse como método anticonceptivo o para variar los ciclos de las deportistas que compiten ya que la incidencia de irregularidades menstruales en deportistas es mayor que entre la población femenina general.

Los anovulatorios disminuyen la dismenorrea (dolor menstrual). Si se comienzan a dar hay que hacerlo tres meses antes de la competición, debido a los posibles efectos secundarios que tienen este tipo de medicación, tales como, alteraciones intestinales, etc.

Como efectos negativos de los mismos son todos los derivados de sus efectos secundarios y parece ser que en las mujeres deportistas disminuyen el rendimiento aeróbico máximo y aumentan la grasa corporal.

4.4. GESTACION

La gestación es una situación fisiológica en la que debe ser el ginecólogo el que indique la actividad física a desarrollar.

Las mujeres habituadas al entrenamiento pueden seguir realizándolo de una manera adecuada a su situación. La mujer que nunca lo ha realizado no debe iniciarlo, salvo en los ejercicios de preparación al parto. Sin embargo, en el primer trimestre del embarazo la mujer está en las mejores condiciones

físicas para desarrollar su máxima capacidad de trabajo debido a varios factores. Uno de estos factores sería el aumento de la hormona gonadotropina coriónica, que por vía indirecta estimula la hipófisis que a su vez estimula la glándula suprarrenal que secretará testosterona. Otro factor sería el aumento que se produce en el embarazo de los glóbulos rojos, aumentando la capacidad de transportar oxígeno.

Hay trabajos científicos publicados que indican una mejoría del rendimiento tras la maternidad debido a que todavía permanecen los efectos de la gonadotropina coriónica y a factores psicológicos.

Para finalizar, comentar que desde el punto de vista médico no se piensa que existan deportes específicos para la mujer, ya que en ocasiones la elección es debida a la propia selección natural y a las influencias externas.

Las modificaciones ginecológicas de la mujer se deben de tener en cuenta pero no se deben considerar como una limitación a la práctica deportiva.

DR. J.L. PONZ

La idea de utilizar el deporte como terapia no es nueva, porque ya la encontramos expuesta claramente por Hipócrates, y los discapacitados físicos de todas las épocas no han esperado ni los consejos médicos ni la creación de asociaciones deportivas especializadas, para entregarse a la práctica de sus deportes favoritos.

Pero es sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial cuando el deporte para discapacitados físicos se ha desarrollado y estructurado. En 1944 en el Hospital inglés de Stoke Mandeville, el Dr. Guttman introduce, de forma sistemática, las actividades deportivas en silla de ruedas, en la rehabilitación de los grandes lesionados medulares. "Las actividades deportivas son un elemento primordial de la rehabilitación física y psíquica porque devuelven a los discapacitados la confianza en sí mismos, el trabajo inteligente, el espíritu de competición y la camaradería".

En 1948 tienen lugar los primeros Juegos de Stoke Mandeville que van a tener periodicidad anual y van a convertirse en verdaderos campeonatos mundiales.

En 1958 el profesor Antonio Maglio, director del Centro de Lesionados Medulares (I.N.A.I.L.) de Ostia, Roma, elevó a las autoridades la propuesta de celebrar los Juegos de Stoke Mandeville en 1960 en Roma, en el mismo año y lugar en el que se iban a realizar los Olímpicos. Así los deportistas minusválidos ocuparon la misma villa Olímpica y compitieron en las mismas instalaciones. En estos juegos participaron discapacitados de 23 países, y son considerados como los primeros Juegos Paraolímpicos.

Sir Ludwig Guttman escribió: "El deporte debe convertirse en una fuerza impulsora para que los minusválidos busquen o restablezcan el contacto con el mundo que los rodea y por consiguiente, el reconocimiento como ciudadanos iguales y respetados".

Los Juegos Paraolímpicos han sido el símbolo de la fuerza impulsora de integración enunciada por Guttman. A partir de Roma se han repetido en cada Olimpiada posterior.

En Barcelona, una de las imágenes que impactó a millones de personas fue el encendido de la llama olímpica que realizó un arquero minusválido.

Si es evidente el cambio de mentalidad social, representada en las Paraolimpiadas, aún estamos lejos de la Carta Europea del Deporte para todos de 1975: "Todos los individuos tienen derecho a participar en el deporte". Las personas discapacitadas tienen menor oportunidad de hacer deporte y se estima que la tasa global de participación de las personas minusválidas es unas diez veces menor que la del público en general.

Informes del Consejo de Europa indican que casi una de cada diez personas de la población padece un tipo u otro de minusvalías. "En una población de edad inferior a los 65 años, un ocho por ciento de personas son minusválidas, es decir, tienen las funciones físicas, sensoriales o psíquicas reducidas en un 30 por 100 o más".

A pesar del progreso médico, la proporción de personas minusválidas crece lenta pero constantemente, por ejemplo el número de niños que necesitan educación especial aumenta anualmente entre un 3 y un 5 por 100.

1. DEPORTE PARA DISCAPACITADOS

El deporte para minusválidos podría definirse como "Aquella especialidad deportiva que utiliza medios distintos a los habituales, para poder ser practicado por deportistas distintos de los habituales".

Estos medios distintos no suponen la exclusión de los normales sino facilitación. La supresión de barreras arquitectónicas en las instalaciones deportivas benefician a toda la población.

Las exigencias para una mayor formación de instructores proporcionarían una mejor comprensión, no sólo de las diversas discapacidades, sino de otros colectivos como los ancianos.

Si queremos conseguir un "deporte para todos" de calidad debemos de plantearnos las diferencias personales, entre las que están las discapacidades.

2. EL PROCESO DE REHABILITACION

En medicina, la enfermedad ha sido tradicionalmente descrita conforme al siguiente orden: etiología, patología, manifestación. Sin embargo, en este modelo se pone demasiado énfasis sobre la enfermedad y muy poco en las consecuencias de dicha enfermedad para el individuo. Debido a que la enfermedad interfiere con la capacidad del individuo para realizar sus funciones y obligaciones, sus consecuencias deberían tenerse en cuenta.

El objetivo de la rehabilitación es prevenir la incapacidad y proporcionar una terapia y una compensación de la misma y sus consecuencias. Por lo tanto el modelo arriba descrito deberá revisarse, tal y como propuso la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) basándose en el trabajo de Wood, Helander y otros para incluir: **enfermedad-deficiencia-incapacidad-minusvalía**.

Para evitar malentendidos, es esencial utilizar las siguientes definiciones (extraídas de la Clasificación Internacional de Deficiencias, Incapacidades y Minusvalías. Ginebra, 1980):

2.1. DEFICIENCIA

Cualquier pérdida de función o patología en la estructura psicológica, fisiológica o anatómica. La deficiencia representa una alteración a nivel orgánico.

2.2. INCAPACIDAD

Cualquier restricción, resultado de una deficiencia, para realizar una actividad en la forma o manera, o dentro de los límites considerados como normales. La incapacidad representa una alteración a nivel individual.

2.3. MINUSVALIA

Cierta desventaja para un individuo a resultas de una deficiencia o incapacidad, que limita o impide el desarrollo de una función, considerada como normal (dependiendo de la edad, sexo y factores sociales y culturales) a dicho individuo. Una invalidez refleja la interacción del individuo con los demás y su adaptación al entorno.

Estos tres términos pueden ilustrarse con el siguiente ejemplo. En una amputación, la deficiencia equivaldría a la pérdida de una pierna, la incapacidad a problemas para caminar y subir escaleras, mientras que la minusvalía supondría un obstáculo para trabajar y adaptarse socialmente.

La Rehabilitación incluye todas las medidas destinadas a reducir el impacto de las condiciones de incapacidad y minusvalía y a hacer posible que las personas incapacitadas e inválidas alcancen la integración social. Su objetivo no es sólo el entrenar a personas incapacitadas e inválidas a adaptarse a su entorno, sino también el intervenir en su entorno inmediato y en la sociedad para facilitar su integración social.

Las personas incapacitadas e inválidas, sus familias y las comunidades en las que viven, deben participar en la planificación y puesta en marcha de servicios relacionados con la rehabilitación.

3. LA REHABILITACION Y EL DEPORTE

Para todos los profesionales de la rehabilitación (médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, ortopédicos, etc), la práctica deportiva es una herramienta fundamental. El deporte puede ser considerado como una técnica funcional con óptica global, que persigue el desarrollo de todas las compensaciones naturales para obtener un trabajo neuromuscular total y sacar el mejor partido de las posibilidades motoras no afectadas.

Sin embargo, el protagonista principal del proceso de rehabilitación es el propio discapacitado. La práctica deportiva es válida cuando la experiencia es placentera, cuando el contacto con los otros es activo y hay voluntad de integración.

El deporte hay que introducirlo lo más pronto posible en el proceso de rehabilitación, desde que las posibilidades físicas del sujeto lo permitan y de la forma más natural posible. La actividad puede comenzar por ejercicios de equilibrio practicados de pie o en silla de ruedas, ejercicios con juegos de balones, movimientos rítmicos en grupo con fondo musical, etc.

Unas semanas más tarde, cuando la eficiencia motora ha sido conseguida hay que proponer el gesto deportivo como prolongación del proceso rehabilitador. El movimiento deportivo propuesto variará según el tipo de lesión y de posibilidades recuperadas. Así, en lesiones medulares bajas pueden plantearse carreras o baloncesto, y tiro con arco o con carabina en las más altas. En amputados puede recomendarse la natación o el atletismo.

En las lesiones motoras de niños pequeños, el deporte puede tener una importancia capital en un adecuado aprendizaje de los esquemas motores como deambulación, manipulación, etc...

Un niño con secuelas en miembros inferiores puede encontrar en la natación un medio ideal para aprender la marcha y el complejo conjunto de acciones motoras que entraña. Este mismo niño fuera del agua, con la gravedad, puede generar esquemas viciados debido al medio hostil. De esta forma, músculos debilitados sumergidos en agua cumplen su función evitando su atrofia. Estos músculos suelen estar atrofiados existiendo un intento de "compensación" por parte de otros grupos cuando los movimientos se realizan en el aire.

En una etapa posterior se debe estimular la participación en juegos deportivos para introducir la noción de equipo y de permitir al sujeto discapacitado compararse con los otros en un terreno de solidaridad y empresa común. Por ejemplo pueden aconsejarse: el atletismo por equipos, el baloncesto y las carreras de relevos.

La última etapa, para los más motivados, los más dotados o lo más dinámicos es el deporte de competición simbolizado por los juegos paraolímpicos.

3.1. ETAPAS DEL PROCESO REHABILITADOR

En el equipo de rehabilitación, el médico sugiere al discapacitado las actividades deportivas que él juzga preferibles y lo comenta como etapa de la rehabilitación. El fisioterapeuta, en contacto estrecho con el paciente, al que conoce desde el punto de vista psíquico y motor, introduce en el programa de tratamiento los ejercicios deportivos ajustados al nivel evolutivo cotidiano.

La etapa siguiente precisa de un educador deportivo que trabaje los elementos de base de la práctica deportiva, en los pacientes en pequeños grupos o individualmente. Este eslabón que se sitúa entre el centro de rehabilitación y los centros deportivos comunitarios puede ser un fisioterapeuta, generalmente deportista interesado en estos temas. En diferentes países existe un diploma de educador deportivo para minusválidos físicos, con enseñanza tanto médica como multideportiva, al que los propios minusválidos pueden acceder.

En nuestro país, la dotación de centros donde se puede realizar deporte constituye un problema notable. Muy pocas unidades de rehabilitación disponen de instalaciones para la práctica deportiva. Además, la utilización de las instalaciones deportivas comunitarias por los minusválidos no siempre es posible debido a la falta de personal cualificado y a las barreras arquitectónicas.

4. DEPORTE Y REINSECCIÓN

El minusálido deportista está mejor dotado para resolver los diversos problemas que se le plantean a la salida del centro de rehabilitación: vuelta a su familia, búsqueda de empleo o reconversión, lucha permanente contra las dificultades arquitectónicas, etc.

A través del deporte, el discapacitado puede tomar conciencia de sus posibilidades y al mismo tiempo de sus limitaciones. El entrenamiento permite la mayor destreza en los desplazamientos, resistencia a la fatiga, buena forma física, tenacidad y combatividad. El desarrollo de estas facultades permiten una mejor integración social. Numerosos estudios nos indican que la mayoría de los minusválidos deportistas trabajan y tienen una vida familiar completa.

Cabe preguntarse si el deporte es la causa o la consecuencia de esta integración social. Probablemente el logro depende ante todo de la personalidad de los sujetos. Son las mismas personas las que han tenido el coraje de hacer deporte y el empuje de integrarse eficazmente. Esto es fundamental por que supone que, dependiendo de las personas y del proceso de rehabilitación, un mismo nivel de discapacidad puede generar incapacidades distintas.

5. MATERIAL DEPORTIVO ESPECIAL

En numerosas ocasiones se precisa material especial para la práctica deportiva en minusválidos.

La silla de ruedas deportiva es más ligera, 8 Kg cuando la ordinaria pesa de 15-20 Kg, más resistente y con distintos tipos de ruedas, según la disciplina (tres ruedas en carreras, dos ruedas pequeñas delanteras en tenis y baloncesto, etc.). En competición con posibles choques se utilizan ruedas con disposición de base ampliada y protectores de radios. En general, la silla deportiva va desprovista de accesorios superfluos y con selección de protectores según el deporte a practicar.

El problema de costos económicos no se puede minimizar. Así en el caso de los amputados jóvenes la aparición de nuevos materiales como los encajes de silicona (3S) y los pies de fibra de carbono con sistemas de almacenamiento de energía (Flex foot) han revolucionado la práctica deportiva de este colectivo y han permitido la práctica de muchas disciplinas a un alto nivel competitivo (carreras, esquí de fondo, escalada). Otro problema asociado es el que se plantea en los juegos paraolímpicos en que ciertos minusválidos de países no desarrollados compiten sin este soporte técnico fundamental, en condiciones de "discapacidad" técnica asociada.

Hay otras adaptaciones importantes que pueden ser resueltas sin tanto coste como las férulas de estabilización articular (para la muñeca y miembro superior en arqueros tetrapléjicos, o las de rodilla en secuelas de poliomielitis). También se pueden emplear materiales termoplásticos para engrosamiento de empuñaduras de raquetas, palos, etc.

Otro apartado fundamental son las adaptaciones de los espacios deportivos: tatamis rugosos o térmicos en el judo para ciegos; facilitación de los accesos y suelos antideslizantes en piscinas; grúas portátiles para acceso al vaso de la piscina, etc.

6. MINUSVALIAS FISICAS Y DEPORTE

Ciertas minusvalías se prestan más que otras a la práctica deportiva. A continuación se exponen las más habituales.

6.1. SECUELAS DE POLIOMIELITIS

Un gran número de personas, que en su infancia sufrieron las epidemias de poliomielitis occidentales, tienen edad para ser atraídos por la práctica deportiva. Ciertos deportes le son particularmente recomendados: la natación, donde se consiguen logros importantes, el atletismo, el tenis de mesa

de pie, el esgrima y el tiro con arco; en secuelas poliomiélticas severas de miembros inferiores el baloncesto en silla de ruedas. Hay que señalar que las minusvalías son únicamente motoras y que la ausencia de alteraciones asociadas les favorece a discapacidad motora comparable, cuando son confrontados a parapléjicos.

En este tipo de pacientes hay que valorar sobre todo el estado ortopédico en los segmentos corporales que van a ser sometidos a carga como la columna vertebral y la rodilla.

El raquis escoliótico o paralítico para la natación no plantea problemas pero en el atletismo y deportes en silla de ruedas el corsé o el asiento moldeado puede ser necesario.

Para los miembros inferiores un genu recurvatum corre el riesgo de agravarse por distensión del plano fibroso posterior de la rodilla, cuando el deporte practicado de pie, solicita en exceso el miembro inferior (esgrima, tenis de mesa, voleibol, atletismo).

La agravación del genu recurvatum obliga a la utilización de férulas antirecurvatum. Ocurre lo mismo en los genu valgum por distensión del plano interno.

Si la utilización de las férulas no es suficiente se puede llegar a plantear el cambio de deporte.

6.2. PARAPLEJIAS Y TETRAPLEJIAS

En este tipo de personas es primordial el desarrollo máximo de la fuerza y destreza de miembros superiores. La parte más importante de su vida cotidiana se desarrolla en la silla de ruedas por lo que son los deportes que utilizan este tipo de desplazamiento los primordiales: el baloncesto, muy a menudo el primer deporte practicado, el atletismo, el tenis de mesa, el tiro con arco y el esgrima. En natación, es llamativa la agilidad de los parapléjicos en el agua pero su práctica suele plantear algunos problemas como la reagudización de contracturas, la dificultad de control de esfínteres y la precariedad de mantenimiento de la temperatura central por ausencia de termorregulación sublesional.

Para los parapléjicos completos de alto nivel neurológico y para los tetrapléjicos la adaptación cardiovascular al esfuerzo se realiza mal por la persistencia de vasodilatación sublesional y de la insuficiencia del retorno venoso. Los miembros inferiores inactivos "secuestran" volumen sanguíneo en el ejercicio. Esto provoca que el aumento del débito cardíaco se realice por aumento de la frecuencia cardíaca fundamentalmente y no del volumen sistólico.

En algunas ocasiones el aumento de la tensión arterial, normal durante el esfuerzo muscular, no sólo es menor sino que puede caer con el ejercicio.

Numerosos estudios señalan que en los niveles lesionales superiores al 6 dorsal (D6) los pacientes presentan una disminución del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ max). En niveles por debajo de 12 dorsal (D12) el comportamiento del $\dot{V}O_2$ max es similar a los normales. Por tanto, en los pacientes con lesiones medulares superiores a D6, se aconseja realizar una prueba de esfuerzo, no siendo imprescindible disponer de un equipo de ergometría de alta tecnología para obtener un perfil de esfuerzo válido.

El análisis de factores como distancia, tiempo, frecuencia cardíaca y tensión arterial en una carrera con silla de ruedas, son los métodos clínicos más utilizados. La máxima distancia recorrida en 45" seg es el test más común.

Algunos grupos de investigación están trabajando sobre la realización y puesta a punto de sillas de ruedas ergométricas fiables. Estos trabajos permitirán una valoración ajustada de las capacidades físicas de los usuarios de sillas de ruedas. El entrenamiento programado y el diseño ergonómico de las propias sillas de ruedas pueden ser la consecuencia de estas líneas de investigación.

Otras circunstancias a valorar en los paraplégicos y tetraplégicos es su estado cutáneo. Las alteraciones sensitivas añadidas al mayor grado de frotamiento y apoyo por la práctica deportiva, obliga a la supervisión de todas las zonas expuestas a la aparición de escaras. Esta aparece por la presión repetida y aumentada sobre un tejido blando, entre dos superficies duras, la interna siempre es un hueso superficial y la externa suele ser la silla de ruedas y sus apoyos. Un paraplégico debe utilizar un asiento adecuado, almohadillado pero firme, que evite movimientos de vaivén.

En los atletas de carreras de velocidad el moldeado del asiento permite la flexión de los miembros inferiores sobre el tórax para fijar el tronco y evitar un apoyo inestable.

Las escaras isquiáticas son una de las lesiones más graves en el atleta de silla de ruedas.

Por tanto, hay que verificar la integridad cutánea en todos los apoyos y no permitir la competición con este tipo de problemas. En general, el propio atleta cuida exquisitamente sus apoyos con adecuaciones del asiento, y cuidados preventivos.

Un aspecto importante es que ante cualquier modificación del síndrome sublesional de un atleta paraplégico o tetraplégico, como micciones diferentes o aparición de contracturas, exploremos la posible existencia de: espina

irritativa, escaras, uña encarnada, fisura anal o hemorroides, flebitis, fecaloma, infección urinaria, etc. Estas fuentes de "irritación" no sólo alteran el rendimiento deportivo sino que pueden generar problemas médicos.

Todas las complicaciones enumeradas son contraindicaciones temporales para la práctica deportiva en parapléjicos y tetrapléjicos.

Nuestra labor no es la de descartar de entrada la práctica de un deporte porque es complicado. Debemos, sin embargo valorar las posibilidades de cada sujeto para poder plantear las pautas de entrenamiento y el tipo de deporte más adecuado. Incluso tetrapléjicos con alteraciones de miembros superiores importantes (nivel C7) pueden practicar tiro con adaptaciones. De hecho, en los juegos paraolímpicos de Barcelona de 1992, el 39% de los atletas participantes eran parapléjicos y tetrapléjicos.

El primer centro en que se empleó el deporte como medio de rehabilitación fue en el Hospital de Stoke Mandeville del Reino Unido, por el Dr. Guttman en lesionados medulares de la 2ª Guerra Mundial. Además, dentro de las asociaciones participantes en los Juegos Paraolímpicos la I.S.M.W.S.F. (International Stoke Mandeville Wheelchair Sports Federation) representa a los atletas parapléjicos y tetrapléjicos de 69 federaciones nacionales.

6.3. ENFERMEDAD MOTRIZ CEREBRAL

Estos discapacitados tienen acceso a cualquier tipo de deporte, ya sea de pie, si es posible, o en silla de ruedas. Las dificultades vienen determinadas por la calidad del movimiento, teniendo una importancia menor la fuerza muscular. Las alteraciones del tono muscular, sobre todo la hipertonía, van a condicionar las estrategias de entrenamiento y el deporte elegido.

Las adecuaciones técnicas se centran en los factores ortopédicos: muñequeras para evitar posturas de flexión palmar, calzado ortopédico o férulas antiequino para corregir equino varos o valgos de pie, etc.

En ciertos deportes como el ciclismo, hay que valorar la dificultad de equilibrio de algunos pacientes cerebrales. La utilización de triciclo puede solucionar este problema.

La equitación es un deporte muy útil para relajar este tipo de paciente. Sin embargo en algún deportista puede aumentar una contractura de aductores especialmente pertinaz.

Como deportes practicados específicamente por estos pacientes se encuentra el fútbol 7, frecuente en los que padecen secuelas ligeras de hemiplejias y, la Boccia que es un deporte de lanzamiento de pelotas medicinales de cuero, practicado por deportistas con graves secuelas de parálisis cerebral infantil.

Las especiales características de estos pacientes, han condicionado la aparición, en 1980, de una federación internacional, la C.P.-I.S.R.A Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association, que ha defendido la introducción de parámetros de tono muscular en las valoraciones paraolímpicas. Así se evita la penalización que estos deportistas sufrían por los métodos de valoración clásicos.

En Barcelona 92 participaron 35 federaciones nacionales con el 14% de atletas participantes.

6.4. AMPUTADOS

Los deportistas amputados, sobre todo los jóvenes, pueden realizar la mayoría de los deportes. Las indicaciones dependen de los niveles de amputación. Los niños con amputaciones congénitas son los que más dificultades encuentran en la práctica deportiva por los grandes problemas que a menudo tienen con las prótesis. La natación es el deporte más placentero y practicado en estos casos.

La aparición de progresos notables en las prótesis permiten la práctica de disciplinas como la carrera, impensable hace sólo 15 años para los jóvenes con amputaciones traumáticas. Los encajes plásticos de silicona y los pies de fibra de carbono, almacenadores de energía, permiten que las carreras sean un espectáculo y que las marcas caigan rápidamente.

La precaución más importante a tener en cuenta es el estado del muñón que soporta la carga correspondiente al pie amputado. Así, el muñón debe de tener una sección ósea transversal amplia con una buena protección muscular bulbosa para evitar deslizamientos de la prótesis. Los encajes deben de evitar movimientos de pistón y rotación. El cuidado cutáneo del muñón es fundamental y cualquier escara nos obligará a suprimir el apoyo y a estudiar el problema que lo ha provocado (técnica de entrenamiento, características de encaje, alineación de prótesis, etc.).

Estos deportistas, junto a poliomielíticos y a deportistas con otras lesiones motoras están representados desde 1964 por el I.S.O.D. (International Sports Organization for the Disabled). En Barcelona 92 el 17% de los atletas eran amputados, representantes de 51 federaciones nacionales.

6.5. DEFICIENTES VISUALES Y CIEGOS

La mayoría de los deportes son accesibles a este tipo de minusvalía. Las adaptaciones tienden a sustituir o reforzar otros sentidos de orientación. La figura del guía es bien conocida en deportes como atletismo, ciclismo en tandem, etc. Otros deportes utilizan referencias o estímulos auxiliares: en la natación se mantienen las separaciones de corcho de las calles; en el

Goalball los balones llevan cascabeles; los tatamis de judo disponen de estímulos térmicos, etc. Sin embargo, este es un campo en el que se sigue investigando y los resultados modificarán aun más las prácticas deportivas de los discapacitados visuales.

La prevención de los traumatismos de zonas sensibles debe ser prioritaria por lo que se aconseja la utilización de protectores que eliminen riesgos innecesarios.

Las marcas obtenidas por estos atletas se han superado rápidamente por el empleo de los materiales de ergometría habituales de los atletas válidos. Las valoraciones de $\dot{V}O_2$ máx. y los perfiles de esfuerzo muscular permiten entrenamientos cada vez más específicos y selectivos.

Deportes como el Goalball y el judo son practicados únicamente por discapacitados visuales.

En 1980 se crea la I.B.S.A. (International Blind Sports association) y en Barcelona 92 participaron 89 federaciones nacionales con una representación del 19% de atletas.

Es de reseñar que la O.N.C.E. (Organización Nacional de Ciegos Españoles) participó en la organización de los juegos Paraolímpicos Barcelona 92, aportando el 40% del presupuesto total, utilizándose su soporte técnico y organizativo para actividades científicas como el 1º Congreso Paraolímpico.

6.6. SORDERA

Los sordos están casi siempre replegados sobre ellos mismos. cuando practican una actividad deportiva la realizan entre ellos, siendo los "juegos silenciosos" los más antiguos que se realizan para discapacitados.

6.7. OTRAS MINUSVALIAS FISICAS

6.7.1. Escoliosis y cifosis. La práctica de la natación está particularmente indicada para las escoliosis porque es capaz de flexibilizar en varios meses el tórax y de aumentar de forma espectacular la capacidad vital, sin problemas de cargas. Asimismo flexibiliza la cintura escapular y potencia toda la musculatura vertebral. También se recomiendan el baloncesto y el voleibol por el factor de enderezamiento y estiramiento en sentido longitudinal que producen.

6.7.2. Asma bronquial. Numerosos trabajos publicados indican la mejoría del estado ventilatorio por la práctica deportiva en los niños asmáticos. Los deportes más adecuados para estos niños son los de resistencia, como el maratón y la marcha. La práctica deportiva deben realizarla con los válidos. Algunos campeones olímpicos han sido antiguos niños asmáticos.

6.7.3. Cardiopatías. Una parte importante en la rehabilitación del postinfartado es el reentrenamiento al esfuerzo tras valoración ergométrica. Hay diferentes deportes aconsejados que tienen en común su realización a niveles submáximos de esfuerzo. El tiro con arco es uno de los más utilizados por su trabajo muscular selectivo sobre tórax, cintura escapular y brazos y por el autodomínio que provoca.

6.7.4. Hemofilia. El único deporte realizable con ciertas garantías de no sufrir lesión es la natación, sin embargo, deben practicarlo con gran prudencia para evitar caídas o sobrecargas articulares. No pueden realizar deporte de competición.

