

**KIROLAREN EUSKAL ESKOLA
ESCUELA VASCA DEL DEPORTE**



**APUNTES DEL BLOQUE COMÚN
DE LOS CURSOS DE
ENTRENADORES Y ENTRENADORAS**

NIVEL I

(edición c-3)

2007

ÍNDICE

- **Indicaciones para el estudio de los apuntes**
- **Introducción**
- **Área de Fundamentos biológicos**
 1. Elementos básicos de anatomía humana.
 2. Elementos básicos de fisiología.
 3. Diferencias anatómicas y fisiológicas en función de la edad (6-16 años) y sexo, que deben ser consideradas en la práctica deportiva.
 4. Indicaciones básicas para una práctica deportiva saludable.
- **Área del Comportamiento y del aprendizaje**
 1. Introducción a la psicología evolutiva. Su relación con la iniciación y enseñanza deportiva.
 2. Consideraciones fundamentales en la práctica deportiva derivadas del desarrollo producido en edades de 6-16 años.
 3. Conceptos básicos sobre la organización y funcionamiento de los grupos deportivos.
 4. Aprendizaje del acto motor.
 5. Evaluación de la enseñanza aprendizaje de la actividad física.
- **Área de Teoría y práctica del entrenamiento deportivo**
 1. El entrenamiento. Consideraciones básicas.
 2. Los objetivos y medios del entrenamiento. Consideraciones generales.
 3. Sistemas básicos para el desarrollo de las cualidades físicas y coordinativas.
 4. Las fases sensibles en el entrenamiento.
 5. El calentamiento y la vuelta a la calma.
- **Área de Organización y legislación del deporte**
 1. Organización deportiva del Estado y de la CAPV.
 2. Competencias de las administraciones públicas en el ámbito del deporte.
 3. Competencias de las Federaciones deportivas y los clubes deportivos.
 4. Competencias de los centros escolares.
 5. Normativa básica reguladora del deporte en la CAPV.

INDICACIONES PARA EL ESTUDIO DE LOS APUNTES

1. Este documento recoge los apuntes a emplear en el bloque común de los cursos de entrenadores y entrenadoras de nivel I, promovidos por la Escuela Vasca del Deporte.
2. Se recomienda la lectura detenida del texto previo a las clases presenciales, para una mejor comprensión y asimilación.
3. El texto incluye las cuatro áreas que configuran el bloque común de los cursos de entrenadores y entrenadoras de nivel I.
4. En cada área, además del texto referido a sus contenidos, se incluye la bibliografía citada, así como la bibliografía recomendada.
5. Asimismo, en cada área se presenta un resumen final de cada capítulo y una síntesis final de todo el área, en donde se recogen las ideas fundamentales expuestas en el texto.
6. Ante cualquier duda o inquietud que pueda surgir el profesorado del área, estará a disposición del alumnado de los cursos.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la formación de los y las entrenadoras ha dependido de los criterios establecidos a iniciativa de las federaciones deportivas. De este modo, mientras en algunas modalidades todos los años se contaba con nuevas promociones de diplomados y diplomadas en los cursos que su federación promovía y además se organizaban otros tipos de actividades que permitían actualizar los conocimientos de las anteriores promociones, en otros deportes la oferta formativa era muy reducida o inexistente.

Asimismo, los planes de estudio de los cursos de unas y otras federaciones eran muy heterogéneos, con objetivos, contenidos, cargas lectivas, criterios de evaluación, etc. que variaban en gran medida según el deporte al que correspondían. Además, todas estas enseñanzas estaban reguladas por las normativas generadas por las propias federaciones o escuelas de entrenadores, y no tenían ninguna validez académica y validez profesional exclusivamente la determinada por cada federación en su ámbito de actuación.

En la actualidad esta situación se ha modificado. Pese a que existen normativas anteriores que inciden en la realidad actual, tomaremos como punto de partida el Real Decreto 1913/1997, de 19 de diciembre, por el que se configuran como enseñanzas de régimen especial las conducentes a la obtención de titulaciones de técnicos deportivos, se aprueban las directrices generales de los títulos y de las correspondientes enseñanzas mínimas.

La principal consecuencia de la publicación de este Real Decreto es que abre la puerta para que las enseñanzas de técnicos deportivos se contemplen dentro del sistema educativo. Es decir, son enseñanzas con plena validez académica y profesional, con unas características similares a los ciclos formativos de la Formación Profesional específica, en cuanto a su estructura (grado medio y superior), requisitos de acceso y titulación.

También se debe considerar que el establecimiento de estos nuevos títulos se realiza por modalidades o especialidades, es decir, además de este RD 1913/1997 que hemos citado, cada modalidad debe contar con la regulación de sus títulos. En la actualidad solamente están aprobados los correspondientes a montaña y escalada (RD 318/2000), deportes de invierno (RD 319/2000) y fútbol y fútbol sala (RD 320/2000).

El resto de modalidades (**tal y como ocurre en este curso que has iniciado**), mientras no se aprueben las normas propias de sus títulos, deben regirse al amparo de la Orden ECD/3310/2002, la cual regula los aspectos curriculares, los requisitos generales y los efectos de la formación. No se conoce cuál es el ritmo con que se irán aprobando las normativas propias de cada modalidad (tal y como ya han hecho montaña y escalada, deportes de invierno y fútbol y fútbol sala), pero aparentemente la "orden del periodo transitorio" será la normativa a aplicar en la mayoría de modalidades durante los próximos años.

Paralelamente, tanto la Ley 14/1998, de 11 de junio, del deporte del País Vasco, como el Plan Vasco del Deporte 2003-2007 incluyen numerosas menciones a la formación de los y las entrenadoras entre las que destacan las medidas previstas para la puesta en marcha de la Escuela Vasca del Deporte, servicio administrativo dependiente de la Dirección de Deportes del Gobierno Vasco.

Es precisamente la Escuela Vasca del Deporte la entidad promotora de este bloque común, cuya superación, conjuntamente con el bloque específico y el periodo de prácticas, da lugar a la obtención del diploma de entrenador o entrenadora de primer nivel en una modalidad o especialidad concreta.

Esta formación tendrá por objeto proporcionar, en cada modalidad y especialidad deportiva, las capacidades necesarias para realizar tareas de iniciación técnica y táctica, programar y en su caso dirigir el entrenamiento en un estadio básico, acompañar a los jugadores a las competiciones básicas, participar en la organización y desarrollo técnico de las competiciones y actividades y colaborar como auxiliar de un entrenador de nivel superior.

KIROLAREN EUSKAL ESKOLA ESCUELA VASCA DEL DEPORTE

APUNTES DEL BLOQUE COMÚN DE LOS CURSOS DE ENTRENADORES Y ENTRENADORAS

NIVEL I

ÁREA DE FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS

Responsable área: **Maddalen Beldarrain**

Licenciada en Medicina
Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte

INTRODUCCIÓN

Mediante este área de fundamentos biológicos se pretende conseguir los siguientes objetivos generales:

- ❑ Conocer los elementos básicos de la anatomía humana, con especial atención al aparato locomotor y al sistema cardiovascular.
- ❑ Conocer la terminología básica de las ciencias biológicas, en especial la utilizada habitualmente en el deporte.
- ❑ Comprender el funcionamiento del organismo humano y su adaptación al ejercicio físico.

1. ELEMENTOS BÁSICOS DE ANATOMÍA HUMANA

- 1.1. Aparato locomotor
 - 1.1.1. Terminología anatómica
 - 1.1.2. Huesos
 - 1.1.3. Cartílago
 - 1.1.4. Articulaciones
 - 1.1.5. Músculos
- 1.2. Sistema cardiocirculatorio
 - 1.2.1. Corazón
 - 1.2.2. Vasos sanguíneos
 - 1.2.3. Sistema linfático
 - 1.2.4. La sangre
- 1.3. Estructura anatómica del sistema respiratorio
 - 1.3.1. Funciones del sistema respiratorio
 - 1.3.2. Vías aéreas superiores
 - 1.3.3. Vías aéreas inferiores
 - 1.3.4. Mecánica respiratoria
- 1.4. Resumen

La anatomía humana es la ciencia que estudia las estructuras del cuerpo humano y la relación entre ellas.

En esta primera parte, vamos a hacer un estudio anatómico-descriptivo de los aparatos que van a tener una relación más directa con el ejercicio físico.

1.1. APARATO LOCOMOTOR

El sistema esquelético está compuesto por los huesos y ciertas porciones cartilaginosas. El sistema muscular está formado por los músculos. A veces, los sistemas muscular y esquelético se agrupan en el sistema músculo esquelético. La función primaria de este sistema es la locomoción, por lo que a veces también se le denomina sistema locomotor.

1.1.1. TERMINOLOGÍA ANATÓMICA

Es la nomenclatura anatómica adoptada a nivel internacional. Son términos específicos que se van a emplear para describir el cuerpo humano o una parte del mismo tanto en reposo como cuando hacemos referencia al movimiento y de esta manera, **evitar confusiones**.

1.1.1.1. POSICIÓN ANATÓMICA

Es la posición que se adopta universalmente para efectuar las descripciones anatómicas y es la que se adopta en bipedestación erecta (de pie) con la cabeza, ojos y pies dirigidos hacia delante, los miembros superiores con las palmas mirando anteriormente y los miembros inferiores con las puntas de los dedos del pie dirigidos también hacia delante.

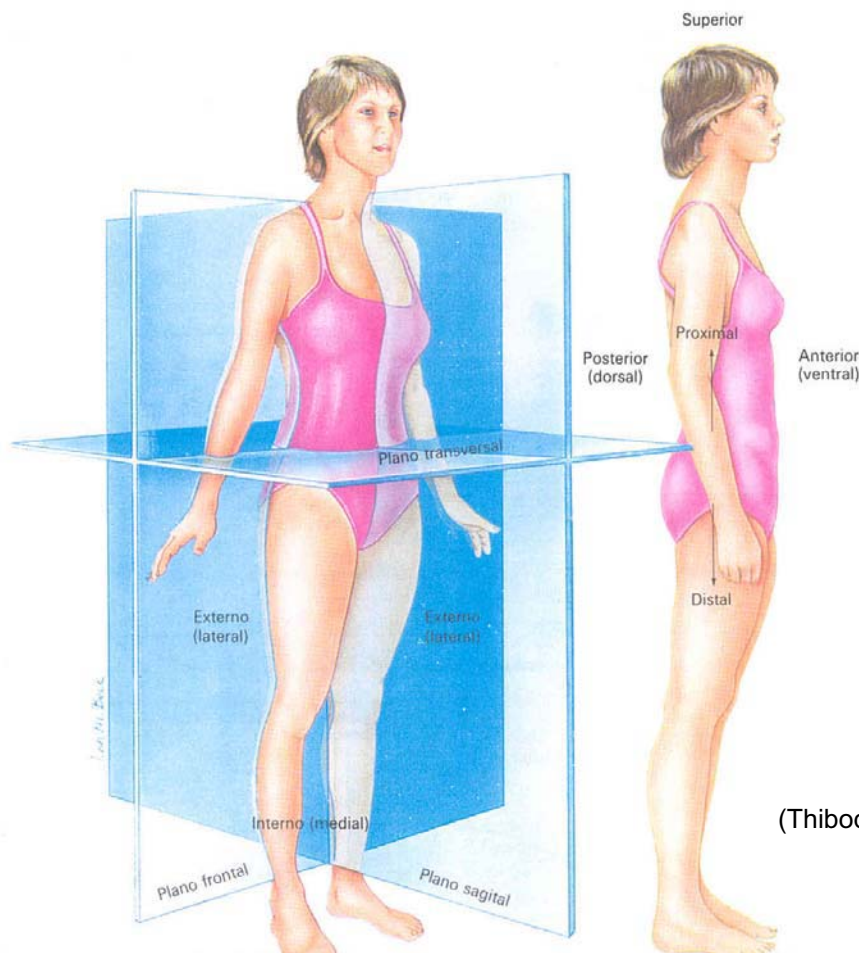
A partir de esta posición y utilizando los planos que se producen en los tres ejes del espacio, se pueden definir una serie de movimientos.

1.1.1.2. EJES BÁSICOS DEL MOVIMIENTO

Para el estudio del movimiento se parte de la consideración de 3 ejes básicos: anteroposterior, transversal y longitudinal.

1.1.1.3. PLANOS CORPORALES

Las descripciones anatómicas se basan en planos imaginarios que pasan por el cuerpo en posición anatómica.



(Thibodeau, G. y Patton, K. 1995)

1.1.1.3.1. PLANO SAGITAL

Es un plano vertical imaginario que pasa longitudinalmente por el cuerpo desde la cara ventral a la dorsal, dividiéndolo en las mitades derecha e izquierda.

En relación a este plano se pueden definir, también: interior o medial (parte cercana al plano sagital) y exterior o lateral (parte lejana al plano sagital).

1.1.1.3.2. PLANO FRONTAL

Es el plano perpendicular al plano sagital y divide al cuerpo en mitad anterior y mitad posterior.

1.1.1.3.3. PLANO TRANSVERSAL

Es el plano que pasa por el cuerpo perpendicular tanto al plano sagital como al frontal y que divide al cuerpo en mitad superior y mitad inferior.

1.1.1.4. MOVIMIENTOS CORPORALES BÁSICOS

Se pueden definir en relación a los ejes y a los planos:

1.1.1.4.1. FLEXIÓN-EXTENSIÓN

Son los movimientos realizados en el plano sagital y en relación al eje transversal. Los movimientos de **flexión** son los que reducen el ángulo articular: flexión de la cadera al levantar la pierna, flexión del tronco cuando lo inclinamos hacia delante, flexión de rodilla cuando la levantamos hacia atrás,...

Los movimientos de **extensión** son los contrarios a los de flexión: desde la posición flexionada se vuelve a la posición anatómica.

1.1.1.4.2. ABDUCCIÓN-ADUCCIÓN

Son los movimientos realizados en el plano frontal y alrededor del eje antero posterior. El movimiento de **abducción** es la separación o alejamiento de la línea media de un segmento del cuerpo: abducción de cadera es cuando separamos la pierna hacia fuera, abducción de hombro es cuando levantamos el brazo,...

El movimiento de **aducción** es el contrario al anterior o aproximación desde la abducción hacia la línea media de la posición anatómica.

Los movimientos del tronco que se realizan en este plano se denominan **flexiones laterales** o inclinaciones laterales.

1.1.1.4.3. ROTACIONES

Son los movimientos realizados en el plano transversal y alrededor del eje vertical. Rotación interna es el movimiento giratorio hacia dentro (también se llama **pronación**) y rotación externa es el movimiento giratorio hacia fuera (también llamado **supinación**).

1.1.2. HUESOS

El aparato esquelético está formado por los huesos y los tejidos relacionados (como el cartílago y los ligamentos) que, juntos, proporcionan al cuerpo un marco de soporte, protección y movimiento.

1.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS HUESOS

El tejido óseo está formado, como otros tejidos conectivos, por células (por lo que es un tejido vivo) y material extracelular o matriz.

Fundamentalmente hay dos tipos de **células**:

- **osteoblastos**: son las células formadoras (proceso que consiste en el depósito de sustancias minerales y orgánicas en el hueso).

- **osteoclastos:** son las células destructoras del hueso (los minerales (calcio) y las proteínas pasarían a la circulación sanguínea).

En el adulto hay un equilibrio entre las dos fases: Formación / destrucción = 1

En edades juveniles hay predominio de la formación: Formación / destrucción = > 1

En la vejez hay predominio de destrucción: Formación / destrucción = < 1

El **material extracelular** en el hueso es más abundante que las células y puede ser **orgánico** (p. ej. proteínas y agua que le dan al hueso elasticidad) o **inorgánico** (p. ej. calcio y fósforo que le dan al hueso la rigidez necesaria).

La proporción en la que se encuentran estas sustancias extracelulares dependen, entre otros factores, de la edad. El agua es bastante escasa en el hueso y disminuye con la edad por lo que los huesos son cada vez menos elásticos.

1.1.2.2. FUNCIONES DE LOS HUESOS

Las principales funciones de los huesos son:

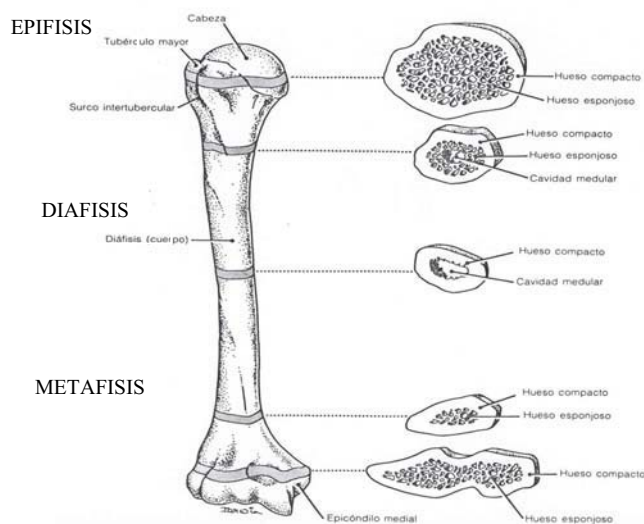
- **protección** de estructuras vitales creando paredes rígidas de cavidades que contienen órganos vitales: pared torácica, cráneo, columna vertebral y cavidad pélvica.
- **movimiento:** los músculos se anclan firmemente a los huesos. Cuando los músculos se contraen y encogen, tiran de los huesos, imprimiendo así movimiento a la articulación.
- **soporte:** los huesos actúan como armazón de soporte del organismo. Contribuyen a la forma, alineación y posición de las partes del cuerpo.
- **depósito mineral:** los huesos son el principal reservorio, sobre todo, de calcio y fósforo, de los cuales se pueden tomar pequeñas cantidades si se necesitan en otra parte del cuerpo.
- **hematopoyesis:** la médula ósea es la formadora de las células de la sangre. Esta médula se encuentra en la cavidad medular de los huesos largos y en las celdillas del hueso esponjoso.

1.1.2.3. TIPOS DE HUESOS

Estructuralmente se pueden definir 4 tipos de huesos:

1.1.2.3.1. LARGOS

Son aquellos en los que la longitud destaca sobre el resto de dimensiones.



Estos huesos tienen tres partes: los dos extremos llamados **epífisis** (presentan una estructura ósea compacta por fuera y una estructura ósea esponjosa por dentro) y una parte central llamada **diáfisis** (estructura de tejido óseo compacto de forma tubular y hueca, rellena de una sustancia blanda que es la médula ósea). Mientras el crecimiento no se haya completado, entre la epífisis y la diáfisis, hay una zona llamada **metáfisis** o cartilago de crecimiento que es por donde crece el hueso en longitud.

Ejemplos de este tipo de huesos son: fémur del muslo, húmero del brazo...

1.1.2.3.2. CORTOS

Son aquellos en los que ninguna de las dimensiones destaca sobre las demás, manteniendo un tamaño pequeño.

Tienen la misma estructura que la epífisis de los largos: masas de tejido óseo esponjoso envueltos por una capa de tejido óseo compacto.

Los ejemplos más claros son los huesos del tarso y del carpo.

1.1.2.3.3. PLANOS

Son aquellos que presentan un área importante en relación al volumen (longitud y anchura similares y mayores que la altura) y suelen ejercer funciones protectoras o de refuerzo. Están formados por dos láminas de tejido compacto entre las que se encuentra una trama esponjosa y médula ósea.

Ejemplos de este tipo de huesos son: cráneo, ilíaco, esternón.

1.1.2.3.4. IRREGULARES

Los ejemplos más claros son las vértebras y algunos huesos de la cara.

1.1.2.4. DISTRIBUCIÓN EN EL CUERPO HUMANO

Los huesos se distribuyen de la siguiente manera:

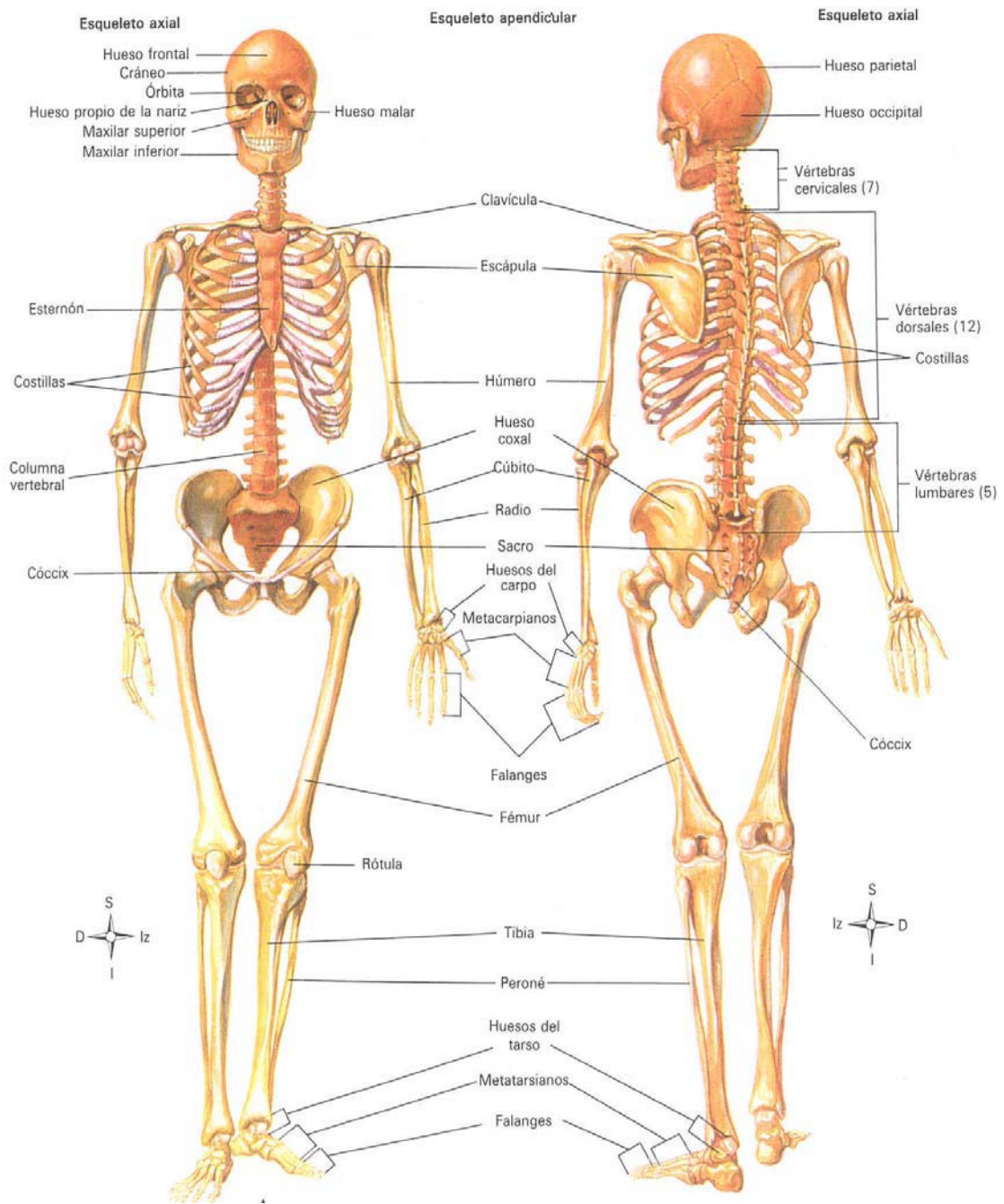
1.1.2.4.1. CABEZA

En el cráneo o esqueleto de la cabeza se pueden ver dos partes:

- bóveda:** hueso frontal, dos parietales, dos temporales, occipital, etmoides, esfenoides y huesos del oído.
- cara:** maxilar, mandibular, huesos nasales y huesos cigomáticos.