CAPITULO 25 EJERCICIO FISICO EN EL ANCIANO

DR. F.J. FERNANDEZ

En una sociedad como la actual donde conceptos tales como salud, bienestar, calidad de vida son ampliamente utilizados, cabe preguntarse cuántas personas realizan de forma regular ejercicio físico. Aproximadamente un 29% de individuos mayores de 65 años realizan algún ejercicio físico regular como caminar. Entre un 60-70% son sedentarios que no realizan ningún tipo de actividad física. Esta falta de actividad en la tercera edad pudiera ser debida en parte, a que existe una educación para la salud deficiente y no se aconseja la práctica de ejercicio físico de forma rutinaria a los ancianos, bien porque pensamos que el riesgo es mayor que el beneficio, o bien no nos sentimos capaces de prescribir algún tipo de actividad física, aunque según mi escasa experiencia el anciano, en general, es reacio a la práctica de ejercicio físico.

Gracias a los cambios fisiológicos derivados de la práctica de ejercicio físico el anciano puede mejorar su salud, bienestar y calidad de vida, mejorando su capacidad tanto para el trabajo como para el ocio.

1. BENEFICIOS DEL EJERCICIO EN EL ANCIANO

La práctica habitual de ejercicio físico permitirá al anciano prevenir o retardar diversas alteraciones asociadas con el envejecimiento. También se puede emplear en pacientes sintomáticos como parte del tratamiento, intentando evitar con ello incapacidades y pérdidas de funciones como ocurre por ejemplo en el síndrome de falta de uso: una vida sedentaria lleva consigo una pérdida de funciones orgánicas, pérdida de masa ósea, alteraciones cardiovasculares, etc.

Según la teoría de comprensión de la morbilidad: una actividad física regular unida a una vida sana podría aumentar la duración de la vida y lo que es más importante, su calidad. En este sentido, el ejercicio mejora diversos parámetros fisiológicos asociados normalmente al envejecimiento, hasta tal punto que un anciano con una vida físicamente activa, es difícil que engrose las listas de espera para su ingreso en una residencia.

Otras ventajas derivadas de la práctica habitual de ejercicio serían:

- a) El control de peso, ya que el ejercicio físico produce un aumento del gasto calórico que, si se acompaña de un balance energético negativo, se traduce en una pérdida de grasa, manteniéndose la masa corporal si la ingesta de proteínas es mayor de 1,2 gr/Kg/día.
- b) Hay un descenso de la presión arterial independientemente de la pérdida de peso, producido por una disminución de las resistencias periféricas.
- c) Se produce un aumento de la sensibilidad a la insulina.
- d) Retrasa la progresión de la osteoporosis, enlenteciendo la velocidad de pérdida de masa ósea, para lo que además es necesario una ingesta de calcio en la dieta de 1-1,5 gr/día.
- e) Hay un aumento de la fuerza muscular con lo que se mejora la movilidad articular y la capacidad funcional.
- f) Mejora de la imagen corporal y de la sensación de bienestar.
- g) Adecuación de los patrones de sueño, ansiedad y depresión, disminuyendo algunos trastornos cognoscitivos (tiempos de reacción) y mejorando también el dolor crónico.
- h) Evita el estreñimiento.
- i) Reduce los niveles de colesterol y triglicéridos, elevando el colesterol HDL (conocido entre la población como "colesterol bueno").
- j) En la cardiopatía isquémica, es aconsejable la realización de ejercicio aeróbico regular bajo estricta supervisión del cardiólogo.

Es importante señalar que el acondicionamiento (entrenamiento) lleva consigo los mismos efectos beneficiosos en el anciano que los producidos en sujetos de menor edad; Los efectos beneficiosos derivados de la práctica rutinaria de ejercicio dependen de un entrenamiento adecuado más que de la edad.

2. RIESGOS DEL EJERCICIO FISICO

Los efectos adversos más graves del ejercicio físico son los cardiovasculares incluyendo la muerte súbita. Hay que decir que son infrecuentes. La tasa de paros cardíacos no fatales es de 1/34.673 horas de ejercicio por paciente y la tasa de paros fatales de 1/116.402 horas de ejercicio por paciente y que suelen producirse en pacientes con alteraciones cardiovasculares previas.

El riesgo de infarto o muerte súbita es menor entre ancianos que realizan de forma continuada ejercicio físico que entre aquellos que lo realizan de forma

esporádica y llevan una vida sedentaria. También es mayor el riesgo durante la realización de ejercicios de gran intensidad (ejercicio de fin de semana).

Pueden ser frecuentes las lesiones por caídas así como las lesiones músculo-esqueléticas que se intentarán evitar aconsejando el uso de calzado adecuado y realizando “calentamiento” y “enfriamiento” con ejercicios de flexión. La actividad física recomendada se iniciará gradualmente y deberán evitarse los movimientos rápidos que pongan en peligro la estabilidad del anciano y los esfuerzos repentinos.

3. EVALUACION PREVIA AL EJERCICIO

Para poder prescribir un régimen de ejercicio eficaz y seguro, el anciano debe ser evaluado minuciosamente con el fin de poder individualizar el tipo de ejercicio a realizar según necesidades y gustos, o bien derivar al anciano, que presente patologías agudas y/o severas (enfermedad cardiovascular, EPOC, artritis, artrosis severas, diabetes mellitus, hipertensión no controladas etc.), a una atención más especializada.

La prescripción de ejercicio esta indicada en todo anciano sano que quiera integrarse en un programa de ejercicio. La evaluación médica excluye entre un 10-43% de los ancianos que desean realizar ejercicio de intensidad moderada-alta (hasta un 70-85% de la frecuencia cardíaca máxima).

Al anciano hay que preguntarle sobre el nivel de actividad previo y el actual; la sintomatología cardiovascular (tensión arterial), pulmonar, mental; sobre aspectos metabólicos (incluyendo dieta y colesterol). También se preguntará sobre el equilibrio y la estabilidad de la marcha, la sintomatología musculoesquelética, y los déficits sensoriales; sobre el consumo de tabaco, alcohol y sobre los tratamientos farmacológicos que pudieran interferir con el programa de ejercicio físico.

La exploración física se centrará en el estado visual y mental del anciano, sistemas cardiovascular, pulmonar (pudiendo incluir la determinación de la FVC y FEV1), musculoesquelético (incluyendo amplitud de movimiento y estabilidad durante la marcha), fuerza y limitaciones motoras y estado nutricional. Se deberán descartar alteraciones nerviosas periféricas.

Las pruebas complementarias a realizar serán: hemograma, bioquímica de rutina, un análisis de orina, una toma de presión arterial tanto de pie como en decúbito, un electrocardiograma de reposo. Todo ello se complementará con la realización de otras pruebas según la anamnesis y exploración física realizada.

No será necesario realizar pruebas de esfuerzo si el ejercicio consiste sólo en caminar, a no ser que el anciano tenga antecedentes de cardiopatía

isquémica. Esta prueba se recomienda si el anciano desea realizar un ejercicio de mayor intensidad (intensidad mayor del 60% del $\dot{V}O_2$ max.), si padece algún tipo de enfermedad cardiovascular o presenta varios factores de riesgo, con el fin de establecer un intervalo de frecuencia cardíaca en la que el anciano pueda realizar, de forma segura, el ejercicio prescrito.

4. OBJETIVOS

Los objetivos dependerán de la edad, de los niveles previos de actividad, del estado físico y de los antecedentes personales, por lo que el médico, siguiendo las normas básicas de los planes de entrenamiento, deberá prescribir, de forma individualizada, el programa de ejercicios más adecuado a cada anciano.

De forma general se podría aconsejar a mayores de 75 años programas destinados a mantener la flexibilidad, la fuerza, la coordinación y el equilibrio, no haciendo hincapié en el entrenamiento aeróbico. El paseo y los ejercicios de flexibilidad son adecuados para este tipo de ancianos. En los de 65-75 años y mayores con cierto grado de actividad física, se puede intentar, además, un programa que incluya una actividad aeróbica moderada.

5. UN PROGRAMA EQUILIBRADO

Un programa equilibrado, correcto y adecuado para mantener al anciano en buena forma física deberá incluir los siguientes tipos de ejercicios:

- a) Ejercicios de flexibilidad que se realizarán durante 10 ó 20 minutos, antes y después de los ejercicios de fuerza y resistencia.
- b) Ejercicios de fuerza que se realizarán tres o cuatro veces a la semana, con una duración comprendida entre 20 y 30 minutos por sesión.
- c) Ejercicios de resistencia cardiovascular, de intensidad moderada, a razón de 5 a 7 sesiones por semana, con una duración de 60 minutos.

Es importante realizar dos consideraciones:

- Que un tipo específico de ejercicio afecta a un sólo parámetro fisiológico pero no, generalmente, a los demás.
- En ancianos, especialmente en los sedentarios los aumentos de carga, para alcanzar los niveles de actividad deseados, serán graduales.

5.1. EJERCICIOS DE FLEXIBILIDAD

Flexibilidad es la capacidad que tiene un músculo de alcanzar su longitud óptima, lo que le permite alcanzar el máximo desplazamiento.

La falta de flexibilidad unida a una falta de fuerza lleva consigo una disminución de la capacidad motora que incluso puede conducir al anciano a diversos grados de dependencia. Ejercicios de flexibilidad o estiramiento realizados durante 15-20 minutos diarios, obtienen efectos beneficiosos sobre la movilidad articular y, por lo tanto, sobre la capacidad motora global.

Estos ejercicios de flexibilidad no aumentan ni fuerza ni resistencia cardiovascular y deberían constituir las fases previas ("calentamiento") y posteriores ("enfriamiento"), a los ejercicios de fuerza y resistencia. Los ejercicios de flexibilidad tienen que incluir grandes grupos musculares como cuádriceps, los grupos musculares de la "pata de ganso", pelvis, espalda, tronco, cintura escapular, cuello etc.

Debe enseñarse al anciano cómo hacer los ejercicios planificando sesiones posteriores de supervisión. Es importante la colocación e intentar corregir malos hábitos posturales. El anciano debería mantener una ligera tensión durante 10 segundos (hasta sentirse incómodo). En estos ejercicios no hace falta aumentar progresivamente la intensidad, la frecuencia y su duración, si el estado general del anciano es el adecuado. Realizando los mismos ejercicios durante 10-20 minutos diarios se consiguen aumentos progresivos de flexibilidad.

Algunos ejemplos de este tipo de ejercicios serían: flexo-extensión y lateralización de grandes articulaciones (cuello, hombros, codos, muñecas, espalda, cadera, rodillas, tobillos); de pie, flexión de tronco hacia adelante manteniéndose, en esa posición, 5-10 segundos; de pie, oscilaciones del miembro inferior hacia adelante y hacia atrás; estando sentados, traccionar hacia adelante con los brazos, intentando agarrar mediante flexión de tronco los tobillos, no doblando las rodillas; sentados, en posición de paso de vallas, flexión de tronco hacia adelante sin doblar las rodillas.

5.2. EJERCICIOS DE FUERZA

Aunque con el envejecimiento se produce una pérdida de masa y fuerza muscular, las verdaderas pérdidas de ambas se producen como consecuencia de la inactividad. Con el entrenamiento se produce hipertrofia muscular con el consiguiente incremento de la fuerza. Estos ejercicios son seguros y eficaces, permitiendo al anciano altos grados de independencia y el desarrollo de sus actividades cotidianas.

Ejemplos de ejercicios que se podrían realizar para desarrollar fuerza serían: levantamiento de pesas ligeras (0,5-3 Kg) con la mano, levantamientos laterales del brazo, remar hacia arriba, levantar hombros, hacer círculos con la muñeca, ejercer presión en una silla, etc..

El ejercicio de pesas ligeras es muy adecuado para desarrollar fuerza en la parte superior del cuerpo: se comienza realizando 12 repeticiones dos

veces al día, días alternos. Gradualmente se aumenta, primero el número de repeticiones hasta llegar a 25 ó 30 y luego se incrementa el nº de sesiones hasta llegar a las 3 veces al día. Si el anciano se encuentra bien haciendo este ejercicio y lo desea, se puede aumentar el tamaño de la pesa, aunque es preferible hacerlo con poco peso y muchas repeticiones varias veces al día. Para conseguir el efecto de entrenamiento el ejercicio se tiene que repetir hasta que éste se realice con dificultad. Además, si se quiere desarrollar la fuerza, es necesario realizar estos ejercicios 3 veces por semana, como mínimo, aunque el anciano puede incrementar el número de veces a la semana la realización de los mismos.

Los aumentos graduales permiten mejorar la condición física sin que el anciano apenas se de cuenta.

Desarrollar fuerza en las piernas es más difícil sin equipos especializados pero el andar, el ciclismo o la natación son buenos ejercicios para desarrollar y mantener fuerza en la parte inferior del cuerpo.

5.3. EJERCICIOS DE RESISTENCIA CARDIOVASCULAR

Es la parte fundamental de un programa destinado a la mejoría de la condición física global del anciano.

En los ejercicios de resistencia cardiovascular se deberán emplear grandes masas musculares, realizarse de modo regular y repetitivo, sugiriendo el American College of Sports Medicine que para conseguir efecto entrenamiento, además de lo anterior, hay que realizar actividades de resistencia aeróbica.

6. PRESCRIPCION DEL EJERCICIO

La prescripción del ejercicio debe realizarse sobre una base individual, adaptándose a las necesidades específicas del anciano y contemplando el tipo de actividad aeróbica, su frecuencia, la duración y la intensidad de dicha actividad.

Se informará sobre los tres componentes del ejercicio: "calentamiento", ejercicio o entrenamiento y "enfriamiento".

6.1. ACTIVIDAD AEROBICA

La actividad aeróbica elegida será del agrado del anciano y para obtener una respuesta de entrenamiento debiera utilizar grandes grupos musculares, ser rítmico o repetitivo, realizarse continuamente durante al menos 20 minutos y ser tolerada por el anciano. Andar rápido es un tipo de actividad

adecuada en el 80% de los ancianos. En este sentido, es importante señalar que pasear sin elevar la frecuencia cardíaca a niveles que luego comentaremos, no posee efecto entrenamiento y por lo tanto el beneficio cardiovascular es prácticamente nulo.

Otras actividades aeróbicas incluirían: ciclismo, bicicleta estática, natación, esquí de fondo, bailar, etc..

6.2. FRECUENCIA Y DURACION

El ejercicio recomendado se realizará como mínimo 3 veces a la semana, a días alternos y durante 20 minutos, objetivo que se alcanza de forma progresiva y escalonada. En principio, un anciano sedentario será incapaz de realizar el ejercicio, con una frecuencia adecuada, de forma continua durante 20 minutos. Por lo tanto, deberemos aconsejar un incremento lento del mismo, 2-3 minutos de ejercicio con 2-3 minutos de descanso, al principio la suma total de ejercicio no debe ser excesiva (10-15 minutos) no forzando al anciano. A medida que vaya mejorando su capacidad física iremos incrementando el número de minutos de ejercicio, hasta alcanzar los 20 minutos, de forma que los pueda realizar de forma continua, para luego aumentar la frecuencia cardíaca hasta niveles de entrenamiento.

Es importante señalar que dos sesiones por semana tienen un efecto dudoso sobre la adaptación física al ejercicio y por lo tanto, un objetivo recomendable sería realizar 6 ó 7 sesiones a la semana ya que el anciano tolera bien el ejercicio diario. Así, en 6 meses el ejercicio debería formar parte de los hábitos del anciano y realizarse prácticamente todos los días. En la tabla 25.1 se propone un programa adecuado para un anciano sano que, por ejemplo, desee andar.

Un tipo de programa semejante a este podría ser válido para otros tipos de actividad.

En personas mayores de 75 años, sedentarias es aconsejable realizar ejercicios menos intensos, más frecuentes y de corta duración, por ejemplo 15-20 minutos 6-7 veces por semana. La progresión será muy lenta (30 segundos de actividad con 30 segundos de reposo, aumentando en pequeños intervalos según la capacidad y respuesta del anciano).

En personas muy debilitadas, quizás nos deberíamos conformar con ejercicios de flexibilidad, fuerza y con que se movieran un poco.

6.3. INTENSIDAD

Existe un umbral mínimo de intensidad, por debajo del cual no se genera efecto entrenamiento y por lo tanto no se obtiene adaptación cardiovascular.

Tabla 25.1 Programa de paseo para el anciano.

Semanas	Frecuencia	Duración
0-2	3v/sem	20 min
2-4	3v/sem	30 min
4-6	3v/sem	40 min
6-8	3v/sem	50 min
8-10	3v/sem	60 min
10-12	4v/sem	60 min
12-14	5v/sem	60 min
14-166	v/sem	60 min
16-18	7v/sem	60 min

Esto quiere decir que el anciano debe trabajar lo suficientemente duro como para conseguir los efectos beneficiosos derivados de la práctica de ejercicio.

La confección, de un programa que incluya preparación aerobia, se basará en determinar el **margen óptimo de frecuencia cardíaca**, que se calcula como sigue:

- Se calcula la frecuencia cardíaca de reserva (FCRs). Para ello se resta a la frecuencia cardíaca máxima (220-edad del anciano) (FCM) la frecuencia cardíaca en reposo (FCRp).
- La respuesta al entrenamiento se obtiene al sumar el 30%-45% de la frecuencia de reserva (FCRs) a la frecuencia de reposo, siendo el valor obtenido el **margen óptimo de frecuencia cardíaca**, que aproximadamente es el 70-75% de la frecuencia cardíaca máxima teórica (cifra un poco más baja del 70-85% de la frecuencia cardíaca máxima según recomendaciones de la American Heart Association para la preparación aerobia).

Veamos un ejemplo: Como calcular el margen óptimo de frecuencia cardíaca para un anciano de 70 años con una frecuencia de reposo de 84 pulsaciones por minuto;

- $220 - \text{edad} = \text{Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM)} = 220 - 70 = 150.$
- $\text{FCM} - \text{Frecuencia Cardíaca en Reposo (FCRp)} = \text{Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCRs)} = 150 - 84 = 66.$
- Calcular el 30% y el 45% de la FCRs:

$$30\% \times 66 = 20 ; 45\% \times 66 = 30.$$

d) Sumar a la FCRp el 30% y 45% de la FCRs:

$$84+20 = 104 ; 84+30 = 114$$

El **margen óptimo de frecuencia cardíaca** se encontraría entre 104 a 114 pulsaciones por minuto durante el ejercicio.

Es necesario enseñar al anciano a controlar su frecuencia cardíaca durante el ejercicio para poder ajustar el nivel de intensidad. Inmediatamente después del ejercicio, el anciano debería palpar el pulso radial durante 15 segundos, multiplicar por 4 de tal forma que se obtenga la frecuencia cardíaca durante el ejercicio. Esta frecuencia debería estar comprendida dentro del margen óptimo previamente calculado. Si es inferior habrá que aumentar la intensidad del ejercicio. Si por el contrario es superior a dicho margen habrá que disminuir dicha intensidad.

Esfuerzos físicos con intensidades del 50-60% de la frecuencia máxima pueden lograr efecto entrenamiento si se prolonga la duración del ejercicio, sin embargo, intensidades menores no mejorarán la capacidad física del individuo.

Para valorar la percepción subjetiva del esfuerzo, se dispone de la escala Borg que tiene una correlación adecuada con la frecuencia cardíaca y la intensidad relativa al ejercicio (Tabla 25.2).

Los niveles comprendidos entre 13-15 poseen efecto entrenamiento.

Un anciano sedentario sin entrenamiento puede quedar exhausto en el nivel 8-9, después de varias semanas de ejercicio regular puede no quedar agotado hasta el nivel 14-15 (esta sería la progresión que sería de esperar en un anciano sano).

Tabla 25.2 Escala Borg.

Puntuación	Nivel de esfuerzo percibido
6-7	Muy muy liviano
8-9	Muy liviano
10-11	Liviano
12-13	Un poco pesado
14-15	Pesado
16-17	Muy pesado
18-19	Muy muy pesado

El anciano tiene que tener una sensación de esfuerzo, aumentando la frecuencia respiratoria así como su profundidad, debiendo ser capaz de poder hablar con el compañero de ejercicios. Si un anciano es incapaz de hablar cómodamente mientras realiza el ejercicio, es posible que esté superando el umbral anaerobio, haciéndose necesario comprobar la frecuencia cardíaca de esfuerzo para estar seguro de que se encuentra dentro del margen óptimo propio del entrenamiento.

Si un anciano desea saber la intensidad de su esfuerzo tiene que comprobar la frecuencia cardíaca a los 5 minutos de haber comenzado el ejercicio e inmediatamente al interrumpir este.

Los signos clínicos de mejoría en la capacidad aeróbica consisten en la disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y de la percepción subjetiva de esfuerzo, también se produce una hipertrofia del ventrículo izquierdo que desaparece a las pocas semanas de interrumpir el ejercicio.

CONSEJOS: Decir al anciano que realice un “calentamiento” adecuado, posteriormente deberá comenzar el ejercicio aeróbico de forma lenta, aumentando gradualmente la intensidad del ejercicio durante un período de 5 minutos, hasta alcanzar la frecuencia cardíaca óptima previamente calculada (margen óptimo de frecuencia cardíaca), una vez alcanzado dicho margen, este ejercicio se realizará durante 20 minutos. También es aconsejable disminuir lentamente la intensidad del ejercicio (5 minutos), al final del mismo, para acabar con ejercicios de flexibilidad, “enfriamiento” evitando, de esta forma, lesiones musculoesqueléticas; estos períodos de tiempo no contabilizan dentro de los 20 minutos de ejercicio de resistencia.

El anciano debe interrumpir el ejercicio y acudir al médico si aparece alguno de los siguientes síntomas: dolor torácico, dificultad para respirar, dolor en cuello o mandíbula, palpitaciones, sensación de mareo o desmayo, náuseas o vómitos, fatiga excesiva, dolor muscular o articular desproporcionado.

Debería beber abundantes líquidos evitando temperaturas extremas.

Si hay un período de inactividad superior a una semana, el ejercicio debería reiniciarse a una intensidad más baja.

Mediante un formulario escrito, al prescribir un tipo de actividad a un anciano, deberíamos detallar instrucciones sobre: tipo de actividad, intensidad, duración y frecuencia en cada una de las tres fases de que consta el programa (“calentamiento”, ejercicio, “enfriamiento”), así como el margen óptimo de frecuencia cardíaca.

Un tanto por ciento elevado de ancianos abandonan la práctica de ejercicio en sus primeros días o meses, ¿qué podríamos hacer los médicos para conseguir que el anciano realice de forma habitual ejercicio físico? El médico debería explicar al anciano los efectos beneficiosos del ejercicio físico:”...con

el ejercicio físico usted podría disminuir el peso, la tensión, sería más difícil el romperse una cadera si se cayera, dormiría mejor, tendría más fuerza, menos problemas de estreñimiento, se encontraría más ágil, etc....”, “...aún puede vivir unos años más y estos años seguro, que serían mejores si hiciera un poco de ejercicio...”.

El ejercicio debe ser agradable, respetando costumbres y hábitos del anciano, se puede aconsejar la práctica de ejercicio por grupos, favoreciendo las relaciones sociales, hay que plantear objetivos fáciles de realizar de forma que el anciano se pueda autoestimular, el médico debe mostrar interés por los avances que experimente el anciano.

CONCLUSION: Los ejercicios de flexibilidad junto al paseo diario son adecuados para la mayoría de los ancianos, evitándose los efectos de un sedentarismo excesivo perjudicial para el anciano.

A un anciano el mejor consejo que se le puede dar es como ha dicho el Dr. Calvo Melendro, soriano e insigne geriatra, “poco plato, poca cama y mucha suela de zapato”.

DR. G. MARTINEZ VILLEN

La evolución de las especies ha dependido siempre del medio ambiente en el cual instalan su hábitat, incluyéndose en él como parte de un biosistema. El ser humano no escapa a esta norma, con la peculiaridad de poseer una sorprendente capacidad adaptativa, desafortunadamente a expensas de alterar el entorno natural en la mayoría de las ocasiones.

Ya antiguamente, los parajes montañosos fueron uno de los lugares elegidos por el hombre para establecerse, ocupando aquellos estratos orográficos que se mostraron favorables para llevar a cabo una existencia compensada, siendo los valles y sus entornos próximos donde desarrolló, y aún hoy desarrollan poblaciones enteras, su actividad. Desde ellos pudo ver las cumbres más elevadas, envueltas en un halo misterioso, y si por necesidad de subsistencia se aproximó a ellas, en seguida tropezó con adversidades de toda índole: orográficas, biológicas o climáticas. Hasta tal punto, que otorgó a los confines de lo deshabitado y sus abismos, un poder sumergido en la oscura magia de lo inexplorado. Pero su inquebrantable curiosidad, le condujo en algún momento de la historia a adentrarse en lo enigmático, comprobando por sí mismo lo que allá arriba sucedía.

1. LA HISTORIA

Considerando los diferentes niveles que confieren a la montaña un carácter de baja, alta y gran altitud, tal vez corresponda a Aníbal, cuando atravesó los Alpes, una de las más remotas incursiones en alta montaña de las que tenemos referencia. Pero de un modo científico, habrían de ser las observaciones de Rusticiano, en 1298, las primeras documentadas sobre las alteraciones orgánicas del hombre en la gran altura, al detallar los trastornos que Marco Polo soportó en sus viajes por las altiplanicies del Tíbet. Así mismo, corresponde a José d'Acosta la original descripción del "mal de montaña", achacando a la "sutileza y delicadeza del aire de montaña, en proporción no apta para la respiración humana", el severo malestar que súbitamente le atacó mientras recorría alturas próximas a los 4.500 metros en el altiplano andino.

La ascensión a la cima más alta de Europa, el Mont-Blanc (4.807), abrió una nueva etapa situada entre la aventura, la ciencia y, posteriormente, el carácter lúdico y deportivo de una actividad que sería conocida como "alpinismo". La ruta original seguida hasta la cumbre por el médico de Chamonix Michel-Gabriel Paccard y el cazador y buscador de cristales Jacques Balmat, en 1786, sometió a los escaladores a un esfuerzo notable, que no dudarían en imputar al "estancamiento del aire".

2. EXPERIENCIAS CIENTIFICAS CONTEMPORANEAS

Fruto del cúmulo de experiencias en la montaña, el hombre descubrió de manera intuitiva lo que más tarde sería definido como hipoxia de la altitud, hallando en ella la razón de los cuadros patológicos que acontecen al penetrar en ambientes empobrecidos en oxígeno.

Cien años después de la escalada del Mont-Blanc, llegaron las primeras revelaciones de trabajos científicos que irrefutablemente demostrarían las insinuaciones empíricas de observadores precedentes.

Aparece la figura del fisiólogo Paul Bert (1833-1866), quien destacó por sus experiencias a propósito de los efectos de la presión barométrica sobre los fenómenos vitales. Para ello, el científico se basó en los vuelos de globos aerostáticos, que llevaron al "Estrella Polar", en 1874, y al "Zénith", en 1875, a remontar los 7.300 y 8.400 metros respectivamente. Pero esto contribuiría a aumentar el miedo a los trastornos que la escasez de oxígeno producía en alturas tan importantes, circunstancia motivada por la tragedia del "Zénith", en la que perecieron dos de los ocupantes. Tres años más tarde, Paul Bert diseñaría la "cámara de depresión", lográndose nuevas apreciaciones de laboratorio bajo condiciones de riesgo controlado. Pero en aquella época, otras expediciones a la montaña habían demostrado que tras varias ascensiones a 6.000 metros, el hombre se adaptaba a las condiciones hipóxicas sin manifestar daños. ¿Cómo entender, entonces, que si se podía subir a grandes alturas en varios días, cuando se hacía rápidamente aparecían afecciones incluso mortales? Es esta una pregunta que daría lugar al concepto de exposición aguda y crónica a la hipoxia, y que poco a poco sería respondida gracias a numerosas expediciones científicas. De esta forma, se descubriría el aumento de glóbulos rojos en la sangre como reacción adaptativa al déficit de oxígeno en el aire (Vicault, 1890; Monge, 1929), o se aportaría documentación novedosa en relación al intercambio de gases respiratorios (Zunzt y Durig, 1903; Wend, 1904).

La construcción de laboratorios a gran altitud, simplificaría de manera significativa el desarrollo de trabajos y la obtención de resultados por los científicos: Instituto Mosso (2.871 m.), Jungfrauoch (3.450 m.), La Paz (3.800 m.), Pike's Peak (4.312 m.), observatorio Vallot (4.350 m.), Mount Logan (5.300 m.), etc.

Progresivamente, el interés fisiológico del problema, proporcionaría datos de amplia repercusión en la consecución de éxitos deportivos. La comprensión de los fenómenos vitales en grandes alturas facilitaría que, en 1.950, Herzog y Lachenal realizasen con una perfecta adaptación y sin el empleo de oxígeno artificial, la primera cumbre de 8.000 metros alcanzada por un ser humano: el Annapurna I (8.091 m), en el Himalaya del Nepal. Tres años más tarde se consiguió escalar el Everest (8.848 m.), punto más alto de la Tierra al que llegaron Hillary y Tensing empleando oxígeno presurizado, poniendo fin a 32 años de ensayos infructuosos.

Como máximo exponente de una aclimatación idónea, dos fechas sobresalen en la escalada del Everest, ya en la era moderna: en 1978, Messner y Habeler trepan hasta la cima sin oxígeno artificial y, en 1.988, Batard lo hace de igual forma, pero en el tiempo récord de 23 horas 30 minutos, si bien es cierto que éste gozaba de una meticulosa preparación adquirida los meses precedentes en otras montañas del Himalaya.

Hasta 1992, 428 personas han hollado la cima del Everest, 41 de las cuales lo lograron sin inhalar oxígeno embotellado. La otra cara de la moneda, menos grata, la constituyen las 117 personas que han dejado su vida en las diferentes "vías" de ascensión a la misma montaña. Muchas perecieron en accidentes por caída al vacío, avalanchas de nieve o a causa del frío; pero otras tantas a consecuencia de las afecciones propias de la hipoxia.

3. LA VIDA SEGUN COTAS DE ALTITUD

Mientras en niveles bajos o medios de altitud la vida es posible permanentemente sin procesos adaptativos demasiado importantes, en grandes alturas es necesaria una fase de "aclimatación".

Al ganar altura, las funciones vitales quedan interferidas en su curso normal, decreciendo el rendimiento metabólico y físico por un descenso del consumo celular de oxígeno. De esta forma, entre 1.000 y 2.000 metros de altura, el organismo acusa los efectos sólo con el esfuerzo máximo. De 2.000 a 3.000 metros, las molestias se presentan ya con el ejercicio moderado, y a partir de los 3.000 a 3.500 metros, las alteraciones surgen incluso en reposo absoluto. La razón es evidente: si a nivel del mar, con proporciones del 21% de oxígeno en los gases respirados, el consumo máximo de este elemento es del 100%, a 4.800 metros (cima del Mont-Blanc), cae al 70%, y a 8.000 metros al 20%. En la cima del Everest (8.848 m.), con una presión barométrica de aproximadamente 230 mm/Hg, el consumo de oxígeno es tan sólo del 10%.

Sin embargo, el comportamiento del ser humano frente a la caída de la presión barométrica, no depende exclusivamente de la altura. También serán decisivos la raza, la individual susceptibilidad a la hipoxia, la latitud, topografía

y clima. Por ejemplo, gracias a características genéticamente determinadas, grupos étnicos como los Sherpas del Himalaya o los pobladores del altiplano andino, viven y trabajan permanentemente a más de 4.000 metros, manteniendo esa facultad a pesar de descender a niveles inferiores. Por el contrario, individuos nacidos en tierras bajas, carecen de ella, debiendo aclimatarse para alcanzar cotas similares sin sufrir efectos deletéreos. Estos mecanismos son adquiridos y transitorios, no guardando memoria de ellos nuestro organismo, aunque en la época fetal viviésemos con una presión arterial de oxígeno de 30 a 40 mm/Hg, comparable a la que hay entre los 7.000 y 8.000 metros (Richalet).

De una u otra manera, los límites de tolerancia en los mecanismos compensadores de la hipoxia, no permiten más que estancias relativamente prolongadas por encima de los 4.500 metros, punto más alto de la Tierra permanentemente habitado (Andes del Perú). Como casos excepcionales de supervivencia en alturas extremas, citaremos dos experiencias únicas en su género: la primera del médico francés Nicolás Jaeger a 6.700 metros en el Nevado Huascarán (60 días); la segunda, del español Fernando Garrido a 7.000 metros en la cima del Aconcagua (66 días). Esta última, que tuvimos la oportunidad de dirigir en el aspecto médico, llevó al deportista al límite de sus posibilidades de resistencia, aportando algunos detalles científicos de notable valor.

Respecto a la susceptibilidad hipóxica individual, recientemente se ha observado que pudiera haber alguna relación entre la respuesta ventilatoria al déficit de oxígeno, al igual que se especula sobre la predisposición para presentar trastornos en el sistema nervioso central aquellas personas con historia de migrañas vasculares. Intervienen, además, el grado de preparación física, el estado general en un momento dado y, sobre todo, el proceso de aclimatación que se haya seguido.

Por su parte, las condiciones topográficas del terreno y el clima (temperaturas más frías), condicionan una caída de la presión barométrica distinta en lugares con la misma altitud. Así mismo, por su situación de aislamiento, humedad, corrientes de aire, influencia de radiaciones, etc., ciertas cumbres proporcionan un medio ambiente idóneo para el mal de montaña. El Aconcagua puede considerarse una de ellas.

4. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL ORGANISMO A LA HIPOXIA DE LA GRAN ALTITUD

Todo el organismo humano soporta modificaciones considerables frente a la hipoxia de la altitud, aunque son los sistemas respiratorio, cardiovascular y la sangre, los que iniciarán reacciones adaptativas más sobre-

salientes. Estas se expresarán según la exposición al ambiente deficitario en oxígeno sea aguda o crónica.

4.1. SISTEMA RESPIRATORIO

4.1.1. Aumento de la ventilación pulmonar. La hiperventilación es el mecanismo respiratorio que más rápidamente se instaura ante la caída de la presión de oxígeno en el aire inspirado, razón por la que el gas alveolar disminuye en dicho elemento, siendo transportado en menor cuantía por los hemáties.

$\downarrow PO_2 \text{ ambiental} \Rightarrow \downarrow P \text{ alveolar } O_2 \Rightarrow \downarrow P \text{ arterial } O_2 \Rightarrow \text{HIPOXEMIA} \Rightarrow \text{HIPERVENTILACION}$

En líneas generales se puede decir que la exposición a grandes alturas incrementa, por término medio, cinco veces los niveles ventilatorios normales, con aumento de volumen corriente (Guyton).

Mientras que para algunos autores, como Etienne, la hiperventilación no aparece en situación de reposo hasta sobrepasados los 3.500 metros, y no se modifica significativamente por encima de esos índices hasta que no se superan los 6.000 metros, para otros, como Richalet, la hiperventilación se instaura paulatinamente entre los 2.000 y 3.000 metros, a partir de los cuales se hace perceptible rápidamente, para continuar ascendiendo después del ejercicio máximo hasta los 5.800 metros, nivel en el que comenzará a disminuir.

4.1.2. Reducción de la pCO_2 y alcalosis respiratoria. En condiciones normales, la captación de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono, mantienen una situación de equilibrio con los requerimientos metabólicos del organismo, y el intercambio de estos gases en el parénquima pulmonar se produce por un gradiente pasivo.

La hiperventilación cumple una misión compensadora en situaciones de hipoxia, basada en incrementar la cantidad de oxígeno que difunda a la circulación pulmonar, y de ella al resto de la anatomía. Sin embargo, la respuesta hiperventilatoria dispara la eliminación de dióxido de carbono, instaurándose una hipocapnia secundaria por elevación del pH en los líquidos corporales (alcalosis respiratoria), cuyo restablecimiento en el curso de pocos días obedece al aumento en la eliminación de bicarbonato a través del riñón.

Todos estos cambios repercutirán en los líquidos que bañan el tejido neuronal del sistema nervioso central (vasoconstricción hipocápnica cerebral), quimiorreceptores periféricos y sistemas tampón de la sangre.

4.1.3. Difusión alveolar y cambios en la circulación pulmonar. La hipoxia aguda de la gran altitud no incide directamente sobre la capacidad difusiva de los alvéolos, que se acepta precisará de por lo menos dos años

para que se modifique en el alpinista (Richalet). No obstante, es cierto que secundariamente se ve alterada por cambios en la circulación pulmonar. aumenta el volumen de sangre en el lecho capilar, se desarrolla una marcada hipertensión arterial pulmonar (HAP) y aumenta la perfusión en los vértices, menos irrigados en condiciones normales que las bases pulmonares. Entre estas modificaciones, llama la atención por su constancia la HAP, que haciendo fluir más cantidad de sangre hacia los capilares, termina dilatándolos, lo que conlleva el anormal paso de líquidos a nivel intersticial por aumento de la presión hidrostática en la luz del vaso. He aquí uno de los motivos que actualmente se aceptan en la génesis del edema agudo de pulmón de la gran altitud, en contra de las teorías que habitualmente sostenían un compromiso hemodinámico de tipo cardiogénico, cuando parece ser que la hipoxemia no altera significativamente la función ventricular izquierda (Martínez Ferrer). De otra parte, la poliglobulia reactiva a la hipoxia podría ser un determinante factor asociado a la HAP para desencadenar el edema agudo de pulmón.

El frío (Coudert), el ejercicio muscular y el sueño pueden aumentar la HAP todavía más, y el cese del estímulo hipóxico hace que remita espontáneamente. Nosotros observamos, sin embargo, que en el caso de Fernando Garrido (66 días ininterrumpidos a 7.000 metros), la HAP persistió tres meses y medio tras el regreso de la cima del Aconcagua.

En general, la mayoría de las modificaciones respiratoria mencionadas, adquieren un carácter transitorio, salvo interferencias patológicas. Así, el deportista aclimatado que permanece en altitud durante varias semanas o meses, regresará a grados de funcionamiento respiratorio próximos a la normalidad, aún sin llegar a ella. A esto contribuyen otros fenómenos adaptativos de aparición más lenta, primordialmente por un aumento en el número de hematíes circulantes.

4.2. SISTEMA CARDIO-CIRCULATORIO

El músculo cardíaco no parece modificarse tanto por el efecto directo de la hipoxia en la célula miocárdica, como por el aumento de trabajo consecutivo a la HAP, al esfuerzo físico y al aumento del valor hematocrito (hem concentración). A pesar de todo, no hay unanimidad de criterios en torno a la respuesta cardíaca, que a su vez puede ser considerada en hipoxia aguda o crónica, y en reposo o ejercicio. Para la mayoría de los autores, el volumen de eyección y el débito cardíaco, estarían aumentados en exposiciones agudas, disminuyendo la presión arterial y las resistencias periféricas (todos los cambios durante el ejercicio). Exactamente lo contrario sucedería en exposición crónica a igualdad de condiciones. En relación a la frecuencia cardíaca, esta se incrementa en cualquier situación (hasta un 20 o un 30% en reposo según Guyton), si bien la frecuencia cardíaca máxima tendería a disminuir con la altura (Richalet).

Más coincidentes parecen los resultados de registros electrocardiográficos, que reflejan, a menudo tras análisis retrospectivos, un crecimiento ventricular derecho por sobrecarga (efecto de la HAP), desviando el eje eléctrico hacia la derecha. La onda T se aplanan o puede negativizarse, dato susceptible de identificarse con un cuadro de isquemia miocárdica, ante lo que reaparecen las discrepancias.

Un aspecto reseñable en el apartado circulatorio, viene determinado por el aumento en el número y tamaño de los capilares tisulares ante la hipoxemia crónica, es decir, se incrementa la vascularización (Guyton).

4.3. LA SANGRE

La poliglobulia fue uno de los primeros fenómenos adaptativos descubiertos en el hombre expuesto a la hipoxia crónica. La responsable del aumento de hematíes sería la eritropoyetina segregada por el riñón, que eleva sus niveles circulantes tras las seis primeras horas de déficit de oxígeno. Esto produciría una hiperactividad eritropoyética en la médula ósea, cuya eficacia práctica en el mayor transporte de oxígeno se iniciaría después de 15 a 21 días, adquiriendo su mayor potencial al cabo de 45 días.

Pero el incremento en el número de eritrocitos no explica, por sí solo, que se pueda oxigenar mejor la célula. Ello depende esencialmente de la afinidad que la hemoglobina (Hb) tenga hacia dicho elemento, expresada en una curva de disociación Hb-O₂, de tal manera que cuanto más acentuada sea la hipoxia celular, tanto más fácilmente liberará la Hb el oxígeno que lleva ligado. Este fenómeno depende de varios factores, dos de ellos muy importantes: el 2-3 difosfoglicerato (2-3 DPG) y la concentración de hidrogeniones en el medio celular. Respecto al 2-3DPG, cuando hay hipoxia, se desplaza desde el interior hasta la superficie de la molécula Hb, desprendiéndose entonces más fácilmente del oxígeno que ha de ir a parar a los tejidos. Al ceder el estímulo hipóxico, la Hb regresa a su posición original central. En relación a los iones de hidrógeno, cuando estos aumentan (productos ácidos del metabolismo, formación de gas carbónico, etc.), la afinidad de la Hb por el oxígeno también disminuye (efecto Bohr). Hasta aproximadamente 3.500 metros, la Hb presenta una saturación del 90% (97% a nivel del mar), que a 6.000 metros es del 65% (Etienne).

Por término medio, el número de hematíes y su concentración plasmática (valor hematocrito) en un alpinista aclimatado es de 60 a 65% (40 a 45% en condiciones normales), alcanzándose tasas de Hb de 22 g/100 ml. En la experiencia excepcional de Fernando Garrido tras 66 días a 7.000 metros, observamos en una primera analítica realizada 4 días después del descenso, un hematocrito del 75% para ocho millones de hematíes, y 25 g/100 ml de Hb (16 g/100 ml en condiciones normales).

Evidentemente, cambios cuantitativamente tan significativos en la composición de la sangre, no dejan de entrañar un elevado riesgo de accidentes isquémicos, que serán fruto tanto de las alteraciones hemodinámicas que el fenómeno lleva implícitas, como de la formación de trombos por hemoconcentración, la cual, a su vez, deteriora el flujo laminar habitual en el interior de la luz vascular. Tengamos en cuenta, además, que la sequedad del aire a gran altura, junto al enorme esfuerzo físico (pérdida importante de líquidos por transpiración) y la dificultad para efectuar una correcta hidratación (hay que fundir el agua helada para beber), contribuyen a una hemoconcentración todavía mayor. A su vez, todo ello causaría un aumento de las resistencias periféricas, de la presión arterial y, en consecuencia, del trabajo cardíaco, desequilibrando los fenómenos adaptativos y creando un círculo vicioso con matices patológicos.

5. PRINCIPALES DERIVACIONES PATOLOGICAS DE LA HIPOXIA EN GRAN ALTITUD

El fracaso de los mecanismos homeostáticos de adaptación a la hipoxia, o la superación de sus límites de tolerancia, conducirán a la activación de fenómenos patológicos: desde afecciones leves a otras con grave repercusión vital.

Con frecuencia es difícil de etiquetar aquellos casos que cursan con alteraciones orgánicas a gran altitud. Los signos y síntomas que manifestará el deportista son, a veces, polimorfos, insidiosos, ambiguos y de procedencia variada (digestivos, nerviosos, visuales...). En otras ocasiones sucede todo lo contrario. Frente a estos cuadros, corresponde al médico experimentado, o en su defecto a la persona más capacitada, identificar el problema y catalogarlo, con el objeto de prevenir males mayores o tratar el proceso plenamente instaurado.

Entrando de lleno en las alteraciones por mala adaptación a la hipoxia, citaremos sólo las más específicas, puesto que, al margen de ellas, el alpinista puede presentar todo tipo de patología cotidiana.

5.1. MAL AGUDO DE MONTAÑA (MAM)

En el curso de 6 a 12 horas, o bien pocos días después de ascender con rapidez a gran altitud, algunas personas no aclimatadas, con enfermedades predisponentes (cardiópatas) o especialmente susceptibles al ambiente empobrecido en oxígeno, sufrirán de manera súbita o precedido de pródromos, un fenómeno sindrómico típico: cefaleas, depresión mental, vómitos, disminución de la capacidad de trabajo con intensa fatiga, dificultad respiratoria, palpitaciones y ansiedad. En suma, un cortejo sintomático ante el cual, como

dijo Houston “muy pocos mueren, pero alguno llega a desearlo”. Es característico que dichas alteraciones empeoren al reanudar el esfuerzo y no desaparezcan con el reposo.

Según la cronología de los síntomas y su intensidad, se ha dado en elaborar una escala de gravedad, que en la clasificación de Hackett, sería:

- a) Cefaleas, náuseas, anorexia, insomnio, vértigos: primer grado (un punto)
- b) Cefaleas persistentes al tratamiento con aspirina, vómitos: segundo grado (dos puntos)
- c) Respiración entrecortada en reposo, fatiga importante, disminución en la emisión de orina: tercer grado (tres puntos)

El primer estadio representaría un MAM ligero; la asociación con un segundo grado un MAM moderado, y los tres grados juntos (seis puntos), un MAM severo o grave.

La solución inmediata consistiría en no continuar ganando altura observando al paciente en caso de MAM ligero, y perder altura rápidamente para el MAM moderado o severo, aplicando oxigenoterapia, si es posible, u otras medidas farmacológicas apropiadas.

La prevención es sencilla: ascensión de 300 metros diarios entre los 2.500 y 5.000 metros, por encima de los cuales se impone un ritmo en “diente de sierra”; es decir, subir a un punto más elevado que el ganado anteriormente para regresar a dormir a cotas más bajas. Así hasta llegar al lugar que tácticamente sea el adecuado para salir hacia la cumbre. Esto es imprescindible en la escalada de montañas de ocho mil metros. Algunos autores sostienen, no obstante, que el tipo de aclimatación señalado es primordial hasta los seis mil metros. Una vez superado dicho límite, la ascensión puede hacerse ininterrumpidamente hasta la cima, siempre que se realice lo antes posible.

5.2. MAL CRONICO DE MONTAÑA.

Una correcta aclimatación posibilita la permanencia y el ejercicio físico prolongados en gran altura gracias a mecanismos de adaptación, como la poliglobulia, a la que ya hicimos referencia como ejemplo de una de las modificaciones típicas del organismo cuando ha permanecido largo tiempo a gran altitud. Pero estos mecanismos compensadores también sufren desequilibrios, que conducirán a las afecciones crónicas de montaña, entre las que volveremos a destacar la HAP y la hipertrofia de las cavidades derechas del corazón. Llegado el caso en que los fenómenos de aclimatación se “negativizan”, urge perder altura inmediatamente, además de aplicar otras

medidas terapéuticas que no vamos a detallar (Hemodilución, oxigenoterapia, diuréticos, etc.).

El mal de montaña, agudo y crónico, pueden derivar hacia complicaciones muy graves, siendo el edema agudo cerebral y el pulmonar las más conocidas. El análisis de esta patología requiere, dada su importancia, una extensión que escape del objetivo esencial del tema que nos ha ocupado, pero es necesario recordar que no se puede desligar del mismo. Al fin y al cabo, la línea divisoria entre lo saludable y lo pernicioso de la estancia en gran altitud, puede ser bastante indefinida.

6. CONCLUSION

Los problemas que planteaba la hipoxia durante las antiguas incursiones del hombre en la montaña han dejado de ser algo anecdótico. Hoy conocemos las causas, siendo la persistente ignorancia sobre las mismas, tantas veces voluntaria en el ser humano, responsable de buena parte de las alteraciones patológicas que aparecen, a menudo de desenlace fatal.

Es un hecho, pues, que debemos aclimatarnos o adaptarnos para sobrevivir en ambientes empobrecidos en oxígeno. Pero también es cierto que ese proceso de aclimatación conlleva unas normas cuya infracción trae malas consecuencias. A veces, incluso siendo conscientes del peligro y admitiendo las “reglas del juego”, nuestro organismo no es capaz de aguantar el desafío, se desequilibra y falla estrepitosamente, convirtiendo el carácter lúdico de la aventura en un calvario de sufrimientos que jalona la ruta de las grandes cumbres.

Recordaré ahora nuestra expedición en 1.992 al Cho-Oyu (8.201 m.), cuando caminábamos cadente y pesadamente sobre las extensiones glaciares a más de 7.000 metros., junto a ese implacable e invisible fenómeno de la hipoxia. En aquella escalada, felizmente culminada por dos de nuestros compañeros, un edema agudo de pulmón nos obligó a evacuar a uno de los sherpas. Siete años antes, en el Annapurna (8.091 m.), pude sentir personalmente una crítica experiencia... Alcanzaba por tercera vez la línea de los 6.000 metros en la fase de aprovisionamiento de los campos de altura. Mi ritmo había sido rápido dada la satisfactoria aclimatación que poseía. Al llegar a las tiendas de campaña, instaladas bajo un “serac” de hielo, me encontraba en perfectas condiciones. Mientras hablaba a través de la radio con mis compañeros del campo base, 1.500 metros más abajo, me di cuenta de que algo no funcionaba bien en mi cabeza; sabía qué quería decir, pero no llegaba a elaborar frases con sentido, lo que finalmente se convirtió en una seria dificultad para articular palabras. Diez minutos más tarde, mi brazo derecho presentaba parestesias hasta la misma punta de los dedos y había perdido

fuerza. Rápidamente inhalé oxígeno de las bombas que, con fines terapéuticos, dejamos en los enclaves estratégicos de la ascensión. Al poco rato, mis problemas iban desapareciendo, pero decidí retornar a cotas inferiores atenazado por el temor de un bloqueo total que me hiciese residente perpetuo de aquellos lugares blancos y desolados.

No son estos, sin embargo, los únicos enemigos del individuo que afronta la gran altitud. Hay otros que sin estar tan directamente vinculados a la hipoxia, también dejan secuelas costosas de superar: el frío y las congelaciones, la fatiga psíquica y física, u otros inconvenientes catalogados de "rutinarios" en la vida cotidiana, que allá arriba nos hacen valorar, frente a las dificultades técnicas de la escalada, aquellas otras ajenas a nuestra voluntad, propias de un ambiente en el que, al fin y al cabo, somos intrusos y moradores esporádicos poseídos por la curiosidad.

DR. J. MARTINEZ FLOREZ

El papel que el esfuerzo físico juega en el campo de la Cardiología reviste cada día una mayor importancia. Actualmente, no sólo utilizamos el ejercicio físico como un método de diagnóstico imprescindible y como una parte importante del arsenal terapéutico y profiláctico utilizado en los programas de prevención primordial y primaria, sino que su empleo en los programas de rehabilitación cardíaca adquiere día a día una mayor trascendencia. Resulta casi innecesario el recordar que no consideramos el entrenamiento físico como una alternativa excluyente frente a los tratamientos químicos o quirúrgicos convencionales, sino que lo incluimos como una alternativa más dentro del conjunto de intervención multidisciplinaria que abarca la rehabilitación cardíaca.

1. EL EJERCICIO Y EL CARDIOPATA

El efecto beneficioso que el ejercicio presenta en los corazones sanos se evidencia también en el conjunto de individuos afectados de patología cardíaca. Como podemos comprender el corazón del cardiópata responderá al esfuerzo y al entrenamiento físico de manera similar al del sujeto sano, aunque siempre con las limitaciones inherentes al grado de afectación miocárdica y coronaria.

Pocos son los pacientes que no pueden beneficiarse de estos programas de rehabilitación cardíaca, siendo cada día menor el número de contraindicaciones absolutas para los mismos.

Desde el punto de vista cardiológico el objetivo prioritario de dichos programas es doble. Por una parte, intentar reducir la morbi-mortalidad de este tipo de pacientes y por otra, tan importante como la primera, mejorar su calidad de vida. Desde este punto de vista se intenta devolver al enfermo el máximo posible de su capacidad física y, secundariamente, reducir al mínimo la sintomatología existente.

Resulta imprescindible realizar una rigurosa clasificación de los pacientes. El riesgo potencial de accidentes cardíacos es elevado y una correcta clasificación del paciente, así como la cuidadosa elección del programa de entrenamiento individualizado que utilizaremos en cada caso, redundará necesariamente en una minimización de los riesgos y en la obtención del máximo beneficio del programa.

La utilización de la frecuencia cardíaca de entrenamiento individual para determinar las cargas de trabajo resulta la forma más práctica y eficaz de pautar los programas de entrenamiento individuales. Cargas de trabajo muy bajas no provocarán el efecto entrenamiento. Cargas demasiado elevadas llevarán a la consecución de un deterioro cardíaco o a la existencia de accidentes severos.

El efecto entrenamiento, entendido como aumento en la capacidad de realizar trabajo con el mismo gasto energético, se conseguirá a través de las modificaciones cardiovasculares que el entrenamiento físico produce en el paciente cardíopata.

En el caso de la cardiopatía isquémica la respuesta cardíaca al ejercicio dependerá de la severidad de la afectación miocárdica y coronaria existente. Pacientes con infarto agudo de miocardio no complicados y con buen pronóstico (I.A.M. inferiores, lesiones monovaso, mínima disineria ventricular) lograrán fácilmente una mejoría espontánea de su capacidad física. Por el contrario, pacientes que presentan un mayor deterioro cardiológico (mala función ventricular izquierda, lesiones multivaso, disquinesias amplias, etc.) serán los que más se beneficiarán de estos programas de rehabilitación.

Desde el punto de vista hemodinámico el entrenamiento físico producirá los siguientes resultados:

- a) Aumento de la capacidad funcional o, dicho de otro modo, aumento del máximo consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ max.).
- b) Reducción de la frecuencia cardíaca basal y de la frecuencia cardíaca a esfuerzo submáximo.
- c) Recuperación más rápida tras esfuerzo máximo y submáximo.

En el caso de los pacientes coronarios el entrenamiento aerobio, a nivel de esfuerzo submáximo, provoca una menor elevación de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca, o lo que es lo mismo, del doble producto. Como consecuencia de ello el consumo de oxígeno miocárdico se reduce para la misma carga de trabajo submáximo. El volumen de expulsión sistólico también se reduce y, consecuentemente (disminución de la F.C. y del volumen sistólico) también será menor el gasto cardíaco para un mismo esfuerzo submáximo (el corazón trabaja menos para conseguir el mismo rendimiento).

A nivel periférico, son también similares los efectos producidos por el entrenamiento en los sujetos normales y en los coronarios. En ambos casos se detecta menor volumen sanguíneo en los músculos en actividad.

Este fenómeno de adaptación cardiovascular a nivel de esfuerzo submáximo va a originar, en pacientes sintomáticos, una elevación del umbral de la angina, precisándose un mayor esfuerzo para que se desencadene la isquemia miocárdica.

Clásicamente se aceptaba que, a pesar de aumentar el umbral de la angina, la relación entre el desnivel isquémico del segmento ST en el electrocardiograma de esfuerzo y el doble producto no se modificaba. De acuerdo con ello se atribuía este aumento en el umbral de isquemia a una reducción en los requerimientos de oxígeno por adaptación periférica y no a un aumento en el flujo coronario.

Hoy en día se acepta la elevación objetiva del umbral en un porcentaje variable de sujetos entrenados (13-22 %) siempre que el entrenamiento sea lo suficientemente intenso y prolongado. Se atribuye este efecto a un mayor aporte de oxígeno al miocardio.

Desde los trabajos de Ehsani con sujetos coronarios entrenados se acepta la idea de que para obtener efectos adaptativos a nivel central es preciso programar los entrenamientos a más largo plazo y a cargas de trabajo más elevadas.