1.1.2.4.2. TRONCO

La columna vertebral va a ser el eje central de las estructuras que van a formar parte del esqueleto del tronco. Junto a ella están, limitando por la parte superior, la cintura escapular (parte del esqueleto por donde la extremidad superior se une al tronco) y por la parte inferior, la cintura pélvica (grupo de huesos que forman una base estable para el tronco y que conectan a éste con las extremidades inferiores). Por otra parte, en la zona anterior superior hay una jaula ósea llamada tórax donde van a estar algunos órganos: corazón y pulmones.

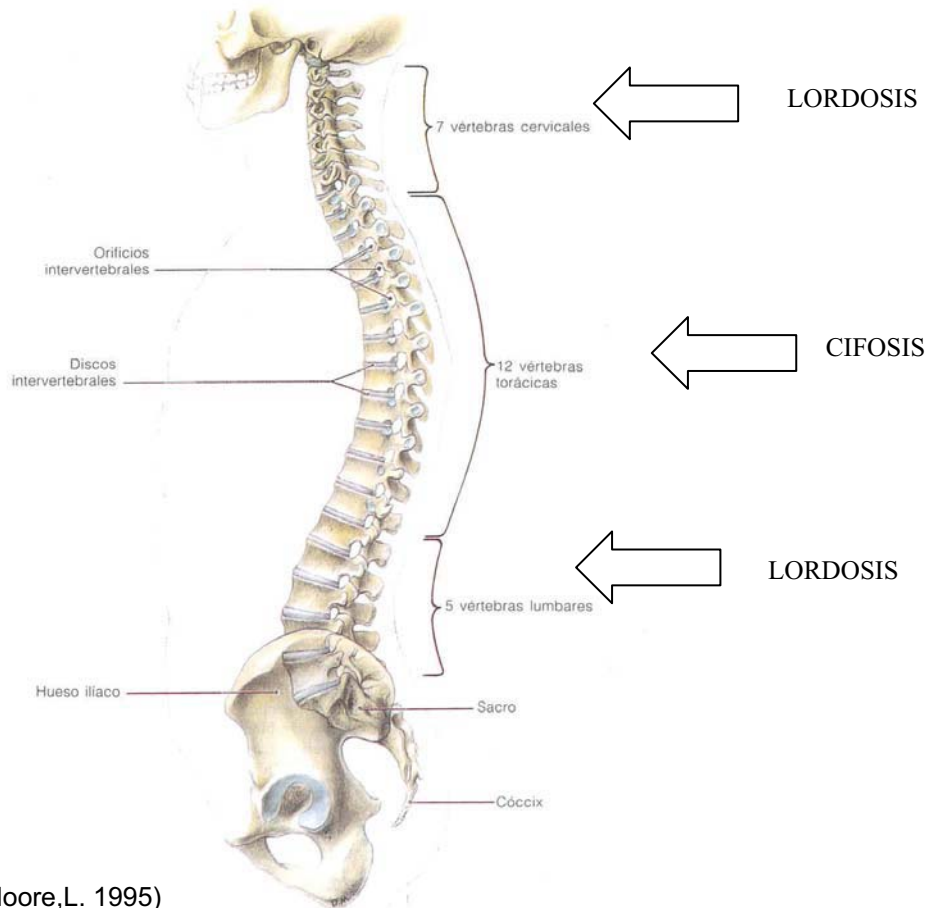


(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.1.2.4.2.1.COLUMNA VERTEBRAL

La columna vertebral tiene dos funciones: 1) mantener el peso del cuerpo y permitir los movimientos propios al cráneo y tronco y 2) proteger a la médula espinal.

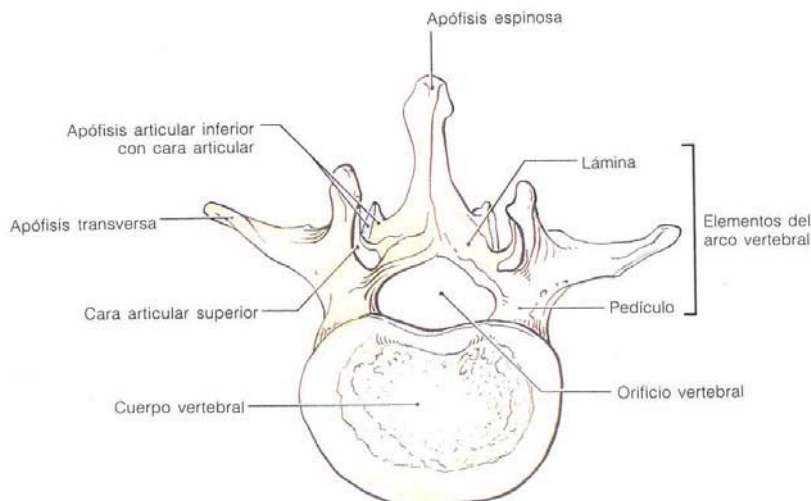
Es una estructura, que desde el punto de vista biomecánico, es rígida (por ser una pieza) y flexible (por tratarse de piezas articuladas entre sí).



(Moore,L. 1995)

Consta de 24 vértebras (7 cervicales, 12 dorsales y 5 lumbares), cóccix y sacro.

Aunque todas las **zonas vertebrales** son diferentes, se puede decir que casi todas tienen una estructura típica:



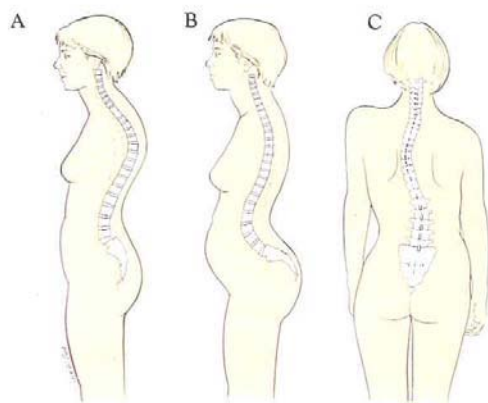
(Moore, L. 1995)

- un **cuerpo** en la parte anterior (sobre todo soportan el peso del cuerpo)
- un **arco** en la parte posterior que está formado por:
 - 2 pedículos
 - 2 láminas
 - 1 apófisis espinosa
 - 4 apófisis articulares
 - 2 apófisis transversas
- un **orificio vertebral**: es el espacio que queda entre el arco y el cuerpo

Cuando se articulan dos vértebras entre sí, las escotaduras vertebrales se unen y forman un anillo que es el **orificio intervertebral** por donde van a pasar los nervios espinales.

El conjunto de estas regiones vertebrales produce una serie de curvaturas: hacia delante o cifosis (a nivel torácico y sacro) y hacia atrás o lordosis (a nivel cervical y lumbar).

Desviaciones de una alineación correcta son la escoliosis, hiperlordosis, hipercifosis e hiperextensión.



A: HIPERCIFOSIS
B: HIPERLORDOSIS
C: ESCOLIOSIS

(Moore, L. 1995)

1.1.2.4.2.2. CAJA TORÁCICA

Formada por el esternón, costillas (verdaderas y flotantes) y vértebras torácicas.

1.1.2.4.2.3. CINTURA ESCAPULAR

Formada por las dos clavículas y las dos escápulas.

1.1.2.4.2.4. CINTURA PÉLVICA

Está formada por los dos ilíacos (resultado de la fusión de tres huesos llamados: ilion, isquion y pubis) y el sacro y el coxis.

Existen diferencias entre la pelvis femenina y la masculina: ésta última es más larga, menos ancha y tiene menos inclinación.

1.1.2.4.3. EXTREMIDAD SUPERIOR

- **Hombro**: clavícula y escápula.
- **Brazo**: húmero.
- **Antebrazo**: cubito y radio.
- **Mano**: los 27 huesos están agrupados en 3 regiones: carpo, metacarpo y dedos.

1.1.2.4.4. EXTREMIDADES INFERIORES

- ❑ **Muslo:** fémur y rótula (en la parte anterior de la rodilla).
- ❑ **Pierna:** tibia y peroné.
- ❑ **Pie:** se distinguen 3 zonas: tarso, metatarso y dedos.

1.1.3. CARTÍLAGO

Igual que los huesos, el cartílago también es un tejido conectivo. Las **células** presentes en este tejido son los condrocitos. A diferencia del hueso, aquí no hay mineralización, la **sustancia extracelular** es un gel firme lo que hace que sea un tejido relativamente blando. Otra peculiaridad es que el cartílago es avascular, no tiene vasos sanguíneos (otra diferencia con respecto al hueso), esto hace que las lesiones del cartílago curen lentamente, si es que lo hacen.

1.1.3.1. TIPOS DE CARTÍLAGOS

Hay tres tipos de cartílago dependiendo de su localización y de su composición:

- ❑ **cartílago hialino:** brillante y traslúcido. Este tipo de cartílago es el que más predomina. Se encuentra en los anillos de soporte de las vías respiratorias, recubriendo los extremos de los huesos que se unen en las articulaciones y en las metafisis de los huesos (según van avanzando los procesos de maduración, este tejido cartilaginoso se transforma en tejido óseo).

Este tipo de cartílago sufre un proceso degenerativo paralelo al proceso de envejecimiento del individuo que es lo que llamamos artrosis; también se va a dañar cuando un estrés mecánico se mantiene en el tiempo, cosa que ocurre en el mundo del deporte.

- ❑ **fibrocartilago:** a pesar de no abundar en el cuerpo humano, su presencia es muy importante. Es el cartílago más fuerte y duradero y lo podemos encontrar en la sínfisis del pubis, en las articulaciones de las rodillas (meniscos) y en los discos intervertebrales.
- ❑ **cartílago elástico:** resistente y flexible. No tiene presencia en el aparato locomotor ya que lo podemos encontrar en la laringe y en las orejas.

1.1.4. ARTICULACIONES

Llamamos articulación al lugar donde se ponen en contacto los huesos entre sí. Para dar estabilidad a esta unión, la articulación va a estar formada, además, por ligamentos, cápsulas,...

La movilidad de las articulaciones difiere de unas a otras: hay articulaciones que permiten grandes movimientos y otras que casi ninguno.

1.1.4.1. CLASIFICACIÓN

En función de su estructura y de su función, se pueden dividir en:

1.1.4.1.1. ARTICULACIONES FIBROSAS O SINARTROSIS

En estas articulaciones las superficies articulares de los huesos se unen mediante una capa delgada de tejido fibroso.

En estas articulaciones no hay movimiento, p. ej. la unión de los huesos del cráneo y cuando hay, es muy limitado: unión distal entre cúbito y radio.

1.1.4.1.2. ARTICULACIONES CARTILAGINOSAS O ANFIARTROSIS

Los huesos que se unen para formar estas articulaciones lo hacen mediante cartílago.

Estas articulaciones sólo permiten movimientos limitados entre los huesos, aunque en ocasiones especiales pueda ser mayor, p. ej. sínfisis del pubis (durante el parto el movimiento es muy amplio). Otro ejemplo sería la articulación entre los cuerpos de vértebras adyacentes (no el que existe entre las carillas articulares). El disco intervertebral de estas articulaciones está formado por fibrocartílago que actúa de amortiguador y permite movimientos limitados.

1.1.4.1.3. ARTICULACIONES SINOVIALES O DIARTROSIS

Son las articulaciones más frecuente e importantes desde el punto de vista funcional.

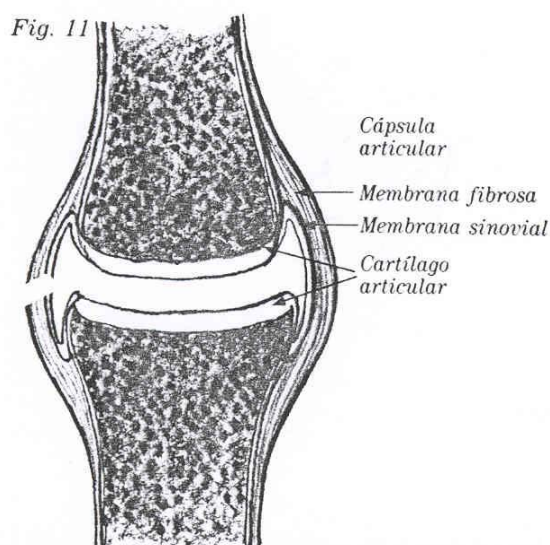
Estas articulaciones permiten un movimiento libre entre los huesos y las vamos a encontrar en casi todas las articulaciones de las extremidades. Se denominan así porque contienen una sustancia lubricante denominada líquido sinovial.

1.1.4.2. ARTICULACIONES SINOVIALES

1.1.4.2.1. ESTRUCTURA

Todas las diartrosis van tener una estructura semejante aunque luego haya diferencias entre ellas, p. ej. es diferente la articulación de la rodilla de la de los dedos.

- **cápsula articular:** prolongación, en forma de manguito, del periostio o capa externa de cada uno de los huesos que forman la articulación. La cápsula forma una envoltura completa, tipo cilindro, alrededor de los extremos de los huesos.
- **membrana sinovial:** membrana húmeda que recubre la superficie interna de la cápsula articular (recubre toda la articulación, excepto el cartílago articular). Su función es producir y segregar un líquido llamado **líquido sinovial** que lubrica y nutre las superficies articulares internas.
- **cartílago articular:** fina capa de cartílago hialino que recubre y almohadilla las superficies articulares de los huesos. Su función es la de proteger al hueso de la presión (sobre todo en tren inferior) y de la fricción debido al deslizamiento de los huesos. El grosor del cartílago depende de la presión que soporta la articulación y de la posibilidad de movimiento de la misma. Tanto con la edad (artrosis) como en muchas lesiones deportivas, es este cartílago lo que se daña.



(Wirhed, R. 1989)

- ❑ **cavidad articular:** pequeño espacio vacío entre las caras articulares de los huesos de la articulación.
- ❑ **ligamentos:** son unas bandas de tejido fibroso que conectan los huesos de la articulación, uniéndolos más firmemente de lo que sería posible sólo con la cápsula. Limitan los movimientos y en caso de forzar, pueden dañarse (la palabra esguince hace referencia a una lesión de ligamentos).
- ❑ aparte de lo citado anteriormente, en algunas articulaciones sinoviales, también podemos encontrar: **meniscos** (son fibrocartílagos que amortiguan y favorecen la adaptación entre dos superficies articulares), **bolsas, rodetes,..**

1.1.4.2.2. PRINCIPALES ARTICULACIONES SINOVIALES Y MOVIMIENTOS

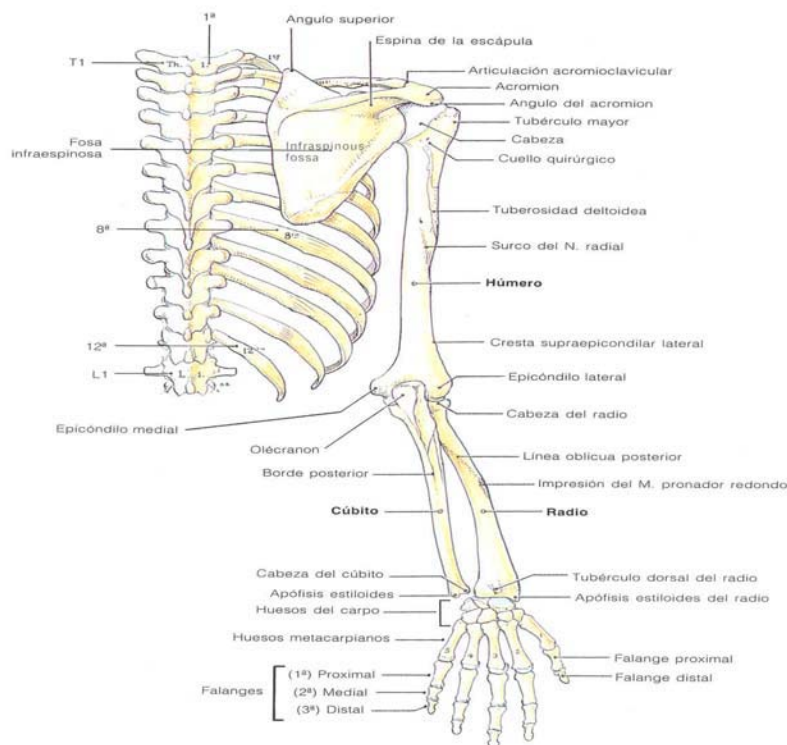
1.1.4.2.2.1. ARTICULACIÓN ESCÁPULO-HUMERAL (HOMBRO)

Es la articulación que existe entre la cabeza del húmero y la cavidad glenoidea de la escápula, es decir, la cabeza del húmero se mueve dentro de la cavidad de la escápula .

Es la articulación más móvil pero no es muy estable debido a que la cavidad glenoidea es bastante plana (son frecuentes las luxaciones de hombro). Para paliar esto, alrededor de la cavidad glenoidea, existe un reborde fibrocartilaginoso llamado reborde glenoideo y, además hay una serie de estructuras que refuerzan la articulación:

- ❑ **músculos y tendones:** tienen una disposición en forma de manguito por lo que se denomina **manguito de los rotadores**. Los lanzadores de béisbol suelen sufrir lesiones en este manguito.
- ❑ **ligamentos:** los más importantes son los glenohumerales (de la escápula al húmero).
- ❑ **bolsas articulares** que evitan la fricción entre las estructuras.

Movimientos que realiza esta articulación: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y rotación externa. Gracias a otras pequeñas articulaciones del cinturón escapular los movimientos pueden ser más amplios.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.1.4.2.2. ARTICULACIÓN DEL CODO

Es la articulación que relaciona el brazo (segmento superior) con el antebrazo (segmento inferior). Las superficies articulares son por una parte la tróclea y el cóndilo del borde inferior del húmero y por otra, la cavidad sigmoidea del extremo superior del cúbito y la cabeza del extremo superior del radio.

Movimientos que realiza esta articulación: sobre todo los de flexo-extensión. También realiza movimientos de pronación-supinación en los que también intervienen las articulaciones radiocubitales.

1.1.4.2.3. ARTICULACIÓN DE LA MUÑECA

Es la articulación que pone en contacto el antebrazo con la mano aunque se estudia íntegramente la zona muñeca-mano.

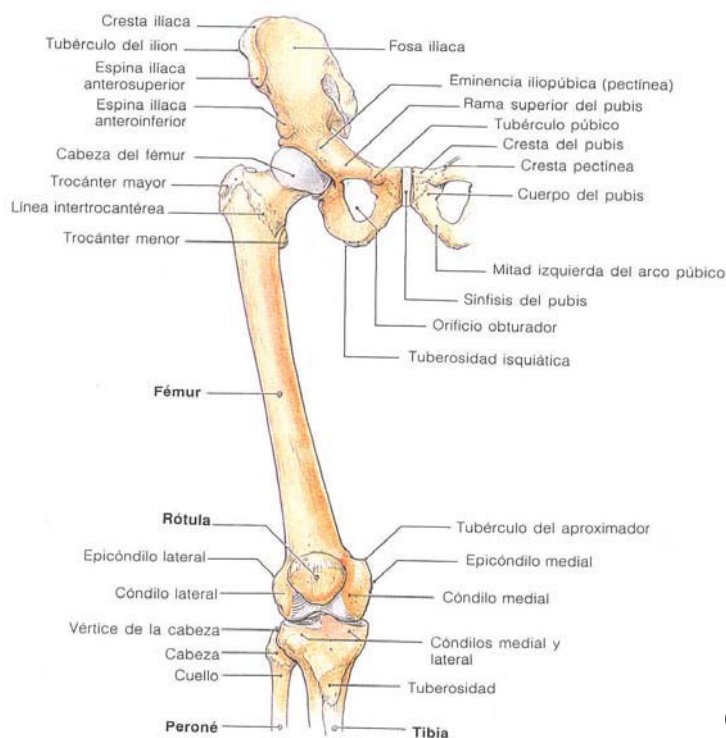
Tiene tres articulaciones independientes lo que permite a la mano gran movilidad. Por una parte la articulación radiocarpiana (formada por el extremo inferior del radio y la primera fila de los huesos del carpo); por otro lado la articulación mediocarpiana (entre las dos filas de los huesos del carpo); y por último, la articulación carpometacarpiana (entre los huesos carpianos y metacarpianos).

Movimientos que se realizan: flexión, extensión, abducción y aducción.

1.1.4.2.4. ARTICULACIÓN DE LA CADERA

Es la articulación que une el miembro inferior al tronco. La superficie articular superior es la cavidad cotiloidea del hueso ilíaco y la superficie articular inferior, el borde proximal del fémur. Es una articulación muy estable, debido a la carga que soporta, y con gran movilidad (aunque con movimientos menos amplios que la articulación del hombro). Aquí también va a haber un rodete glenoideo alrededor de la cavidad cotiloidea.

Movimientos que se realizan: flexión, extensión (este movimiento de extensión está limitado, en parte, por la situación de los ligamentos, siendo el movimiento de flexión el más amplio de la articulación), rotación interna, rotación externa, abducción y aducción.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

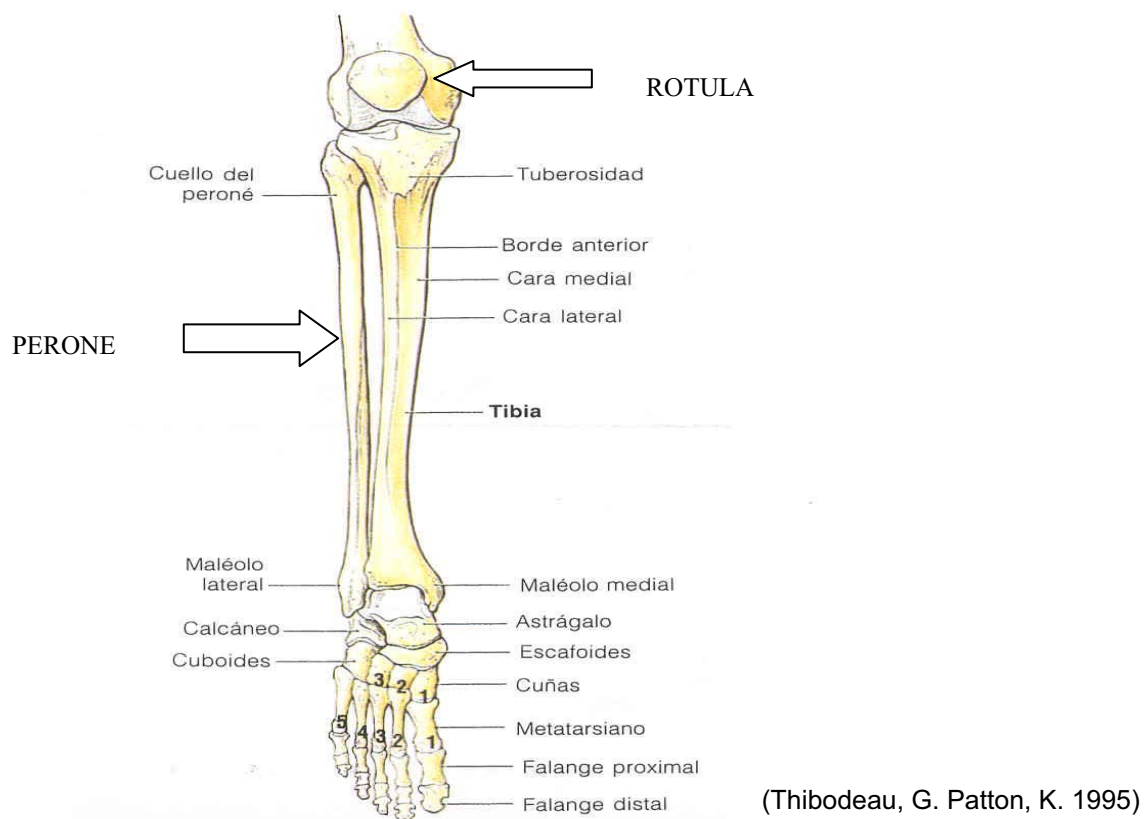
1.1.4.2.2.5. ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

Es la articulación intermedia de la pierna. Los cóndilos del extremo inferior del fémur se articulan con la superficie plana del borde superior de la tibia; hay otra articulación entre el fémur y la rótula.