A nivel de esfuerzo máximo, la principal adaptación es la mejoría en el máximo consumo de oxígeno y, por tanto, en la capacidad aeróbica de trabajo.

El grado de mejoría en la capacidad de esfuerzo dependerá: a) Del nivel de capacidad física inicial; b) De que se utilice la carga de trabajo adecuada para lograr el efecto entrenamiento; c) Del grado de deterioro miocárdico; d) De la causa de los síntomas limitantes.

Durante muchos años la mejoría en la capacidad física tras el entrenamiento en individuos con coronariopatía y el aumento en la eficacia cardíaca (menor doble producto para igual carga de trabajo) se ha atribuido básicamente a fenómenos adaptativos a nivel periférico (musculatura, vascularización, y sistema nervioso autónomo) y a que se necesita menor cantidad de oxígeno en el esfuerzo. No se atribuía ningún papel a la adaptación a nivel central al no evidenciarse mejoría en la vascularización miocárdica o en la función ventricular izquierda.

Con posterioridad, al aplicarse entrenamientos de alta intensidad a corazones estables se ha visto que existe un aumento del volumen sistólico durante el ejercicio. Por tanto, la adaptación central a entrenamientos intensos y prolongados contribuía también al aumento en volumen de oxígeno máximo.

El volumen sistólico es el factor fundamental en el aumento del gasto cardíaco a esfuerzo submáximo, puesto que la frecuencia cardíaca máxima es fija. El volumen sistólico depende no sólo de la contractilidad miocárdica sino también de la precarga y de la postcarga.

Comparando el aumento en volumen de oxígeno para el mismo valor de la tensión arterial (postcarga) se observa que, sin variaciones en el volumen telediastólico (precarga), se consiguen aumentos del volumen sistólico durante el esfuerzo y tras el entrenamiento aeróbico intenso. Estos estudios evidencian la mejoría en la contractilidad por reducción de la isquemia.

La adaptación a nivel central (contractilidad y revascularización miocárdica) intervendrá en la mejoría de la capacidad física, sumándose a la evidente y fundamental adaptación periférica.

Todavía existen numerosas incógnitas sobre este fenómeno de adaptación central y se necesitan mas pruebas de sus beneficios, por el riesgo de entrenar pacientes isquémicos a alta intensidad. La supervisión tanto clínica como eléctrica de este tipo de entrenamiento a umbral de isquemia debe ser obligatorio.

Existe un grupo de pacientes en los que el deterioro de la función contráctil cardíaca imposibilita la práctica de entrenamiento aerobio debido a la posibilidad de desencadenar sintomatología de fracaso de bomba: disnea, fatigabilidad, mareo, etc.. Este tipo de pacientes podrá beneficiarse de programas específicos dirigidos a mejorar la capacidad aeróbica local en grupos musculares pequeños y desarrollar adaptaciones periféricas que les permitan un menor trabajo cardíaco.

A pesar de haberse comprobado sobre animales de laboratorio el efecto beneficioso del entrenamiento crónico sobre miocardio y vascularización coronaria, estos resultados no han podido confirmarse en seres humanos. La respuesta compensatoria a la sobrecarga de ejercicio que vemos en atletas entrenados, con hipertrofia y/o dilatación junto con el aumento de masa miocárdica, no ha sido confirmado en el caso de los pacientes coronarios. Tal vez el problema radique en que la carga de trabajo aplicada sea insuficiente para desencadenar dichos efectos. También parece ser cierta la influencia de la edad de los sujetos. Es posible que a partir de la década 30-40 la hipertrofia miocárdica producida como respuesta compensatoria sea inexistente.

En cuanto al problema del aumento del tamaño de las arterias coronarias y al del desarrollo de vasos colaterales tras el entrenamiento aeróbico crónico, la controversia persiste. Diversos trabajos evidencian aumento de tamaño de las coronarias. La hipótesis barajada afirma que la isquemia favorece el desarrollo de la circulación colateral, y el ejercicio físico potencia dicho efecto.

Además como la isquemia es el elemento desencadenante más eficaz de la vasodilatación, actualmente se están realizando entrenamientos de grupos determinados de pacientes con cargas de trabajo a nivel de isquemia.

De cualquier forma, los estudios a pacientes con lesiones isquémicas coronarias dirigidos a evidenciar la mejoría de la circulación coronaria y de la función ventricular izquierda, como respuesta al ejercicio, aportan conclusiones que no siempre son concordantes.

2. ADAPTACION A NIVEL DE MUSCULATURA PERIFERICA

Este es, sin duda, uno de los efectos más importantes. A nivel de la musculatura entrenada se produce una mejoría en el rendimiento muscular que conduce a una economía cardíaca para igual carga de trabajo. El mecanismo utilizado en el aumento de la máxima capacidad de trabajo es el incremento en la extracción de oxígeno del lecho vascular muscular (aumento en la diferencia arteriovenosa). Se atribuye a aumento en número y tamaño de las mitocondrias, con mejoría en la capacidad enzimática oxidativa. Aumenta el contenido de mioglobina celular facilitando así la difusión del oxígeno hacia las mitocondrias. La concentración de ácido láctico durante el ejercicio submáximo se reduce, expresando la mejoría en la capacidad aeróbica.

Las adaptaciones hemodinámicas a nivel de la vascularización periférica conducen a una mejora en la red capilar muscular, junto a una menor necesidad de flujo sanguíneo en el músculo en actividad. Como consecuencia se reduce el gasto cardíaco y consumo de oxígeno miocárdico a esfuerzo submáximo.

3. LA ADAPTACION METABOLICA

Indirectamente van a reducir el desarrollo y la progresión de la cardiopatía isquémica.

3.1. LIPIDOS SANGUINEOS

Existen numerosos trabajos que demuestran la existencia de un efecto positivo provocado por el ejercicio en los lípidos plasmáticos. En el caso de sujetos normales se ha demostrado descenso de niveles de colesterol (4-13 %) y de triglicéridos (9-24 %). En el caso de algunos de ellos se afirma también la existencia de un descenso en el nivel de las VLDL-lipoproteínas y de un aumento en la fracción del HDL-colesterol.

En pacientes coronarios se objetivan cambios similares; especialmente si el ejercicio se acompaña de adelgazamiento.

Todos estos efectos se atribuyen a un aumento en la actividad de la lipoproteinlipasa, a cambios dietéticos, a control de factores de riesgo, etc..

3.2. SENSIBILIDAD HORMONAL

También se afirma la existencia de un aumento de sensibilidad a los efectos producidos por la insulina y el glucagón.

3.3. ACTIVIDAD FIBRINOLITICA DEL PLASMA

Se produce un aumento secundario a un incremento en el activador del plasminógeno. Habida cuenta que en la patofisiología del infarto agudo de miocardio la formación del trombo intracoronario juega un papel fundamental, el ejercicio físico tiene efecto protector directo sobre el miocardio.

4. RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO ISOMETRICO

El esfuerzo isométrico consiste en la contracción muscular sostenida contra resistencia fija, sin cambio en la longitud del músculo, ni en el movimiento de la articulación englobada en el esfuerzo. Conduce a un aumento importante en fuerza, potencia y masa muscular. Al ser un esfuerzo que se efectúa con grupos musculares reducidos, el gasto metabólico o consumo de oxígeno es mucho menor que en el esfuerzo dinámico. El gasto cardíaco aumenta en proporción al $\dot{V}O_2$ max.

Este tipo de esfuerzo no va a desarrollar efectos beneficiosos en el sistema cardiovascular. Hemodinámicamente produce sobrecarga de presión: provoca un súbito y exagerado aumento en la frecuencia cardíaca y en la tensión arterial sin casi aumentar el gasto cardíaco. Este aumento del doble producto provocará un incremento en el consumo de oxígeno miocárdico. El volumen sistólico de expulsión no puede aumentar demasiado debido a que el aumento de tensión en los grupos musculares en actividad aumenta las resistencias y reduce el flujo sanguíneo a ese nivel. Tampoco habrá efecto de bombeo desde los músculos en contracción.

Este tipo de esfuerzos no son aconsejables para enfermos coronarios; no provocan efectos beneficiosos y pueden desencadenar angina o arritmias al aumentar el consumo de oxígeno de forma brusca.

Desgraciadamente, la actividad diaria presenta una gran cantidad de actividades que suponen la realización de ejercicios isométricos. Tradicionalmente a los individuos que presentaban enfermedad cardiovascular se les

prohibía realizar cualquier tipo de actividad isométrica. Desde los trabajos de Ehsani y colaboradores sabemos que contracciones de baja intensidad (40 % del valor de máxima contracción) producen mínimos cambios en la función ventricular izquierda, a pesar de la elevación tensional arterial y del incremento en la tensión parietal del ventrículo izquierdo.

En la actualidad se efectúan ejercicios dinámicos incorporando esfuerzos isométricos ligeros-moderados al haberse confirmado su inocuidad. La respuesta tensional de estos ejercicios isodinámicos o isokinéticos es más parecida a la del entrenamiento anaeróbico. El entrenamiento en circuito con pesas aumenta la potencia muscular y la resistencia aeróbica.

Los programas de rehabilitación, basándose en esta respuesta al ejercicio isométrico ligero, proponen ejercicios dinámicos efectuados con pesas ligeras (1-5 Kg) para provocar adaptación a este tipo de esfuerzos y lograr mayor eficacia y menor trabajo cardíaco en las actividades cotidianas de tipo isométrico.

Se evitaban las contracciones isométricas máximas que provoquen hiperventilación, ya que pueden desencadenar arritmias y elevaciones severas de la presión telediastólica ventricular izquierda.

DR. M. HERNANDEZ

El progreso en el conocimiento de la enfermedad ha posibilitado la actualización de la clasificación de la diabetes basada en criterios patogénicos, y la persecución de unos objetivos terapéuticos ha propiciado la revisión y puesta al día del papel del ejercicio físico en el tratamiento de la diabetes. Este último punto toma mayor relevancia dada la expansión que ha alcanzado el deporte dentro del estilo de vida del hombre actual. La práctica del deporte se ha extendido y generalizado. Así, la relación deporte-diabetes hay que verla en un doble sentido: a) el deporte como elemento integrante del tratamiento de la diabetes y b) el deporte como parte integrante de la vida del diabético.

Con todo, el diabético deberá tener conocimiento y tomará las debidas precauciones ante la posible aparición de riesgos y complicaciones. Por ello, la realización de ejercicio físico en personas con diabetes mellitus insulino dependiente (DMID) precisa para lograr un clima de seguridad, de la realización previa de una etapa de educación.

1. EJERCICIO Y DIABETES

Como es sabido el ejercicio refuerza la utilización de glucosa, por lo que parece lógico deducir que es útil en el manejo de la diabetes.

No hay que olvidarse tampoco de que la práctica deportiva previene de complicaciones cardiovasculares, propias de la diabetes mellitus), ayudando a conseguir niveles óptimos de HDL-Colesterol y disminuyendo el aumento de triglicéridos. Además produce un mayor desarrollo muscular y una mejora en la función respiratoria.

En lo que todos los autores coinciden es en que para que este ejercicio físico sea eficaz y favorable, como hipoglucemiante, debe realizarse con regularidad.

Pero, el entrenamiento físico tiene distinto efecto según el tipo de diabetes mellitus. El entrenamiento en la insulino dependiente ocasiona un incremento de la sensibilidad del músculo a la insulina, además de un aumento de la actividad enzimática mitocondrial, y de la capilarización muscular, acompa-

ñada de una reducción del colesterol y de la elevación de la fracción HDL-colesterol en sangre.

A pesar de estos efectos, el entrenamiento físico no logra mejorar el control global de la glucemia en este tipo de diabetes mellitus.

Esta falta de mejoría puede deberse a que aun cuando la sensibilidad muscular a la insulina aumenta con el entrenamiento, no se observa lo mismo en el hígado. El entrenamiento físico sólo puede ser considerado pues como coadyuvante en el tratamiento de la diabetes y no reemplazante.

En la diabetes mellitus no insulino dependiente se han visto efectos diferentes en relación con la tolerancia a la glucosa. Aunque se ha demostrado una mejora en la tolerancia a su administración intravenosa, se han apreciado efectos no concluyentes sobre la tolerancia a la glucosa oral.

El efecto del entrenamiento físico sobre la tolerancia a la glucosa en la diabetes tipo II depende entonces de la interacción entre una serie de variables ya que aunque mejora la sensibilidad muscular a la insulina, la secreción de ella se reduce, lo cual a su vez puede deparar una declinación en las enzimas glucorreguladoras hepáticas, de importancia clave.

Otro apartado esencial es la elección de la forma de ejercicio físico. Antes de nada, es recomendable el someterse a exámen médico para ver la situación en que se está y aprender a controlar su diabetes para prever posibles complicaciones.

Una vez conocida su propia situación, se recomienda la realización de ejercicio físico fijo, programado. En la actualidad se tiende a orientar hacia la realización de ejercicios musculares dinámicos y rítmicos, debiendo evitar los que tengan gran duración y/o intensidad por el riesgo de aparición de hipoglucemias.

También se evitará la practica de deportes en solitario, y se aconsejarán actividades como ciclismo, tenis, atletismo, deportes de equipo, etc.

2. EJERCICIO EN PACIENTES DIABETICOS INSULINDEPENDIENTES

Las personas con diabetes mellitus insulino dependiente pueden realizar ejercicio de manera semejante al realizado por sujetos normales. Estudios recientes muestran respuestas metabólicas y hormonales normales en diabéticos tipo I que realizan ejercicio en condiciones de administración continua de insulina intravenosa. Pero la adaptación del ejercicio en la diabetes es un proceso complejo en el que tienen que ver varios factores, que es necesario conocer para poder desarrollarlo con seguridad.

En el diabético insulín dependiente la respuesta al ejercicio está sujeta, en parte, al estado de regulación de la diabetes y a la periodicidad y vía de administración de la insulina.

Si antes de iniciar el ejercicio, la diabetes está mal controlada (con cifras de glucemia altas y existencia de cetonas en orina), el ejercicio agudo seguramente ocasionará un aumento más amplio de la glucemia y el esfuerzo acelerará las tasas ya aumentadas de gluconeogénesis y cetogénesis. Por esto, se puede producir una exageración de su estado en vez de mejorarlo.

Pero, la complicación más conocida que se presenta en el diabético tratado con insulina de manera tradicional (mediante inyección en bolo subcutáneo) es la hipoglucemia inducida por el ejercicio, originada esencialmente por una falta de equilibrio entre la hormona administrada y la necesitada. Esto parece debido a la absorción de esa hormona depositada en el tejido subcutáneo y que no está sometida al control neurohormonal. La hiperinsulinemia producida provoca una inhibición en la producción de glucosa, que unido al mayor consumo de hidratos de carbono, condiciona la mencionada hipoglucemia.

A veces, en el diabético tratado con insulina, la hipoglucemia aparece de 6 a 15 horas después de haber terminado el esfuerzo, en el período de recuperación (hipoglucemia postejercicio tardía). Esta respuesta se vincula con: a) el mayor consumo de glucosa para lograr la repleción de los depósitos de glucógeno muscular y hepático utilizados durante el esfuerzo físico; b) en el incremento de la sensibilidad muscular a la insulina observado en este período y c) con elevaciones espontáneas de insulinemia por la absorción desde los sitios donde se inyectó.

Para impedir la aparición de hipoglucemia e hiperglicemias puede recurrirse a:

2.1. ADAPTACIONES DE LA ALIMENTACION

La realización de ejercicio tras las comidas, entre 60 y 120 minutos después, hace que partamos de niveles de glucemia mayores, haciendo que la aparición de hipoglucemias sea menos frecuente.

Además de esto, si el ejercicio va a ser de larga duración y de gran intensidad, es recomendable el consumo de hidratos de carbono durante la realización de la actividad.

Como referencia, los ejercicios que se realizan al 50% de VO₂, tienen un consumo calórico estimado de 600 kcal/h. En estos casos la toma de 35-40 g. de carbohidratos cada 30 minutos es suficiente para mantener unos niveles glucémicos adecuados.

2.2. MODIFICACIONES DEL LUGAR DE INYECCION.

Como norma se recomienda evitar la inyección en zonas musculares que van a estar sometidas a ejercicio intenso, aconsejándose por ello lugares como la pared abdominal. Sin embargo, estudios recientes afirman que esto no garantiza la no aparición de hipoglucemias, ya que ésta, en muchos casos, es independiente del lugar donde se haya practicado la administración de insulina.

Además, se ha visto que en sujetos no diabéticos la absorción abdominal se modifica con el ejercicio.

Lo que sí parece demostrado y lógico es que es bueno inyectar la insulina en el mismo lugar cuando se hace ejercicio de forma regular, ya que conocemos bien sus efectos y sus acciones son sabidas, y por tanto, los posibles problemas pueden ser previstos.

2.3. MODIFICACIONES DE LA DOSIS DE INSULINA.

La modificación en la pauta de administración de la insulina, cuando se hace ejercicio, es un hecho básico y difícil de generalizar y esquematizar ya que depende tanto de factores propios de la actividad física como del propio individuo.

Los fundamentos fisiopatológicos que provocan una disminución de la necesidad de insulina en los pacientes con diabetes mellitus que hacen ejercicio son: la disminución de la glucemia y la mayor sensibilidad de los receptores de insulina.

Tabla 28.1 Estrategias para evitar hipo e hiperglucemias.

- Tomar alimento 1-2 horas antes del ejercicio.
- Tomar suplementos de carbohidratos cada 30 min. en ejercicios de larga duración y vigorosos Incrementar la toma de alimento posterior al ejercicio, según su intensidad y duración.
- Inyectarse la insulina en áreas no implicadas en el ejercicio.
- Reducir la dosis anterior de insulina.
- Modificar la pauta diaria de insulina.
- Monitorizar la glucemia antes, durante y después del ejercicio.
- Determinar la cetonuria si es preciso.
- Observar la respuesta individual a cada tipo de ejercicio.

De manera orientativa:

- a) En diabéticos tratados con una sola dosis de insulina NPH, se rebaja en un 30-35% de la dosis habitual.
- b) Cuando se usa dosis combinada de NPH e insulina regular, se disminuye la dosis de insulina regular en un 50% o incluso se suprime.
- c) Si el ejercicio es de larga duración e intensidad, es recomendable disminuir la dosis de insulina que se debe administrar anteriormente.

En la tabla 28.1 se muestran algunas estrategias para evitar alteraciones del nivel de glucemia:

De todas formas, dada la diferente forma de responder las personas ante una misma pauta, lo ideal es determinar la glucemia pre y pos ejercicio muscular antes de modificar la dosis de insulina y/o administración de alimento en el diabético que realiza ejercicio.

Es fundamental la observación y experiencia particular e individual en la determinación de glucosa para el control y adaptación del tratamiento diabetológico en este tipo de personas.

Como pauta es recomendable:

- a) Con glucemias menores de 100 mg%, se recomienda toma de alimento.
- b) Cuando el valor de glucemia está entre 100-250 mg%, nos encontraremos en una situación ideal.
- c) Con glucemias superiores a 250 mg% (según autores >350 mg%), se determinará la existencia o no de cuerpos cetónicos en orina:
 - Si la cetonuria es negativa se podrá realizar ejercicio.
 - Si hay cetonuria positiva se le recomendará mejorar el control de la diabetes antes de plantearse la práctica de cualquier deporte.

3. EJERCICIO EN DIABETICOS NO INSULINDEPENDIENTES

En el diabético no insulín dependiente (al igual que en el caso de diabetes insulín dependiente en la que hay un buen control de la glucemia), el ejercicio reduce los niveles de glucosa en sangre.

En este tipo de diabéticos en el que frecuentemente se observa hipertensión y aumento lipídico, se sigue considerando el ejercicio (junto con la reducción de peso mediante la disminución del aporte energético) como tratamiento primario de su enfermedad. Cuando este primer paso es insuficiente se asocian antidiabéticos orales y/o insulina.

El ejercicio físico produce un aumento en la sensibilidad de los receptores a la hormona (reducida en estas personas), que unido al aumento de gasto energético proporciona una mejora en el control de la enfermedad.

En estos pacientes el control glucídico tiene lugar de distinta forma que en condiciones normales. Así, al realizar esfuerzo, se produce un uso de glucosa aumentado, sin disminución en sangre de insulina ni aumento de producción de glucosa hepática, pasando entonces de tener niveles altos de glucemia a cifras más habituales. Por ello, la aparición de hipoglucemia en pacientes con diabetes mellitus no insulino dependiente tratados con dieta y ejercicio no es frecuente; sin embargo, en diabéticos tratados con sulfonilureas e insulina, la producción hepática de glucosa puede inhibirse, con riesgo de aparecer cuadros de hipoglucemia, pudiendo ser para estos pacientes aconsejable la toma de alimentos antes y durante el ejercicio o la disminución de la dosis de insulina. Lo más aconsejable suele ser la supresión de la toma de hipoglucemiante inmediatamente anterior a la realización del ejercicio, así como reducir a la mitad la toma inmediatamente posterior.

CAPITULO 29 TRAUMATOLOGIA EN EL DEPORTE

DR. J. SALA DE PABLO

Hipócrates afirmaba: "Si pudiéramos dar a cada individuo la cantidad justa de alimentos y de ejercicio, encontraríamos la forma más segura de la salud".

El deporte genera bienestar cuando es adecuado, pero cuando deja de serlo puede producir enfermedades cardíacas, pulmonares y, sobre todo lesiones del aparato locomotor. Estas se incrementan si no hay un entrenamiento previo, si falta una preparación adecuada o si se está bajo la influencia de tabaco, alcohol y de drogas.

El deporte exige una prevención mediante ropas y prendas de protección adecuada, equipos y el seguimiento de determinadas reglas, así como exámenes médicos rutinarios.

La práctica deportiva puede saldarse con una gran cantidad de lesiones óseas como fracturas, lesiones articulares, consistentes en luxaciones, lesiones ligamentosas, meniscales, inflamaciones de la sinovial, derrames; lesiones musculares, entre las que pueden mencionarse las roturas de fibras, desinserciones, contusiones, heridas, y a todas estas lesiones hay que añadir la posibilidad de enfriamientos y de golpes de calor.

Mencionaré las lesiones más frecuentes y haciendo algunas consideraciones prácticas sobre los cuidados a dispensar al deportista en el momento del accidente.

1. LESIONES DE LA CABEZA Y DEL CUELLO

Son las más frecuentes en las pruebas automovilísticas y de motociclismo.

1.1. TRAUMATISMO CRANEOENCEFALICO

En el momento que un obstáculo hace pasar de una gran velocidad a una parada brusca, la inercia hace que la masa encefálica contenida en la cavidad craneana se proyecte hacia la región frontal y produzca un apilotonamiento conduciendo a lesiones tisulares y a desgarros vasculares que pueden originar acúmulos de sangre, intra o extradurales. Estos hematomas pueden

fraguarse al instante o hacerlo lentamente durante las 12 ó 24 horas siguientes al traumatismo pero, encerrando sine more una considerable gravedad y requiriendo un tratamiento inmediato. Tras un **trauma cráneo encefálico** es necesario reposo y vigilancia del accidentado para que no pase desapercibida la iniciación de un coma que obliga a una intervención quirúrgica descompresiva inmediata.

1.2. TRAUMATISMOS DE COLUMNA VERTEBRAL

Las mismas causas pueden producir **lesiones de la columna cervical**, desde esguinces que ocasionan una cervicalgia pasajera a fracturas de columna que pueden dar lugar a cuádruplejías por compresión medular, lesión muy frecuente en motoristas y que pueden ocurrir también en los saltos de trampolín en las piscinas, al chocar la cabeza del saltador con el suelo de la piscina.

Ante una pérdida de conocimiento consecutiva a un trauma, hay que pensar que puede deberse a una afectación cerebral, pero también, a una parada cardíaca, en cuyo caso no habrá latidos del pulso en la muñeca y cesarán los movimientos respiratorios. Si se trata de una conmoción cerebral se conservarán el pulso y la respiración. También puede tratarse de una simple lipotimia, reestableciéndose la conciencia en unos segundos o escasos minutos.

En todo caso, ante una pérdida de conocimiento, el accidentado debe de ser reconocido por un facultativo, quien en la mayoría de los casos prescribirá reposo y vigilancia durante 24 horas.

1.3. LAS EPISTAXIS (SANGRADO ACCIDENTAL POR LA NARIZ)

Si son leves se resuelven con la aplicación de frío en la frente y taponamiento de ambos orificios nasales. Si la hemorragia no cede o es más copiosa, debe de ser atendido por un especialista.

Un accidente frecuente y, aunque leve, muy molesto es la introducción de un insecto en el conducto auditivo. El ruido de sus movimientos puede ser atormentador. Un chorrito de aceite común instilado en el conducto auditivo externo, inmoviliza al insecto y posibilita su salida al exterior.

1.4. LOS CUERPOS EXTRAÑOS

Los que se alojan en la conjuntiva ocular, suelen salir con facilidad inclinando la cabeza hacia adelante y tirando de las pestañas. Si se resiste y no se alivian las molestias, es un oculista quien debe de tratarlo y no insistir con maniobras que pueden ser perjudiciales.

1.5. LAS FRACTURAS DE LA MANDIBULA

Deben ser inmovilizadas con un pañuelo en forma de barbuquejo o fronda, hasta ser tratadas por el especialista. Las luxaciones no exigen inmovilización pero sí asistencia inmediata por un especialista.

2. TRAUMAS TORACICOS

2.1. FRACTURAS DE COSTILLAS

Son las más frecuentes en el deportista, fáciles de presumir por la existencia de un punto doloroso a la presión en el punto costal fracturado y también por el incremento del dolor al disminuir el arco costal comprimiendo el tórax con ambas manos. El accidentado debe abandonar el deporte que realiza para evitar complicaciones y someterse a tratamiento médico. Debe sospecharse gravedad cuando existe disnea, fiebre o expectoración hemoptoica, síntomas que hacen presumir disminución de la capacidad pulmonar e infección o desgarro del parénquima pulmonar.

2.2. LAS FRACTURAS DE CLAVICULA

Son fáciles de evidenciar por la evidente deformidad y por el dolor a presión en el trayecto de la clavícula. Debe colocarse un dispositivo que inmovilice el hombro y el brazo, con el antebrazo aplicado al tórax, se consigue con un pañuelo grande, un cabestrillo o un simple vendaje.

3. LESIONES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

3.1. HOMBRO

El hombro puede ser asiento de múltiples lesiones tendinosas articulares y óseas.

- a) Entre **las tendinosas** más frecuentes mencionaremos los síndromes subacromiocroracoideos, tendinitis y rotura de los rotadores del húmero; tendinitis o rotura de la porción larga del bíceps. Todos ellos se manifiestan por un hombro doloroso, con una mayor o menor incapacidad de movimientos. De momento exigen inmovilización y a continuación precisión diagnóstica y tratamiento adecuado a la lesión. Basta inmovilizarlo en una charpa en los primeros momentos.

- b) Las **luxaciones acromioclaviculares** pueden sospecharse por el dolor vivo a la presión en la extremidad distal de la clavícula que adquiere un movimiento anormal de tecteo. Su tratamiento inmediato es la inmovilización del hombro y brazo sobre el tórax hasta ser atendido por traumatólogo.

3.2. CODO

- a) Las **epicondilitis** son frecuentes en los jugadores de tenis, golf, jabalina y en todos los que ejercen un esfuerzo de prensión de un objeto o realicen un sobreesfuerzo de los músculos que se insertan en el epicóndilo humeral. Conduce a una rotura de estos músculos a nivel de su inserción en epicóndilo y se añade un proceso de reacción inflamatoria y de retracción cicatricial. A través de las inserciones de estos músculos pasa una rama sensitiva del nervio radial que es comprimido por el proceso inflamatorio y cicatricial desencadenando un dolor localizado en epicóndilo e irradiado a antebrazo. Los movimientos de extensión contra resistencia de los dedos índice y medio incrementan las molestias.

La electrotermoterapia (microondas, onda corta, UHF); las corrientes galvanofarádicas diadinámicas y los ultrasonidos pueden conseguir hacer desaparecer las molestias. Con frecuencia hay que recurrir a las infiltraciones de antiinflamatorios “in loco dolenti” pero, no siempre son eficaces y en esas circunstancias hay que recurrir a la liberación quirúrgica de la rama nerviosa sensitiva atrapada en las inserciones fibrosas de los músculos epicondíleos.

Con mucha menos frecuencia aparecen molestias análogas a la epicondilitis en la epitroclea humeral, como consecuencia del esfuerzo excesivo y continuado de estos músculos. El tratamiento es análogo.

- b) Una lesión frecuente en los porteros de fútbol son los **higromas olecranianos**. La parte más prominente del codo en flexión la constituye el olécranon para cuya protección existe una bolsa serosa que suaviza los movimientos de flexoextensión del codo. Los golpes repetidos del codo contra el suelo en el momento de las estiradas de los porteros de fútbol, traumatizan las bolsas serosas inflamándolas o rompiéndolas. En ambos casos a nivel del codo aparece un abultamiento esférico del tamaño de un huevo o mayor. Para evitarlo los porteros llevan coderas protectoras para la prominencia del olécranon. Una vez que estos higromas se han formado pueden vaciarse por punción y desaparecer. Puede aplicarse una codera elástica compresiva, pero no siempre es eficaz aunque se inyecten antiinflamatorios. Con frecuencia hay que recurrir a la extirpación quirúrgica de la bolsa serosa inflamada.

3.3. ANTEBRAZO

- a) **La tenosinovitis crepitante del antebrazo** se presenta en tenistas, pelotaris, jugadores de golf y de hockey y en todos aquellos deportes que exigen una fuerte actividad de los músculos del antebrazo.

El dolor se localiza en tercio medio de antebrazo, colocada la palma de nuestra mano abrazando el antebrazo, al flexionar y extender los dedos, percibimos una ostensible crepitación que determina el diagnóstico.

Se trata de una inflamación de las vainas tendinosas de los extensores de la muñeca. Sus tendones producen crepitación al moverse dentro de las vainas inflamadas.

Es necesaria una inmovilización de la articulación de la muñeca, acompañada de electroterapia y de la administración de antiinflamatorios por vía oral o parenteral.

- b) **Los síndromes canaliculares** asientan en la muñeca. En su cara palmar hay dos canales osteofibrosos por donde pasan los nervios radial y cubital, cuya compresión da lugar a dolor que llega a ser incapacitante. Se acompañan frecuentemente de trastornos de la sensibilidad de los dedos.

Su tratamiento consiste en la administración de antiinflamatorios infiltrados en estos canales y si no fuera suficiente habría que recurrir a la apertura quirúrgica del canal.

3.4. MANO

- a) **La tenosinovitis de Quervain**, que es otro síndrome canalicular de los tendones extensores y abductores del pulgar, es relativamente frecuente. Su tratamiento es análogo a los síndromes canaliculares del nervio radial y del cubital.

- b) **Las lesiones del carpo** asientan preferentemente en el escafoide (fractura) y en el semilunar (fracturas y luxaciones).

Su diagnóstico se hace exclusivamente mediante las radiografías y la duración de su tratamiento puede sobrepasar los cuatro meses.

- c) En el balón-bolea son frecuentes las **luxaciones metacarpofalángicas** del pulgar que, a menudo son imposibles de reducir por manipulación por lo que se recurre a la cirugía.

- d) Entre los esquiadores es frecuente la **lesión de Stener** consistente en la rotura del ligamento cubital colateral del pulgar. Cuando el esquiador

cae con el brazo hiperextendido, el bastón fuerza el pulgar hacia arriba y hacia atrás sometiendo a tensión a la articulación metacarpofalángica y provocando la lesión del ligamento mencionado. En ocasiones coincide con una fractura del primer metacarpiano. No es una lesión exclusiva de los esquiadores ya que también la sufren los jugadores de Hokey sobre hielo y los de balonmano.

- e) La **sección de un tendón extensor de la falange distal** del dedo es una lesión de tratamiento ingrato por sus resultados. Este tendón se inserta en el extremo proximal de la falange distal. El tendón se secciona por el trauma arrancando, en ocasiones, un fragmento óseo de la falange. Cualquiera de las dos lesiones origina una incapacidad funcional al no poder extender el dedo que quedará en flexión permanente. Si mediante un tratamiento quirúrgico u ortopédico no se consigue una curación anatómica y funcional, el dedo podrá deformarse, al perder la acción de uno de sus tendones estabilizadores, dando lugar a un dedo en martillo o en cuello de cisne.

4. LESIONES PELVIANAS

4.1. LA PUBALGIA

Es un síndrome doloroso a nivel del pubis que aparece con cierta frecuencia en los futbolistas. Agrupa entidades anatomoclínicas distintas y a veces intrincadas, tales como la enfermedad de los abductores, la osteoartropatía pubiana y la patología de los músculos de la pared abdominal. Todos estos síndromes se manifiestan por un dolor en pubis con posible irradiación a la pared abdominal o a la cara interna de ambos muslos. El dolor es espontáneo o provocado por la palpación y sobre todo por la contracción contra resistencia de los músculos abductores. La radiografía puede evidenciar la existencia de zonas de osteoporosis en pubis y afectación de las superficies articulares que se hacen irregulares. En ocasiones hay osificación en las inserciones de los músculos abductores.

Todas estas patologías pueden conducir a una inestabilidad de la sínfisis del pubis que ocasionará la imposibilidad del mantenimiento unipodal.

El tratamiento, cualquiera que sea la forma anatomoclínica de las pubalgias, precisa un reposo que puede oscilar entre 2-3 semanas, hasta tres meses, sobre todo en las osteoartropatías pubianas. Habrá que añadir antiinflamatorios no esteroideos y/o corticoides. La kinesiterapia es indispensable para normalizar los diferentes factores biomecánicos responsables del desequilibrio muscular regional.

En ocasiones, ante la cronicidad del proceso, hay que recurrir a la intervención quirúrgica.

4.2. FRACTURAS

- a) Entre los deportistas existen varias posibilidades de **fracturas en la pelvis**. Las más graves corresponden a los accidentes deportivos con medios rápidos de locomoción y a los escaladores.
- b) **Fracturas por arrancamiento**. Los arrancamientos óseos, con frecuencia son confundidos con dolores musculares, apareciendo en deportistas de 14 a 25 años. Se producen a nivel de la apófisis con cartílagos de crecimiento que todavía no se han fusionado completamente. Los arrancamientos son muy frecuentes en: la espina ilíaca antero-superior donde se inserta el tendón de la fascia lata; la espina ilíaca antero-inferior en la inserción del recto anterior; la tuberosidad isquiática en la inserción del biceps crural, semitendinoso y semimembranoso.

Los deportistas que suelen padecerlas son los atletas, patinadores artísticos, futbolistas y nadadores.

La sintomatología es idéntica cualquiera que sea la localización y se caracteriza por un dolor brutal y un crujido con caída brusca por el intenso dolor. La palpación revela un punto doloroso empastado y la radiografía constata la existencia de un fragmento óseo arrancado.

El tratamiento exige reposo durante un mes y a continuación deambular con bastones. Las indicaciones quirúrgicas no son frecuentes, salvo en los casos de grandes desplazamientos del fragmento arrancado.

- c) **Fracturas por fatiga de la rama isquiopubiana**. Son consecuencia de esfuerzos repetidos y continuados durante bastante tiempo, son propios de los esquiadores y de los patinadores. Se presentaba con frecuencia en las jóvenes sirvientas que sacaban brillo a las tarimas enceradas frotándolas con movimientos de vaivén de las extremidades inferiores. Los síntomas son dolor inguinal espontáneo y selectivo a la presión, que aumenta con la contracción de los abductores contra oposición.

Como tratamiento es preceptivo el reposo en cama durante unas cuatro semanas.

5. LESIONES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

5.1. FRACTURAS POR FATIGA DEL CUELLO FEMORAL

Con alguna frecuencia en deportistas de aproximadamente 21 años, sometidos a grandes esfuerzos pueden presentar este tipo de fracturas. No

es fácil presumir clínicamente por poder confundirse con otros procesos, incluso los signos radiológicos son tardíos.

El tratamiento requiere una descarga completa durante cuatro a seis semanas, con la ayuda de bastones de codo.

5.2. RODILLA

Constituye la mayor articulación de nuestro organismo y está expuesta a grandes esfuerzos en los deportistas. Son frecuentes las lesiones de sus componentes óseos, ligamentosos, meniscales y sinoviales.

a) **Las fracturas de la rótula** y con frecuencia sus luxaciones exigen una inmovilización provisional de la rodilla y el envío inmediato a un centro traumatológico.

b) **Los ligamentos laterales y cruzados se desgarran** por violencias en todo tipo de deportes, especialmente en las que exigen salto y carrera. Se presume una lesión ligamentosa, cualquiera que sea el ligamento afecto, por la movilidad anormal de la rodilla y por el dolor que despierta sus movimientos, junto con un punto doloroso a la presión en el trayecto del ligamento lesionado.

La lesión de los ligamentos conduce a una inestabilidad de la rodilla que impide toda actividad deportiva y debe de tratarse muy correctamente para que esta inestabilidad no pase a la cronicidad limitando o invalidando al deportista.

c) **Las lesiones de los meniscos**, formaciones cartilaginosas que modelan el interior de la articulación de la rodilla, son relativamente frecuentes en toda actividad deportiva y consisten en fisuras o desgarros de configuración diversa.

Se pueden presumir por el dolor preciso a nivel de la línea interarticular, por la sensación de crujido cuando tiene lugar la rotura y por el bloqueo mayor o menor de la articulación. Con frecuencia la sinovial de la rodilla reacciona produciendo un derrame que hace desaparecer los relieves normales de la rodilla y la lleva a un grado intermedio de flexión para que sea más amplia la cavidad articular rellena por el líquido del derrame sinovial.

El diagnóstico de trauma meniscal es fácil en la mayoría de las ocasiones. Cuando presenta dificultades se puede recurrir a la artrografía con contraste o mejor a la resonancia magnética nuclear que evidencia con nitidez la integridad o la rotura meniscal.

El tratamiento de los traumas meniscales, era antaño la extirpación del menisco roto. Con sus restos periféricos se llegaba a formar un nuevo menisco, que no llegaba a ser tan eficiente como el menisco antes de

traumatizarse y con frecuencia dejaba una patología crónica mayor o menor.

Actualmente los traumas meniscales se tratan por artroscopia. No se extirpan totalmente más que en excepcionales circunstancias. Es suficiente con regularizar la superficie con extirpaciones mínimas, el encajamiento de dos o tres días es mas que suficiente y a continuación hay que realizar la rehabilitación más o menos prolongada.

- d) Existen también **derrames sinoviales** a veces muy voluminosos sin que haya un trauma meniscal. Estos derrames, cualquiera que sea su causa, hay que tratarlos mediante la punción evacuadora y vendaje compresivo junto con electrotermoterapia.
- e) Son numerosas las **bolsas serosas existentes en la rodilla**. Todas ellas pueden dar lugar a patologías diversas que exigen evacuación, fisioterapia e incluso extirpación operatoria.
- f) Las lesiones son habituales en la **edad de crecimiento** si la actividad deportiva es excesiva.
 - **Enfermedad de Sinding Larsen y Johanson**. En la extremidad inferior de la rótula hay un núcleo de crecimiento óseo. En los adolescentes con una rótula situada más alta de lo normal, congénitamente o a consecuencia de una retracción del músculo recto anterior; si hacen excesos deportivos (en patinaje, saltos, fútbol) este núcleo de crecimiento se hace doloroso a la presión y en los ejercicios se abulta y a veces ocasiona fracturas de la punta inferior de la rótula. Rara vez exige un tratamiento distinto de disminución de la actividad deportiva y reposo.
 - **Enfermedad de Osgood Schlater**. Es una patología de la apófisis tibial anterior localizada en la cara anterior de la extremidad superior de la tibia y se produce como consecuencia del exceso deportivo en muchachos de 12 a 16 años.

Existe una tumefacción moderada y dolorosa a la presión en la epífisis tibial anterior.

La radiografía muestra el núcleo tuberositario fragmentado irregularmente.

Evoluciona con una fase de dolores agudos durante la práctica deportiva y en la vida cotidiana, y una fase de molestias más sordas evolucionando a la cronicidad con signos locales discretos.

La afección evoluciona lentamente hacia la curación pero a veces no desaparecen las molestias hasta la edad de 16 ó 17 años que corresponde a la fusión de la epífisis tibial con la diáfisis.

No existe un tratamiento específico. No está justificada la cirugía, ni las infiltraciones.

5.3. PIERNA, TOBILLO Y PIE

En la extremidad inferior hay diversas tendinopatías y roturas fibrilares de los músculos que intervienen en los movimientos de los tendones.

a) Por su frecuencia merece mención la **rotura de la fibras musculares de los gemelos** más frecuente en los deportistas no entrenados y sobre todo en aquellos que sólo ocasionalmente realizan algún ejercicio deportivo. Al romperse las fibras a consecuencia de un esfuerzo no acostumbrado o demasiado violento, el accidentado percibe un intenso y brusco dolor en la pantorrilla, exactamente igual que si recibiera una pedrada. El tratamiento consiste en dejar en reposo los músculos desgarrados mediante una escayola.

b) **Síndromes compartimentales.** Los huesos tibia y peroné y las aponeurosis que en ellos se insertan envuelven como si fuera un estuche las masas musculares y forman compartimentos inextensibles. Un aumento anormal de la presión en su interior a consecuencia de un sobreesfuerzo muscular provoca una compresión del sistema linfático y venoso que compromete la circulación de retorno. El éstasis así creado es la causa de un edema que agrava la situación, llegando a alterar e incluso necrosar las fibrillas musculares.

Puede presentar una forma aguda o crónica. En el primer caso el tratamiento es una aponeurectomía, que acaso sea también necesaria en las formas crónicas, sin perjuicio de ensayar antiinflamatorios y crioterapia.

c) **Periostitis tibiales.** Con alguna frecuencia los deportistas de marchas de fondo y maratón sufren dolores localizados a nivel de la cresta de la tibia donde se percibe un dolor a la palpación, tumefacción y aumento de la temperatura. En ocasiones sobrevienen en deportistas con defectos en la configuración de los pies que el podólogo debe corregir.

En los casos leves deberá hacerse reposo de quince días y tiempo más prolongado en los casos graves ayudados con electrotermoterapia.

En todo caso habrá que diferenciarla de las **fracturas por sobrecarga de la tibia** que son microfracturas no siempre detectables a Rayos X y que exigen inmovilización segmentaria.

d) **Tendinopatías de tobillo.** El tendón de Aquiles y los tendones largos que atraviesan el tobillo pueden ser motivo de procesos inflamatorios con sintomatología muy particular en cada uno de ellos.

e) Los **esguinces del tobillo.** Son muy frecuentes en los deportistas que tienen que realizar saltos. El mecanismo responsable es el desgarramiento parcial o total del ligamento lateral externo.

Pueden ser esguinces leves, de gravedad media o muy graves; cada uno presenta una sintomatología diferente y también diferente tratamiento, desde la simple inmovilización segmentaria a la intervención operatoria para conseguir un tobillo que no sea inestable y doloroso.

- f) **Fracturas de fatiga de los metatarsianos.** Es la más clásica de las fracturas por fatiga. Observada con frecuencia en el Ejército entre los jóvenes reclutas y tras prolongadas marchas.

Clínicamente se traduce por un dolor en el dorso del pie que se intensifica al pisar suelo duro.

Al examinarlo se aprecia una tumefacción con aumento de temperatura. La movilización del metatarsiano es dolorosa.

Las radiografías precoces pueden carecer de significación, pasados unos días aparecen imágenes de osificación endostal.

El tratamiento exige una disminución del apoyo del pie afecto durante tres o cuatro semanas.

6. RAQUIS

6.1. ALTERACIONES RAQUÍDEAS EN LA ADOLESCENCIA

- a) **La Escoliosis Idiopática** con rotación de los cuerpos vertebrales, es una enfermedad multifactorial cuyo soporte es una maduración anormal del sistema nervioso central genéticamente determinada, asociado a un desequilibrio del esqueleto axial por diferencia de crecimiento de los diversos elementos vertebrales, sobre el cual actúan factores químicos y neuromusculares siendo difícil determinar si son causa o consecuencia.

Durante la adolescencia y pubertad tienen lugar las mayores alteraciones y deben de vigilarse periódicamente para instaurar en todo momento el tratamiento oportuno.

- b) **La enfermedad de Scheuermann** crea a los médicos del deporte problemas difíciles en el momento de aconsejar la actividad deportiva a los jóvenes. Parece ser que esta enfermedad es más frecuente en los jóvenes que comienzan pronto sus esfuerzos deportivos y especialmente la equitación.

La enfermedad se manifiesta por un acúñamiento del muro anterior de las vértebras dorsales que da lugar a raquialgias.

Cuando se ha hecho el diagnóstico en fase prepuberal, de once a trece años en la niña, trece a quince en el chico, se impone una restricción severa de sus actividades deportivas excepto natación.

- c) **Lumbalgia y ciática.** Las cargas raquídeas y las flexiones bruscas, pueden desencadenar en el deportista lesiones vertebrales, siendo las más frecuentes la hernia discal y el síndrome facetario lumbar.

Ambas lesiones se manifiestan por un dolor lumbociático.

Su diferenciación es sencilla y se constata por la Tomografía axial computerizada, siendo necesaria excepcionalmente la Resonancia magnética nuclear.

En la hernia discal, la intervención es el tratamiento eficaz y definitivo.

En el síndrome facetario lumbar, que no es más que una artritis traumática de las pequeñas articulaciones vertebrales, el reposo durante dos o tres semanas y la electrotermoterapia, así como la medicación antiinflamatoria, son procedimientos terapéuticos suficientes.

- d) **La Coxigodinia** o dolor a nivel de la rabadilla es más frecuente en las mujeres. Puede ser ocasionada por una caída sobre la región glútea, pero existen muchas causas que pueden desencadenarla. El dolor es espontáneo pero se incrementa con la presión.

Las radiografías y el Scanner pueden evidenciar una fractura de las piezas que componen el coxis. También pueden producirla otras causas y ser rebelde a tratamientos no agresivos, en cuyo caso se requieren tratamientos quirúrgicos sobre el esqueleto o sobre el sistema nervioso.

7. ACCIDENTES POR LA ACCION DEL CALOR Y DEL FRIO

El deportista puede estar expuesto a accidentes por temperaturas extremas.

7.1. ACCIDENTES POR CONGELACION

Puede dar lugar a lesiones generales y locales.

- a) **Las lesiones generales** son diferentes si la acción del frío es rápida, dando lugar a una crioplexia o puede ser lenta produciendo una hipotermia o congelación general.
- b) **Las lesiones locales** pueden ser friuras o vasopatías por enfriamiento. Dependen del modo de acción del frío, que es diferente según el tiempo de exposición, humedad, viento y presión atmosférica y, de la receptividad individual. Esta se ve condicionada por el acostumbramiento, la constitución, la raza, las congelaciones previas, la edad, el estado nutricional incluso los factores psicológicos. Perjudican el alcohol, la nicotina, la cafeína (pierden calor por vasodilatación). También perjudican las prendas sucias, los zapatos porosos no impermeables.

- c) **La crioplexia** es consecuencia del enfriamiento rápido, brusco. Ocurre en náufragos o en caídas en agua fría próximas o por debajo de los cero grados. La muerte ocurre inmediatamente por parada cardíaca a consecuencia de estimulación vagal.

Tener en cuenta que sin que la temperatura sea próxima a los cero grados, también puede sobrevenir una parada cardíaca si el deportista se sumerge en el agua después de una comida más o menos copiosa, y por la misma causa, por un estímulo vagal.

- d) **La congelación general** se produce lentamente y tiene una secuencia que es la siguiente: primero el individuo “se cansa”, luego “se sienta, a continuación “se duerme” y finalmente “se muere”.

En algunas ocasiones la muerte es sólo aparente conservándose un pulso de 40, una respiración de 8 por minuto y una temperatura rectal de 20°C. En estas condiciones el congelado puede ser recuperado.

Conocemos relatos de perdidos en la noche, coincidiendo con grandes nevadas, que se salvaron al orientarse al amanecer, pero resistiendo toda la noche dando vueltas alrededor de un árbol. Ante un riesgo de congelación no se debería de parar jamás. Otros ya próximos a la congelación, fueron salvados metiéndolos inmediatamente entre animales para un calentamiento no demasiado rápido, ni elevado. El congelado no debe de sufrir un calentamiento brusco, porque puede ocasionar en su organismo una vasodilatación que puede conducir a un shock mortal.

7.2. ACCIDENTES POR ACCION DEL CALOR

- a) **Eritema cutáneo.** La exposición a sol en la playa y en la montaña produce en la piel un éstasis vascular, con aumento de la permeabilidad capilar, edema consecutivo, pigmentación y degeneración celular, todo esto ocurre después de un intervalo libre de molestias, y se añade fiebre, malestar, insomnio. Todo ello puede prevenirse empleando aceites o pomadas que protejan de la acción de los rayos ultravioletas solares.

- b) **Insolación.** Es consecuencia de la acción de los rayos infrarrojos solares al incidir especialmente sobre la cabeza y sobre la columna vertebral.

La insolación da lugar a manifestaciones neurológicas. es favorecida por el alcoholismo crónico, los esfuerzos físicos y la desnutrición. La sintomatología a medida que avanza la insolación se manifiesta por falta de sudoración, como primer síntoma que ha de alertar, congestión facial, astenia profunda, postración, cefalea intensa, nucalgia, vómitos y fiebre a veces muy elevada.

En los casos graves hay excitación, convulsiones, meningismo, inconsciencia y coma, pudiendo sobrevenir la muerte.

Los que sobreviven después de haber llegado al coma, pueden sufrir secuelas tales como desequilibrio en la marcha, disminución del rendimiento cerebral, hemiplejía y estados pasajeros de esquizofrenia.

Todas estas manifestaciones son consecuencia de una meningoencefalitis producida por la acción de los rayos infrarrojos solares.

Los primeros cuidados deben ser: la aplicación de bolsas de hielo en la cabeza, ingles y axilas, antitérmicos, aspirina, mantener la habitación oscura a unos 18°C, ventilada y poco húmeda.

Los casos graves deben ser inmediatamente enviados a una Unidad de Vigilancia Intensiva.

- c) **Golpe de calor.** Es diferente a la insolación y lo padecen aquellos situados en medios muy caldeados y húmedos. Pueden ocurrir a los deportistas en competiciones con temperatura elevada y cerca del mar. En estas circunstancias está dificultado el sudor y la transpiración, sobre todo si no hay posibilidades de ventilación, ni medios de refrigeración. El esfuerzo físico agrava la situación.

Más frecuentemente lo padecen los fogoneros, los cocineros, los soldados en las marchas militares o en los tanques de combate y los bomberos en grandes incendios.

Se inicia con una elevación brusca de la temperatura, si sobrepasa los 41° existe el peligro de hacerse irreversible y morir.

Provoca una enorme sobrecarga circulatoria con hipertensión y colapso vascular.

Aparecen trastornos de la conciencia, estado crepuscular, ideas persecutorias, tendencia al suicidio, calambres, temblor y coma premortal.

El tratamiento inmediato será la aplicación de paños o sábanas mojadas con agua fría, baño de agua a baja temperatura.

Si los síntomas persisten, debe de ser hospitalizado urgentemente.

DRA. P. ALVO

La mayoría de los traumatismos del deporte son menores y no suelen implicar problema alguno en el individuo que practica esporádicamente un deporte, salvo una disminución de su actividad física recreativa. En los deportistas profesionales un pequeño traumatismo puede llevar consigo un empeoramiento de resultados o una disminución de la capacidad deportiva.

En el deportista son necesarios un diagnóstico correcto, un tratamiento preciso y rápido, y una curación completa con la finalidad de que la interrupción de la actividad deportiva sea lo más corta posible, y pueda continuar logrando altos rendimientos deportivos.

De todas las lesiones del aparato locomotor, el 85% son subsidiarias de tratamiento conservador, siendo por lo general llevado a cabo en un servicio de rehabilitación.

Las lesiones deportivas, ya sean por accidente, sobrecarga o sobresolicitación, pueden afectar al sistema osteoarticular o a partes blandas (músculos, tendones o ligamentos). Revisaremos las lesiones musculares, el codo de tenis como ejemplo de tendinitis, y el esguince de tobillo como ejemplo de lesión ligamentosa.

1. LESIONES MUSCULARES

El músculo representa el 40 % del peso corporal, y en ocasiones, en el deportista, un porcentaje superior. La gran mayoría de las lesiones musculares se localizan en los miembros inferiores, con predilección por los músculos isquiotibiales.

En general, el concepto de benignidad o severidad de la lesión muscular viene dado por el momento en que se reinicia la actividad deportiva tras la lesión.

Según el mecanismo de producción de las lesiones, podemos distinguir dos grandes grupos etiológicos, clasificados como **traumatismos directos e indirectos**:

1.1. TRAUMATISMOS DIRECTOS

Son frecuentes en el rugby, fútbol, hockey, etc. Hay choque sobre el músculo. El agente causal es variable, cabezazo, patada, rodillazo, el suelo, etc.

Se producen contusiones cuya gravedad depende de la violencia del traumatismo y del estado funcional del músculo en el momento del impacto, siendo éste más vulnerable si está contraído.

La localización mas frecuente en los miembros inferiores es a nivel de cuádriceps, tensor de la fascia latta y tríceps, en los miembros superiores en deltoides, y en tronco a nivel de la musculatura intercostal y lumboabdominal. La prevención es difícil.

Los casos leves cursan con aplastamiento de fibras, efusión sanguínea y edema reaccional, mientras que en casos graves se producen desgarros musculares con reacción vascular intensa y hemorragia mas o menos importante.

1.2. TRAUMATISMOS INDIRECTOS

Estos provocan lesiones mas específicas de cada práctica deportiva. Las causas son imprecisas estando favorecidas por disfunciones neuromusculares (desórdenes iónicos, histoquímicos, metabólicos e incluso genéticos), y sobresolicitación por encima de sus posibilidades por velocidad o amplitud de movimientos mal controlada.

Se trata sobre todo de lesiones por estiramiento cuyo factor desencadenante puede ser un impulso o caída durante un salto, una aceleración o deceleración violenta, un cambio de dirección brusco, etc.

Las localizaciones mas frecuentes están en miembros inferiores y particularmente en músculos que fisiológica y biomecánicamente están mas expuestos, por ser biarticulares, largos y con tendones cortos (cuádriceps, isquiotibiales, adductores y tríceps)

1.3. TIPOS DE LESIONES MUSCULARES

Los diferentes tipos de lesiones musculares son grados crecientes de un mismo fenómeno, y según su gravedad podemos clasificarlas en: calambre, contusión, contractura, estiramiento, desgarró fibrilar, desgarró muscular, ruptura muscular.

1.3.1. Calambre. El calambre muscular corresponde a una contracción global, brutal y potente de un músculo, no voluntaria, y resolutive, que aparece sobre todo en casos de sobrecarga local favorecida por diversas causas: mecánica, muscular, desórdenes metabólicos e iónicos.