Aunque esta disposición es muy inestable, hay una serie de estructuras (a parte de las comunes de todas las articulaciones sinoviales) que proporcionan estructuras neutralizantes:

- ❑ meniscos: debido a la poca congruencia que hay entre las dos superficies articulares, existen unos elementos fibrocartilaginosos, llamados, meniscos (hay dos, interno y externo).
- ❑ bolsas que actúan como almohadillas
- ❑ ligamentos:
 - ligamento lateral interno y externo: refuerzan lateralmente.
 - ligamento cruzado anterior y posterior: refuerzan en sentido anteroposterior.
 - ligamento poplíteo: refuerzan la cápsula anterior por la parte posterior.
- ❑ tendones musculares: en comparación con la articulación de la cadera, la de la rodilla está relativamente desprotegida por los músculos que la rodean; en consecuencia, se lesiona con más frecuencia que la cadera por los golpes, paradas o giros bruscos.

Movimientos que realiza: flexión, extensión y ligera rotación interna y externa con la rodilla flexionada en 90°.



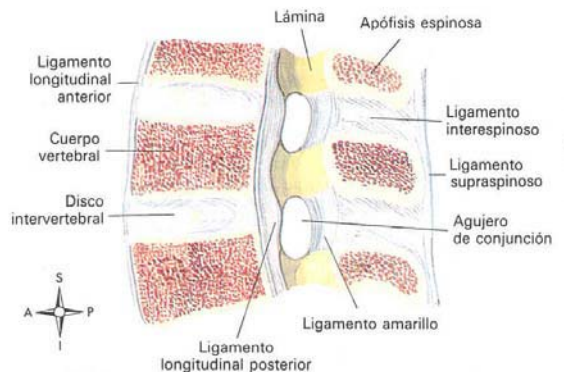
1.1.4.2.2.6. ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

Esta articulación está formada por los extremos inferiores de la tibia y el peroné y el astrágalo. El peso del cuerpo se transmite por la tibia al astrágalo, y en la marcha, desde el astrágalo a toda la parte periférica de sostén del pie. Los ligamentos más importantes de la articulación son los que van a proporcionar el refuerzo lateral: el lateral interno y el lateral externo. El lateral externo, junto con la rodilla, son las estructuras que más frecuentemente se lesionan en el mundo del deporte.

Movimientos que realiza esta articulación: los de flexión y extensión son los más importantes. Los movimientos de abducción, aducción, pronación y supinación se realizan a expensas de las articulaciones del pie.

1.1.4.2.2.7. ARTICULACIONES VERTEBRALES

Las articulaciones intervertebrales mantienen las vértebras firmemente unidas (tanto por medio de ligamentos como de músculos), de modo que no se luxen con facilidad, pero formando una columna flexible.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

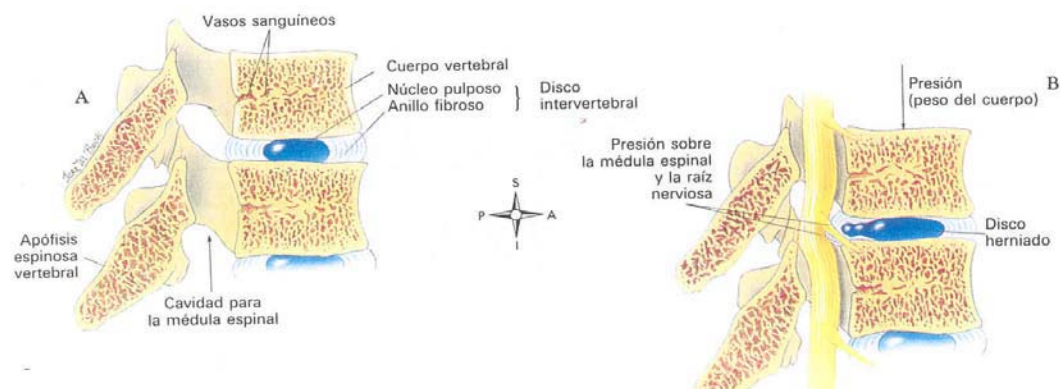
Cada vértebra conecta con la otra por varios puntos:

Parte anterior

En la parte anterior conecta por los **cuerpos de las vértebras** adyacentes. Estos están conectados por discos intervertebrales y por fuertes ligamentos, los ligamentos longitudinales.

El disco intervertebral tiene dos partes: el núcleo o parte central y el anillo fibroso o parte externa del disco. El núcleo recibe las tensiones y las reparte hacia el anillo. El desgaste o rotura del disco puede suponer la protusión de algún fragmento en el conducto raquídeo y así comprimir los nervios raquídeos o la propia médula espinal. Esta situación se denomina hernia de disco.

Esta presión que sufren los discos cuando se realiza cualquier movimiento hay que tenerlo en cuenta a la hora de prevenir lesiones o en los procesos de recuperación.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

Parte posterior

- **lámimas:** unidas por los ligamentos amarillos.
- **apófisis articulares:** es la única articulación directa.
- **apófisis transversas:** unidas por los ligamentos intertransversos.
- **apófisis espinosas:** conectadas por los ligamentos interespinosos.

Movimientos que realiza: flexión, extensión, flexiones laterales, rotaciones y las combinaciones de todos estos movimientos.

1.1.5. MÚSCULOS

Los músculos son órganos blandos encargados del movimiento corporal.

Una fibra muscular o célula muscular muestra irritabilidad cuando responde a un impulso nervioso (voluntario o involuntario) y se contrae o se acorta produciendo el movimiento. Cuando un estímulo ha cesado y la fibra muscular queda relajada, puede ser estirada o extendida de manera pasiva al contraerse las fibras de los músculos opositores. Cada fibra muscular tiene una tensión o elasticidad innata, que le da una forma particular cuando está relajada.

1.1.5.1. TIPOS DE MÚSCULOS

Hay tres **tipos** de músculos:

- ❑ **tejido muscular esquelético:** son los músculos unidos a los huesos, y son los que van a hacer que estos huesos se muevan. El músculo es el elemento activo del movimiento y el hueso, el pasivo. Este tejido muscular también se llama estriado voluntario debido a las estrias transversales que se ven al microscopio y porque es posible el control voluntario de estos músculos. Este tipo de músculo es el más abundante y puede ser, más o menos, el 40% del peso corporal total.
- ❑ **tejido muscular liso o visceral:** se encuentra en las paredes de las vísceras huecas (p. ej. estómago, intestino, vasos) y van a hacer que las sustancias que pasan por esas vísceras (p. ej. sangre, comida), se muevan. También se llama no estriado involuntario, ya que no presenta estrias y está controlado de forma involuntaria.
- ❑ **tejido muscular cardíaco:** es el que constituye la pared del corazón y el que va a hacer posible que éste se mueva. También se llama estriado involuntario ya que presenta una estructura estriada y está controlado de forma involuntaria.

1.1.5.2. TEJIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Los músculos esqueléticos varían en cuanto al tamaño, forma y disposición de las fibras, algunos son monoarticulares (solo intervienen en una articulación) y otros poliarticulares (intervienen en más de una articulación),...pero la estructura básica, es semejante.

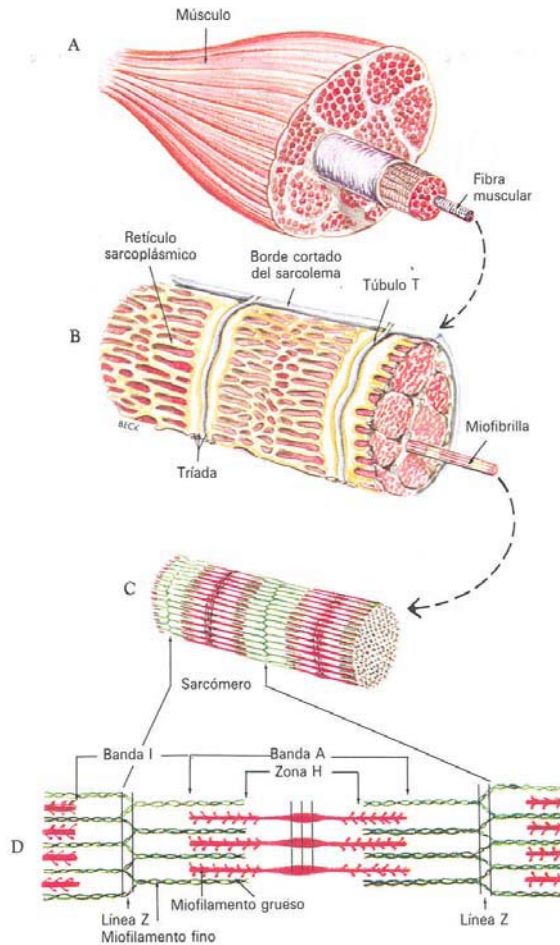
1.1.5.2.1. ESTRUCTURA

Un músculo esquelético está rodeado por una capa de tejido conjuntivo, llamada **epimisio**, que le confiere su forma y cuya misión consiste en proporcionar una superficie sobre la cual puedan deslizarse los músculos vecinos.

Si se observa la sección transversal de un músculo, se pueden ver pequeños haces de células que a su vez están rodeados por una capa de tejido conjuntivo llamado **perimisio**.

Cada fascículo consta de numerosas células musculares, también llamadas fibras, cada una de las cuales está rodeada por tejido conjuntivo llamado **endomisio**.

En muchos músculos, estas vainas de tejido conjuntivo, se prolongan en sus extremos fundiéndose y dando lugar a un cordón (tendón) o una hoja (aponeurosis) por los cuales se insertan en los huesos. Los tendones y las aponeurosis son tan robustos y potentes que no se desgarran con frecuencia. Sin embargo, hay veces en que son arrancados de su inserción ósea.



En el examen microscópico, la célula muscular aparece constituida por pequeños elementos denominados **fibrillas** musculares o miofibrillas, las cuales se disponen en paralelo y confieren al músculo su aspecto estriado.

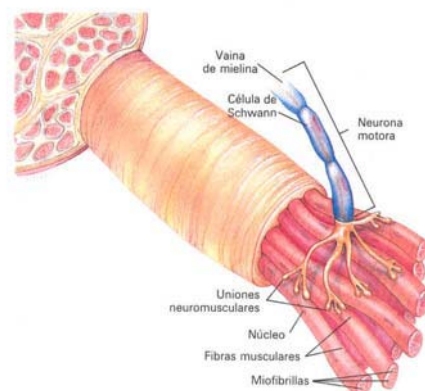
Las miofibrillas, a su vez, están formadas por **miofilamentos** que son moléculas de proteína: la actina y la miosina son las más importantes.

Cuando un músculo se contrae, los filamentos de actina se sitúan entre los de miosina, por lo que las miofibrillas se acortan y se engruesan.

(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

En realidad, el músculo sólo es un órgano efector; las órdenes de cuándo contraerse, cuántas fibras se tienen que contraer,..., vienen dadas por el sistema nervioso. Las células de este sistema nervioso se llaman **neuronas** y a la unión de la neurona y de la fibra muscular se llama **placa motora**. Una neurona más las fibras musculares a las que está unida constituyen una unidad funcional llamada **unidad motora**. Cada neurona puede inervar a:

- ❑ miles de fibras: los músculos inervados así producirán movimientos poco precisos y de mucha fuerza, p. ej. los músculos abdominales.
- ❑ cientos de fibras: serán los músculos que, principalmente, producirán movimientos más precisos p. ej. los de la mano.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

No todas las fibras son iguales. Un mismo músculo esquelético contiene dos tipos principales de fibras: de **contracción lenta o tipo I** y de **contracción rápida o tipo II**. El porcentaje de estos tipos de fibras en diversos músculos varía, pero generalmente, los músculos de las extremidades superiores y de las inferiores de una persona tienen una composición de fibras similar.

Se ha demostrado que los campeones mundiales de maratón poseen del 93% al 99% de fibras lentas en sus músculos gemelos. El papel principal de este tipo de fibra es mantener actividades continuas de tipo resistencia y también, mantener la postura.

Los sprinters de nivel mundial, no obstante, tienen sólo alrededor del 25% de fibras lentas en estos músculos. Dentro del grupo de las fibras rápidas hay un subgrupo que es de puramente rápidas (IIb) y otro, (IIa), que posee características que se encuentran en cierto modo entre los dos extremos. Las fibras IIa, con el entrenamiento, pueden adquirir propiedades más desarrolladas de tipo aeróbico o anaeróbico.

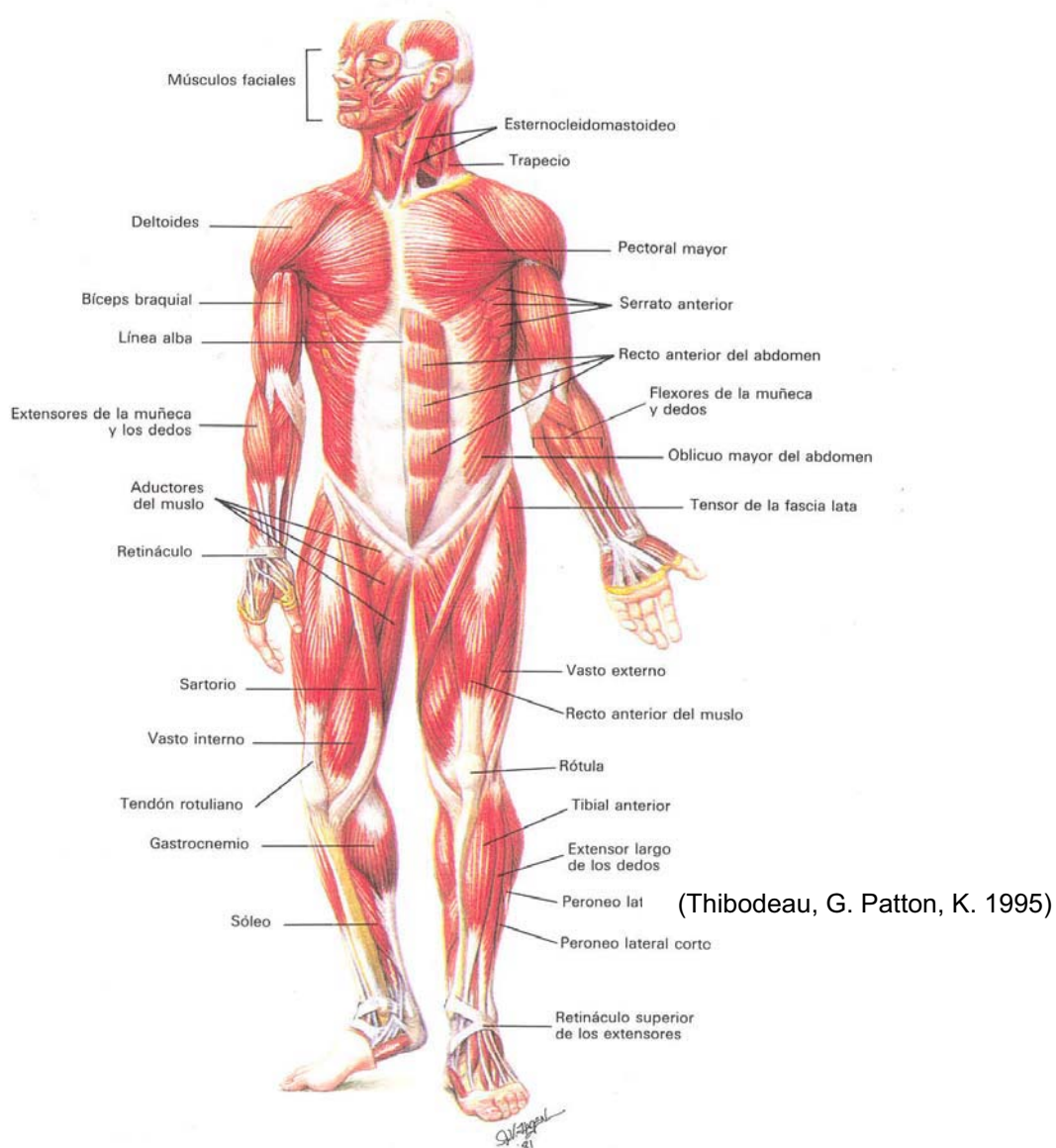
	FIBRAS TIPO I	FIBRAS TIPO II a	FIBRAS TIPO II b
Capacidad oxidativa	Alta	Bastante alta	Baja
Capacidad glucolítica	Baja	Alta	La más alta
Velocidad contráctil	Lenta	Rápida	Rápida
Resistencia a la fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fuerza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta

1.1.5.2.2. FUNCIONES DE LOS MÚSCULOS

- ❑ **Movimiento:** las contracciones del músculo esquelético producen movimientos del cuerpo como un todo (locomoción) o bien de alguna de sus partes (masticación, escritura). Los músculos largos están relacionados con los grandes movimientos y los pequeños, intervienen en movimientos de precisión.
- ❑ **Producción de calor:** las células musculares, como todas las demás células del cuerpo, producen calor por las reacciones metabólicas que se llevan a cabo. Sin embargo, como las células del músculo esquelético son muy activas y numerosas, producen una parte importante del calor total.
- ❑ **Postura:** la contracción parcial continua de muchos músculos esqueléticos permite estar de pie, sentarse y otras posiciones mantenidas del cuerpo.

1.1.5.3. DISTRIBUCIÓN EN EL CUERPO HUMANO

A continuación se señalan los principales músculos distribuidos entre cabeza y cuello, tronco, extremidad superior y extremidad inferior.



1.1.5.3.1. CABEZA Y CUELLO

1.1.5.3.1.1. EN LA CABEZA

Los músculos de la expresión de la cara, los masticadores...

1.1.5.3.1.2. EN EL CUELLO

- ❑ Los esternocleidomastoideos: van del esternón y clavícula al hueso temporal. Inclinan la cabeza al mismo lado y los dos a la vez, flexionan el cuello.
- ❑ Los esplenios: desde la parte superior de la columna vertebral al hueso occipital y apófisis mastoides de los huesos temporales.

1.1.5.3.2. EN EL TRONCO

1.1.5.3.2.1. MÚSCULOS DE LA PARED ABDOMINAL

La pared anterior del abdomen es de tipo muscular y es la que protege las vísceras abdominales.

- ❑ Los rectos del abdomen.
- ❑ Los oblicuos del abdomen.
- ❑ Los transversos del abdomen.

Función: protegen y comprimen el abdomen (facilitan los esfuerzos, la defecación, la espiración forzada,...) y tienen una función postural importante, que es llevar hacia arriba la parte anterior de la pelvis de forma que se aplane la curvatura lumbar de la espalda. El tener unos músculos abdominales fuertes es una forma de descargar la tensión de los discos intervertebrales.

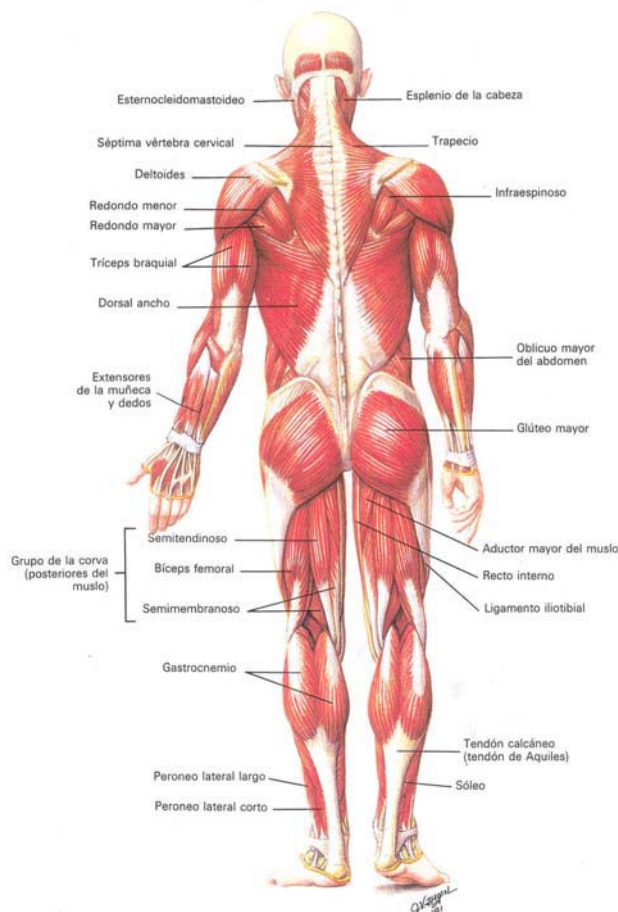
1.1.5.3.2.2. MÚSCULOS DEL TÓRAX

Hay músculos que se insertan en las costillas, pero los músculos propios del tórax son:

- ❑ Músculos serratos: se dirigen desde las vértebras a las costillas. Son músculos inspiratorios.
- ❑ Músculos intercostales: están entre los espacios de las costillas. Son músculos inspiratorios por lo que elevan las costillas.

1.1.5.3.2.3. MÚSCULOS DEL DORSO

Hay dos grupos musculares en el dorso del tronco: **extrínsecos** que son lo más superficiales y que se relacionan con los movimientos de las extremidades y con la respiración e **intrínsecos**, que se ocupan de mover la columna y la cabeza así como de mantener la postura.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.1.5.3.2.3.1. MÚSCULOS EXTRÍNSECOS

- El músculo romboides: fija la escápula a la pared torácica.
- El músculo dorsal ancho: extiende el brazo.
- El músculo elevador de la escápula: eleva la escápula.
- El músculo trapecio: sostiene vertical la cabeza y elevan los hombros.
- El músculo serrato posterior: es un músculo respiratorio.

1.1.5.3.2.3.2. MÚSCULOS INTRÍNSECOS

Se extienden desde la pelvis hasta la base del cráneo y según su tamaño se pueden clasificar en:

- Músculos largos: por lo menos recorren el camino de siete vértebras. Es el músculo erecto de la columna vertebral.
- Músculos medianos: tienen una disposición oblicua y tienen una longitud que abarca de dos a seis vértebras. Van a posibilitar la rotación.
- Músculos cortos: van de una vértebra a otra. Parece ser que el lumbago tiene su origen, muchas veces, en la contractura de estos músculos. Cuando un músculo se contractura, los músculos cercanos también lo hacen para proteger al primero y así que los movimientos no le afecten.