1.3.2. Contractura. La contractura muscular es una tetanización del músculo, no resolutive, que entraña una molestia muscular que permite proseguir el esfuerzo a una intensidad subtotal. Encontramos el músculo doloroso a la palpación incluso en reposo, con dolor al estiramiento pasivo y con la contracción isométrica. Suele deberse a sobrecarga de entrenamiento.

1.3.3. Estiramiento. El estiramiento consiste en una elongación excesiva del músculo que sobrepasa los límites de su elasticidad. Aparece un dolor mas o menos vivo que permite proseguir el esfuerzo con dolor y menor intensidad. Hay dolor con el estiramiento pasivo y la contracción isométrica, encontrándose el músculo hipertónico y doloroso a la palpación, sin puntos gatillo localizados.

Calambre, contractura y estiramiento no comportan, en principio, lesión anatómica alguna.

1.3.4. Contusión. La contusión muscular es una lesión de gravedad variable. Si es benigna permite proseguir el esfuerzo sin dolor y evoluciona favorablemente. En contusiones graves el dolor es marcado, obliga a parar el esfuerzo y evoluciona frecuentemente hacia un hematoma mas o menos intenso. Son frecuentes a nivel de cuádriceps, provocando un aumento de volumen del músculo y del muslo, lo cual implica una disminución de la flexión activa y pasiva de rodilla. En relación con los grados de flexión de rodilla podemos clasificar dichas lesiones en benignas, que permiten una flexión mayor de 90 grados, medias, si la flexión lograda se sitúa entre 45 y 90 grados, y graves, cuando la flexión de rodilla no supera los 45 grados. Las contusiones en el tríceps sural originan una disminución de la dorsiflexión del tobillo, con dolor y riesgo de complicaciones vasculo-nerviosas por compresión.

1.3.5. Desgarro fibrilar. El desgarro fibrilar o claquage se caracteriza por una solución de continuidad a nivel de un pequeño número de miofibrillas, con una reacción vascular local moderada. Hay dolor agudo, que el deportista describe como un puñetazo o una pedrada, durante un impulso, parada o cambio de ritmo, y obliga a parar inmediatamente el esfuerzo. Por lo general el estiramiento pasivo del músculo es muy doloroso así como la contracción isométrica. Se palpa un músculo contracturado, doloroso, con un punto gatillo y aparición de un hematoma o equimosis si es superficial. El desgarro en los isquiotibiales es frecuente en sprinters en el curso de una potente contracción concéntrica, y en futbolistas durante una violenta contracción del cuádriceps debido al papel de freno de los isquiotibiales.

1.3.6. Desgarro muscular. El desgarro muscular es una expresión mayor del desgarro fibrilar, y en las mismas circunstancias. A veces notan un crujido, cursa con impotencia marcada, el deportista cae fulminado, y si el dolor permite palpar el músculo, se aprecia un hematoma importante. Se trata de una lesión frecuente en futbolistas a nivel de adductores.

1.3.7. Ruptura. La ruptura muscular cursa con intenso dolor, crujido, retracción de los fragmentos e intenso hematoma.

1.4. DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO

1.4.1. El diagnóstico de las lesiones musculares se basa en la clínica, habiéndose incorporado en los últimos años la termografía y ecografía como métodos muy útiles.

1.4.2. El tratamiento preventivo es difícil cuando la causa es un traumatismo directo, en el caso de lesiones indirectas resultan beneficiosas las siguientes medidas.

- a) Calentamiento largo, progresivo, adaptado a cada individuo, al tipo de deporte y al clima. Estiramientos pasivos y activos al final del calentamiento. Con ello conseguimos una mejor adaptación cardiovascular, un aumento de temperatura con disminución de la viscosidad muscular y sensibilización del sistema enzimático, una facilitación de zonas de deslizamiento y un aviso propioceptivo y de reprogramación de esquemas motores.
- b) Entrenamiento planificado, dosificado y adaptado al atleta, teniendo en cuenta todo estado de fatiga local y general.
- c) Mantenimiento de una actividad física moderada al final del entrenamiento, por ejemplo footing, para evitar las mialgias del día siguiente y una normalización mas rápida de los niveles de ácido láctico. Los masajes profundos favorecen el drenaje de las masas musculares contribuyendo a evitar las mialgias.
- d) Incluir una musculación armoniosa adaptada a los deseos de la disciplina deportiva y a cada atleta en particular. Debe potenciarse agonistas y antagonistas y mejorar la coordinación.
- e) No autorizar la vuelta a la práctica deportiva antes de la perfecta cicatrización lesional.

1.4.3. El tratamiento curativo está en función del tipo de lesión.

En las contusiones, independientemente de la gravedad, el tratamiento inicial será el mismo, consistente en: reposo absoluto, crioterapia, vendaje compresivo y sobreelevación del miembro lesionado. A partir de las 48 horas, siempre en función de la gravedad, pueden iniciarse ejercicios isométricos y marcha con bastones cuando se han recuperado 90 grados de flexión de rodilla en el caso del cuádriceps, o ha disminuido el volumen de la pantorrilla en las lesiones del tríceps. Masaje y calor están contraindicados en lesiones recientes por favorecer la intensidad del hematoma.

En las contracturas y estiramientos, suele ser suficiente con el reposo deportivo, masaje y la aplicación de diversas técnicas de electro-termoterapia.

En los desgarros fibrilares y musculares el reposo será mas o menos absoluto en función de la gravedad. Debemos evitar la formación del hematoma con crioterapia y vendajes compresivos, evacuaremos el hematoma si es posible, favoreceremos la cicatrización lesional con calor local y mejoraremos la cicatrización inmovilizando en curso interno y recomendando marcha sin apoyo. Debe vigilarse la evolución de la cicatrización realizando frecuentemente balances articulares pasivos y contracciones isométricas, y en el momento en que ambas pruebas se realizan sin dolor pasaremos a realizar un trabajo muscular dinámico al que posteriormente añadiremos resistencia.

En las rupturas musculares el tratamiento es quirúrgico tras las medidas iniciales comunes.

2. CODO DE TENIS

Aunque cualquier deporte puede ser causa de lesión de partes blandas del codo, existe un grupo amplio, que por el tipo de movimientos violentos o sobreesfuerzos repetidos agreden al codo durante su práctica, siendo causa frecuente de este tipo de lesiones (jabalina, béisbol, balonmano, tenis, badmington, squash, golf, frontón, etc)

La epicondilitis o tenoperiostitis de los músculos epicondíleos es con mucho la lesión mas frecuente, y junto con la epitrocleitís, suman el 80% de la patología por sobreesfuerzo del codo.

Se manifiesta por una palpación dolorosa del epicóndilo, dolor con la extensión contrarresistencia de muñeca y dedos y dolor con el estiramiento pasivo de los músculos epicondíleos.

Ocasionalmente puede presentarse como un cuadro agudo con importante inflamación, fuerte dolor difuso, impotencia funcional marcada y contracción muscular imposible por el dolor, siendo necesario en estos casos la inmovilización de codo en postura de relajación (codo a 90 grados, muñeca en dorsiflexión y metacarpofalángicas en ligera flexión) durante 2 o 3 semanas, administración de antiinflamatorios no esteroideos (AINES) por vía general, crioterapia 3 o 4 veces al día, ultrasonidos y/o laserterapia.

Cuando el cuadro clínico se hace subagudo o, más frecuentemente, cuando tiene una presentación mas crónica, sin signos inflamatorios, sólo con dolor y maniobras contrarresistencia positivas, el tratamiento se basará en:

- a) Reposo relativo;
- b) Infiltración local con esteroides;
- c) Masaje transversal profundo de Cyriax. Este se utiliza para luchar contra la reacción inflamatoria local, que se autoperpetúa a partir del disgregamiento traumático de algunas fibras y por la cicatriz dolorosa

en la masa del tendón. La técnica consiste en localizar de forma precisa el punto a tratar por palpación, realizando presiones y fricciones profundas perpendicularmente a la dirección de las fibras. Se realizan sesiones de unos 20 minutos dos días por semana;

- d) Masaje decontracturante de la musculatura epicondilea;
- e) Ultrasonidos y/o laserterapia;
- f) Manipulación local ocasionalmente;
- g) Reeducción muscular progresiva una vez lograda la desaparición del dolor. La cinesiterapia se inicia buscando un equilibrio y potenciación de la musculatura del antebrazo. Por lo general, no es necesaria una cinesiterapia pasiva y activo-asistida previa ya que no suele existir limitación, salvo la debida al dolor. Una pauta de tratamiento cinesiterápico podría ser: tras la introducción del codo en un baño local de agua caliente a 38-40 grados, o en parafina, se realizan ejercicios isométricos con supinación y extensión del carpo y los dedos (contracciones de 6 seg. y pausas de 12 seg.). Una vez lograda la realización de estas contracciones sin dolor se añaden movimientos resistidos de flexo-extensión y prono-supinación por medio de pesas y mecanoterapia;
- h) Stretching o estiramientos antes y después de la práctica deportiva, tanto de extensores como flexores de muñeca. Su utilidad es tanto preventiva como terapéutica;
- i) Ortesis de brazaletes en el 1/3 inferior de la cabeza radial, colocadas unos 3 cm. por debajo del epicóndilo, para aliviar la sobrecarga, actuando de inserción accesoria. Pueden emplearse así mismo, coderas de neopreno con una función fundamentalmente térmica.
- j) Reentrenamiento al esfuerzo que incluye el aprendizaje correcto de la técnica del revés.
- k) Utilización de material deportivo adecuado con pelotas blandas, ligeras para disminuir los fenómenos vibratorios, y raquetas de tamaño y características adecuadas para cada deportista.

3. ESQUINCE DE TOBILLO

Los traumatismos del tobillo son muy frecuentes tanto en la práctica deportiva como en la vida diaria. Dentro de las lesiones de esta articulación, el esguince o entorsis es la más habitual.

En la mayoría de los casos, su carácter benigno, hace que se les confiera una importancia mínima o que se trate de forma deficitaria provocando una inestabilidad crónica o esguinces de repetición.

3.1. DIAGNOSTICO

Es indispensable hacer un balance de la gravedad de la lesión tan preciso como sea posible antes de aplicar el tratamiento. Se deben contemplar adecuadamente los siguientes pasos:

- a) La historia clínica, interrogando al lesionado sobre la percepción de un crac, y sobre la aparición rápida y difusa de un hematoma.
- b) El examen clínico, valorando la inestabilidad del tobillo.
- c) Un examen radiológico descartando fracturas asociadas y valorando la inestabilidad en valgo o varo.

Con estos datos clasificamos los esguinces en:

3.1.1. Grado I o benignos, con criterios clínicos y radiológicos negativos.

3.1.2. Grado II o moderado, con signos clínicos de gravedad pero inestabilidad radiológica moderada.

3.1.3. Grado III o grave, con signos de gravedad clínica e inestabilidad radiológica evidente. Hay rotura ligamentosa y el tratamiento es habitualmente quirúrgico.

3.2. TRATAMIENTO

3.2.1. El tratamiento inmediato de todo esguince, independientemente de su gravedad consiste en:

- a) Crioterapia precoz e intensiva, con marcado efecto analgésico y vasoconstrictor, que actúa limitando la extensión del edema. Puede realizarse mediante pulverizaciones con cloruro de etilo o con "cold pack" durante unos 20 minutos a razón de 2-3 sesiones diarias.
- b) Descarga del miembro inferior afecto con bastones.
- c) Reposo durante 24-48 horas con elevación del miembro inferior afecto.
- d) Vendaje compresivo.

A las 24-48 horas, se reexplora al enfermo valorando la gravedad y si el tratamiento a aplicar será funcional, con yeso, o quirúrgico. En el esguince de mediana intensidad, la decisión terapéutica es variable, aconsejándose en el deportista el tratamiento funcional al acortarse el tiempo de inmovilización.

3.2.2. El tratamiento funcional se basa en una inmovilización relativa, con vendaje elástico mediante técnica de strapping, y medidas terapéuticas físicas que disminuyan rápidamente el dolor, seguida de una cinesiterapia progresiva y no dolorosa.

La duración de strapping está en función de la evolución clínica. Clásicamente debe durar hasta que el varo forzado del pie sea indoloro.

Debemos actuar frente al edema y los trastornos tróficos intentando disminuir el dolor, para ello continuaremos con crioterapia durante 4-5 días más, pudiendo añadirse el empleo de otros agentes físicos:

- a) Baños de contraste con inmersión alternante del pie en agua fría y caliente al límite tolerable, para estimular la vascularización locoregional.
- b) Electroterapia analgésica y antiinflamatoria mediante el empleo de corrientes galvano-farádicas de baja frecuencia, corrientes diadinámicas, ultrasonidos a baja intensidad y corta duración, etc.
- c) Masaje circulatorio.

En cuanto sea factible el apoyo sin dolor, aunque persista el aspecto equinómico o algo de edema, se añadirá cinesiterapia pasiva con movilizaciones suaves e indoloras de todas las articulaciones del tobillo y el pie. El trabajo cinesiterápico continúa con la realización de trabajo activo analítico, sinérgico y contrarresistencia. Se trabajan analíticamente tanto la musculatura larga como la corta de tobillo y pie, y utilizamos las sinergias de la musculatura del miembro inferior (extensión de dedos mas dorsiflexión de tobillo, flexión de dedos mas flexión plantar del tobillo, tríceps y peroneo lateral largo, etc).

Las resistencias aplicadas irán progresivamente en aumento, tanto si se aplican manualmente como a través de pesos o por medios de aparatos isocinéticos.

Muchas lesiones ligamentosas del tobillo dejan como secuela una sensación de inseguridad, y esta inestabilidad residual puede conducir a una falta de aptitud para el deporte. Clásicamente se reconocían numerosas causas de inestabilidad (elongación, mala cicatrización capsulo-ligamentaria, debilidad de los músculos estabilizadores externos, dolor periarticular, etc), pero en realidad, estos factores raramente son causa de inseguridad, y esta se debe a alteraciones de la sensibilidad propioceptiva.

Las lesiones ligamentosas, se acompañan siempre de afectación de los elementos sensitivos articulares que informan a centros superiores de la dirección, fuerza y velocidad de los movimientos. En la mayoría de los casos la inestabilidad residual se debe a desaferencia propioceptiva, secundaria a lesión de los mecanorreceptores, siendo la finalidad de la reprogramación neuromotriz mejorar las señales de estos receptores articulares.

En 1965, Freemann, desarrolla la idea de que al solicitar la musculatura periarticular sobre planos inestables, mejora la reaferentación, disminuyendo la sensación de inestabilidad, y mejorando la marcha sobre terrenos accidentados.

Derivado de este método, se iniciará la última fase del tratamiento cinesiterápico del esguince de tobillo, buscando recobrar las sensaciones de percepción, se realiza con el paciente descalzo, sentado, sin carga, apoyando talones, puntas, borde externo y borde interno del pie. Posteriormente se continúa con ejercicios en carga sobre un plano estable, en apoyo bi y monopodal, tratando el fisioterapeuta de desequilibrar al paciente mediante pequeños empujes en diferentes direcciones, intentando el enfermo recobrar el equilibrio tras estos empujes.

Se finaliza con ejercicios en apoyo bi y monopodal sobre planos inestables (cojín, plato rectangular o circular), tratando también el fisioterapeuta de desequilibrarle por medio de empujes a nivel de rodillas, pelvis y hombros progresivamente.

DR. A. APESTEGUIA EL BUSTO

En un intento de mejorar el rendimiento deportivo, hay entrenadores y deportistas que recurren a la utilización de fármacos y/o métodos para conseguir tal objetivo, intentando justificar que el precio no es demasiado elevado, con tal de conseguir el fin de ganar. A parte de los problemas éticos por intentar obtener una ventaja adicional sobre sus competidores, pueden derivarse riesgos para la salud del deportista, consecuencia del uso e incluso muchas veces abuso de tal práctica.

El doping deportivo no es nuevo, aunque en los últimos tiempos, la excesiva profesionalización y comercialización del deporte, unido a la aparición de fármacos nuevos, algunos de ellos obtenidos por técnica recombinante, que dificultan o imposibilitan su detección en un análisis de orina, puede hacer pensar que la utilización de tales medios han sufrido un considerable aumento. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en la detección de mayor número de "positivos", ha jugado un papel importante la existencia de unos controles y una reglamentación más estricta que en épocas anteriores.

El Comité Olímpico Internacional (COI), al igual que diferentes Federaciones Internacionales de diversos deportes, actualizan las sustancias y métodos que son considerados como doping, intentando con ello asegurar el "juego limpio", y la seguridad de los deportistas. Los fármacos prohibidos son un reducido porcentaje de todo el arsenal terapéutico disponible, por tanto el deportista que por motivos clínicos requiera una terapéutica, va a tener alternativas válidas que garanticen su derecho a un tratamiento apropiado.

Los grupos de sustancias dopantes establecidos por el COI son: a) Estimulantes, b) Analgésicos narcóticos, c) Esteroides anabolizantes, d) Bloqueantes β -adrenérgicos, e) Diuréticos, f) Hormonas peptídicas: Gonadotropina coriónica, Corticotropina, Hormona de crecimiento, eritropoyetina.

Los métodos de dopaje establecidos por el COI son: g) Dopaje sanguíneo h) Manipulación farmacológica, química o física.

También hay una serie de productos que se encuentran sometidos a una "cierta" restricción como son el alcohol, la marihuana, los anestésicos locales y los corticosteroides.

Según la actividad deportiva de que se trate, el estamento oficial correspondiente, puede establecer algunas modificaciones respecto de la lista de productos prohibidos por el COI.

1. ESTIMULANTES

El sistema nervioso simpático interviene en la regulación homeostática de diversas funciones, entre las que se encuentran, la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, el tono de las vías aéreas bronquiales, el metabolismo de hidratos de carbono, etc.

Este control lo realiza a través de neurotransmisores, que almacenados en las terminaciones axónicas de las neuronas en las vesículas sinápticas, son liberados tras la llegada de un impulso nervioso. La actividad física y la tensión psicológica pueden originar ese impulso nervioso necesario para la liberación de mediadores químicos como la adrenalina, la noradrenalina y la dopamina. La liberación de estas sustancias, y su unión a receptores específicos situados en las membranas celulares origina una respuesta orgánica.

Los estimulantes prohibidos se pueden clasificar en: anfetaminas, cocaína, otros simpaticomiméticos, y cafeína.

1.1. ANFETAMINAS

Las anfetaminas pertenecen a un grupo farmacológico que presenta una estructura química muy parecida a los neurotransmisores del sistema nervioso simpático. Actúan liberando aminas neurotransmisoras de sus sitios de almacenamiento en las terminaciones nerviosas. Sus efectos se ejercen principalmente sobre el Sistema Nervioso Central como un potente estimulante. Además, también presentan acciones periféricas comunes a las sustancias simpaticomiméticas de acción directa, causando efectos secundarios no deseados.

Sus acciones a nivel del sistema nervioso central son estimulantes, aumentan la frecuencia respiratoria por excitación del centro respiratorio bulbar. Además producen un estado de alerta, sensación de disminución de la fatiga, autoconfianza y capacidad de concentración, por lo que la mejoría más notable se observa cuando el rendimiento se ha reducido por fatiga. La sensación que se produce por la sustancia modifica la actitud desfavorable que aparece ante el trabajo que se está realizando. Por ello su utilización prevalece, en mayor medida en deportes que requieren un esfuerzo físico continuado, como: carreras atléticas de resistencia, esquí de fondo, ciclismo, etc., Siendo en este último deporte donde mayor número de casos positivos se han detectado. La presencia de estos efectos psíquicos depende de la

dosis, del estado mental y de la personalidad del individuo, que pueden originar reacciones diferentes en deportistas que se encuentren en una misma situación.

La anfetamina y dexanfetamina tienen, además de la acción estimulante, efectos anorexígenos. Existen otros anorexígenos de acción central que simplemente son variantes de la estructura molecular de la anfetamina, pero sin su acción estimulante central lo que no excluye que sean considerados como productos prohibidos, al estar incluidos en el grupo de estimulantes. De hecho aunque en menor medida que anfetamina y dexanfetamina, siguen conservando parte de la acción estimulante central.

A nivel del sistema cardiovascular producen elevación de la presión sanguínea diastólica y sistólica. Con dosis altas se presenta disminución de la frecuencia cardíaca de forma refleja, que puede dar lugar a arritmias cardíacas. El volumen minuto no aumenta con las dosis habituales.

Sus efectos tóxicos agudos son una extensión de sus acciones farmacológicas, manifestándose ansiedad, agresividad, confusión... y a nivel circulatorio palpitaciones, arritmias, hipertensión o hipotensión y colapso circulatorio. Una intoxicación fatal termina con convulsiones, coma y hemorragia cerebral. Las dosis tóxicas varían ampliamente, aunque es raro que se presenten síntomas con dosis inferiores a 15 mg. Los trastornos mentales con alucinaciones y delirios paranoides son más frecuentes en la intoxicación crónica.

1.2. COCAINA

Presenta una acción clínica como anestésico local, aunque en la actualidad ha sido mejorada por otros anestésicos.

Su efecto sistémico más importante es la estimulación del Sistema Nervioso Central, que se manifiesta primero como una sensación de bienestar y euforia, conservando la coordinación de la actividad motora si se toma en pequeñas cantidades. Conforme se aumenta las dosis, aparecen temblores e incluso convulsiones. Su forma de actuación, es potenciando la respuesta de los órganos con innervación simpática, al bloquear la captación de catecolaminas en las terminaciones nerviosas adrenérgicas.

Una encuesta del año 1986 de la Asociación Americana de jugadores de la liga de fútbol nacional (NFL), encontró que la mitad de los encuestados consideraban que la cocaína era la droga más utilizada en la NFL. Sin embargo se sugiere que su uso era más como divertimento que como un agente ergogénico y la razón que lo sugiere es la diferente farmacocinética que presenta la cocaína respecto de la anfetamina. La cocaína presenta una vida media de 6-9 minutos, mientras que la anfetamina, con una orina ácida

tiene una vida media de 7-14 horas y, con orina alcalina, llega a alcanzar entre 18-34 horas. Esto hace que la cocaína no sea muy útil en pruebas atléticas que requieran un esfuerzo continuado. Además, al ser más adictiva que la anfetamina hay que aumentar de forma más rápida las dosis para obtener los efectos deseados. Por ello se alcanzan concentraciones que llegan a comprometer el estado mental, conduciendo a una conducta paranoica y agresiva, así como depresión, con el resultado final de deterioro en el desarrollo de la actividad normal.

A nivel vascular hay numerosos artículos que indican la producción de accidentes cerebrovasculares, asociadas al consumo de cocaína, por causa de una rápida elevación en la presión sanguínea secundaria a una hiperactividad adrenérgica. Este aumento de la presión sanguínea, también es la causa de infarto de miocardio y arritmias cardíacas.

1.3. OTROS SIMPATICOMIMETICOS

Efedrina, pseudoefedrina, fenilpropanolamina... son fármacos que se encuentran fácilmente disponibles en muchas especialidades farmacéuticas utilizadas como antigripales y descongestionantes nasales. Por su acción simpaticomimética producen aumento de la frecuencia cardíaca y aumento variable de la resistencia periférica, dando lugar habitualmente a una elevación de la presión arterial. Su unión a receptores β -adrenérgicos pulmonares, produce broncodilatación. Son estimulantes del Sistema Nervioso Central, pero en menor medida que la anfetamina, y además al ir en asociación, muchas de veces, con otro tipo de productos tales como antihistamínicos, es difícil apreciar una estimulación central significativa.

Martín et al. concluyeron que 75-150 mg/70 kg de efedrina, produce efectos similares a dosis de 15-30 mg/70 kg de anfetamina, tanto desde el punto de vista fisiológico como conductual. Esto parece indicar que la efedrina, a las dosis terapéuticas habituales de 25 mg/70 kg produce los efectos periféricos, pero que a dosis por encima de 75 mg/70 kg., atraviesa apreciablemente la barrera hematoencefálica para producir efectos en el Sistema Nervioso Central.

Cuando un deportista tome alguna especialidad farmacéutica con indicación terapéutica de antigripal y/o descongestionante nasal, debe tener en cuenta la composición. Las alternativas son el uso intranasal de oximetazolina y oral de antihistamínicos, aunque algunos organismos, como la Unión Ciclista Internacional, admiten análisis cuantitativos de algunas de estas sustancias, como ocurre con la cafeína. Otra posible indicación terapéutica es aprovechar su capacidad broncodilatadora en procesos patológicos respiratorios que cursen con broncoconstricción aunque, desde un punto de vista terapéutico, es más lógica la utilización de simpaticomiméticos β_2 -

selectivos, que la de los no selectivos, al no presentar los primeros prácticamente acción estimulante cardíaca.

El Comité Olímpico Internacional sólo permite el uso de los simpaticomiméticos β_2 descritos en la tabla 31.1, y siempre y cuando sean utilizados en forma de aerosol, considerándose prohibida su utilización por vía oral o parenteral.

1.4. CAFEINA

Es considerada como doping si la concentración en orina es superior a 12 mcg/ml.

Es un estimulante del Sistema Nervioso Central, que también parece producir un aumento del metabolismo lipídico, utilizando los ácidos grasos como fuente de energía y retrasando de este modo el agotamiento de las reservas de glucógeno.

Hay estudios con resultados controvertidos ya que, algunos sugieren que no se obtiene beneficio en ejercicios de alta intensidad o ejecutados en corto período de tiempo, pero que si permite prolongar el esfuerzo continuado. En cambio, otros estudios no han encontrado un efecto positivo en la ejecución de ejercicio cuando se han dado dosis de 5-10 mg/kg. Debido a estos datos contradictorios y al hecho de que la cafeína esté presente en productos como café y bebidas de cola, el COI estableció un análisis de tipo cuantitativo, que limita el uso de dosis altas del producto, pero que no considera como positivo las cantidades ingeridas a través de bebidas y café.

La intoxicación fatal en el hombre por ingestión de cafeína es muy rara, ya que precisa de cantidad de 5 g a 10 g de sustancia tomadas en corto plazo de tiempo. Sí pueden observarse reacciones indeseables como excitación, intranquilidad, temblores y musculatura tensa. después de la ingesta de 1g (aprox. 15 mg/Kg de peso), por afectación a nivel del Sistema Nervioso Central.

Tabla 31.1 Fármacos con actividad beta-2, que permite utilizar el COI, por vía inhalatoria.

BILOTEROL
ORCIPRENALINA
RIMITEROL
SALBUTAMOL
TERBUTALINA

2. ANALGESICOS NARCOTICOS

En este grupo están incluidos la morfina y sus derivados: buprenorfina, etilmorfina, metadona y compuestos relacionados.

La indicación farmacológica de este grupo de fármacos, es la analgesia en procesos patológicos que se acompañen de dolor intenso o muy intenso, que en un principio son incompatibles con una práctica deportiva. Desde un punto de vista estrictamente farmacológico, son medicamentos depresores del Sistema Nervioso Central y por tanto poco apetecibles por el deportista. Su prohibición es con el fin de evitar la administración a aquellos deportistas que están lesionados para disminuir o hacer desaparecer el dolor, sin tratar la lesión de base. Además su uso indiscriminado provoca dependencia física y psíquica.

El dolor es un mecanismo fisiológico que indica la existencia de un problema a resolver. La utilización de salicilato y antiinflamatorios no esteroideos (AINES), está totalmente permitida, por ello el dolor de una intensidad media queda perfectamente cubierto con estos últimos fármacos.

Hay que tener presente que algunos derivados de los analgésicos narcóticos, tienen otras indicaciones además de la analgesia, tal es el caso de la codeína que se utiliza también como un eficaz antitusígeno, y que al igual que sucedía con efedrina y derivados similares se encuentra presente en muchas especialidades farmacéuticas. Como alternativa, puede emplearse dextrometorfan y la folcodina.

Algunos derivados opiáceos, también tienen aplicación como antidiarreicos, a este respecto el uso de loperamida y difenoxilato no tienen restricción alguna de uso.

3. ESTEROIDES ANABOLIZANTES

Una de las más importantes razones para la utilización de esteroide anabolizantes (EA), es el convencimiento de algunos atletas, de que estas sustancias son "indispensables" para poder llegar a ser campeones. Suelen acompañar sus razonamientos argumentando que si no son útiles, ¿porqué se gasta dinero en sus determinaciones?. En este sentido hay atletas y personas relacionadas con el deporte, que poseen un amplio conocimiento de este grupo farmacológico y son capaces de eludir, muchas veces los controles médicos oficiales.

Mediante encuestas totalmente anónimas, realizadas en diferentes colegios, de distintos estados Norteamericanos se han constatado porcentajes de utilización del 15-20%, en estudiantes de 16-17 años que realizaban algún

tipo de prueba atlética de forma habitual. El número de encuestas contestadas, fue bajo respecto del total, lo que permite sospechar que el porcentaje pueda ser todavía mayor.

En las situaciones de estrés severo, como son los casos de entrenamientos muy intensos, el efecto catabólico originado da lugar a un balance nitrogenado negativo, obligando al organismo a utilizar sus propias fuentes nitrogenadas musculares y viscerales para contrarrestarlo. Los Esteroides Anabolizantes (EA), son productos que pueden positivizar un balance negativo inducido por los glucocorticoides, siempre y cuando la ingesta proteica y calórica sea apropiada e incluya en la dieta todos los aminoácidos esenciales. En las personas sanas no atléticas, este efecto anticatabólico, tiene una duración corta debido al reajuste homeostático que normaliza el balance nitrogenado. El proceso anticatabólico se produce de forma continuada en el tiempo, mientras se dé la situación que causa el balance nitrogenado negativo.

Otro efecto que poseen lo EA, es el aumento de la síntesis de eritropoyetina, del hematocrito y de la hemoglobina, facilitándose de esta manera una mayor capacidad de transporte de oxígeno a los músculos. Actualmente con este objetivo se está utilizando el doping sanguíneo y, más recientemente la eritropoyetina, ya que ambos consiguen una elevación del hematocrito mayor que con los EA. Además estos últimos ocasionan retención de sodio que incrementa el volumen sanguíneo hasta en un 15%, circunstancia no deseada por los atletas.

Los efectos centrales de los EA, no están claramente establecidos, aunque algunos estudios llegan a decir que produce euforia y disminución de la fatiga. De todos modos, el deseo de los que utilizan estas sustancias se centra, principalmente en mantener una mayor intensidad de entrenamiento como consecuencia de su efecto anticatabólico, más que por sus efectos hematopoyético y/o centrales. Con el objeto de aumentar los efectos anabolizantes y disminuir el efecto androgénico (masculinizante) de los EA, se dispone de una serie de productos que se pueden clasificar según la potencia relativa anabolizante/androgénica (Tabla. 31.2)

3.1. EFICACIA

La gran dificultad que se encuentra al valorar los EA desde el punto de vista del rendimiento deportivo, al igual que con otros fármacos dopantes, es la ausencia de grupos control adecuados tratados con placebo. Además se dan variables en los EA utilizados, dosis, diseños de administración... que dificultan en gran manera obtener resultados concluyentes. A todo esto hay que añadir que en un estudio es muy difícil llegar a valorar, desde un punto de vista estadístico, una mejora en el rendimiento atlético del orden de 1-2%

respecto del grupo control. En cambio ese porcentaje tan pequeño, que no sería excesivamente importante farmacológicamente hablando, puede ser una diferencia apreciable entre dos deportistas perfectamente entrenados.

Por si todo ello fuera poco, para poder establecer una correcta valoración de su eficacia, hay que tener en consideración que algunos ciclos de EA se realizan con más de un producto y a dosis mayores de las previstas. En resumen, se puede concluir que los estudios sobre eficacia realizados en el pasado, tienen un valor limitado.

3.2. EFECTOS ADVERSOS

La toma de EA provoca efectos adversos sobre 4 sistemas funcionales: hepático, reproductor, cardiovascular y psicológico.

3.2.1. Hígado. Se han descrito elevaciones de las enzimas: GOT, GPT, lactato deshidrogenasa y fosfatasa alcalina. Habitualmente estos valores elevados vuelven a la normalidad una vez que se interrumpe la administración de EA. Este es uno de los motivos la utilización intermitente de estos productos por parte de los deportistas.

Entre los diferentes EA, aquellos que son 17- α -alquilados, están asociados con la producción de ictericia colestática, en una mayor proporción que los no alquilados como la testosterona, que es menos perjudicial para el hígado. Los EA 17- α -alquilados se obtuvieron para evitar en parte el efecto de primer paso metabólico y de esta manera poder disponer de EA activos por vía oral.

Tabla 31.2 *Relación anabolizante/androgénica, de diferentes Esteroides Anabolizantes comercializados como Especialidades Farmacéuticas.*

FARMACO	RELACION ANAB/ANDROG
ESTANOZOLOL	30
METENOLONA	16
NANDROLONA	8
OXIMETOLONA	8
ANDROSTANOLONA	2
MESTEROLONA	1.6
TESTOSTERONA	1

3.2.2. Sistema reproductor. En los hombres la administración exógena de EA, produce una disminución en la liberación endógena de andrógenos, por un efecto feed-back sobre el eje hipotálamo-hipofisario. Se acompaña de una disminución del conteo espermático, morfología anormal de espermatozoides y atrofia testicular. Una gran parte de atletas varones son no fértiles mientras toman altas dosis de EA. Cuando se interrumpe la administración se normaliza la concentración de espermatozoides, en un tiempo aproximado de 3-4 meses, siendo más tiempo para obtener la normalización de su motilidad y morfología.

Algunos atletas, para estimular la producción endógena de testosterona y evitar así la disminución de la libido y la atrofia testicular, utilizan Gonadotropina Coriónica Humana (HCG), que también es un producto prohibido, encuadrado en el grupo de hormonas peptídicas.

En las mujeres, los esteroides anabolizantes producen una virilización, con aumento del vello, incremento de peso, desarrollo muscular, amenorrea, engrosamiento y aumento del clítoris... y algunos de estos efectos indeseables pueden llegar a ser irreversibles.

3.2.3. Sistema Cardiovascular. Se producen cambios en el perfil lipídico con aumento de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), y disminución de las lipoproteínas de alta densidad (HDL). La intensidad de estas variaciones depende del EA utilizado.

Los valores retornan a la normalidad, una vez que se suspende la administración del EA. Debido a la retención de fluidos que producen, se les atribuye posibles elevaciones en la tensión arterial.

3.2.4. Efectos Psiquiátricos. Algunos trabajos concluyen que el abuso de estos productos puede originar la aparición de cuadros de paranoia, episodios de esquizofrenia y alteraciones de la personalidad. Al no contar con grupos control adecuados, estas afirmaciones deben contemplarse con ciertas reservas.

Igualmente se ha llegado a sugerir la posibilidad de un síndrome de abstinencia, con un mecanismo biológico similar al producido cuando se suprimen sustancias adictivas como el alcohol y los derivados opiáceos.

Otros efectos no deseados son: acné, cefalea, vértigos y cierre prematuro de las epífisis de los huesos largos en adolescentes que toman EA, deteniendo su crecimiento.

Los Esteroides Anabolizantes fueron prohibidos en 1976. Los abusos continuados de estos productos han conducido a penalizaciones importantes en aquellos atletas que han sido calificados de "positivo" en los tests urinarios. El éxito de un correcto control urinario, se basa en un esquema de trabajo continuado ya que, realizados de forma poco apropiada su detección puede ser eludida, sobre todo cuando se utilizan los de eliminación.

4. BETABLOQUEANTES

Como su nombre indica su acción farmacológica, consiste en el bloqueo de los receptores β adrenérgicos que se encuentran en diferentes órganos. A nivel cardíaco, se encuentran los receptores β_1 cuyo bloqueo da lugar a hipotensión, bradicardia y retardo de la conducción aurículo-ventricular. A nivel del árbol bronquial hay receptores β_2 , cuyo bloqueo da lugar a broncoespasmo. De todo ello es fácil deducir que no son fármacos útiles y además muy peligrosos de utilizar en deportes que requieren realizar un esfuerzo físico importante. Sin embargo, la Comisión Médica del COI observó que se utilizaban con fines no terapéuticos y decidió su prohibición en 1985.

Su acción bradicardizante, es la deseada por atletas cuya práctica deportiva no requiere un gran esfuerzo físico, pero sí una precisión y un gran control, como son el tiro, el golf y los diferentes tipos de saltos, en los que el retardo entre las contracciones cardíacas facilita este objetivo.

Su utilidad terapéutica en patología del sistema cardiovascular, está cubierta por otros grupos terapéuticos de fármacos.

5. DIURETICOS

Dos son los principales motivos de utilización de los diuréticos por los deportistas con fines extraterapéuticos. Por un lado, al aumentar la velocidad de formación de orina, originan una disminución de la concentración de sustancias que se encuentren en ella, incluidos los productos farmacológicos que se han utilizado con fin dopante dificultando con ello la detección de los mismos. Por otra parte, el uso de diuréticos permite una pérdida de agua y, por tanto de peso que puede permitir encuadrar al deportista en una categoría de peso inferior a la que le corresponde. Se utiliza en aquellos deportes que tienen establecidas categorías en función del peso (Judo, boxeo, lucha...). Existen diferentes subgrupos de fármacos diuréticos, y sus efectos adversos varían según el subgrupo del que se trate, aunque como norma bastante común se debe conocer que la pérdida de agua es acompañada de pérdida de electrolitos, y también alteraciones en la termorregulación con aumento de la temperatura corporal.

6.HORMONAS PEPTIDICAS

6.1. GONADOTROPINA CORIONICA (HCG)

Es una hormona que se produce en importante cantidad en la gestación y que se obtiene de la orina de mujeres embarazadas. Esta hormona no se encuentra en el sexo masculino, pero al poseer una acción similar a la

hormona luteinizante (LH), cuando se administra al hombre, estimula la producción de testosterona testicular, con ello se consigue aumentar la cantidad de espermatozoides inmaduros, pero al tener la H.C.G. poca actividad folículo estimulante (FSH), no puede completarse la fase final de espermatogénesis. Desde el punto de vista deportivo se considera equivalente a la administración exógena de testosterona. Los efectos buscados por los deportistas masculinos con la administración de HCG es aumentar la producción endógena de testosterona, evitar los efectos secundarios de los anabolizantes en el aspecto sexual, como la disminución de la libido, y remontar el efecto supresivo ocasionado por los esteroides anabolizantes, de una forma más rápida cuando estos se dejan de administrar.

La administración exógena de testosterona puede ser detectada midiendo la relación testosterona/epitestosterona. Cuando dicho cociente es mayor que 6 es considerado como doping "positivo". La HCG estimula la producción tanto de testosterona como de epitestosterona, manteniéndose la relación entre ambas dentro de los valores normales.

Entre los efectos secundarios de H.C.G. cabe destacar la retención hidrosalina y manifestaciones alérgicas.

6.2. HORMONA ADRENOCORTICOTROFICA. (ACTH)

Utilizada para incrementar los niveles endógenos de corticosteroides, con el fin de obtener el efecto euforizante y "antifatiga", de estos productos.

Los corticosteroides exógenos, también están prohibidos, excepto cuando son usados en aplicaciones tópicas (vía ótica, oftalmológica y dermatológica); en forma inhalatoria o en inyecciones locales o intraarticulares.

La administración de ACTH es considerada equivalente a la administración oral, intramuscular o intravenosa de corticosteroides. Tanto la ACTH, como los corticosteroides, tienen numerosos e importantes efectos secundarios, como alteraciones hidroelectrolíticas, hiperglucemia, hipertensión, osteoporosis, etc.

6.3. ERITROPOYETINA (EPO)

Es una hormona glucoproteica, que se produce en su mayor parte (90%) en las células endoteliales que revisten a los túbulos proximales renales, el resto es producida en el hígado. Su función es la estimulación de las células progenitoras de la serie roja, localizadas en la médula ósea, facilitando su maduración y la formación de hematíes.

En situaciones de hipoxia y anemia, se produce una respuesta fisiológica producción de mayor cantidad de eritropoyetina, y aumento de hematíes circulantes, en un intento de incrementar el aporte de oxígeno a las células.

Actualmente se dispone de eritropoyetina recombinante, que no se distingue de la eritropoyetina humana obtenida de la orina, lo que habitualmente hace imposible identificar aquellos deportistas que abusan de este fármaco, con un análisis de orina. Además es una hormona que desaparece rápidamente, mientras que sus efectos son prolongados. Por otro lado, comparativamente con el doping sanguíneo, evita el riesgo de infecciones y el inconveniente del almacenaje de sangre, lo que unido a sus evidentes efectos ergogénicos, ha llevado a un incremento considerable de su utilización. El COI la prohibió en 1990.

Sus efectos secundarios se deben principalmente al rápido incremento del hematocrito, que origina aumento del volumen y de la viscosidad sanguínea, siendo más frecuentes e intensos los efectos, cuanto más rápida es la respuesta del hematocrito al fármaco. Si por el contrario el incremento se hace de forma paulatina, dando tiempo a una adaptación fisiológica frente al mayor número de hematíes, los efectos secundarios son moderados y consisten en hipertensión y cefalea. Algunos informes del uso de este fármaco entre ciclistas, han llegado a ver la luz en revistas científicas afirmando que el riesgo se potencia debido a las grandes variaciones individuales que se presentan en respuesta al fármaco. Además la eritropoyetina, continúa estimulando la médula ósea varios días después de su interrupción, incrementando el hematocrito y la viscosidad cuando discontinuamos su administración. Hoy día no se ha identificado el nivel máximo de seguridad de hematocrito, con el uso de eritropoyetina ni los efectos a largo plazo de su administración en individuos sanos.

6.4. HORMONA DE CRECIMIENTO (HGH)

Hasta el año 1985, la única disponibilidad de hormona de crecimiento era la obtenida de cadáveres humanos. En ese año la FDA aprobó la existencia de la metionil-somatotrofina recombinante (somatren), y en 1987 aprobó la hormona de crecimiento recombinante (somatrofina). Con ello la escasez de cantidades de hormona de crecimiento se han solucionado, pero la indicación terapéutica aceptada en la actualidad sigue siendo el tratamiento de la falta de crecimiento en niños, causada por deficiencia de la hormona de crecimiento hipofisario.

Su efecto fisiológico de estimulación del crecimiento, se acompaña de un efecto anabólico de retención de nitrógeno, con aumento del transporte de aminoácidos en los tejidos y de la utilización de las grasas como fuente de energía, en lugar de los hidratos de carbono.

Los atletas han encontrado atractiva la hormona de crecimiento, a causa del falso convencimiento de que produce efectos similares a los esteroides anabolizantes, pero sin causar efectos adversos serios. Esto unido a la

dificultad de su detección, ha llevado al gasto de cantidades importantes de dinero por conseguir algo que puede no ser la somatrofina, sino gonadotrofina coriónica humana, hormona de crecimiento de animales e incluso productos sin ninguna actividad.

El sueño, el ejercicio, el estrés, la hipoglucemia y la elevada concentración de aminoácidos en sangre, estimula la liberación endógena de hormona de crecimiento. Muchos atletas aumentan la intensidad de sus trabajos y consumen dietas altas de proteínas para, de una forma fisiológica liberar una mayor cantidad de hormona.

Fármacos como la clonidina, el propanolol y la levodopa, también estimulan la liberación de hormona de crecimiento, llegando incluso a la utilización de cantidades tan elevadas como 0.3 mg de clonidina/día para conseguirlo.

A pesar de todo lo dicho hasta ahora, no se ha llegado a demostrar que la somatrofina tenga algún efecto ergogénico, y sin embargo continúa su uso entre los deportistas basados en que los demás competidores también la utilizan.

En cuanto a los efectos adversos, la administración de dosis altas durante largos períodos de tiempo a individuos sanos puede ocasionar un síndrome semejante al de acromegalia, que además resulta irreversible con resultado de hipertrofia ósea y menor tasa de supervivencia.

Sin embargo los signos de acromegalia en atletas que han usado somatropina, han sido muy vagamente informados en pocos artículos y mal documentados, lo que impide conocer en la actualidad la verdadera extensión del problema de la utilización de este fármaco entre los deportistas.

La miopatía, la hipertensión, la neuropatía periférica y la diabetes son efectos que se presentan de forma bastante habitual

7. METODOS DE DOPAJE

7.1. DOPAJE SANGUINEO

Consiste en la administración de sangre o productos relacionados que contengan hematíes, por motivos distintos a los estrictamente médicos. Al igual que con la administración de eritropoyetina, lo que se busca es el aumento de hematíes que permitan transportar una mayor cantidad de oxígeno al músculo. El método fue prohibido por el COI en el año 1986. Las transfusiones pueden ser auto o heterotransfusiones. Con el fin de evitar la transmisión de procesos infecciosos lo más habitual ha sido la utilización de autotransfusiones. Se obtienen hematíes del atleta de 8 a 12 semanas previas al acontecimiento deportivo, para permitir que el cuerpo recupere los

niveles normales previos a la extracción. El producto obtenido se transfunde al atleta una semana antes de la prueba.

La conservación de la sangre por técnicas de refrigeración habituales, lleva aparejado el descenso de alrededor del 35% de la potencia de la muestra después de tres semanas, siendo improductivo el beneficio extra que se pretende obtener con esta técnica. En cambio, los hematíes pueden ser conservados largo tiempo en glicerol a temperaturas de 80°C bajo cero.

Los efectos no deseados que se pueden presentar, se asemejan a los de la administración de eritropoyetina: el excesivo incremento del hematocrito, y la consiguiente elevación en la viscosidad sanguínea, que puede llevar consigo una disminución en el rendimiento cardíaco. También puede haber un incremento de trombosis venosas profundas y embolismo pulmonar.

7.2. MANIPULACIONES FARMACOLOGICAS, QUIMICAS O FISICAS

Utilizar métodos que modifican la integridad de la muestra de orina y por tanto su validez, están igualmente prohibidos. Este es el caso de la cateterización y sustitución de la orina, o de su alteración por cualquier otro proceso.

El probenecid es una sustancia que inhibe el transporte, a través del túbulo proximal renal, de muchos fármacos y sus metabolitos, produciendo una disminución en la concentración de esos productos en la orina y una elevación en el plasma. Por este motivo, el empleo de probenecid está prohibido y se encuadra dentro de este grupo de métodos que modifican la composición urinaria. El COI lo incluyó en sus listas el 1 de enero de 1988.

7.3. SUSTANCIAS SOMETIDAS A CIERTA RESTRICCIÓN

En último lugar comentar una serie de productos que, aunque no están prohibidos, si se encuentran sometidos a una cierta restricción.

Los anestésicos locales, como procaína, xilocaína... pueden ser utilizados, no así la cocaína, pero siempre y cuando su administración sea local o intraarticular.

Los corticosteroides también tienen limitado su uso, tal como se describió en el apartado dedicado a la hormona adrenocorticotrófica (ACTH), a las formas tópicas, inhalatorias e inyectables locales. Debe declararse su utilización a la Comisión Médica con anterioridad a la prueba deportiva, para evitar posibles "positivos"posteriores.'

Igualmente están sometidos a restricción el alcohol y la marihuana, pero no son sustancias prohibidas por el COI. Son productos que disminuyen la capacidad de una realización deportiva y no tienen objeto utilizarlas como dopantes, aunque un deportista puede ser sometido a controles de estas sustancias, si así se le demanda.

DRA. I. GOMEZ

La noción de higiene se define, en su sentido más amplio, como la suma de principios y prácticas destinadas a preservar y mejorar la salud. A partir de esta definición, la higiene en el deporte es el conjunto de aptitudes y actitudes que nos permiten conservar la salud física y psíquica.

La relación de la higiene con el deporte puede ilustrarse a través de dos de sus principales aspectos:

- a) El deporte concebido como actividad higiénica en sí misma;
- b) La higiene como condición exigible a los deportistas y plasmada en el respeto a ciertas precauciones, cuya importancia y forma varían según las disciplinas deportivas.

1. DEPORTE COMO HIGIENE DE VIDA

El primer aspecto se basa en ese afán constante del hombre por mejorar su salud, de "guardar la forma". El deporte sería, al mismo tiempo, un medio de higiene corporal y mental, constituyendo en ciertas ocasiones una solución terapéutica particularmente eficaz.

2. HIGIENE COMO CONDICION EXIGIBLE

Para que los beneficios de la práctica deportiva sean realizados plenamente, deben tomarse precauciones higiénicas precisas, algunas de las cuales son válidas para todos los deportes. Otras más elaboradas, responden a las exigencias impuestas por ciertas disciplinas deportivas.

- a) Las **precauciones de orden general** conciernen, por ejemplo, al sueño y al descanso de los atletas, a la alternancia planificada de los períodos de competiciones y de entrenamiento intenso con los de disminución de la actividad, tan necesaria para el equilibrio psíquico y físico, así como la higiene alimentaria del deportista, conocida bajo el nombre de dietética deportiva.

- b) Entre las **precauciones relativas a las diferentes actividades deportivas**, es de reseñar la estricta higiene corporal de los nadadores, impuesta por las condiciones en las cuales se practica la natación y la higiene corporal y vestimentaria en los deportes de contacto, tales como la lucha.

En general el hombre, y en particular el deportista necesita observar ciertas reglas higiénicas que garanticen su salud: dormir en una habitación confortable y limpia, alimentarse bien, mantener un aseo personal adecuado, y realizar periódicamente exámenes médicos.

La vida social y familiar del deportista es otro aspecto a considerar. Una vida sosegada y armónica, le dará la estabilidad emocional necesaria para cumplir sus responsabilidades deportivas. Por el contrario, una vida desordenada sólo le traerá descensos en el rendimiento.

Además el deportista, por si mismo, exige ciertas condiciones a su entorno, por lo que, han de puntualizarse una serie de normas. No es el acto voluntario de ser deportista, el único que importa, sino que la colectividad, la sociedad, es voluntaria o involuntariamente partícipe de esa misma condición

Hay que distinguir entre **higiene personal**, que es el conjunto de reglas encaminadas a la conservación de la faceta material y corporal de la persona, e **higiene individual**, que se define como el conjunto reglas encaminadas a la conservación de la integridad de las funciones del organismo y a la mejora del mismo en su conjunto.

El término de higiene individual es más amplio y completo que el de higiene personal.

En definitiva, a través del deporte, hemos de conseguir unas condiciones óptimas de salud, es decir, de bienestar físico, mental y social y, para ello, habrá que prestar una especial atención a: a) la alimentación del deportista; b) el vestuario y calzado utilizados; c) el empleo asiduo de la ducha; d) las condiciones higiénicas del lugar de práctica y del medio ambiente; y, e) a los problemas dermatológicos, tan frecuentes en los deportistas cuando no se observan con cuidado las normas higiénicas.

3. ALIMENTACION

Una mala alimentación producirá un descenso tanto en el rendimiento físico como psíquico. Por el contrario, una dieta equilibrada asegura un equilibrio psíquico y psicosomático, conduciendo a una voluntad concentrada y al dominio de uno mismo.

El deportista presenta unas necesidades energéticas y plásticas.

3.1. NECESIDADES ENERGETICAS

Son las que se gastan en el mantenimiento de vida, la termorregulación, el trabajo cotidiano, y la realización de la acción dinámica específica. Las tres primeras son comunes en los individuos no deportistas y, esta última es la que determina las diferencias en cuanto a las necesidades energéticas.

3.2. NECESIDADES PLASTICAS

Son las generadas por la destrucción de los tejidos. En este sentido los aportes van a cubrir los procesos de reparación, protección y edificación de tejidos.

Serán necesarios: proteínas para no caer en un balance negativo de nitrógeno; agua para restablecer el equilibrio hídrico ya que se pierde sobre todo por la transpiración; minerales puesto que su eliminación se acentúa por el sudor, la orina y las heces; Vitaminas del grupo B y la vitamina C, puesto que su desgaste durante el ejercicio es mayor.

4. VESTUARIO

Una ropa adecuada mantiene el cuerpo en una temperatura confortable y lo protege de la humedad y del viento.

El hombre desarrolla mejor su actividad a una temperatura corporal aproximada de 38°C y para mantener esta temperatura podemos perder el calor por conducción, radiación, convección y sudoración. El aumento excesivo de calor como resultado de un ejercicio físico agotador se puede evitar llevando la ropa adecuada con buena ventilación.

La pérdida de calor por evaporación se realiza principalmente a través de la ropa pero, sin embargo, hay que tener en cuenta que la ropa que se ha mojado con el sudor puede perder más del 99% de sus propiedades de aislamiento térmico, algo que no interesa en temperaturas extremas tanto de frío como de calor. Es decir, no hay bastante con permitir que se evapore completamente el sudor, sino que hay que buscar los tejidos adecuados.

El hombre estando desnudo, autorregula su temperatura, al sentir frío a los 15° por medio de: vasoconstricción cutánea, contracciones musculares reflejas generadoras de calor. contracciones musculares voluntarias. Pero para favorecer su propia regulación requiere prendas de vestir que deben reunir las siguientes cualidades:

- a) Tener poder de protección.
- b) Posibilitar las funciones cutáneas (transpiración, regulación térmica, etc.)

- c) No impedir la movilidad. En este sentido, deben prohibirse prendas interiores gruesas y ceñidas que impidan la buena respiración cutánea. Las ropas exteriores no deben ajustar ni apretar y se deben desechar los corsés, ligas o cinturones constrictores. La limpieza del vestuario tiene gran interés, principalmente en lo que se refiere a la ropa interior con lavados frecuentes y recambios habituales.

Las “zonas calientes” del cuerpo, es decir, donde se pierde más calor, suelen coincidir con las aberturas de la ropa, por lo que se puede regular el calor corporal ajustándolas.

Durante el ejercicio físico prolongado, especialmente en invierno, los atletas deberían vestirse según el **principio de multicapa**. Varias capas de ropa fina retienen mejor el calor corporal que pocas capas de ropa gruesa.

4.1. PRENDAS INTERIORES

Puede consistir en una camiseta que permita que se evapore fácilmente el sudor y que impida el contacto entre el material húmedo y la piel. Una prenda conveniente es la camiseta denominada “térmica” de algodón trenzado en canales verticales que absorben las gotas de sudor y las dispersan rápidamente. Entre los canales existen fibras de terilene delgadas que distribuyen el sudor y aumentan su evaporación por la circulación del aire.

En invierno la camiseta debe ser de manga larga, que alcance bien por debajo de la muñeca, holgada y que no tenga costuras rígidas. Debe ser de algodón que es de consistencia suave y absorbente.

Una de las últimas novedades del mercado es la ropa interior denominada “super”, confeccionada con material permeable al agua pero no absorbente. El calor del cuerpo fuerza la salida del sudor a través de la ropa interior de forma que el cuerpo se mantiene caliente y seco. La ropa interior “super” representa una mejora sensible y es particularmente útil, por ejemplo, durante competiciones como carreras de esquí y campo a través.

4.2. PRENDAS INTERMEDIAS

La ropa intermedia debe contribuir a aislar el calor y puede consistir en un jersey de lana o algodón. En invierno es mejor llevar lana porque tiene una buena capacidad aislante y es permeable a la humedad. El jersey es mejor que sea de una o dos tallas mayores, que caiga holgado, y el cuello debe ser blando.

Con el tiempo frío muchos atletas llevan suéters con cuello en V o de polo mientras realizan el calentamiento. Si el frío es intenso, los suéters han de ser de manga larga y llegar a nivel del muslo.