1.1.5.3.3. EN LA EXTREMIDAD SUPERIOR

La clasificación de los músculos de la parte superior del cuerpo se hace en función de la localización y de la función:

1.1.5.3.3.1. MÚSCULOS ESCAPULARES

- Músculo deltoides: forman el hombro y levantan el brazo hacia fuera.
- Músculo redondo mayor: aproxima y rota el hombro.
- Manguito de los rotadores: son los encargados de la rotación del hombro. Son cuatro: redondo menor, supraespinoso, infraespinoso, y subescapular.

1.1.5.3.3.2. MÚSCULOS DEL BRAZO

- Músculo bíceps : flexiona el antebrazo sobre el brazo.
- Músculo tríceps: extiende el antebrazo (es antagonista del bíceps).
- Músculo braquial: flexor del antebrazo.
- Músculo coracobraquial: flexor del antebrazo.

1.1.5.3.3.3. MÚSCULOS DEL ANTEBRAZO

- Músculos pronadores y supinadores: hacen girar la muñeca y el antebrazo.
- Músculo braquiorradial: flexiona el antebrazo.
- Músculos flexores y extensores de los dedos: flexionan y extienden los dedos.

1.1.5.3.3.4. MÚSCULOS DE LA MANO Y LOS DEDOS

- Músculos intrínsecos: del pulgar, del dedo meñique e interóseos.
- Músculos extrínsecos: tienen su origen en el antebrazo y pasan a los dedos.

1.1.5.3.4. EN LA EXTREMIDAD INFERIOR

Los músculos de la extremidad inferior son los que actúan sobre la cadera o cintura pélvica, así como los situados en el muslo, pierna y pie.

1.1.5.3.4.1. MÚSCULOS DE LA CINTURA PÉLVICA Y MUSLO

- Músculo psoas ilíaco: está en la zona del hueso ilíaco y su función es la de flexionar la cadera (está en la parte posterior).
- Músculos glúteos: están en la zona posterior y son tres: el glúteo mayor que va a extender la cadera y a producir una rotación externa del muslo y los glúteos mediano y pequeño que van a abducir la cadera y a producir una rotación interna.
- Músculos bíceps crural, semitendinoso y semimembranoso: extensión del muslo y flexión de la pierna (parte posterior).
- Músculo tensor de la fascia lata: flexión y rotación externa del muslo y extensión de la rodilla (situado en la parte anterior).
- Músculo sartorio: flexión del muslo y extensión de la pierna (en la parte anterior).
- Músculos del cuádriceps: flexión del muslo y extensión de la pierna (parte anterior).
- Músculos aductores: aducción del muslo (parte medial).

1.1.5.3.4.2. MÚSCULOS DE LA PIERNA

- Músculos gemelos: flexión de la pierna y extensión del pie (están en la parte posterior)
- Músculo sóleo: extensión del pie (parte posterior)
- Músculos tibial: flexión del pie (parte anterior)
- Músculos peroneales: flexión del pie (parte anterior)

1.2. SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO

El sistema circulatorio se va a encargar de:

- transporte de gases respiratorios, sustancias nutritivas, desechos y hormonas.
- proteger contra enfermedades y pérdidas de líquido.
- ayudar a regular la temperatura corporal y el equilibrio ácido-básico.

Para el mantenimiento de la vida, el funcionamiento correcto de este sistema es imprescindible: una parada de este aparato de más de 5 minutos tiene unas consecuencias irreversibles.

El aparato cardiocirculatorio consta de un sistema de bombeo que corresponde al **corazón**, un sistema de tuberías cerrado que llega a todas las células del organismo y correspondería a las **arterias, venas y capilares**. El líquido que circula por esas tuberías, y que tiene todas las sustancias necesarias, es la **sangre**.

1.2.1. CORAZÓN

El corazón es un órgano muscular y hueco. Está situado en la zona medial de la cavidad torácica, detrás del esternón y encima del diafragma. La punta o ápex está dirigida hacia abajo y hacia el lado izquierdo y la base es el extremo superior.

Este órgano está rodeado por una capa fibrosa que se llama pericardio. Este pericardio, a su vez, tiene dos capas: la externa o pericardio fibroso (tiene funciones de separación y de protección) y la interna o pericardio seroso que secreta el líquido pericárdico.

La **pared cardiaca** está formada por tres capas:

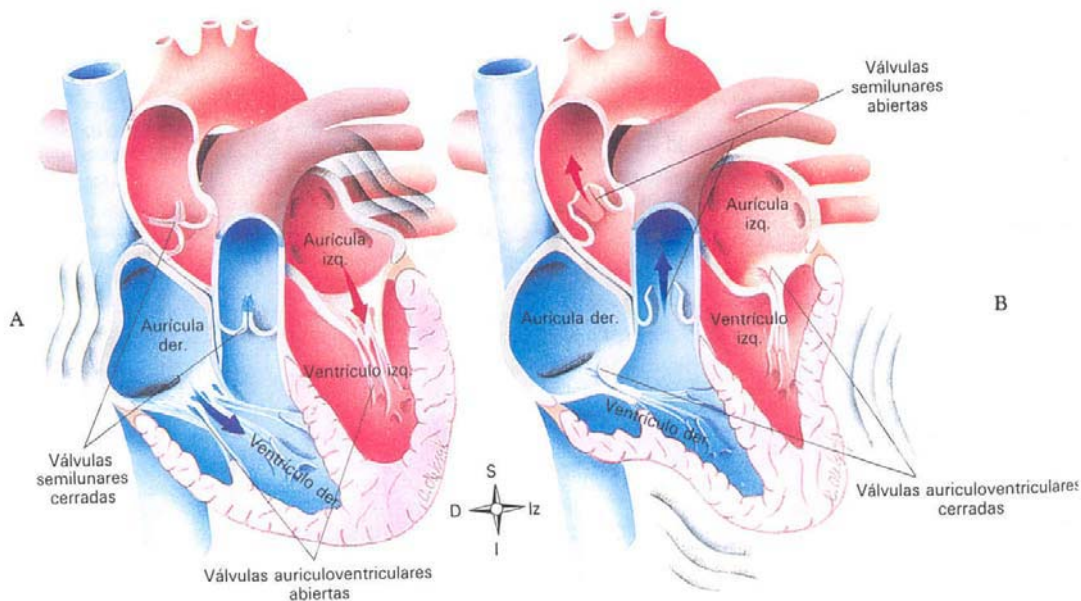
- epicardio: es la capa más externa y está unida al pericardio seroso. Su función es la de dar forma y consistencia al corazón.
- miocardio: es la capa del medio. Es la capa muscular (músculo estriado e involuntario) y la más gruesa. Su función es muy importante ya que es la que tiene la capacidad de contracción por lo que va a ser la encargada del movimiento de la sangre.
- endocardio: es la capa interna y es la que recubre las cavidades, los vasos y las válvulas, por lo que estará en contacto con la sangre.

Los vasos que se encargan de que llegue al corazón la sangre necesaria para su funcionamiento son las **arterias coronarias**. La obstrucción de éstas (parcial o total) da lugar a una falta, sobre todo, de O₂ a las células del miocardio que si se mantiene dará lugar a una muerte celular llamada infarto de miocardio.

El corazón está dividido en 4 cuatro cavidades

- Aurículas: se llaman así a las dos cavidades superiores. Las aurículas (las dos a la vez) se relajan y contraen alternativamente para recibir la sangre de los vasos llamados venas y enviarla luego a las cavidades inferiores. Al no necesitar gran fuerza para mover la sangre a esa distancia tan corta, su pared miocárdica no es muy gruesa.
- Ventriculos: se llaman así a las cavidades inferiores. Los ventriculos reciben la sangre de las aurículas y la bombean fuera del corazón, a las arterias. Debido a que se requiere más fuerza para bombear la sangre tan lejos, el miocardio de los ventriculos (sobre todo el del izquierdo) es más grueso que el de las aurículas.

Las aurículas están separadas por el delgado **tabique interauricular** de naturaleza muscular, y los ventriculos lo están por el **tabique interventricular**, grueso y muscular. La miocardiopatía hipertrófica es una afección en la que el tabique interventricular es más ancho de lo normal.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

Las **válvulas cardíacas** son dispositivo mecánicos que permiten el paso de la sangre en una soia dirección: de las aurículas a los ventrículos (aquí sí hay comunicación) y de éstos a los vasos.

Las válvulas situadas entre las aurículas y los ventrículos se llaman **válvulas auriculoventriculares**: la derecha, tricuspídea y la izquierda, mitral. Cuando la sangre pasa de las aurículas a los ventrículos las válvulas se abren y cuando los ventrículos se contraen para expulsar la sangre, estas válvulas se cierran para evitar el paso hacia las aurículas.

Las válvulas situadas entre los ventrículos y los vasos sanguíneos que salen del corazón se llaman **válvulas semilunares**: la derecha, válvula semilunar pulmonar y la izquierda, válvula semilunar aórtica. Cuando los ventrículos se contraen estas válvulas se abren para que salga la sangre del corazón y cuando los ventrículos se relajan para recibir la sangre de las aurículas, estas válvulas se cierran.

Los llamado "soplos" hacen referencia casi siempre al ruido que produce el paso turbulento de la sangre por las válvulas.

1.2.1.1. FUNCIONAMIENTO CARDÍACO

Sistema de conducción

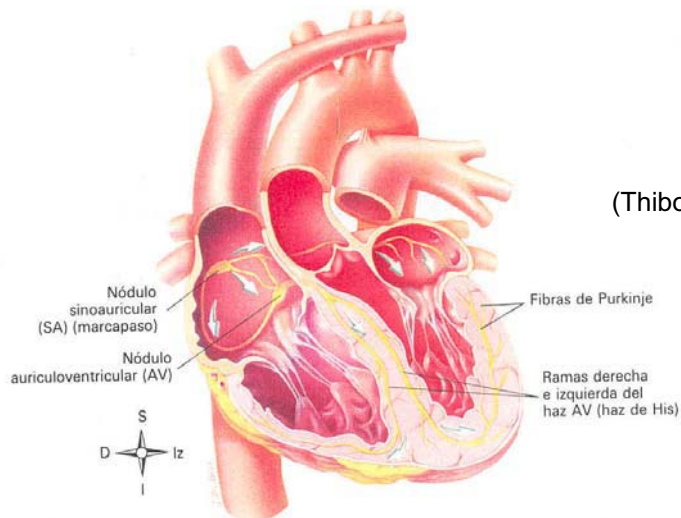
La función del corazón es la del bombeo de la sangre, por lo que las células miocárdicas tienen que contraerse. Estas contracciones las hacen gracias a un impulso propio.

El sistema de conducción está formado por células miocárdicas modificadas, que, a diferencia de las células miocárdicas normales, tienen la función de crear un potencial de acción y de conducirlo hacia el resto de las células del miocardio para producir las contracciones .

Hay 4 estructuras:

- nódulo sinoauricular: en aurícula derecha.
- nódulo auriculoventricular: en el tabique auriculoventricular derecho.
- haz auriculoventricular : en el tabique interventricular.
- fibras de Purkinje: en las paredes de los ventrículos.

El impulso que inicia la contracción mecánica nace en el nódulo sinoauricular. Los impulsos que aquí se han producido se desplazan por ambas aurículas y éstas empiezan a contraerse. Cuando el potencial de acción llega al nódulo auriculoventricular su conducción se hace más lenta. dando así lugar a la contracción auricular completa antes de llegar a los ventrículos.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

Después de atravesar el nódulo auriculoventricular, la velocidad de conducción aumenta cuando el impulso se mueve por el haz auriculoventricular (en el tabique interventricular) hasta los ventrículos. Aquí las ramas derecha e izquierda de este haz y las fibras de Purkinje conducen el impulso a los ventrículos produciendo su contracción.

Las alteraciones en la velocidad normal del sistema de conducción se denominan arritmias.

Ciclo cardíaco:

Las aurículas y los ventrículos pasan por una serie de estados que se repiten con cada latido. Este ciclo cardíaco consta de una fase de relajación, llamada diástole, seguida por otra de contracción a la que se denomina sístole.

Los principales sucesos del ciclo son:

- ❑ **sístole auricular:** las aurículas se contraen y la sangre pasa por las válvulas auriculoventriculares a los ventrículos.
- ❑ **sístole ventricular:** las válvulas auriculoventriculares se cierran y luego los ventrículos se contraen. La válvulas semilunares se abren (se abren a la vez que los ventrículos se contraen) y la sangre pasa a las arterias. Se llama volumen sistólico al volumen de sangre que sale del ventrículo izquierdo en cada latido.
- ❑ **diástole ventricular:** cuando ha salido la sangre de los ventrículos las válvulas semilunares se cierran, las auriculoventriculares se abren, el ventrículo se relaja y la sangre pasa de las aurículas a los ventrículos y se empieza otra vez con la sístole auricular.

1.2.2. VASOS SANGUÍNEOS

El sistema vascular es un sistema de conducción cerrado por donde va a circular la sangre.

Los grandes vasos sanguíneos llamados **arterias** transportan la sangre lejos del corazón. Se dividen en arterias más pequeñas y éstas, a su vez, en **arteriolas**. Las arteriolas se subdividen en **capilares** muy delgados (zona de intercambio del sistema). Los capilares convergen en vasos llamados **vénulas**, que se unen para formar vasos llamados **venas**. Las venas mayores regresan la sangre al corazón.

1.2.2.1. ARTERIAS

Son los vasos sanguíneos que se alejan del corazón y que llevan sangre rica en O₂ a los tejidos, excepto las arterias pulmonares y sus ramas que llevan sangre pobre en O₂.

Sus paredes tienen tres capas:

- ❑ **externa:** está formada por tejido conjuntivo fibroso, fuerte y flexible. Esta capa ayuda a mantener abiertos los vasos e impide que se rompan durante los movimientos. En las arterias no es demasiado gruesa.
- ❑ **media:** se llama túnica media y está formada por músculo liso y tejido conjuntivo. Los músculos lisos permiten variaciones de diámetro vascular y esta capa sí va a ser gruesa en las arterias.
- ❑ **interna:** o túnica íntima. Está formada por un endotelio que es continuación del que reviste el corazón. En el caso de las arterias, esta capa es totalmente lisa.

Esta estructura hace que las arterias sean resistentes y elásticas. Debido a este poder de elasticidad, después de la eyección o salida de la sangre del corazón, las arterias se dilatan (**vasodilatación**) para después retraerse (**vasoconstricción**). Esto va a permitir un flujo intermitente y continuo, haciendo que la sangre fluya rápidamente a los tejidos.

Presión sanguínea: es la fuerza que ejerce la sangre contra la pared del vaso. Cuando el ventrículo izquierdo se contrae expulsa sangre hacia las arterias de la circulación general. Expulsa un pequeño volumen con cada latido, con lo cual durante la sístole o contracción ventricular la presión aumenta (la tensión alta) pero disminuye (la tensión baja) en la diástole o dilatación ventricular. Una causa de hipertensión es la disminución del diámetro de los vasos.

1.2.2.2. VENAS

Las venas son los vasos que llevan la sangre al corazón. Todas, excepto las pulmonares, tienen sangre no oxigenada.

La estructura de las venas es igual a la de las arterias, pero con algunas salvedades:

- ❑ la capa **externa** es gruesa.
- ❑ la túnica **media** no es tan gruesa como en el caso de las arterias.
- ❑ en la capa **interna** hay unas válvulas semilunares que ayudan a mantener la dirección única del flujo. El mal funcionamiento de estas válvulas es la principal causa de las varices.

Las venas no sólo devuelven la sangre de los capilares al corazón, sino que acogen cantidades variables de sangre. La sangre acumulada en cada segmento provisto de válvulas es empujada hacia el corazón por la presión del volumen de sangre que se mueve desde abajo. Las contracciones musculares de los miembros activos ayudan a las válvulas de las venas que circulan por ese músculo a retornar la sangre hacia el corazón. Es una de las razones por las que el ejercicio físico es beneficioso para la circulación.

1.2.2.3. CAPILARES

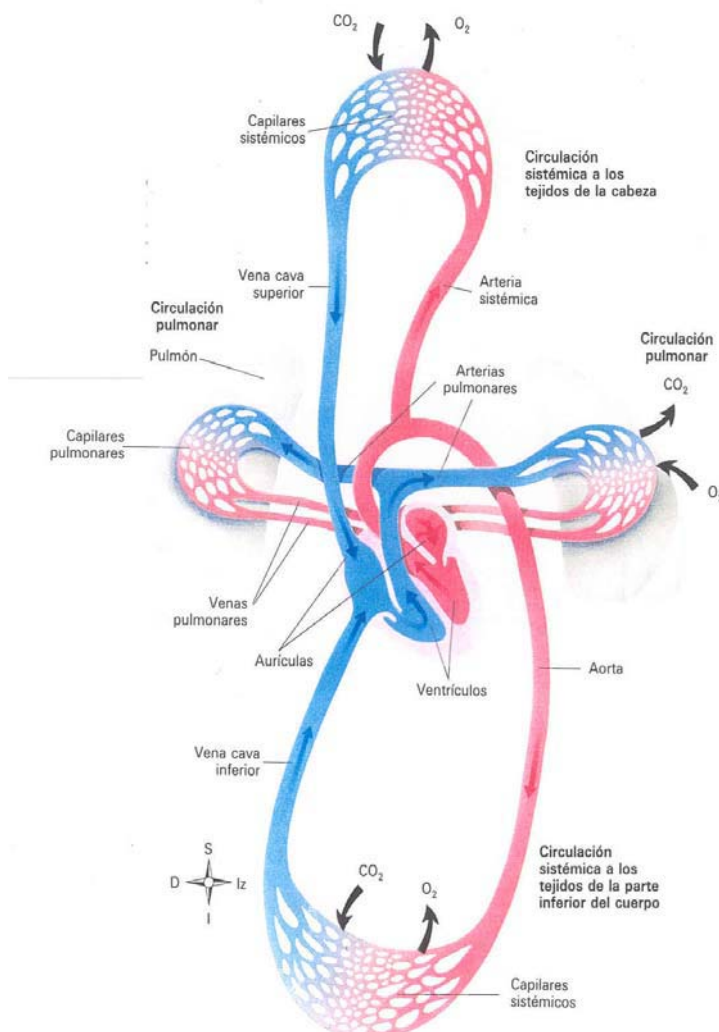
Son vasos microscópicos que llevan sangre desde las arteriolas a las vénulas. Su función es la de proveer a las células de materiales vitales y libarles de desechos.

A medida que disminuye el diámetro de todos los vasos, la velocidad de conducción de la sangre se reduce y también se reduce el espesor de las paredes. Así, los capilares, sólo tienen una delgada capa, el endotelio, y la conducción a través de estos vasos va a ser muy lenta, de forma que haya un intercambio eficaz de sustancias entre el plasma y el líquido intersticial.

1.2.2.4. VÍAS CIRCULATORIAS

La sangre va a seguir estos dos caminos:

Circulación mayor: la sangre que sale del ventrículo izquierdo entra en la aorta y a través de las arterias llega a todos los tejidos. Las últimas ramas de las arterias son los capilares que es donde va a hacer el cambio metabólico. De los capilares pasará a las vénulas, de aquí a las grandes venas y de las venas a la aurícula derecha



Circulación menor: de la aurícula derecha, la sangre, pasa al ventrículo derecho. Del ventrículo derecho pasa a las arterias pulmonares. A través de las ramas arteriales llega a los capilares que es donde se hace el proceso de oxigenación. De los capilares pasa a las vénulas y de aquí a las grandes venas pulmonares. Estas venas pulmonares terminan en la aurícula izquierda.

(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.2.3. SISTEMA LINFÁTICO

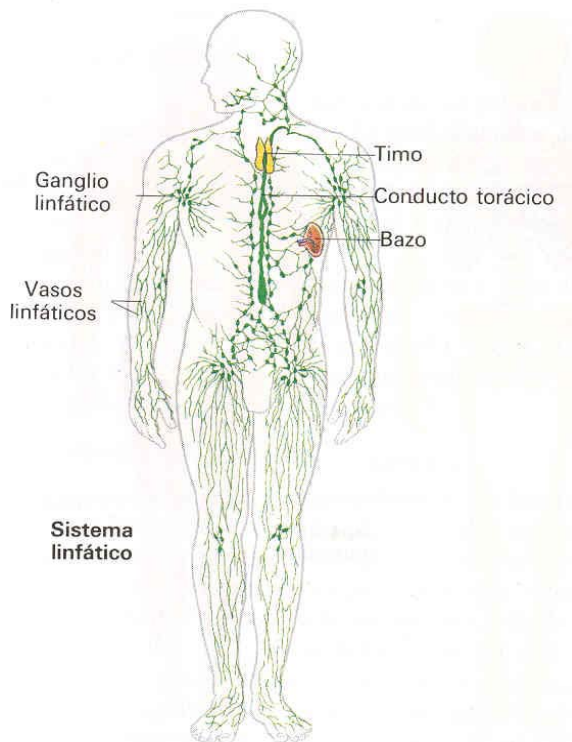
El sistema linfático es, en realidad, una parte especializada del aparato circulatorio. Está constituido por un líquido (**linfa**) y un grupo de vasos (**vasos linfáticos**), pero a diferencia del sistema cardiovascular, no es un circuito cerrado.

Las dos **funciones** más importantes de este sistema son:

- mantener el equilibrio hídrico en el medio interno
- inmunidad: en los ganglios linfáticos se van a producir linfocitos y anticuerpos (células de defensa).

Linfa: La linfa suele ser un líquido acuoso claro o ligeramente amarillo. Su composición es similar a la del plasma (aunque con menos cantidad de proteínas, es isotónico). El líquido del plasma que circula por los capilares pasa a los espacios intersticiales (son los espacios que quedan entre las células). Aunque gran parte de este líquido es absorbido por las células o por los capilares, una parte tiende a acumularse en los espacios intersticiales. A medida que este líquido aumenta, tiende a drenar en los vasos linfáticos, que lo devuelven a la sangre venosa.

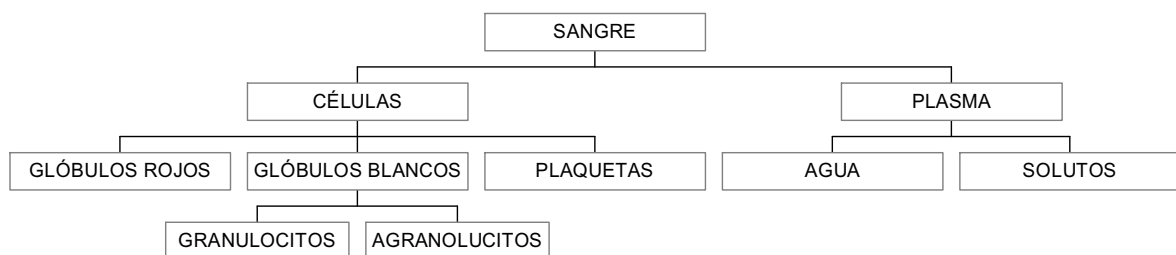
Capilares linfáticos: son pequeños vasos que se inician de forma ciega en la mayoría de los tejidos. Estos capilares drenan en los **vasos linfáticos**. La estructura de estos vasos es semejante a la de las venas pero con paredes más finas, más válvulas y la presencia de ganglios. Los vasos se unen formando troncos colectores cada vez mayores que desembocan en los **ganglios linfáticos**. Como norma general, la linfa atraviesa uno o varios ganglios linfáticos antes de penetrar en el torrente circulatorio (desembocan en el sistema vascular sanguíneo, en las venas subclavas). En el caso de que hubiese alguna sustancia dañina, al pasar por los ganglios y dado que hay células inmunitarias, se pondría en marcha el mecanismo de defensa. También hay **órganos linfáticos** como son el bazo, las amígdalas y el timo.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.2.4. LA SANGRE

La sangre es un complejo medio de transporte que realiza servicios vitales de captación y liberación para el cuerpo. Capta alimentos y oxígeno de los aparatos digestivo y respiratorio y los libera a las células, al tiempo que recoge productos de desecho de las células para llevarlos a los órganos excretores. La sangre transporta también hormonas, enzimas,...El volumen de sangre total de sangre es de alrededor de 4 a 5 litros en mujeres y de 5 a 6 litros en los hombres. De ese volumen total el 53-60% es plasma (agua y solutos) y el 40-46%, elementos formes (eritrocitos, leucocitos y plaquetas).