4.3. PRENDAS EXTERNAS

Esta ropa puede consistir en un “anorak” preferiblemente impermeable y con doble pecho para que la ventilación se pueda regular. El anorak debe permitir que se evapore la humedad y debe estar suelto alrededor de la muñeca. Durante la lluvia o viento fuerte puede utilizarse una chaqueta de nilón.

4.5. CHANDAL

El tipo de chándal (o ropa de calentamiento) varía de un deporte a otro, entre otras cosas, según las necesidades del aislamiento.

4.6. CALCETINES

Los calcetines deben ser de algodón, de toalla o lana, que absorben mejor la humedad que los materiales sintéticos. No deben estar agujereados y venir lo suficientemente apretados para que no se arruguen. Es preferible utilizar calcetines que lleguen por encima de la rodilla. Los calcetines deben cambiarse y lavarse con frecuencia por comodidad e higiene.

4.7. GORROS Y GUAANTES

Un gorro de punto ordinario es un buen sombrero. A veces puede ser de gran valor un gorro en pico con protectores para las orejas, frente y cuello.

Debe recordarse que la cabeza es la parte del cuerpo que pierde más calor por lo que resulta imprescindible en temperaturas muy frías.

Las manos se deben proteger con guantes siempre que la temperatura lo aconseje, aunque, a este respecto la sensibilidad individual juega un papel determinante.

En resumen, las condiciones higiénicas que deben reunir los vestidos son: flexibilidad, amplitud, resistencia, calidad, que no oprima y que sean adecuados al medio ambiente, es decir, que se acomoden a las temperaturas (ligeras en verano y de suave abrigo en invierno).

5. CALZADO

Las actividades normales diarias exigen mucho de los pies, que deben soportar constantemente el peso del cuerpo. Estas exigencias son mucho mayores en las actividades deportivas. Correr es una parte evidente del entrenamiento de la mayoría de los deportes. Durante la carrera, cuando el pie hace contacto con el suelo, una carga equivalente a 3-4 veces el peso del

cuerpo debe distribuirse a través de la extremidad, el pie y la superficie de la carrera, de forma que la relación entre ellos es de principal importancia respecto a la posible lesión. En la mayoría de los deportes, el calzado es, con mucho, el punto más importante del vestuario (equipo).

Cuando se elige el calzado, deben tenerse en cuenta diversos factores incluido el deporte implicado y la superficie utilizada. El mercado actual ofrece zapatos especialmente diseñados para la mayoría de los deportes, por lo que se debe elegir siempre el zapato más apropiado y más cómodo, aunque sea más caro que los demás modelos.

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE CALZADO DEPORTIVO

El zapato deportivo debe estar diseñado alrededor de los arcos resistentes del pie. Los veintiséis huesos del pie están conectados por articulaciones y ligamentos y forman un arco transversal y un arco longitudinal. Cuando se aplica una carga en el pie, estos arcos adoptan una configuración comparativamente plana y recuperan sus posiciones originales tan pronto como se retira la carga.

Debe utilizarse el zapato correcto para el propósito adecuado, debiendo considerarse gran cantidad de factores a la hora de elegir: el programa de entrenamiento propuesto, la superficie a utilizar, la anatomía del pie, las lesiones previas y los requisitos del deporte especial implicado. Un futbolista que está mejorando su forma física sobre el asfalto, por ejemplo, no debe llevar botas o zapatos claveteados.

Los zapatos deben estar diseñados ortopédicamente si se desea que protejan los diversos tejidos del pie de las lesiones, y en algunos casos pueden ser necesarios apoyos de los arcos. Se pueden pedir a una ortopedia tras consultar con un cirujano ortopeda.

5.1.1. Suela. La suela del zapato determina la cantidad de choque que absorbe el zapato; así pues el calzado debe estar construido con capas de distintas propiedades.

- a) La **suela externa** debe aislar del frío, repeler el agua y ser resistente, ya que es la superficie la que determina la duración del zapato. Las suelas gastadas afectan la aplicación de la carga y reducen la fricción contra la superficie de juego. Cualquiera que corra sobre superficies blandas o sobre la tierra debe llevar zapatos con suela de surcos o clavos. Los clavos no deben ser demasiado profundos y, asimismo, hallarse distribuidos por toda la amplitud de la suela de forma que la carga en el zapato y en el pie sea uniforme.

La suela externa debe estar construida con diferentes materiales que absorban el choque (piel, goma o materiales sintéticos) en la capa

principal. Cuando se elige el grosor apropiado de la suela hay que considerar el peso del cuerpo. Cuanto más pesado sea el atleta, más absorbente al choque debe ser la suela.

Al inicio del movimiento de correr, es decir, en el momento de la salida, los dedos de los pies están doblados. Es esencial que la suela permita este movimiento y la puntera del zapato de carrera debe ser tan flexible que permita doblarla en un ángulo de 45 grados como mínimo, sin gran esfuerzo por parte del corredor ya que de lo contrario puede sufrir fácilmente lesiones por abuso.

- b) **Suela media.** Se encuentra en contacto con la capa externa dura del zapato de deporte. Es una capa de material blando que absorbe el choque. Los fabricantes han intentado mejorar las calidades de absorción del choque de las suelas de sus zapatos con la incorporación de almohadillados de aire en el interior de los tacones en forma de cuña. Estas innovaciones aún no se han evaluado científicamente.
- c) La **suela interna** del zapato deportivo debe estar construida con material duro, para que soporte los arcos longitudinal y transversal anterior. La suela interna debe estar cubierta por un material blando, elástico y absorbente que impida la formación de callos y ampollas.

5.1.2. Tacones. Los atletas que entrenan en carrera de larga distancia y que tienen problemas de tendinitis aquilea deben llevar zapatos con tacones de 10-15 mm más altos que el resto de la suela. El tacón en cuña alivia la tensión de los tendones y se puede utilizar con el mismo propósito para la recuperación de la rotura del tendón de Aquiles. A menos de que existan problemas tendinosos, los zapatos de tacones altos son innecesarios y a veces pueden causar problemas en los dedos de los pies en los arcos anteriores.

5.1.3. Contratación. El contratación del zapato deportivo debe ser de material duro, cubrir la totalidad del área del tacón y adecuarse bien alrededor del tacón. Un contratación adecuado mejorará la estabilidad lateral con limitación de los movimientos de las articulaciones por debajo del tobillo. El interior del contratación debe ser liso y blando, y hallarse cubierto de piel para prevenir las ampollas y las presiones en el pie.

5.1.4. Palas. Las palas deben ser flexibles pero firmes. Una pala blanda y delgada puede dar demasiada movilidad lateral al pie y aumenta el riesgo de torsiones. En algunos deportes es conveniente que las palas se extiendan por encima del tobillo.

La lengüeta y el borde de la pala deben estar acolchados. El zapato debe anudarse por encima de la parte superior del pie sin afectar a los movimientos de las articulaciones del tobillo y de los dedos. El zapato debe acomodarse de

forma fija sin presionar el pie, a veces mediante cordones en dos secciones para conseguir el efecto deseado.

5.1.5. Remiendos. La mayoría de los zapatos dejan poco espacio para los dedos aunque sería deseable que fueran anchos en la punta para que tanto los dedos como el pie puedan moverse libremente durante la salida. Los dedos deben protegerse de los golpes y peligros similares, quizá reemplazando la suela de la puntera del zapato por una cápsula que se acomode a los dedos, con acolchado interior.

5.1.6. Peso. En la carrera de larga distancia el peso de los zapatos puede representar un factor de considerable importancia. Sin embargo, no deberían ser tan ligeros que afectasen a la estabilidad.

5.2. CONSERVACION DEL ZAPATO

El pie de un hombre produce aproximadamente 40 ml de sudor al día, mientras que el de la mujer unos 20 ml. Por lo tanto, zapatos y calcetines deben cambiarse con frecuencia. Los zapatos mantienen mejor su forma si se guardan utilizando la horma. Su vida normal también se prolonga si se les da reposo ocasionalmente y se mantienen limpios y pulidos. No secar los zapatos cerca de un radiador u otra fuente de calor ya que la piel se vuelve rígida. Hay que cuidar tanto el calzado de calle como las botas del jugador para que reúnan unas minuciosas condiciones higiénicas. Se requiere que en el calzado, los materiales empleados sean flexibles e impermeables al agua, que se adapten bien a la anatomía del pie y en verano muy descubiertos.

Que los tacones sean de plástico o caucho en invierno, y los tacones bajos y anchos.

Se deben desechar los tacones estrechos y altos y las formas puntiagudas que son causa de callos, juanetes, uñas encamadas, así como los calzados estrechos que dificultan la circulación. Los zapatos se deben comprar al final del día, cuando los pies son un poco más grandes.

Los zapatos son la prenda más importante del vestuario en la mayoría de los deportes. Unos buenos zapatos son una buena inversión.

6. LA DUCHA

La piel es un órgano de secreción y excreción que alberga:

- a) Glándulas sudoríparas que vierten diariamente un litro de sudor con funciones termorreguladoras. En su composición existen productos tóxicos que conviene eliminar.

- b) Glándulas sebáceas que secretan a la piel una materia grasa impermeabilizante
- c) Restos de epidermis que se descaman.

Si todos estos productos se unen al polvo exterior, dan como resultado la suciedad, con olores desagradables, y son campo favorable para los gérmenes o parásitos, ocasionando enfermedades de la piel. Es pues necesario desembarazar a la piel, cuero cabelludo y zonas pilosas, de toda la suciedad que allí se acumula por medio de la ducha.

La mayoría de los atletas tienen la posibilidad de ducharse que debería ser una norma general, o mejor un hábito después de cada período de entrenamiento o competición. El uso regular de agua y jabón puede producir deshidratación de la piel en algunas personas, en cuyo caso deberá frotarse el cuerpo con una crema (no perfumada) para la piel después de la ducha.

El ciclismo es una excelente forma de ejercicio y, por ejemplo, ir a trabajar cada día en bicicleta es una buena manera de mantener la forma. Sin embargo, tras este ejercicio existe una tendencia natural a sudar, por lo que sería recomendable que las empresas proporcionaran servicios de duchas y de aseo.

Muchas personas después de un esfuerzo no huelen mal, tal como testifica el uso de desodorantes y antitranspirantes, pero estos caros preparados no sustituyen la necesidad de utilizar agua y un buen jabón.

Por otra parte, la ducha tiene importantes propiedades terapéuticas por su acción mecánica y por la estimulación o relajación sensorial que produce. La ducha fría de corta duración tiene efectos tonificantes, mientras que la caliente es sedante y calmante. Sobre la piel mejora la elasticidad, la flexibilidad, y su tersura, favoreciendo la "perspiratio insensibilis".

7. CONDICIONES HIGIENICAS DE LOS LUGARES DESTINADOS AL DEPORTE

7.1. LUGAR DE ACTUACION DEPORTIVA

Debe mantenerse sin polvo, a una temperatura adecuada y tener una capacidad suficiente. Su suelo ha de ser consistente y elástico y para ello debe construirse de madera entarimada, sin irregularidades, o mejor aún, de corcho comprimido.

Como en cualquier local de uso público hay que evitar la posibilidad de accidentes.

7.2. HIGIENE DE LA ZONA DE VESTUARIOS

Existirán vestuarios con duchas y retretes en número necesario y cumpliendo con las normas higiénico-sanitarias pertinentes.

El servicio de enfermería estará regido por personal sanitario quien deberá velar por el cumplimiento de las normas higiénicas en todo el recinto.

Por otra parte, es recomendable el adiestramiento de monitores, profesores, entrenadores y de los propios deportistas, para conocer, lo que deben o no hacer ante un lesionado.

8. MEDIO AMBIENTE

Al hablar del medio ambiente, hay que tener en cuenta que el hombre es un animal homeotermo, es decir, que su temperatura es prácticamente constante a pesar de las diferentes estaciones del año y de los cambios de térmicos a lo largo del día.

La temperatura ambiental está sometida a continuos cambios, que oscilan entre el frío y el calor, pudiendo llegar a temperaturas consideradas extremas, tanto por su elevación como por su descenso, y que además son mejor o peor toleradas en función de la humedad ambiente.

Por estos cambios en las temperaturas ambientales es conveniente adecuar el horario de la práctica deportiva a las condiciones ambientales.

9. PROBLEMAS DERMATOLÓGICOS

No existen problemas dermatológicos específicos del deportista, aunque algunos de ellos se presentan con mayor frecuencia. Son habituales las micosis, algunas enfermedades bacterianas y las quemaduras solares por actividades realizadas al aire libre.

9.1. PIE DE ATLETA

También conocido como Tiña pedis o Intértrigo dermatofítico. Es una lesión provocada por hongos, levaduras o dermatofitos. Suele afectar a jóvenes deportistas, más frecuentemente a varones y sus factores predisponentes son: la hiperhidrosis, el uso de calcetines de fibra sintética y de calzado con plantillas o suelas de plástico.

La contaminación se produce por: el sudor y el intercambio de calzados los síntomas son característicos y consisten en picor y escozor acompañado de

fisuras. Se localiza preferentemente en las zonas interdigitales de los pies, en un principio a nivel de tercero y cuarto dedos.

La prevención es sencilla y pasa por el lavado diario de los pies, el uso de calcetines de algodón y de calzado aireado. Los casos complicados y rebeldes serán tratados por el médico.

9.2. ECZEMA MARGINADO DE HEBRA

Es la micosis del pliegue inguinocrural pudiendo extenderse a la axila en casos muy evolucionados de la enfermedad. Es más frecuente en varones jóvenes y sobre todo en ambientes cálidos y húmedos.

Los factores predisponentes consisten en: higiene local defectuosa, sudoración excesiva local, deportes como ciclismo, remo, hípica, que se realizan sentados y también en andadores.

El signo más característico es el aspecto eritemato-escamoso de la piel, con aclaramiento central y prurito.

Su prevención

Prevención consiste en higiene rigurosa y esterilización de la ropa interior.

9.3. PITIRIASIS VERSICOLOR

Es la más frecuente de las micosis, tanto en la población deportista, como en la sedentaria. Se produce parasitación de la capa cornea de la piel, favorecida por la higiene defectuosa, la sudoración excesiva y el uso de ropas con mucha fibra sintética

Se transmite por el uso de ropas (toallas y bañadores) comunitarias.

Se distribuye preferentemente por tronco, cuello y abdomen, en forma de máculas hipocrómicas, escamosas y no pruriginosas. Es de muy fácil observación en el verano cuando el resto de la piel se broncea por el sol.

Se previene con una correcta higiene corporal, uso de lociones antifúngicas, limpieza y desinfección de la ropa y utilizando prendas de fibras naturales.

9.4. HERPES CIRCINADO

Se manifiesta en zonas de piel descubiertas. Es una lesión eritematosa, finamente escamosa, redondeada y pruriginosa de uno a varios centímetros de diámetro. Su borde vesiculoso sufre una extensión centrífuga, mientras su zona central se cura.

9.5. QUEMADURAS SOLARES

Provocadas por la exposición mantenida al sol, sin la protección adecuada con filtros para rayos ultravioletas. La prevención es fundamental, empleando prendas adecuadas, gorras y cremas solares.

BIBLIOGRAFIA

1. Alpert J.S. y Rippe J.M.: Manual de diagnóstico y terapéutica cardiovasculares. pp 137-147. Ed. Salvat. Barcelona, 1983.
2. Álvarez C.: La preparación física del fútbol basada en el atletismo. Ed. Gymnos (3ª edición). Madrid, 1987.
3. American Psychiatric Association: DSM-III, Versión Española. p 454. Ed. Masson, 1985.
4. Astrand P.O. y Rodahl K.: Fisiología del trabajo físico. Ed. Panamericana. Buenos Aires, 1986.
5. Barbany I Cairo JR.: Fisiología del esfuerzo. Ed. Generalitat de Catalunya. Barcelona, 1986.
6. Bayes M. y cols.: Doping y deporte. El Farmacéutico, extra-julio: 29-34, 1992.
7. Bove A.A. y Lowenthal D.T.: Trastornos endocrinos y metabólicos y ejercicio físico. En, Medicina del ejercicio, principios patológicos y aplicaciones clínicas. pp. 277-291. Ed. El Ateneo, Buenos Aires, 1987.
8. Bravo J.: Proceso evolutivo de las cualidades físicas de resistencia y velocidad en edades jóvenes y su desarrollo por el entrenamiento. Cuadernos técnicos del deporte D.G.A.
9. Calvet J.M.: Diabetes y deporte. Monografías médicas Jano 2 (2): 31-36, 1988.
10. Carta Europea de deporte para todos: personas minusválidas. Instituto Nacional de Servicios Sociales (INSERSO). Documentos técnicos 52-58. Madrid, 1988.
11. Castro R.: Los juegos paralímpicos, dimensión histórica, social y deportiva. Centre d'estudis Olímpics. Universidad Autónoma de Barcelona, 1988.
12. Catell R.B.: El análisis científico de la personalidad. Ed. Fontanella. Barcelona, 1972.
13. Ciro R.O.: Fisiología Deportiva. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, 1987.
14. Conde V. y Franch J.I.: Escalas de evaluación comportamental para la cuantificación de la sintomatología psicopatológica en los trastornos angustiosos y depresivos. Upjon, 1984.

15. Córdova A. y cols.: Changes on plasmatic and erythrocytic magnesium levels after high-intensity exercises in men. *Physiol. Behav.* 52: 819-821, 1992.
16. Córdova A. y cols.: Iron, transferrin and haptoglobins levels after a hingle bout of exercise in men. *Physiol. Behav.* 51: 719-722, 1992.
17. Córdova A. y Alvarez de Mom M.: Behaviour of zinc in physical exercise: A special reference to inmunity and fatigue (Rew). *Neurosci Biobehav. Rew* (en prensa), 1994.
18. Córdova A.: Compendio de Fisiología para Ciencias de la Salud. Ed. Interamericana - McGraw Hill (1ª edición) Madrid, 1994.
19. Cordova A.: Nutrición y envejecimiento: papel de los oligoelementos. Ed. Universidad de Valladolid - Caja Salamanca y Soria. Valladolid, 1994
20. Daniel A. y cols.: The efficacy of ergogenic agents in athletic competition. Part II: Other performance enhancing agents. *Ann Pharmacother* 26: 520-28, 1992.
21. Daniels L. y Worthingham C.: Pruebas Funcionales Musculares. Ed. Interamericana - MacGraw Hill (5ª edición). Madrid, 1988.
22. Daniel A. y cols.: The efficacy of ergogenic agents in athletic competition. Part I: Androgenic - Anabolics steroids. *Ann Pharmacother* 26: 520-28, 1992.
23. Dely J. Pichot P.: Formas y niveles de actividad. Atención y Distracción. Esfuerzo y Fatiga. Actividad Voluntaria. En, *Manual de Psicología*. pp 281-303. (6ª edición), 1986.
24. Dezolsky T.L. y cols.: Non medical droug use behaviour at five United States Universities: a 15 years study. *Bull Narc* 37: 19-53, 1985.
25. Echevarria J.M.: El niño y el deporte. Seminario sobre el niño y el deporte. D.G.A. Zaragoza, 1985.
26. El deporte en la parálisis cerebral en España. Federación Española de Asociaciones de Atención a las Personas con Parálisis Cerebral. Madrid, 1992.
27. Etienne J.L.: *Medicine et sports de montagne*. Ed. Acal, París, 1987.
28. Eysenck H.J.: El estudio científico en el anciano. En, *Aspectos médicos del ejercicio*. Clínicas Médicas de Norteamérica. Ed. Interamericana. 1: 205-213, 1985.
29. Fox E.L.: *Fisiología del Deporte*. Ed. Panamericana. Buenos Aires, 1989.
30. Goldberg D.P. y Hillier V.F.: A scaled version of the General Health Questionnaire. *Psychological Medicine*, 9, 139-145, 1979.
31. González J.: *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Ed. McGraw Hill Interamericana de España. Madrid, 1992.

32. González Ruano E.: Ejercicio físico controlado. Ed. Marban. Madrid, 1989.
33. Gould III J.A. y Davies G.J.: Orthopaedic and Sports physical therapy. 1985.
34. Grosser M. y cols.: Principios del entrenamiento deportivo. Ed. Martínez Roca, S.A. (1ª edición). Barcelona, 1988.
35. Guyton, A.C.: Tratado de Fisiología Médica. Ed. Interamericana (8ª edición). Madrid, 1992.
36. Harrison M.H.: Effects of thermal stress and exercise on blood volume in humans. *Physiological Reviews* 65 (1): 149-209.
37. Herrera E.: Bioquímica, Biología molecular y Bioquímica fisiológica. McGraw Hill - Interamericana de España. Madrid, 1991.
38. Kapandji I.A.: Cuadernos de Fisiología Articular (1,2,3). Ed. Masson (4ª edición). Barcelona, 1980.
39. Kligman E.W. y Pepin E.: Actividad física en el anciano: recomendaciones. *Modern Geriatrics* (Ed. Esp.) 4: 369-377, 1992.
40. Lamb D.R.: Fisiología del ejercicio. Ed. Augusto E. Pila Teleña. Madrid, 1985.
41. Maraños J.P.: Diabetes y ejercicio. En, avances en diabetes. pp 211-220. Ed. Libro del año. Madrid, 1991
42. Martín A. y Cano J.F.: Diabetes mellitus. En, Manual de Atención Primaria. Organización y pauta de actuación en consulta. pp 323-346. Ed. Doyma. Barcelona, 1989.
43. McCardle W.D. y Cols.: Fisiología del ejercicio. Ed. Alianza. Madrid, 1990.
44. Monod H. y Flandrois R.: Manual de Fisiología del deporte. Ed. Masson. Méjico, 1986.
45. Monod H.: Nutrition et Sport. Ed. Masson. París, 1990.
46. Morandeira J.R., Martínez Villén G., Senosiain F.J.: Avances en patología del montañismo. Ed. Sociedad de Medicina y Auxilio en Montaña. Zaragoza, 1990.
47. Navarri F.: Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la resistencia. Master de alto rendimiento deportivo, 1993.
48. Organización Mundial de la Salud: CIE-10 Trastornos mentales y del comportamiento. Descripciones clínicas y pautas para el diagnóstico. Madrid, 1992.
49. Paralimpics Barcelona 92. Guía de los IX Juegos Paralímpicos de Barcelona. Ed. Fundación ONCE, 1992.

50. Parlebas P.: Seminario sobre el niño y el deporte. D.G.A. Zaragoza, 1985.
51. Patología de hombro y entesopatías. Fundación Mapfre. Ed. Mapfre, 1988.
52. Peterson L. y Renström P.: Lesiones deportivas: prevención y tratamiento. Ed. JIMS, 1989.
53. Piedrola G. y cols.: Medicina preventiva y social. Higiene y sanidad ambiental. pp 1259-1270. Ed Amaro, Ediciones publicitarias. Madrid, 1983.
54. Platanov V.N.: El entrenamiento deportivo. Paidotrivo, 1988.
55. Reader C.R. y Suarez L.D.: Pruebas funcionales respiratorias. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, 1985.
56. Richalet J.P.: Medicina de la Montaña. Ed. Masson, 1985.
57. Rioux G. y Chappuis R.: Elementos de psicopedagogía deportiva. Ed. Miñon S.A., 1972.
58. Rius J.: Metodología del atletismo. Paidotrivo, 1989.
59. Rubio V. y Martín M.T.: Fatiga y nivel psicomotor. Comunicación Psiquiátrica Universidad de Zaragoza. pp 115-125. 1980.
60. Ruíz L. M.: Desarrollo motor y actividades físicas. Ed. Gymnos (1ª edición). Madrid, 1987.
61. Sánchez F.: Bases para una didáctica de la Educación física y el Deporte. Ed. Gymnos (2ª edición). Madrid, 1986.
62. Segura J. y de La Torre R.: Farmacología y Deporte: Fármacos de uso restringido en la práctica deportiva. El Farmacéutico, extra-julio: 23-26, 1992.
63. Simon L. y Rodineau J.: Cheville et médecine de rééducation. Collection de pathologie locomotrice. Ed. Masson. 1982.
64. Traumatismos deportivos (no fracturas). Fundación Mapfre. Ed. Mapfre. 1990.
65. VARIOS. La educación física en las enseñanzas medias. Ed. Paidotrivo. Barcelona, 1985.
66. Wheat M.E. y Lowenthal D.T.: Ejercicio físico. En, Manual Merck de Geriátrica. pp 303-313. Ed. Doyma. Barcelona, 1992.
67. Who Regional Office for Europe. Measuring obesity. Classification and description of anthropometric data. Report on a Who consultation on the epidemiology of obesity. Copenhagen, 1987.
68. Williams P.L. y Warwick R.: Gray Anatomía. Ed. Salvat. Barcelona, 1985.

EPILOGO

Los deportistas cuando nos planteamos la actividad física, en las primeras épocas idealizamos sobre los medios necesarios que deberíamos tener a nuestro alcance. Sin embargo, a medida que progresamos en nuestro nivel de preparación y vamos alcanzando ciertos objetivos deportivos, nos centramos más en lo que constituye solamente nuestra preparación y entrenamiento, olvidándonos a veces de la importancia de otros factores, médicos principalmente, también fundamentales en la consecución de las metas deportivas. Ya cuando llegamos al profesionalismo tenemos la necesidad de conocer los aspectos olvidados de nuestra preparación.

Los progresos de diversas ciencias se han aplicado para obtener mejores efectos del deporte. La medicina deportiva, en sus aspectos preventivos, se ha beneficiado de los sistemas de estudio y de investigación y ha aplicado sus resultados a conseguir mejores atletas, capaces de mayores rendimientos. Tal vez, también, haya estimulado estudios sobre la fisiología del esfuerzo, la adaptación del organismo al trabajo, la biomecánica, la electrónica, el electrodiagnóstico, las técnicas de centelleo con isótopos radiactivos, las pruebas hemodinámicas, los aspectos nutritivos y la dietética, etc.

Aquí nos encontramos con un libro **"Aspectos básicos de biomedina deportiva"** dirigido por el Profesor CORDOVA, en el que los autores recogen la información necesaria, escrita y presentada en términos asequibles para la mayoría de nosotros, que somos ignorantes de la medicina. Con este libro los profesores participantes, unos médicos (especialistas en distintas áreas del saber médico) y otros licenciados en Educación Física y a la vez entrenadores de diversas disciplinas deportivas, nos acercan suficientes conocimientos para entender las repercusiones del ejercicio sobre el organismo. En él se hace un análisis pormenorizado, breve y esquemático de la respuesta de todos los órganos y sistemas de nuestro cuerpo frente al ejercicio. Además se tratan otros aspectos, también fundamentales en la práctica deportiva, como son el comportamiento psicológico, la nutrición y metabolismo, y el entrenamiento.

El enfoque del libro nos introduce en el conocimiento biomédico del deporte, pero además nos pone en el camino de considerar la gran importancia que para los deportistas tiene estar bajo el estrecho control y vigilancia del médico, no sólo con el fin de obtener mayores logros deportivos; sino también como parte importante de nuestro equipo para prevenir y curar lesiones o pequeños contratiempos que a veces padecemos.

El lector de este verdadero manual de biomedicina deportiva puede encontrar la respuesta a múltiples preguntas que los deportistas nos hacemos, y que de no ser por la preocupación de estos profesionales que lo han escrito (algunos muy introducidos en el deporte de la alta competición), tardaríamos todavía un tiempo en dar respuesta a las mismas.

Jesús Blanco Villar
Ciclista profesional

Sociedad Española de Biomedicina
y Fisioterapia Deportiva (S.E.B.I.O.D.)
Excma. Diputación Provincial de Soria
Fundación Cánovas del Castillo