1.2.4.1. PLASMA

El plasma es la sangre menos los elementos formes. Para obtener el plasma en el laboratorio, se centrifuga la sangre completa no coagulada. El líquido claro que permanece sobre las células es el plasma.

El plasma está formado por:

- agua: 90%
- solutos: 10%.

De este 10%, el 6-8% son proteínas (principalmente albúminas, globulinas y fibrinógeno). El restante 2-4% va a estar formado por glucosa, aminoácidos, lípidos, urea, ácido úrico, CO₂, hormonas, enzimas, sales inorgánicas,...

1.2.4.2. CÉLULAS

1.2.4.2.1. GLÓBULOS ROJOS

También llamados hematíes o eritrocitos, se forman en la médula ósea roja y son los más numerosos de los elementos formes de la sangre: en el hombre, más o menos, 5.500.000 por milímetro cúbico y en la mujer, 4.500.000 por milímetro cúbico.

Los hematíes maduros son células bicóncavas con gran capacidad de deformación (importante a la hora de atravesar los pequeños capilares). Son originales porque no contienen los órganos típicos de las células: no tienen núcleo, ni mitocondrias, ni ribosomas,... pero sí tienen un pigmento rojo llamado **hemoglobina**, que constituye más de la tercera parte del volumen del hematíe y que es muy importante para la función principal de éste (transporte de oxígeno y dióxido de carbono en el cuerpo).

Los niveles de hemoglobina en el hombre son mayores que en la mujer (en el hombre 14-16 g por 100 ml de sangre y en mujer 12-14 g por 100ml).

El término “**anemia**” se emplea para describir diversos cuadros patológicos debidos a la incapacidad de la sangre para transportar bastante oxígeno a las células del organismo. Pueden deberse aun número insuficiente de glóbulos rojos o a una deficiencia de hemoglobina.

Eritropoyesis: es el proceso completo en la formación de los glóbulos rojos. Normalmente, cada minuto de cada día de la vida de un adulto, se forman más de 100 millones de hematíes para sustituir a un número igual que se destruye en ese breve período de tiempo. Una de las causas que acelera el ritmo de formación de hematíes es la disminución de la concentración de oxígeno que llega a los tejidos. Esta falta de oxígeno provoca la activación de una hormona llamada eritropoyetina que a su vez estimula la médula ósea para que acelere su producción de hematíes (ésta es la explicación de las estancias en hipoxia en el mundo del deporte).

El aumento de los glóbulos rojos por encima de los límites considerados normales se denomina **policitemia** y es lo puede ocurrir, p. ej. en casos de dopaje con EPO,... Sus efectos fisiológicos son: aumento de la viscosidad de la sangre y aumento de la tensión arterial, con lo que puede haber reducción de flujo en diferentes órganos (cerebro, corazón,...), posibilidades de trombosis,...

Hemólisis: es el proceso de destrucción de los hematíes. La vida media de éstos es de unos 120 días. Hay circunstancias que pueden aumentar este proceso: subida de la temperatura corporal, traumatismos recibidos en el organismo, Estas circunstancias son frecuentes con la práctica deportiva por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de hacer una valoración.

1.2.4.2.2. GLÓBULOS BLANCOS

También llamados leucocitos. Son menos numerosos que los rojos (oscilan entre 5.000 y 10.000 por mm³) y se originan en la médula ósea y en el tejido linfático.

Hay dos tipos de leucocitos:

- ❑ **granulocitos** (tienen gránulos en el citoplasma y tienen su origen en la médula ósea): neutrófilos, eosinófilos y basófilos.
- ❑ **agranulocitos** (no tienen gránulos y tienen su origen en el tejido linfático): linfocitos y monocitos.

La proporción en la que se encuentran los diferentes tipos de leucocitos se llama **fórmula leucocitaria** (hay variaciones de la fórmula normal en procesos infecciosos, alérgicos,...).

La función principal de los leucocitos es la de actuar como **sistema defensivo** frente a las infecciones, siendo transportados por la sangre hasta el territorio afectado y reduciendo allí a los gérmenes o provocando una respuesta específica (p. ej. creación de anticuerpos).

1.2.4.2.3. PLAQUETAS

Las plaquetas, también llamados trombocitos, son fragmentos celulares que se originan en la médula ósea.

Los valores normales oscilan entre 150.000 y 400.000 mm³ y se forman en la médula ósea roja, pulmones y bazo.

Las plaquetas, debido a sus propiedades físicas, desarrollan un papel importante en la hemostasia (detención del flujo sanguíneo) y en la formación de coágulos o coagulación.

1.3. ESTRUCTURA ANATÓMICA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

1.3.1. FUNCIONES DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Toda célula necesita un aporte de O_2 y debe eliminar constantemente un producto de desecho, el CO_2 . El término respiración, a nivel celular, denota todos los procesos por los cuales las células utilizan O_2 y producen CO_2 .

Las funciones del sistema respiratorio son:

- distribución de aire e intercambio gaseoso para aportar oxígeno y eliminar dióxido de carbono de las células del organismo. Estos procesos requieren de la combinación de dos sistemas: respiratorio y circulatorio. Todo el sistema respiratorio funciona conduciendo aire, excepto los alvéolos y los conductos que se abren en ellos, que son los que se van a encargar del intercambio de gases.
- este sistema filtra, calienta y humidifica el aire que respiramos.
- interviene en la producción del sonido al pasar el aire expirado por las cuerdas vocales.
- el epitelio del tracto respiratorio posibilita el sentido del olfato.
- ayuda en la regulación u homeostasia del pH del organismo.

El sistema respiratorio puede dividirse en tracto superior (estructuras que se encuentran fuera de la cavidad torácica) y tracto inferior (estructuras que se encuentran dentro de la cavidad torácica). Funcionalmente, también se incluyen estructuras accesorias como son la cavidad oral, la caja costal y el diafragma.

1.3.2. VÍAS AÉREAS SUPERIORES

Constituidas por la nariz, la faringe y la laringe.

1.3.2.1. NARIZ

Comunican por la parte anterior con el exterior a través de los orificios externos y por la parte posterior con la faringe a través de los orificios posteriores o coanas.

La nariz está formada por una parte externa y una interna.

La **parte externa**: sobresale de la cara y está formada por hueso, cartílago y recubierta por piel.

La **parte interna o cavidad nasal**: está por encima del techo de la boca y está dividida en dos por medio de un tabique, tabique nasal. Este tabique está muy bien irrigado por lo que las hemorragias nasales son frecuentes como consecuencia de traumatismos en la nariz.

En la pared lateral de la cavidad nasal se encuentran tres cornetes que están cubiertos por mucosa respiratoria. Esta mucosa, en el cornete inferior, tiene un rico aporte sanguíneo (otra causa frecuente de hemorragia nasal o epíxtasis) cuya función es la de filtrar, calentar y humidificar el aire, con lo que se prepara para que sus condiciones sean más parecidas a las del tejido pulmonar (se puede pasar de 0° en el exterior a 37° en el interior) y así evitar resfriados, infecciones,... Por esto es aconsejable inspirar o coger aire por la nariz siempre que no sea muy grande la necesidad de aire en ese momento, como cuando estamos un ejercicio de intensidad importante. En el cornete superior, la mucosa, no es tan roja y tiene una función, principalmente, olfatoria.

1.3.2.2. FARINGE

También llamada garganta. Se trata de una estructura con forma de tubo de uno 12 cm de longitud que une las cavidades nasales con la laringe. La parte que está en contacto con la nariz se llama **nasofaringe** y es donde se encuentran los orificios de comunicación con los oídos. Luego está la **orofaringe** y la que está en contacto con la laringe, **laringofaringe**.

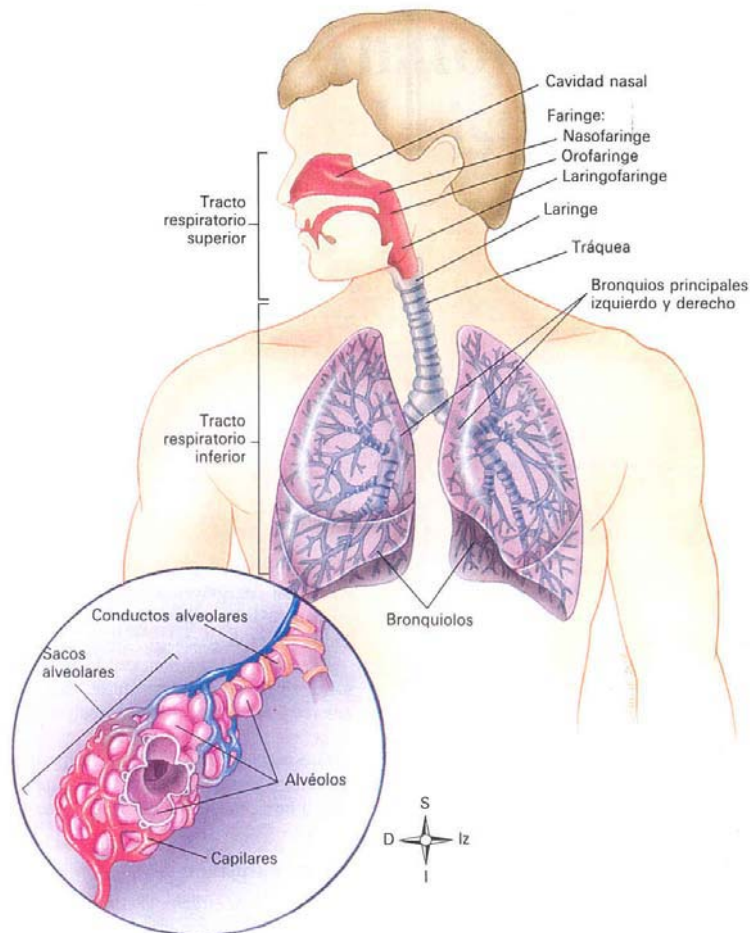
La nasofaringe sólo pertenece al aparato respiratorio y la oro faringe y la laringofaringe pertenecen al aparato respiratorio y al aparato digestivo.

1.3.2.3. LARINGE

Por aquí va a pasar el aire de forma exclusiva. Este pasaje, al igual que le resto de los componentes del tracto respiratorio superior, está tapizado por una membrana mucosa ciliada que ayuda a eliminar las partículas de polvo y a calentar y humidificar el aire espirado.

Está constituida por diferentes cartílagos entre los que se encuentra el **cartílago tiroides** (o nuez de Adán) que tiene en su interior las cuerdas vocales (por esto la laringe es el órgano de la expresión hablada).

El paso de la faringe a la laringe está controlado por otro cartílago, llamado **epiglotis**, que sólo se cierra al paso del bolo alimenticio, impidiendo el paso de la tráquea y obligándole a pasar al esófago. Si el paso no se cierra es cuando la comida va por mal camino.



(Thibodeau, G. Patton, K. 1995)

1.3.3. VÍAS AÉREAS INFERIORES

Formadas por la tráquea, los bronquios, los alvéolos y los pulmones.

1.3.3.1. TRÁQUEA

Es un tubo de unos 11 cm de longitud que se extiende desde la laringe en el cuello hasta los bronquios primarios en la cavidad torácica. Su estructura externa está formada por anillos cartilagosos y en la parte interna sigue manteniendo la mucosa ciliada propia del tracto respiratorio.

La tráquea proporciona el único camino para que el aire llegue a los pulmones; una obstrucción puede ocasionar la muerte por asfixia.

1.3.3.2. BRONQUIOS

Los bronquios principales son dos ramas que nacen de la tráquea. Estos, a su vez, se van a dividir profusamente (bronquios secundarios, luego terciarios, hasta llegar a los bronquiolos), pero ya dentro de los pulmones.

Las vías aéreas pulmonares están constituidas por las progresivas subdivisiones de los bronquios principales hasta llegar a los alvéolos; esta progresiva división, que se realiza exponencialmente, da lugar a que desde la tráquea que es sólo un conducto, vaya ampliándose el número de conductos respiratorios hasta llegar a los bronquiolos que son decenas de miles, para desembocar en millones de alvéolos.

La estructura de los bronquios principales es semejante a la de la tráquea, es decir, anillos cartilagosos incompletos y por dentro, epitelio ciliado. A medida que va progresando la subdivisión, los bronquios secundarios y bronquiolos van perdiendo la estructura cartilaginosa y al final, los conductos alveolares y los alvéolos sólo están formados por una capa de epitelio.

1.3.3.3 ALVÉOLOS

Los bronquiolos terminales se ramifican en muchos conductos alveolares que conducen hacia los alvéolos. Estos alvéolos son las estructuras primarias intercambiadoras de gas que existen en el tracto respiratorio. Son muy eficaces la hora de intercambiar O₂ y CO₂ porque cada uno tiene una pared extremadamente fina, que está en contacto con los capilares sanguíneos y existen millones de alvéolos en cada pulmón. La barrera a través de la se intercambian los gases entre el aire alveolar y la sangre se denomina **membrana respiratoria**. Esta membrana está formada por: el epitelio alveolar y el endotelio capilar.

1.3.3.4. PULMONES

Son dos órganos de forma cónica que llenan por completo la caja torácica, exceptuando la zona existente entre ambos pulmones, llamada mediastino.

La unión de cierto número de alvéolos forma un segmento pulmonar y la unión de varios segmentos constituye el lóbulo pulmonar habiendo 5 lóbulos en ambos pulmones (tres en el derecho y dos en el izquierdo).

Rodeando a los pulmones está la pleura, la cual está constituida por dos capas: la unida al tejido pulmonar (**pleura visceral**) y otra unida a la cara interna del tórax (**pleura parietal**). En medio de las dos membranas hay un espacio virtual, llamado espacio pleural, donde hay una cantidad mínima de líquido, denominado **líquido pleural** que da lugar a que el movimiento de ambas capas se realice al unísono. Cuando la caja torácica se expande debido a la actuación de los músculos respiratorios, ello provoca que la pleura que está pegada a su pared interior lo haga igualmente, arrastrando a la pleura interna o pulmonar que a su vez ensancha los pulmones; esto da lugar a un cambio en la presión intrapulmonar que es lo que da lugar a la entrada de aire.

1.3.4. MECÁNICA RESPIRATORIA

Cada ciclo respiratorio se compone de:

- ❑ inspiración: permite distender los pulmones y que el aire entre.
- ❑ espiración: expulsión del aire.

La **inspiración** se efectúa cuando la contracción de los músculos respiratorios produce un aumento del volumen torácico, con expansión de los pulmones y disminución de las presiones intratorácica e intrapulmonar (alveolar). El aire entra a los pulmones cuando la presión intrapulmonar cae por debajo de la presión atmosférica.

La **espiración** se efectúa de manera pasiva cuando la presión intrapulmonar se eleva por arriba de la atmosférica, con recuperación elástica de la jaula torácica y contracción de los pulmones.

1.4. RESUMEN

- ❑ Para evitar confusiones, es muy importante usar la nomenclatura anatómica, correctamente.
- ❑ El ejercicio físico adecuado es necesario para el buen desarrollo de los huesos: tanto por función de depósito mineral como por la osificación de la metáfisis.
- ❑ Una postura correcta y un desarrollo muscular adecuado ayudan a evitar desviaciones de las curvaturas de la columna vertebral.
- ❑ El cartílago, parte muy importante de las articulaciones relacionadas con el movimiento, por ser avascular, va a tardar en recuperar.
- ❑ Las articulaciones son las uniones de los huesos entre sí, pero necesitan de muchos elementos adyacentes para mejorar la estabilidad de la misma. Es necesario un buen desarrollo muscular y la realización del ejercicio de una forma adecuada para evitar lesiones.
- ❑ Los músculos de cada persona son diferentes tanto microscópicamente como macroscópicamente. Estas diferencias vienen determinadas, entre otros factores, por los genes.
- ❑ El corazón es la bomba que va a hacer que la sangre se mueva por los vasos sanguíneos y llegue a todas las células para mantenerlas con vida. Para que esa bomba funcione, la musculatura del corazón se tiene que contraer y esa contracción depende de un sistema de conducción propio.
- ❑ El sistema linfático, aunque no pertenece al sistema vascular sanguíneo, coopera con él, sobre todo manteniendo el equilibrio hídrico en el medio interno. Este sistema también tiene un papel importante en la inmunidad.
- ❑ El sistema respiratorio, en lo que tiene que ver con el ejercicio, sirve para la distribución e intercambio gaseoso, y filtra, calienta y humidifica el aire. También interviene en la regulación del pH.

2. ELEMENTOS BÁSICOS DE FISIOLOGÍA

- 2.1. Nociones básicas de fisiología del ejercicio
 - 2.1.1. Metabolismo energético
 - 2.1.2. Transferencia de la energía durante el ejercicio
- 2.2. Adaptación y respuesta del sistema cardiocirculatorio al ejercicio
 - 2.2.1. Redistribución sanguínea
 - 2.2.2. Gasto cardíaco
 - 2.2.3. Presión arterial
- 2.3. Adaptación y respuesta del sistema respiratorio al ejercicio
 - 2.3.1. Circulación pulmonar
 - 2.3.2. Ventilación pulmonar
 - 2.3.3. Intercambio gaseoso
- 2.4. Resumen

Actualmente se define la **fisiología** como la ciencia biológica que estudia las funciones de los diferentes órganos y sistemas que constituyen el ser vivo, teniendo en cuenta el papel que desarrollan en la tarea común del mantenimiento del medio interno u homeostasia.

El organismo está constituido, aproximadamente, por 75 billones de células. La **célula** es la unidad básica y un conjunto de ellas, unidas por tejido de sostén, constituyen los distintos órganos que realizan funciones específicas.

Las diferentes células presentan rasgos diferenciales (de ahí la existencia de diferentes órganos con funciones diversas), aunque básicamente tienen un funcionamiento similar ya que:

- necesitan oxígeno y nutrientes para desarrollar sus funciones.
- obtienen energía por mecanismos similares.
- eliminan los productos de desecho al medio que les rodea, de donde serán posteriormente retirados.
- salvo excepciones, las células de un mismo tipo tienden a reproducirse cuando su número, por causas diversas, se reduce.

Todas las células del cuerpo contienen líquido y están, a su vez, bañadas en el líquido que entra y sale de los vasos sanguíneos.

Estos **líquidos**, que constituyen, más o menos, el 56% de nuestro cuerpo, se dividen en dos grandes compartimentos:

- líquido intracelular
- líquido extracelular: se divide en dos compartimentos: compartimento vascular y compartimento intersticial (formado por el contenido líquido del espacio que dejan entre sí las células).

Para que las células del cuerpo se conserven vivas se debe controlar la composición del líquido celular (es donde van a estar los nutrientes, el oxígeno, los productos de desecho) con mucha exactitud en todo momento, es decir, es necesario conservar constantes las condiciones de estos líquidos. Esto es la HOMEOSTASIA.

2.1. NOCIONES BÁSICAS DE FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO

En cuanto el cuerpo inicia una determinada actividad, se ponen en marcha una serie de mecanismos encaminados a restablecer el equilibrio homeostático.

La fisiología del ejercicio permite conocer los límites a los que es capaz de llegar el organismo, entender los efectos que ciertas actividades y ciertos factores ambientales tienen sobre determinadas funciones, la capacidad del individuo para satisfacer ciertos requerimientos o normas impuestas y cómo el entrenamiento y la aclimatación influyen en las capacidades orgánicas.

2.1.1. METABOLISMO ENERGÉTICO

Aunque nutrición y metabolismo suelen utilizarse de forma conjunta, son términos diferentes.

Nutrición: es el término que hace referencia a lo que ingerimos. La nutrición propiamente dicha requiere un equilibrio de los tres tipos básicos de alimentos (carbohidratos, grasas y proteínas), aparte de vitaminas y minerales.

Metabolismo: es la utilización que hace el cuerpo de los alimentos una vez que han sido digeridos, absorbidos y transportados hasta la célula.

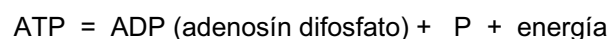
Los alimentos son primero digeridos, luego absorbidos y por último metabolizados. El término metabolismo se refiere a todas las reacciones químicas del cuerpo. Hay dos aspectos del metabolismo: el **catabolismo** o fase de fragmentación y **anabolismo** o fase de construcción. Desde el punto de vista energético se puede pensar en el metabolismo como un equilibrio entre el catabolismo, que proporciona energía y el anabolismo, que consume esa energía.

La energía de los alimentos no se transfiere directamente a las células para el trabajo biológico, esta energía alimenticia es recogida y canalizada en el compuesto rico en energía llamado ATP (adenosín trifosfato). La energía dentro de la molécula de ATP es utilizada en todos los procesos de la célula que requieren energía.

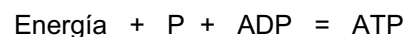
El ATP consiste en un gran complejo de moléculas llamado adenosina y tres componentes más simples, los grupos fosfato.

Al separarse una molécula de fosfato de las tres que posee este ácido, se libera una cantidad de energía, lo que permite que la célula realice un trabajo; en el músculo, por ejemplo, esta energía activa lugares específicos causando el acortamiento de la fibra muscular.

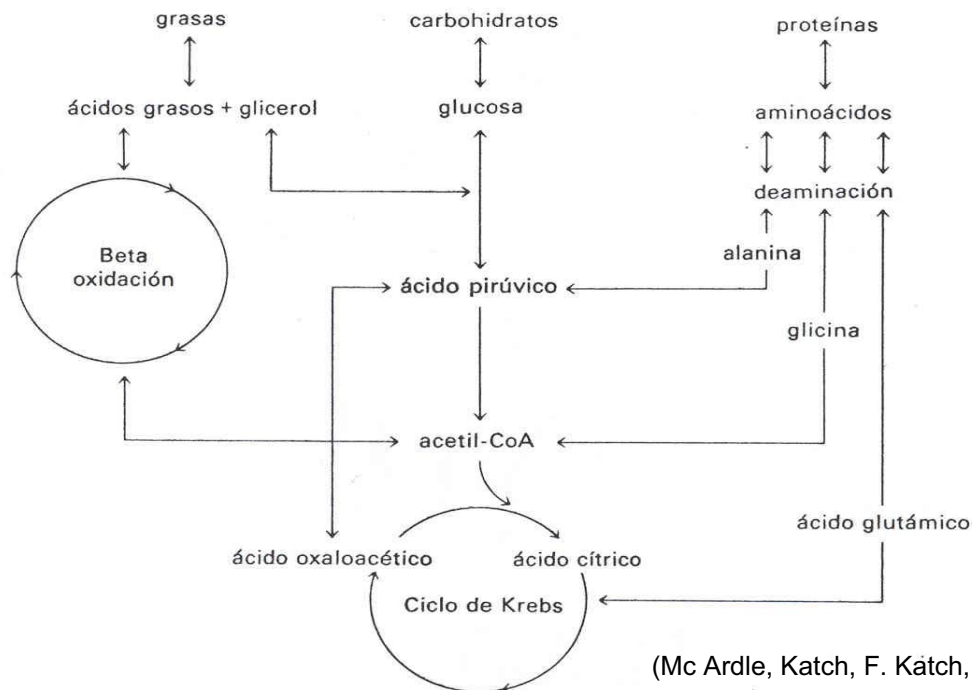
Todo trabajo biológico llevado a cabo por cualquier célula requiere la energía inmediata que proviene de la degradación del ATP:



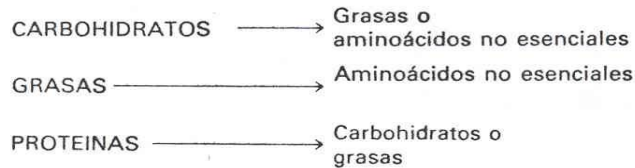
A medida que se va destruyendo el ATP es necesario resintetizarlo y esto se consigue mediante la reacción inversa, es decir, formación de moléculas de ATP.



El ATP se considera la moneda energética del organismo y dado que el ATP no puede ser suministrado por la sangre o por otros tejidos, debe reciclarse continuamente dentro de cada célula y lo hace por medio del metabolismo energético.



Principales interconversiones



2.1.1.1. CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos complejos (los carbohidratos que ingerimos con la dieta) se rompen en carbohidratos simples (principalmente glucosa) gracias a la digestión, para luego ser absorbidos.

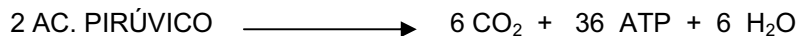
El metabolismo de los carbohidratos comienza con la entrada de la glucosa a través de las membranas celulares. Nada más atravesar la misma, la glucosa se combina con el ATP para formar glucosa-6-fosfato y prepara a la glucosa para próximas reacciones metabólicas, tanto anabólicas como catabólicas.

Glucólisis. Paso 1: es el primer paso en el catabolismo de los carbohidratos. Rompe la molécula de glucosa (para obtener 2 de ácido pirúvico y 2 moléculas de ATP). El organismo utiliza la glucólisis para convertir la energía química almacenada en forma de glucosa en ATP, una forma más fácilmente utilizable para los procesos celulares que requieren energía.



Es un proceso **anaeróbico** (no utiliza oxígeno), y además, paso obligatorio para pasar al siguiente.

Paso 2a: Ciclo del ácido cítrico: dos moléculas de ácido pirúvico se convierten en seis moléculas de dióxido de carbono, seis de agua, 36 ó 38 moléculas de ATP y calor.



Para la realización de este proceso es necesario la presencia de oxígeno (es **aeróbico**).

Paso 2b: Vía anaeróbica: si el oxígeno no está disponible para mantener los niveles adecuados de ATP, la célula dependerá sólo de la glucólisis para producir ATP. Dado que la molécula de ácido pirúvico producido por la glucólisis no puede entrar en el ciclo de ácido cítrico, es convertida en **ácido láctico**. Este ácido láctico no es un producto de deshecho ya que pasa a sangre y de allí

puede ir al hígado y éste utilizarlo para sintetizar glucógeno o puede llegar a otros órganos o músculos y utilizarlo como fuente energética.

Si el ácido láctico se queda en la célula, acidifica el medio, bloquea estas reacciones y aparecerá el cansancio.

Glucogénesis: es parte de un mecanismo homeostático que se pone en marcha cuando los niveles de glucosa en sangre se incrementan por encima de sus valores normales. Cuando esto ocurre, toda la glucosa no puede transformarse en glucosa-6-fosfato, por lo que las moléculas de glucosa sobrantes tomarán parte en una serie de reacciones anaeróbicas para formar una estructura de moléculas de glucosa llamada glucógeno.

Glucogenólisis: es el proceso inverso al anterior, es decir, la desintegración del glucógeno. Cuando el cuerpo necesita energía, el glucógeno almacenado en el hígado y células musculares se desdobra y se libera glucosa hacia la sangre.

Gluconeogénesis: es la formación de glucosa a partir de moléculas de proteínas y lípidos.

El 40 % de la energía obtenida en el metabolismo de los hidratos de carbono se almacena en forma de ATP; el resto, el 60%, se despende en forma de calor.

2.1.1.2. LÍPIDOS

Los lípidos más habituales de la dieta son los triglicéridos (están formados por moléculas de glicerol y de ácidos grasos), y un poco menos, los fosfolípidos y el colesterol.

Los triglicéridos se almacenan en el tejido adiposo y según las necesidades pasarán a sangre y luego a las células para metabolizarse.

Catabolismo lipídico: los triglicéridos son hidrolizados para formar ácidos grasos y glicerol.



Glicerol: se convierte en gliceraldehído-3-fosfato y entra en el proceso de la glucólisis.

Ácidos grasos: son catabolizados vía el ciclo del ácido cítrico es decir, proceso aeróbico (el catabolismo lipídico es siempre un proceso **aeróbico**).

Por tanto, el proceso final del catabolismo de los lípidos es igual que el de los carbohidratos, aunque el catabolismo lipídico proporciona más energía (460 moléculas de ATP)

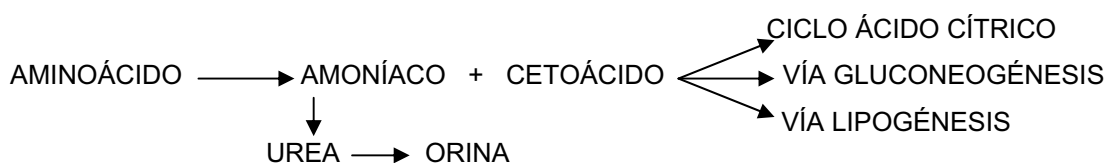
Anabolismo lipídico o lipogénesis: consiste en la síntesis de varios tipos de lípidos, sobre todo triglicéridos, colesterol, fosfolípidos y prostaglandinas. Se sintetizan a partir de los ácidos grasos y del glicerol o del exceso de glucosa o de los aminoácidos (pueden almacenarse kilos de grasa de forma casi ilimitada, pero sólo pueden almacenarse unos cuantos gramos de carbohidratos).

2.1.1.3. PROTEÍNAS

En el metabolismo proteico, el anabolismo es lo principal y el catabolismo es secundario (al revés que lo que ocurre en los otros metabolismos). Por otra parte, las proteínas son los principales alimentos constructores de tejido (aunque en épocas de ayuno o en grandes esfuerzos también sean fuentes de energía) y los carbohidratos y grasas son los principales alimentos para el suministro de energía.

Anabolismo proteico: proceso por el que cada célula, y a partir de los aminoácidos, sintetiza sus propias proteínas y enzimas.

Catabolismo proteico: el primer paso es la deaminación de una molécula de aminoácido para formar una molécula de amoníaco y otra de cetoácido.



La mayor parte del amoníaco es convertido en urea para luego ser excretado por la orina.

El cetoácido debe ser oxidado por vía del ciclo del ácido cítrico o convertido en glucosa vía gluconeogénesis o en grasa vía lipogénesis.

2.1.2. TRANSFERENCIA DE LA ENERGÍA DURANTE EL EJERCICIO

Se denomina **bioenergética** a la ciencia que estudia las transformaciones de energía en los seres vivos. Existen seis formas diferentes de energía: química, mecánica, luminosa, térmica, eléctrica y nuclear.

Cuando hablamos de bioenergética del ejercicio nos interesan la energía química y la energía mecánica, ya que la transformación de energía química en mecánica se manifiesta en forma de movimiento.

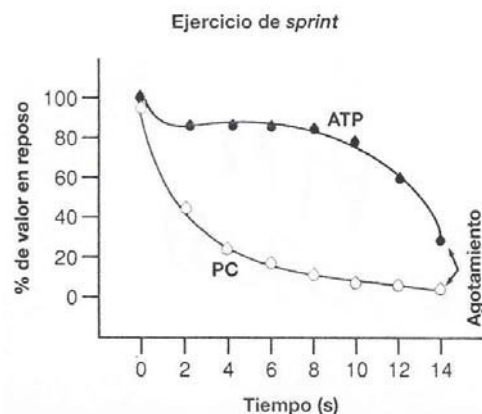
La actividad física supone la mayor demanda de energía.

2.1.2.1. PRUEBAS DE CORTA DURACIÓN Y ALTA INTENSIDAD

Estas pruebas son actividades cortas, de menos de 6 segundos (depende de los autores) y de gran intensidad (p. ej. saltos, lanzamientos, pruebas de velocidad,...). Requieren una provisión inmediata y rápida de energía. Dicha energía se suministra casi exclusivamente mediante los fosfatos de alta energía **ATP y PC** almacenados dentro de los músculos específicos activados durante el ejercicio. A este proceso se le llama **anaeróbico aláctico** porque son reacciones que no necesitan oxígeno y que no van a producir ácido láctico.

La cantidad de fosfato intramuscular, es decir, la reserva de ATP-PC que cada uno tenga, puede influir de manera significativa en la habilidad del individuo para generar una energía intensa durante un período corto (la limitación de este sistema energético va a ser, precisamente, esa reserva).

(Wilmore y Costill, 1999)



Nuestras células, además de ATP, tienen otra molécula de fosfato, altamente energética, que también almacena energía. Esta molécula es la PC o fosfato de creatina. No es una molécula que se utilice directamente, si no que lo que hace es reconstruir el ATP para mantener un suministro relativamente constante: para evitar el agotamiento del ATP se reduce la PC y con la energía obtenida, se forma más ATP. Ese proceso es rápido y no requiere de oxígeno, aunque puede realizarse en presencia del mismo.



En este tipo de esfuerzo, principalmente toman parte las fibras musculares rápidas o blancas IIb. Por lo tanto, los deportistas que tengan predominio de este tipo de células, van a conseguir mayores rendimientos.

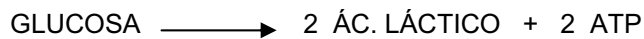
Todos los deportes requieren la utilización de los fosfatos de alta energía, pero algunas actividades (las cortas e intensas) dependen casi exclusivamente de este medio de transferencia de la energía. Para ejercicios prolongados y para la recuperación después de un esfuerzo máximo hay que generar energía adicional para reponer el ATP. Para ello, los carbohidratos, las grasas y las proteínas serán las encargadas de reponer continuamente el depósito de fosfatos.

2.1.2.2. LA ENERGÍA A CORTO PLAZO

Este tipo de energía se va necesitar en pruebas como los 400m en atletismo, 100m en natación, también en algunas situaciones de los deportes de equipo.

Los fosfatos de alta energía deben resintetizarse continuamente a un ritmo rápido para poder prolongar el ejercicio vigoroso durante más de un espacio corto de tiempo. En este tipo de ejercicio la energía se obtiene, principalmente, de la glucosa y del glucógeno que por medio de la glucólisis se produce ácido láctico y ATP. De esta manera se permite la formación rápida de ATP.

A este proceso se le llama **ANAERÓBICA LÁCTICO** ya que aunque son reacciones que no necesitan oxígeno, sí va a haber una producción de ácido láctico.



Los niveles de ácido láctico más altos y más rápidamente acumulados se alcanzan durante ejercicios que pueden sostenerse durante 60 a 180 segundos.

- El ácido láctico formado durante el ejercicio ligero es oxidado rápidamente.
- El ácido láctico empieza a acumularse cuando aumenta la intensidad del ejercicio, alrededor del 55% de la capacidad máxima aeróbica del sujeto. Esto se debe probablemente al hecho de que la formación de ácido láctico excede su ritmo de eliminación. En algunos sujetos esta acumulación empieza a un % más elevado del consumo de oxígeno. Esto es debido al entrenamiento y a la dotación genética (alta densidad capilar, alto número de mitocondrias, tipos de fibras musculares,...). La acumulación de ácido láctico va a provocar una acidosis que por encima de un límite va a provocar un bloqueo del sistema energético.

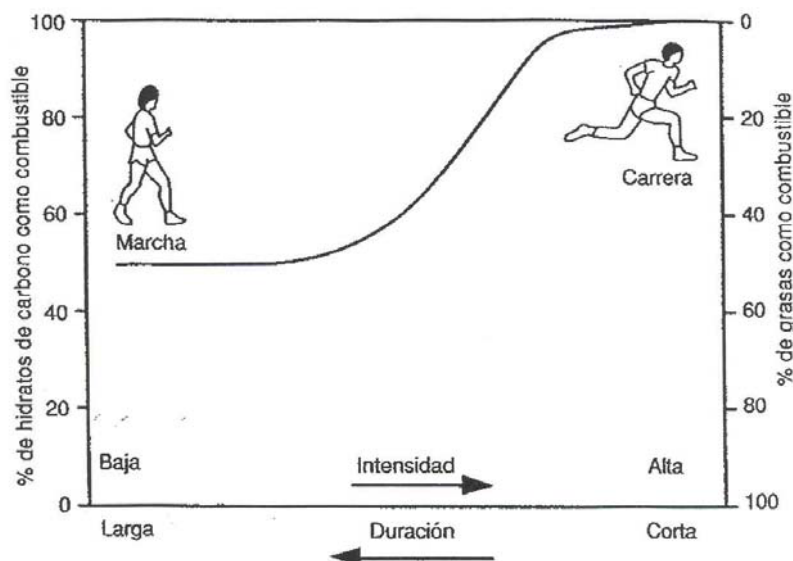
En este tipo de esfuerzo van a ser, principalmente, las fibras musculares rápidas o blancas IIb las que tomen parte.

2.1.2.3. LA ENERGÍA A LARGO PLAZO: SISTEMA AERÓBICO

Las reacciones **AERÓBICAS** (se llaman así porque necesitan del oxígeno y además, cuanto más oxígeno llegue al músculo más energía va a ser capaz de producir ese músculo y mayor rendimiento va a desarrollar) proporcionan la etapa final de la transferencia de la energía, sobre todo, si el ejercicio se prolonga más de 2 ó 3 minutos.

Las fibras musculares predominantes, es este tipo de esfuerzo, son las fibras lentas, rojas o tipo I.

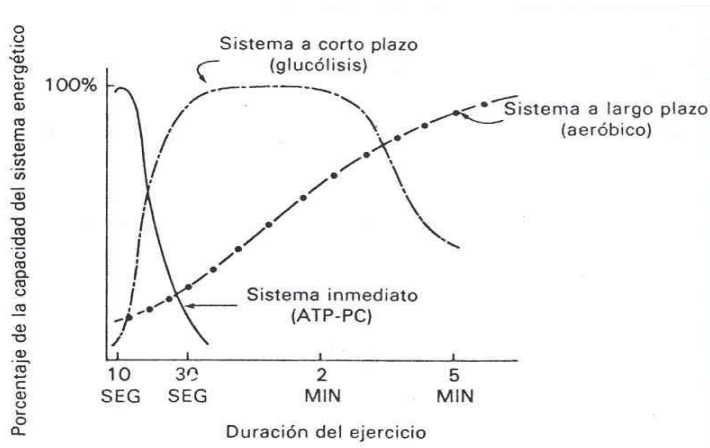
En este sistema de producción de energía se puede utilizar tanto la glucosa, como las grasas, como las proteínas (éstas sólo en caso de esfuerzo muy prolongado) pero la cantidad de energía producida en un **tiempo determinado** va a ser mayor con la glucosa que con las grasas. Por esto, a medida que va aumentando la intensidad del ejercicio, el músculo va utilizando cada vez más glucógeno muscular y menos grasa.



(Lekue, J. Lejarreta, M. 1998)

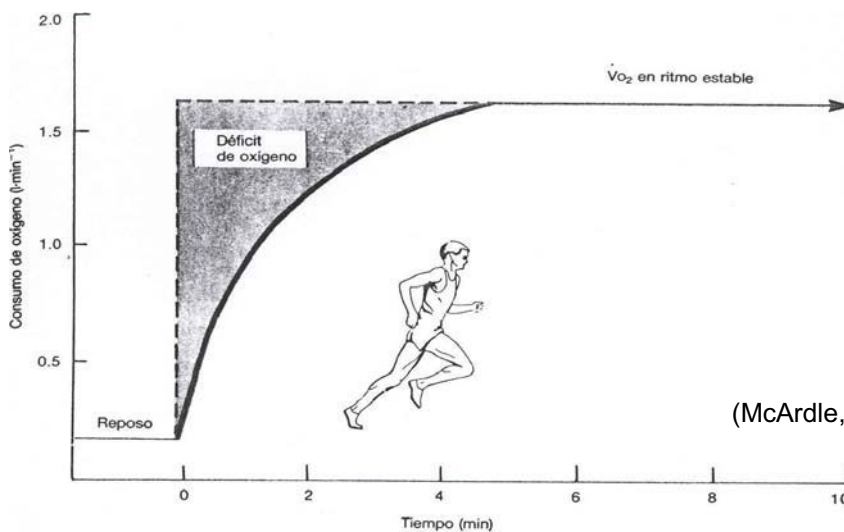
El hecho de que los depósitos de glucógeno muscular sean limitados, en cuanto a cantidad, da lugar a que en la medida de lo posible, y siempre que genere suficiente energía (ejercicios largos y de baja intensidad) el músculo tiende a utilizar grasa.

La energía para el ejercicio es una mezcla continua de los sistemas energéticos con una superposición considerable de un modo de transferencia de uno sobre otro y lo que va a variar es que la aportación de cada uno en la realización de un ejercicio determinado es diferente.



(Wilmore y Costill, 1999)

Consumo de oxígeno: para que el organismo pueda cumplir sus funciones se necesita un **consumo de oxígeno basal**. Es decir, incluso estando tumbados, hay actividades (respiración, digestión, funcionamiento cardíaco,...) que necesitan aporte de oxígeno. Este consumo de oxígeno basal será una parte del consumo de oxígeno que valoramos cuando hacemos una medición en un ejercicio y se considera que es un valor que se mantiene constante en reposo y en esfuerzo.

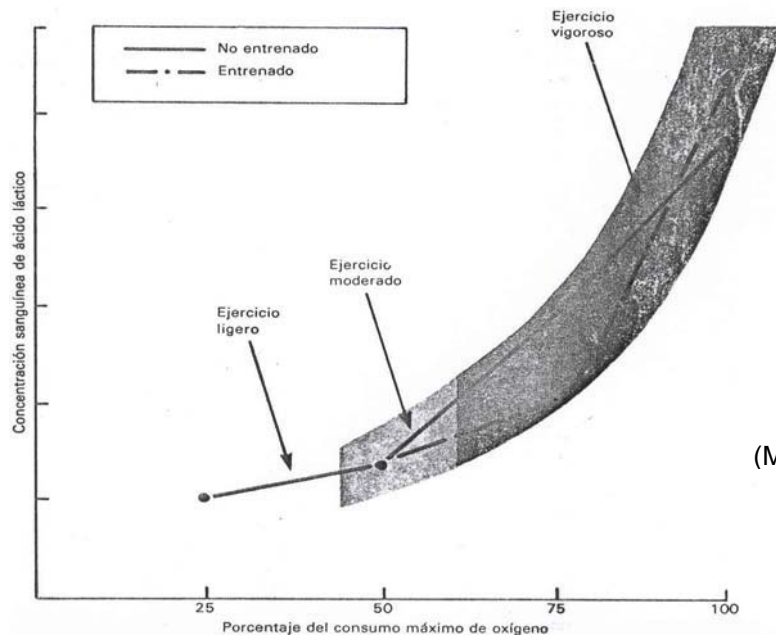


(McArdle, F.Katch, V.Katch, 1990)

Cuando realizamos un ejercicio, necesitamos un aporte extra de oxígeno para que se puedan llevar a cabo las reacciones necesarias para que se produzca el movimiento. El consumo de oxígeno aumenta rápidamente durante la primera fase del ejercicio, luego llega a una **meseta** y se mantiene más o menos estable hasta el final del ejercicio. Esta meseta refleja un equilibrio entre la energía requerida por los músculos que trabajan y el ritmo de producción de ATP mediante el metabolismo aeróbico.

El punto en el que el consumo de oxígeno llega a la meseta y no aumenta, o lo hace sólo ligeramente, al aumentar la intensidad del ejercicio, se llama **consumo máximo de oxígeno**. Se supone que esto representa la capacidad de la persona para resintetizar el ATP de manera aeróbica. Sólo se consigue trabajo adicional con las reacciones de glucólisis anaeróbicas con la formación consecuente ácido láctico. En estas condiciones el deportista pronto se agotará.

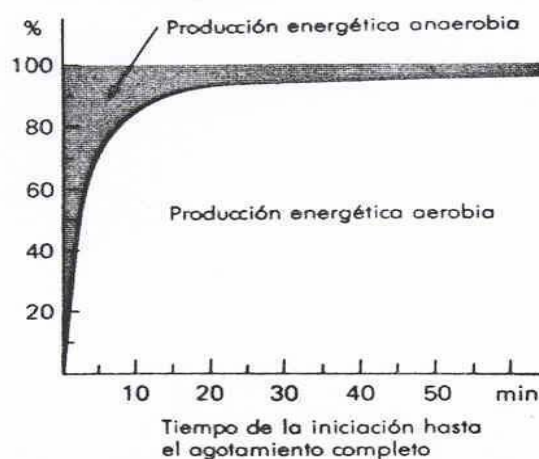
Umbral anaeróbico: es el punto de máxima intensidad, donde el ácido láctico se está produciendo pero no llega a acumularse en sangre. En esfuerzos de baja intensidad también va a haber producción de lactato, pero éste puede ser eliminado y así, no acumularse.



(McArdle, F.Katch, V.Katch, 1990)

Una vez que se supera el umbral anaeróbico toda la energía que se forma no procede sólo del metabolismo anaeróbico, ya que el consumo de oxígeno todavía no ha llegado a su máximo y según aumenta la intensidad de trabajo por encima del umbral, también aumenta el consumo de oxígeno. Una vez sobre pasado este punto de potencia máxima aeróbica (la potencia que se desarrolla cuando se alcanza el Consumo Máximo de Oxígeno) todo aumento de intensidad va a ser debido a un aumento de formación de energía por vía anaeróbica exclusivamente.

Déficit de oxígeno: la curva del consumo de oxígeno, al principio del ejercicio, no aumenta instantáneamente hasta llegar al ritmo estable; de hecho, en las etapas iniciales del trabajo, el consumo de oxígeno está por debajo del ritmo estable.



(McArdle, F.Katch, V.Katch, 1990)

Este déficit, cuantitativamente, puede considerarse como la diferencia entre el oxígeno total consumido durante el ejercicio y el total que se habría consumido si se hubiese alcanzado un ritmo estable de metabolismo aeróbico inmediatamente al principio.

La energía proporcionada durante la fase deficitaria del ejercicio representa la energía no aeróbica (la de los fosfatos y la de la glucólisis anaeróbica) que se utiliza hasta llegar al estado estable.

Generalmente se observa que el consumo de oxígeno durante el ejercicio ligero y moderado es similar en los sujetos entrenados y los no entrenados una vez alcanzado el ritmo estable. Sin

embargo, la persona entrenada llega al ritmo estable más rápidamente y tiene una deuda de oxígeno menor para el mismo ejercicio comparada con la persona no entrenada.

Dependiendo de la deuda de oxígeno el **tipo de recuperación** más indicado va a variar:

- para la mayoría de las personas, el ejercicio ejecutado a un consumo de oxígeno que está por debajo del 50 – 60 % de consumo máximo de oxígeno puede realizarse a un ritmo estable con poca acumulación de ácido láctico. La recuperación después de este ejercicio implica la resíntesis de los fosfatos, la reposición de O₂, los líquidos corporales, la mioglobina muscular y energía para mantener la circulación y la ventilación. La recuperación, en este caso, es más rápida con procedimientos pasivos, porque el ejercicio sólo servirá para aumentar el metabolismo total. La deuda de oxígeno puede estar compensada 30 segundos.
- cuando la intensidad del ejercicio es mayor que la que se puede mantener en ritmo estable, habrá una producción de ácido láctico mayor que la que se puede eliminar por lo que se irá acumulando. La recuperación activa facilita, más que la recuperación pasiva, la eliminación del ácido láctico. El tiempo necesario para compensar la deuda de oxígeno puede llegar a ser de 24 horas.

2.2. ADAPTACIÓN Y RESPUESTA DEL SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO AL EJERCICIO

El buen funcionamiento celular requiere un medio interno constante. Este estado que se consigue gracias a la existencia de un sistema circulatorio, cuya bomba, el corazón, por medio de la sangre, se encarga de aportar sustancias nuevas y de retirar los productos ya inservibles. Todo este sistema debe sufrir determinadas modificaciones cuando se pasa de una situación basal o de actividad normal a una situación de actividad muscular.

Los cambios que se van a observar son, sobre todo, a nivel de: redistribución sanguínea, gasto cardíaco y presión arterial.

2.2.1. REDISTRIBUCIÓN SANGUÍNEA

Cuando se realiza un trabajo muscular importante, el flujo de sangre hacia los músculos debe incrementarse. Por esto será necesario una vasodilatación de los vasos que los irrigan, así como de los del corazón y de la piel (para disipar el calor), principalmente. En ambientes calurosos el porcentaje de sangre que va a la piel para perder calor es mayor por lo que el rendimiento en estas circunstancias será menor.

Por el contrario, se producirá una vasoconstricción, o cierre de los vasos (con lo que llegará menos sangre) en aquellos órganos que en ese momento no realizan una función urgente, como es el caso p. ej. riñones, hígado, estómago, ...y así se desviará la sangre hacia las zonas más necesitadas.

En el cerebro no va a haber variación de flujo.

Se ha comprobado que la redistribución del flujo sanguíneo gastrointestinal hacia los músculos en actividad es menos acusada después de una comida que antes de la misma. Esto sugiere que es muy importante programar las comidas antes de una competición o entreno.

Riego sanguíneo del corazón: el riego del corazón se realiza mediante la circulación coronaria. En situación de reposo es de unos 250 mL/min lo que supone que en ejercicio, para satisfacer sus necesidades, se debe incrementar el flujo sanguíneo entre 4 y 5 veces.

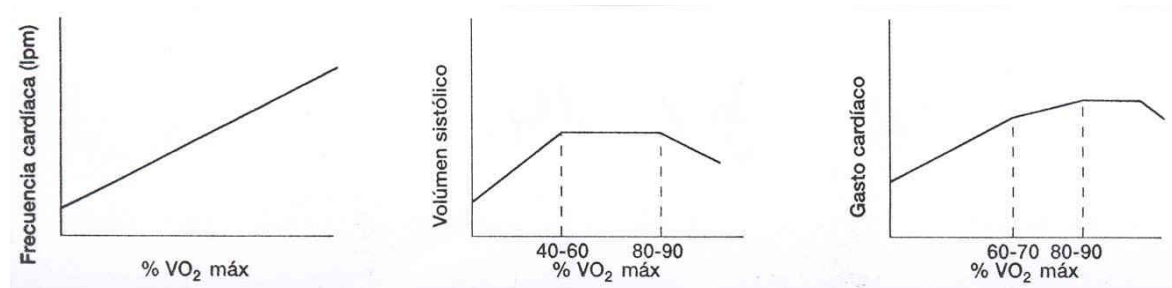
El corazón depende casi por completo del metabolismo aerobio para la obtención de la energía. La glucosa, los ácidos grasos y el ácido láctico producido en los músculos esqueléticos activos son los sustratos metabólicos utilizados por el miocardio. En el ejercicio la utilización del ácido láctico y de los ácidos grasos aumenta, de forma que se conserven los hidratos de carbono para ser utilizados por el músculo esquelético y por el cerebro, ya que para éste es el sustrato metabólico de elección.

2.2.2. GASTO CARDÍACO

El gasto cardíaco es el volumen de sangre que se proyecta a la aorta cada minuto. Este parámetro aumenta con el ejercicio: durante la transición del reposo al ejercicio, el gasto aumenta rápidamente al principio para llegar a una meseta. La magnitud del aumento inicial y del nivel de la meseta dependen de la intensidad del ejercicio; terminado éste, el gasto decrece gradualmente hasta llegar al nivel de reposo.

El incremento del gasto cardíaco se hace a expensas de las modificaciones en el volumen sistólico y frecuencia cardíaca.

$$\text{GASTO CARDÍACO} = \text{VOLUMEN SISTÓLICO} \times \text{FRECUENCIA CARDIACA}$$



(López Chicharro; Fdez.Vaquero, 2001)

Volumen sistólico: es el volumen de sangre que bombea cada ventrículo en cada latido o contracción cardíaca. No es un valor constante pues varía según el retorno venoso.

Este volumen en reposo oscila entre 70 y 150 mL y, durante el ejercicio, puede llegar a 180 – 190mL llegando a una meseta similar a la del gasto cardíaco.

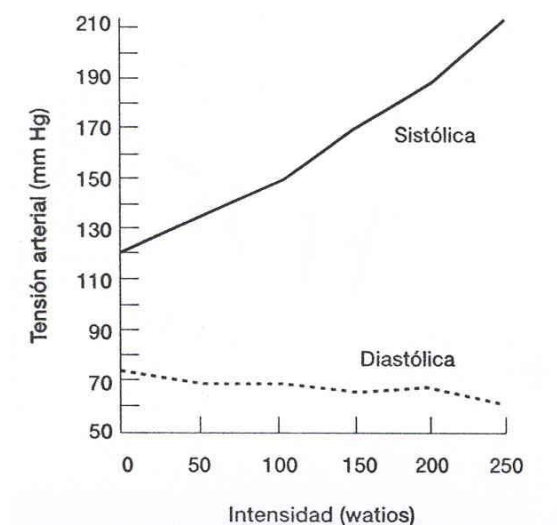
Una vez llegado al valor máximo de volumen sistólico, el gasto cardíaco puede seguir aumentando a expensas de la frecuencia cardíaca.

Frecuencia cardíaca: es el número de contracciones cardíacas en un minuto. La realización de ejercicio aumenta la frecuencia cardíaca. Este fenómeno dependerá de muchos factores: tipo de ejercicio, estado físico, estado emocional, temperatura,...

2.2.3. PRESIÓN ARTERIAL

Al examinar las diferencias en la presión arterial durante el ejercicio, hay que distinguir entre la presión arterial sistólica y la diastólica.

(Chicharro; Fdez.Vaquero, 2001)



Presión arterial sistólica: es la fuerza con la que la sangre empuja contra las paredes arteriales cuando se contraen los ventrículos.

Esta presión aumenta en proporción directa a la intensidad del ejercicio. Este aumento es la consecuencia del mayor gasto cardíaco que acompaña a intensidades crecientes de esfuerzo.

Las respuestas de la tensión arterial al ejercicio varían:

- en ejercicios isométricos la presión sistólica sube mucho.
- en ejercicios de igual intensidad, el uso de la musculatura de la parte superior del cuerpo produce un mayor aumento de la presión arterial sistólica.

Presión arterial diastólica: es la fuerza de la sangre cuando los ventrículos están relajados por lo que, en principio, no aumenta.

2.3. ADAPTACIÓN Y RESPUESTA DEL SISTEMA RESPIRATORIO AL EJERCICIO

La respiración es una función vital del organismo que tiene como fin primordial el aporte de oxígeno desde la atmósfera hasta los tejidos y la eliminación de anhídrido carbónico desde éstos al exterior.

El proceso respiratorio se puede dividir en dos fases:

1º Externa: se lleva a cabo en tres fases.

a) ventilación pulmonar: significa intercambio de aire (entrada y salida) entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares

b) difusión y perfusión del O₂ y CO₂ entre alvéolos y sangre (paso a través de la membrana respiratoria)

c) transporte de O₂ y CO₂ en la sangre y líquidos corporales hasta las células y viceversa.

2º Interna: o respiración celular.

Como ocurre en el aparato cardiocirculatorio, la actividad física exige una serie de cambios o modificaciones del sistema respiratorio (mayor demanda de O₂ y mayor eliminación de CO₂). Las más importantes ocurren en:

2.3.1. CIRCULACIÓN PULMONAR

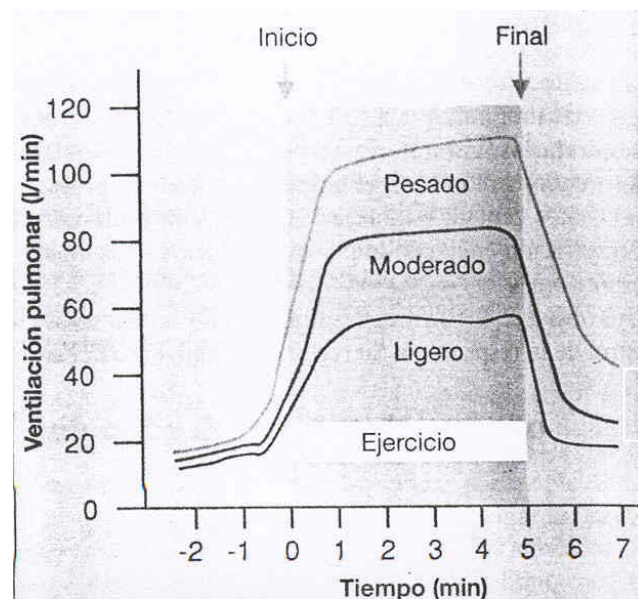
Durante el esfuerzo el flujo de sangre de los pulmones aumentará en la misma medida que el gasto cardíaco. Además, las resistencias de los vasos pulmonares disminuyen. Esto posibilita que sea posible aumentar (con el ejercicio) en 5 ó 6 veces el flujo sanguíneo de los pulmones de reposo.

2.3.2. VENTILACIÓN PULMONAR

El indicador más importante de la ventilación pulmonar es el volumen / minuto (l/min).

Este parámetro también tiene que adecuarse a la intensidad del ejercicio y lo hace aumentando según que aumenta la intensidad del ejercicio. Ese aumento se puede conseguir aumentando tanto el volumen corriente (volumen de aire inspirado o espirado en cada respiración) como la frecuencia respiratoria (número de respiraciones por minuto).

$$\text{VOLUMEN MINUTO} = \text{VOLUMEN CORRIENTE} \times \text{FRECUENCIA RESPIRATORIA}$$



(Wilmore y Costill, 1999)

Cuando la intensidad del esfuerzo es baja o media, hay una relación directa entre esta intensidad y la ventilación. Cuando la intensidad del ejercicio es alta, esta relación directa, desaparece. Parece ser que este punto de inflexión en la respiración está en relación con el umbral anaeróbico respiratorio.

2.3.3. INTERCAMBIO GASEOSO

Se llama intercambio gaseoso al paso de O_2 desde los alvéolos a la sangre y del CO_2 de la sangre a los alvéolos.

El índice de valoración de este proceso de intercambio se llama "coeficiente de difusión". Las moléculas de gas difunden por sus gradientes de concentración desde un área de concentración mayor (presión más alta) a una de concentración menor (presión más baja). El proceso de difusión es muy rápido, en condiciones normales, produciéndose un movimiento de moléculas gaseosas a través de la membrana alvéolo-capilar. Este proceso depende del espesor de la membrana, de su superficie, del gradiente de presión,...

En el ejercicio el intercambio gaseoso aumenta sobre todo porque aumentan las presiones parciales de los gases: la composición de gas alveolar permanece bastante constante, pero en la sangre venosa, la concentración de O_2 es menor y la de CO_2 es mayor que en condiciones de reposo.

2.4. RESUMEN

- La fisiología del esfuerzo estudia los mecanismos encaminados a restablecer el equilibrio homeostático en cuanto el cuerpo inicia una determinada actividad.
- Metabolismo es la utilización que las células hacen de los alimentos una vez que han sido digeridos, absorbidos y transportados hasta las células.
- El ATP es la moneda energética del organismo: almacena, da y recibe energía de todas las células del cuerpo.
- Cuando la reserva de ATP y PC se acaba, la energía o los ATPs se obtienen por la metabolización de los componentes de los alimentos: hidratos de carbono, proteínas y grasas.
- El metabolismo de los hidratos de carbono puede ser aeróbico y anaeróbico. El metabolismo anaeróbico se pone en marcha más rápidamente y produce más energía relativa (en un tiempo determinado) y menos absoluta (total). El metabolismo aeróbico, al revés.
- Los metabolismos de las grasas y proteínas son principalmente aeróbicos.
- Para mantener las células vivas se necesita energía, pero para realizar movimientos, se necesita más. Esta energía se va a obtener por medio de los diferentes metabolismos. Aunque todos los metabolismos se ponen en marcha a la vez, dependiendo del tipo de ejercicio, siempre hay uno predominante.
- En los ejercicios cortos e intensos la energía que se utiliza es la de la reservas de ATP y PC.
- Para realizar ejercicios de más de 10 segundos y menos de 3 minutos, se utiliza, principalmente, el metabolismo anaeróbico de los hidratos de carbono con producción de ácido láctico. Las limitaciones de este sistema son la reserva de glucógeno y la acumulación de ácido láctico.
- Para realizar ejercicios más largos, así como para mantener la postura, el ritmo cardíaco,...., se utiliza el metabolismo aeróbico de los hidratos de carbono y de las grasas.
- En el ejercicio, el sistema cardiocirculatorio se tiene que adaptar a las necesidades de las células, y lo hace produciendo una redistribución sanguínea, un aumento del gasto cardíaco y un aumento de la presión arterial sistólica.
- El sistema respiratorio, por su parte, va a aumentar el flujo sanguíneo a los pulmones y la ventilación pulmonar; también mejora el intercambio gaseoso.

3. DIFERENCIAS ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS EN FUNCIÓN DE LA EDAD (6-16 AÑOS) Y SEXO, QUE DEBEN SER CONSIDERADAS EN LA PRÁCTICA DEPORTIVA.

- 3.1. Edad cronológica y biológica. Valoración del estado madurez
 - 3.1.1. Maduración ósea
 - 3.1.2. Estudio de los caracteres sexuales
 - 3.1.3. Activación del crecimiento
- 3.2. Características anatómicas del aparato locomotor en el niño y la niña
 - 3.2.1. Huesos
 - 3.2.2. Músculo
 - 3.2.3. Grasa
 - 3.2.4. Sistema nervioso
- 3.3. Características fisiológicas en el niño y niña
 - 3.3.1. Habilidad motora
 - 3.3.2. Fuerza
 - 3.3.3. Función pulmonar
 - 3.3.4. Función cardiovascular
 - 3.3.5. Capacidad aeróbica
 - 3.3.6. Capacidad anaeróbica
 - 3.3.7. Tensión térmica
- 3.4. Resumen

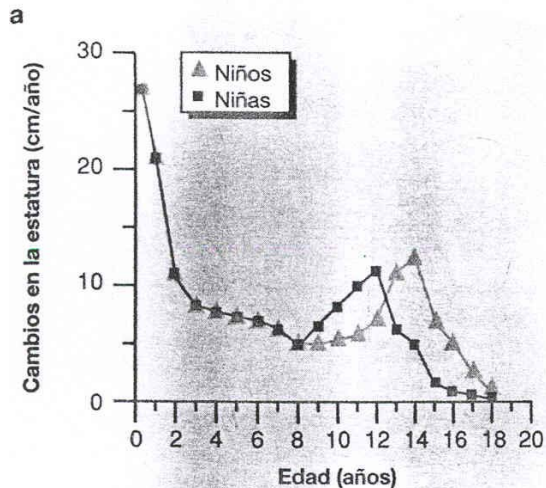
Con la creciente popularidad del deporte juvenil y el énfasis por incrementar el nivel de preparación física de los niños y niñas, es preciso conocer las **bases fisiológicas del crecimiento** (el crecimiento hace referencia al incremento del tamaño corporal o de cualquiera de sus partes) **y del desarrollo** (hace referencia a los cambios funcionales). El crecimiento y el desarrollo de sus huesos, músculos, nervios y órganos dictan en gran parte sus capacidades fisiológicas. **Cuando los niños y niñas aumentan su tamaño, también lo hacen casi todas sus capacidades funcionales.** Es importante tener en cuenta estas premisas a la hora de plantearse el trabajo físico con niños y niñas y tener presente siempre que el trabajo va dirigido a **organismos en evolución** que todavía no han completado su desarrollo y por lo tanto no pueden ser tratados como personas adultas. Un mal enfoque en el terreno deportivo puede convertir la actividad física en un factor negativo para el crecimiento armónico del niño y niña.

Crecimiento: es un proceso biológico en el que se produce un aumento en el número y tamaño de las células

Desarrollo: es un concepto fisiológico que indica la derivación progresiva de órganos y tejidos, con adquisición y perfeccionamiento de sus funciones.

Maduración: es el nivel de desarrollo alcanzado en un momento determinado.

Existen ciertas peculiaridades según el **Estadio** en el que se encuentre el individuo ya que el crecimiento es un proceso continuo pero irregular (aunque para el estudio de estos procesos se fijan unos estadios y unas edades, estas pautas de crecimiento no siempre son así, ya que cada niño y niña tiene su ritmo):



(Wilmore y Costill, 1999)

- estadio de la lactancia: período de cambio rápido
- estadio de crecimiento escolar: corresponde a la época de párvulo y escolar y está caracterizada por un gradual desaceleración del ritmo de crecimiento lineal y una aceleración en la curva del peso (4 a 12)
- estadio del cambio inducido por hormonas sexuales que se encuentra en la pubertad y adolescencia (12 a 18): es el estadio del estirón o crecimiento acelerado. El desarrollo de este Estadio está determinado por la acción de las hormonas.

3.1. EDAD CRONOLÓGICA Y BIOLÓGICA. VALORACIÓN DEL ESTADO MADUREZ

Al ver un equipo alevín, cadete o infantil, se puede apreciar la diferencia que hay entre los niños o niñas: algunos/as pequeños/as, con aspecto infantil, otros/as altos/as y fuertes, es decir, hay todas las variaciones posibles entre los niños o niñas de la misma edad cronológica (es la edad establecida por la fecha de nacimiento). Cada edad cronológica puede tener un grado de maduración diferente (edad biológica) y éste, va a ser diferente en cada caso (el ritmo de maduración es propio de cada persona).

Por lo dicho anteriormente, se llega a la conclusión de que la edad biológica puede estar adelantada o retrasado con respecto a la edad cronológica. En el mundo del deporte hay que estar atento para interpretar correctamente estos cambios: un estado de madurez adelantado no quiere decir que ese niño o niña tenga unas facultades especiales, y al contrario, un estado de madurez tardío, no quiere decir que ese niño o niña vaya a tener dificultades para la práctica de ese deporte.

La utilización de la edad cronológica como índice de participación en actividades físicas no es demasiado acertado ya que puede conllevar que niños o niñas inmaduras fisiológicamente participen con otros y otras más maduras, con el consiguiente riesgo de lesiones, frustraciones psicológicas,...por parte de los más débiles. Por lo tanto, las variaciones en el ritmo de crecimiento y maduración invalidan la edad cronológica como un índice satisfactorio de capacidad física.

Aunque hasta hace poco, en el mundo del deporte, era la percepción lo que servía para valorar lo anteriormente expuesto, ahora se utilizan más unos datos objetivos que son más fiables para medir esas diferencias.

No hay unanimidad a la hora de llegar a un acuerdo sobre qué parámetro o parámetros son los más indicados para valorar el estado de maduración (hay autores que proponen el estudio de la fuerza muscular obtenida por dinamometría de ambas manos,...) pero los signos más utilizados son: madurez ósea, aparición de los caracteres sexuales secundarios y activación del crecimiento.

3.1.1. MADURACIÓN ÓSEA

La maduración ósea es un proceso que se lleva a cabo de una forma precisa y que se puede prever. Para hacer esta valoración se utiliza la radiografía de la mano y muñeca izquierda. En una radiografía de este tipo hay muchos núcleos óseos por lo que se puede obtener mucha información. Es un método en el que no se expone a radiación ningún órgano vital y que técnicamente, es sencillo.

Para hacer la valoración se pueden utilizar un método cualitativo (Greulich y Pyle) o cuantitativo (Tanner y Whitehouse) siendo la edad ósea, dato fisiológico, el resultado final del estudio.

Con la edad ósea también se puede hacer un pronóstico de talla.

En el mundo de la Medicina del Deporte cada vez se utilizan más este tipo de estudio para encaminar correctamente a las chicas y a los chicos en el mundo del deporte.

3.1.2. ESTUDIO DE LOS CARACTERES SEXUALES

La valoración del estado de madurez sexual se realiza valorando los siguientes factores:

- **en la mujer:** desarrollo mamario, aparición de vello pubiano y la menarquía, es decir, la aparición de la primera menstruación (ésta es la señal más significativa en la mujer).
- **en el hombre:** desarrollo de los caracteres sexuales masculinos secundarios (aumento del tamaño de los testículos, aumento del escroto, la voz se hace más grave,...) y la aparición del vello pubiano.

Tanner describe 5 fases para cada uno de los tres rasgos.

3.1.3. ACTIVACIÓN DEL CRECIMIENTO

En la pubertad aumenta la concentración de hormona de crecimiento por lo que este estadio se corresponde con el crecimiento más rápido de la altura o estirón. En las chicas va tener lugar más ó menos 2 años antes que en los chicos.

Desde el punto de vista del deporte hay que tenerlo muy en cuenta ya que en este período, el aparato locomotor, muestra una debilidad especial.

3.2. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL APARATO LOCOMOTOR EN EL NIÑO Y LA NIÑA

En el proceso de crecimiento del aparato locomotor va a haber algunas características que **no** vamos a encontrar en la persona adulta.

3.2.1. HUESOS

Los huesos, las articulaciones, los cartílagos y los ligamentos forman el soporte estructural del cuerpo. Los huesos proporcionan puntos de fijación para los músculos, protegen los tejidos delicados, actúan como reservas de calcio y fósforo y algunos intervienen en la formación de los glóbulos rojos.

Al comienzo del desarrollo fetal casi todos los huesos comienzan a desarrollarse a partir de cartílagos. Luego, durante los primeros 14 ó 20 años de vida, las membranas y los cartílagos se transforman en huesos a través del proceso de osificación.

Al nacer, cada uno de nuestros huesos largos tiene una **diáfisis** ósea y dos **epífisis** cartilaginosas. Poco después del nacimiento las epífisis se osifican quedando un disco cartilaginoso entre la epífisis y la diáfisis que se llama **cartílago de conjunción o metáfisis** (este cartílago permite que los huesos se alarguen a medida que se crece).

Cuando la osificación se completa (el disco cartilaginoso se va osificando poco a poco), los cartílagos desaparecen, el hueso deja de crecer y la epífisis y diáfisis se fusionan.

La edad en la que los diferentes huesos completan la osificación varía mucho pero se puede decir que los huesos suelen empezar a fusionarse antes de los 13 años y que para los 20 – 22 están todos fusionados. Generalmente, las niñas alcanzan la plena madurez ósea 2 – 3 años antes que los niños.

El hueso es un tejido vivo que necesita nutrientes esenciales, por lo que recibe un rico aporte de sangre. Uno de los principales nutrientes para el hueso, en estas edades, es el calcio ya que la estructura dura y densa del hueso es debido a los depósitos de este mineral. El ejercicio, junto con una dieta adecuada, es esencial para un crecimiento óseo apropiado. El ejercicio afecta

principalmente a la anchura, la densidad y la fuerza ósea, pero tiene poco o ningún efecto sobre la longitud.

El mayor riesgo de los huesos inmaduros es el potencial de sufrir lesiones en el cartílago de conjunción. Las fracturas en este lugar (más frágil que las zonas ya osificadas) pueden trastornar y afectar al proceso de crecimiento.

3.2.2. MÚSCULO

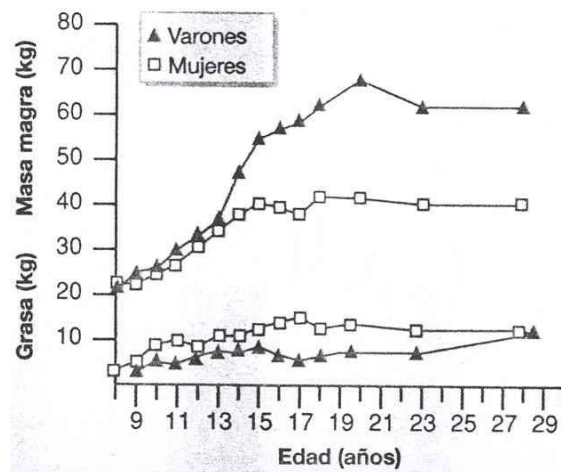
Desde el nacimiento hasta la adolescencia, la masa muscular aumenta de forma sostenida junto con la ganancia de peso en el niño y niña. Este aumento de la masa muscular con el crecimiento y el desarrollo se consigue principalmente mediante la hipertrofia (aumento de la tamaño) de las fibras existentes y con poca o ninguna hiperplasia (incremento del número de fibras).

En los niños, el ritmo de incremento de la masa muscular alcanza su punto máximo en la pubertad, cuando la producción de testosterona aumenta espectacularmente. Las niñas no experimentan este fuerte incremento de masa muscular. Esta diferencia de ritmos se atribuye en gran medida a diferencias hormonales en la pubertad.

La masa muscular llega al máximo en las chicas entre las edades de 16 y 20 años, y en los chicos entre los 18 y los 25 años, aunque puede incrementarse más mediante la dieta y el ejercicio.

En la relación hueso / músculo, al revés de lo que pasa en el adulto, el músculo es más fuerte ya que el hueso tarda en madurar y el músculo, en estas edades, con entrenamiento, puede aumentar su fuerza.

3.2.3. GRASA



Todas las células grasas pueden aumentar su número y su tamaño a cualquier edad (desde el nacimiento hasta la muerte). La intensidad de acumulación de grasa va depender de los hábitos dietéticos, del ejercicio y de la herencia.

Al nacer, entre el 10% y el 12% del peso total es grasa; este porcentaje, al llegar a la madurez física, puede ser del 15% en los hombres y del 25% en las mujeres. Esta diferencia se debe, sobre todo, a diferencias hormonales. Cuando las niñas llegan a la pubertad, sus niveles de estrógenos aumentan, lo cual favorece el aumento de los depósitos de grasa.

(Wilmore y Costill, 1999)

3.2.4. SISTEMA NERVIOSO

La mielinización de las fibras nerviosas (la mielina es una vaina que recubre muchas fibras nerviosas y que contribuye a que el impulso se transmita más rápidamente) debe haberse completado antes de que se puedan producir reacciones rápidas y movimientos hábiles, porque la conducción de un impulso a lo largo de una fibra nerviosa es considerablemente más lenta si la mielinización no existe o es incompleta.

La mielinización de la corteza cerebral tiene lugar con mucha rapidez durante la infancia, pero continua hasta mucho después de la pubertad. Aunque la práctica de una actividad o técnica puede mejorar el rendimiento hasta un cierto punto, el pleno desarrollo de la actividad o de la técnica depende de la plena maduración (y mielinización) del sistema nervioso.

El equilibrio, la agilidad y la coordinación mejoran a medida que el sistema nervioso de los niños y niñas se desarrolla.

3.3. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS EN EL NIÑO Y NIÑA

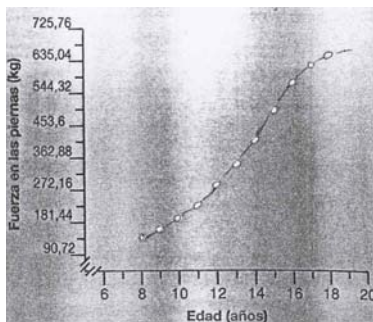
Los procesos de adaptación fisiológica del niño y niña no son siempre los mismos que en las personas adultas.

3.3.1. HABILIDAD MOTORA

La habilidad motora de los chicos y de las chicas aumenta con la edad durante los primeros 18 años, aunque las chicas tienden a estabilizarse aproximadamente en la edad de la pubertad en la mayoría de los casos. Estas mejoras son como consecuencia, sobre todo, del desarrollo de los sistemas neuromusculares y endocrinos.

La estabilización que se produce en las niñas se debe probablemente a unos mayores niveles de estrógenos, lo cual facilita una mayor deposición de grasa, así como a la típica adopción por parte de las niñas de un estilo de vida sedentario. Esta menor habilidad motora hace que para un mismo esfuerzo, el niño o niña necesite más energía que la persona adulta.

3.3.2. FUERZA



La fuerza mejora cuando la masa muscular aumenta con la edad. Se alcanza el máximo de fuerza generalmente a la edad de 20 años en las mujeres y entre los 20 y 30 años en los hombres.

Los cambios hormonales que acompañan a la pubertad conllevan notables incrementos de fuerza en los hombres pubescentes; sin embargo, las mujeres experimentan un incremento más gradual en fuerza y no muestran un cambio marcado con la pubertad. También se ha observado que la amplitud del desarrollo y la capacidad de rendimiento de los músculos dependen de la madurez relativa del sistema nervioso (madurez que coincide con la madurez sexual).

(Wilmore y Costill, 1999)

3.3.3. FUNCIÓN PULMONAR

La función pulmonar cambia notablemente con la edad: todos los **volúmenes pulmonares** aumentan hasta que el crecimiento se completa; los ritmos de **flujo máximo**, igual.

La ventilación minuto máxima (ventilación más elevada que puede lograrse durante la realización de ejercicios agotadores en un minuto) aumenta con la edad hasta el momento en el que se alcanza la madurez física.

P. ej., la ventilación máxima es de promedio de unos 40 l/min en los niños de 6 años y aumenta hasta situarse entre 110 – 140 l/min con la plena madurez. Las niñas siguen el mismo modelo pero sus valores absolutos permanecen más bajos debido, sobre todo, a su menor tamaño.

Estos cambios están asociados con el crecimiento del sistema pulmonar, que sigue en paralelo el modelo de crecimiento general de los niños y niñas.

3.3.4. FUNCIÓN CARDIOVASCULAR

La función cardiovascular sufre numerosos cambios conforme el niño o la niña crece y va cumpliendo años. Algunos de estos cambios durante la realización de ejercicios son:

- la **presión arterial** mientras se está en reposo y durante la realización de ejercicios submáximos es menor en el niño y la niña que en la persona adulta (es proporcional al tamaño corporal) pero se incrementa hasta llegar a los valores de las personas adultas al aproximarse a los 20 años de edad.

- ❑ el **flujo sanguíneo** hacia los músculos activos durante el ejercicio, en los niños y las niñas, puede ser mayor que en las personas adultas, porque los niños y las niñas tienen menos resistencias periféricas.
- ❑ el menor tamaño del corazón de un niño o niña y el volumen sanguíneo total producen un **volumen sistólico** menor, tanto en reposo como durante el ejercicio (tanto submáximo como máximo), que una persona adulta. A medida que el niño o niña va cumpliendo años, el tamaño del corazón y el volumen de sangre, aumentan junto con el tamaño del cuerpo. En consecuencia, para la misma intensidad absoluta de esfuerzo también aumenta el volumen sistólico.
- ❑ en un intento por compensar esto, la respuesta de la **frecuencia cardíaca** del niño o la niña a una intensidad determinada de esfuerzo submáximo y máximo es mayor que en la persona adulta, pero disminuye linealmente a medida que van cumpliendo años.
- ❑ no obstante, la mayor frecuencia cardíaca no puede compensar completamente el menor volumen sistólico. Por esto, el **gasto cardíaco** del niño y la niña es menor que en la persona adulta para la misma intensidad de esfuerzo absoluto; cuando el niño y la niña es responsable de mover solamente su masa corporal, este menor gasto cardíaco no es una grave limitación.
- ❑ para mantener un adecuado **consumo de oxígeno** durante la realización del esfuerzo, la diferencia arteriovenosa de oxígeno de un niño o niña aumenta para compensar el menor volumen sistólico (este aumento de la diferencia arteriovenosa puede deberse a un mayor flujo sanguíneo hacia los músculos activos).

$$\begin{aligned}\text{CONSUMO DE OXÍGENO} &= \text{GASTO CARDÍACO} \times \text{DIF. ARTERIO-VENOSA} \\ \text{GASTO CARDÍACO} &= \text{VOLUMEN SISTÓLICO} \times \text{FRECUENCIA CARDIACA}\end{aligned}$$

3.3.5. CAPACIDAD AERÓBICA

Conforme las funciones pulmonar y cardiovascular mejoran con el continuo desarrollo, también lo hace la capacidad aeróbica.

Cuando el consumo máximo de oxígeno es expresado en **l/min** (es decir, en términos absolutos, sin relacionarlo con el peso del niño o niña) es más bajo que en las personas adultas. Ello se debe principalmente a la menor capacidad del gasto cardíaco máximo del niño o niña. Este parámetro va incrementando a medida que lo hacen la función pulmonar y cardiovascular que acompañan al crecimiento, llega a su punto más alto entre los 17 y los 21 años en los hombres y entre los 12 y los 15 en las mujeres, y después, se reduce de forma sostenida.

Cuando el consumo máximo de oxígeno se expresa en relación con el peso corporal (es decir, en términos relativos, **ml/min/kg**) hay poca o ninguna diferencia con la persona adulta y puede no proporcionar una estimación precisa de la capacidad aeróbica.

El menor valor del consumo máximo de oxígeno limita la capacidad de resistencia a menos que el peso corporal del niño o niña constituya la principal resistencia al movimiento, como en el caso de las carreras de fondo; en este caso, el rendimiento del niño o niña es también inferior a la de la persona adulta pero debido a las diferencias en la economía del esfuerzo.

3.3.6. CAPACIDAD ANAERÓBICA

La capacidad del niño y niña para llevar a cabo actividades anaeróbicas es limitada.

Un niño o niña tiene una **capacidad glucolítica** menor, posiblemente debido a una cantidad limitada de alguna enzima, a una capacidad limitada de almacenaje de glucógeno y a unos niveles bajos de testosterona, con lo cual va a haber una producción menor de ácido láctico.

Sin embargo, el **umbral de lactato**, cuando se expresa como un porcentaje del consumo máximo de oxígeno, no parece ser un factor limitante en los niños y las niñas porque los umbrales de lactato son similares, o incluso más elevados, que los de las personas adultas entrenadas de un modo similar.

La producción de **potencia anaeróbica** también es inferior en los niños y niñas y aumenta con el crecimiento y desarrollo, incluso cuando los valores se expresan en relación con el peso corporal.

3.3.7. TENSIÓN TÉRMICA

Parece ser que el niño y la niña tiene menor capacidad para disipar calor mediante la sudoración cuando hace ejercicio en un ambiente caluroso (las glándulas sudoríparas individuales de los niños y las niñas forman sudor más lentamente que las de las personas adultas y estas glándulas son menos sensibles a los incrementos de la temperatura del cuerpo que las de los adultos). En estas edades pueden aclimatarse al ejercicio en ambientes calurosos pero su ritmo de aclimatación es menor que el de los adultos.

Por otra parte, los niños y las niñas parece que tienen una mayor pérdida conductiva de calor, debido a una mayor relación superficie corporal / peso. Esto es la causa de que tengan mayor riesgo de sufrir hipotermias.

En conclusión, se debe considerar que los niños y las niñas, al hacer ejercicio en ambientes calurosos y en ambiente fríos, están sometidos a un mayor riesgo que las personas adultas.

3.4. RESUMEN

- ❑ Cada niño o niña lleva un ritmo propio de crecimiento y maduración propio y no siempre coinciden la edad biológica y la cronológica. Es muy importante tener en cuenta la edad biológica para evitar que el ejercicio tenga efectos perjudiciales en el niño o niña. De todas formas, se puede decir que las niñas maduran fisiológicamente entre 2 y 2.5 años antes que los niños.
- ❑ Una dieta inadecuada (p. ej. poco calcio) en un período de crecimiento puede tener consecuencias negativas en el crecimiento óseo. Lo mismo ocurre con la falta de ejercicio, ya que éste ayuda a depositar más mineral en la matriz ósea lo que incrementa la fuerza del hueso.
- ❑ La masa muscular, y por lo tanto la fuerza, aumentan de forma sostenida junto con el incremento de peso desde el nacimiento. En los niños el ritmo de crecimiento de la masa muscular alcanza su punto máximo en la pubertad, cuando la producción de testosterona aumenta. Las niñas no experimentan este fuerte incremento de la masa muscular. La masa muscular llega al máximo en los chicas entre las edades de 16 y 20 años y en los chicos entre los 18 y 25 años.
- ❑ Las células grasas pueden aumentar de tamaño y de número a lo largo de la vida. En las mujeres hay mayor acumulo de grasa, entre otros factores, por tener niveles de estrógenos altos y de testosterona bajos.
- ❑ La maduración sexual conlleva una maduración del sistema nervioso por lo que, en esta etapa, habrá una mejora de las habilidades motoras.
- ❑ Hasta la madurez física, la capacidad ventilatoria aumenta en proporción directa al tamaño corporal.
- ❑ El tamaño del corazón es proporcional al tamaño corporal y por lo tanto los niños y las niñas tienen un menor gasto cardíaco, aunque tengan una mayor frecuencia cardiaca.
- ❑ La capacidad aeróbica relativa del niño y la niña es semejante a la de la persona adulta aunque el rendimiento sea menor debido a una menor economía de carrera.
- ❑ La capacidad anaeróbica es menor en el niño y la niña.
- ❑ Hasta que se lleven a cabo estudios más exhaustivos, debe emplearse un enfoque conservador para los niños y las niñas que hacen ejercicio con temperaturas extremas (altas y bajas).

4. INDICACIONES BÁSICAS PARA UNA PRÁCTICA DEPORTIVA SALUDABLE

- 4.1. Medidas preventivas
 - 4.1.1. Reconocimiento médico
 - 4.1.2. Hábitos saludables
 - 4.1.3. Control deportivo
- 4.2. Lesiones
 - 4.2.1. Causas y factores predisponentes
 - 4.2.2. Lesiones más frecuentes
 - 4.2.3. Terapia básica en las lesiones
- 4.3. Primeros auxilios
 - 4.3.1. Accidentes más frecuentes
 - 4.3.2. Pérdida de consciencia

En esta cuarta parte se va a tratar el tema de la prevención de lesiones y el de primeros auxilios.

La palabra **prevención** hace referencia a todas las actuaciones destinadas a evitar daños, en este caso, al deportista de 6 – 16 años. Además de evitar daños, los hábitos saludables deben ir encaminados a proteger y fortalecer la salud para que se produzca un crecimiento normal.

Por otra parte, cuando en una actividad deportiva ocurre un accidente o se produce una lesión, suele ser una persona no técnica sanitaria la que realiza los **primeros auxilios**, por lo que se justifica que toda persona relacionada con la actividad física, debe conocer la problemática que plantean dichos accidentes por si se ven obligados, alguna vez, a prestar su colaboración o ayuda (es de sobra conocida la importancia de actuación rápida y correcta sea cual sea el grado de lesión).

Los temas a tratar en este apartado son:

- medidas preventivas: reconocimiento médico, hábitos saludables y control deportivo.
- lesiones: causas y factores predisponentes, lesiones más frecuentes y terapia básica.
- primeros auxilios.

4.1. MEDIDAS PREVENTIVAS

Los deportistas esperan que su salud y seguridad tenga la máxima prioridad en todo momento, por lo tanto, los profesionales del deporte deben tener en cuenta que es mejor prevenir un problema de salud que curarlo cuando se ha producido.

El profesional del deporte que tiene una relación más estrecha con el deportista entre 6 y 16 años de edad, es el entrenador, por lo que será responsable de evitar los factores predisponentes de las mismas y adoptar las medidas preventivas generales y específicas que evitarán en parte la producción de una lesión o al menos hará que ésta sea menos grave.

4.1.1. RECONOCIMIENTO MÉDICO

La evaluación del estado de salud de los deportistas puede dividirse en tres apartados:

4.1.1.1. REVISIÓN MÉDICA PRETEMPORADA

Los **objetivos** de esta revisión son:

- determinar si existen defectos o dolencias que puedan constituir un riesgo para el deportista.

- ❑ alertar al deportista sobre cualquier punto débil o desequilibrio para que pueda corregirlo.
- ❑ determinar si, a pesar de tener problemas declarados, un deportista puede participar con seguridad en ese deporte (si necesita tratamiento, más pruebas diagnósticas,...) y si no, indicar qué deporte puede ser el adecuado en su caso.

Una revisión médica **debe incluir**:

- ❑ una historia médica tanto personal como familiar.
- ❑ estudio antropométrico (peso, talla y porcentaje graso, por lo menos).
- ❑ una revisión física general: haciendo hincapié en el aparato locomotor (postura, apoyo plantar,...), aparato respiratorio y aparato cardiocirculatorio (incluyendo un electrocardiograma basal).
- ❑ es conveniente realizar una valoración en esfuerzo.
- ❑ pruebas complementarias en caso de que así se considere.

Tras el reconocimiento médico se debe solicitar un **informe** donde se indique si es apto o no, si hay limitaciones o aspectos a tener en cuenta para corregir, así como las revisiones o pruebas complementarias que se precisen, en caso de necesidad.

4.1.1.2. EVALUACIÓN DURANTE LA TEMPORADA

Tiene como objetivo observar los efectos y adaptaciones al entrenamiento y competición.

Aquí también se pueden incluir las consultas sin programar que se realizan cuando el deportista sufre una lesión o enfermedad.

4.1.2. HÁBITOS SALUDABLES

Además de los que señalan a continuación, aquí podemos hablar también de las **horas de sueño**, ingesta de **productos no recomendables** (alcohol, drogas, tabaco...).

4.1.2.1. HIGIENE PERSONAL Y DE LAS INSTALACIONES

Higiene personal: Aunque seguramente sea una misión de la familia el educar al deportista en este sentido, se debería incidir en:

- ❑ ducha después de entreno o competición (haciendo hincapié en hacerlo con agua templada, jabón y luego, un buen sacado).
- ❑ limpieza y secado de los pies para evitar la aparición de hongos, así como el uso de zapatillas de ducha.
- ❑ higiene bucal con el fin de evitar las caries.

Higiene de las instalaciones: Se debe exigir una instalación en buen estado (sobre todo el suelo), que tenga buena ventilación en caso de que sea una instalación cerrada y que disponga de vestuarios y ducha.

4.1.2.2 . MATERIAL DEPORTIVO ADECUADO

El material que se utilice debe ser el adecuado para cada deporte. Hay que tener en cuenta:

- ❑ la **ropa** debe ser la adecuada al tamaño del niño o la niña y a la temperatura.
- ❑ el **calzado deportivo** es considerado como un elemento esencial en la mayoría de actividades deportivas. La utilización de un calzado adecuado permite amortiguar correctamente los impactos que se producen durante la carrera y en el salto, disminuyendo de esta forma la intensidad de microtraumatismos que debe soportar el aparato locomotor, evitando o retrasando la aparición de lesiones. Cada deporte tiene unas necesidades concretas y exige

un calzado específico, que debe adaptarse a las características morfológicas del pie de cada deportista y a su comodidad personal.

La colocación de **elemento ortopédicos** de soporte en las zapatillas deportivas es de gran ayuda para compensar problemas biomecánicos.

- el **material sobre el que se realiza** el juego o actividad deportiva tiene que ser el adecuado. La superficie en la que se desarrolla la actividad deportiva, junto con el calzado utilizado, puede favorecer la aparición de algunos tipos de lesiones de sobrecarga. Se ha visto que el cambio a una superficie más dura y con menor poder de amortiguación aumenta la intensidad de los microtraumatismos que deben soportar huesos, músculos y articulaciones, facilitando que se produzcan lesiones.
- el **material que se utilice** (balón, bici, raquetas, medidas del campo...) tiene que adecuarse a las medidas del niño o la niña.

4.1.2.3. NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN ADECUADAS

Existen datos científicos de que la alimentación tiene gran influencia sobre la salud y el rendimiento deportivo. Es evidente que no hay dietas milagrosas pero sin embargo, sí hay hábitos inadecuados que pueden poner en peligro el rendimiento y la salud de un deportista.

No se puede hablar de dieta “normal” puesto que las diferencias culturales hacen que las dietas también lo sean, pero sí se puede hablar de una **dieta equilibrada**.

La finalidad de una dieta equilibrada es aportar la energía necesaria para mantener las funciones corporales en reposo (en este caso, hay que tener presente que están en proceso de crecimiento), durante las actividades habituales y durante la actividad física. Todo esto manteniendo un peso corporal correcto.

Tan malo es un exceso de energía (se acumula en forma de grasa), como un déficit de la misma (por problemas de moda se puede llegar a estados de anorexia muy peligrosos para la salud) que puede conllevar déficit vitamínicos y minerales. Estos déficit pueden retrasar el crecimiento, producir lesiones por desmineralización del hueso,...

Aunque la mayoría de los deportistas cuidan más la dieta precompetición, lo realmente importante es mantener unos **hábitos correctos** por lo que no sea necesario modificar la dieta considerablemente antes de la competición (siempre nos referimos a deportistas de 6 a 16 años que no están en deporte de alto rendimiento).

Una dieta equilibrada **tiene que aportar**, más o menos:
 60% hidratos de carbono + 25% grasa + 15% proteína
 (más los minerales, vitaminas y agua necesarios)

La **distribución** de la ingesta de alimentos varía dependiendo de horarios, costumbres,...), pero una referencia puede ser:

desayuno: 15 – 25% comida: 30% - 35% merienda: 10% cena: 25 - 30%

Para entrenamientos y competiciones las normas son:

- comer por lo menos 3 horas antes del ejercicio.
- evitar alimentos difíciles de digerir y flatulentos.
- no probar dietas nuevas antes de una competición.
- el contenido calórico de la última ingesta no debe ser muy alto en calorías.
- la dieta debe ser rica en hidratos de carbono y pobre en grasas, proteínas y sal.
- es importante ingerir suficiente cantidad de agua: 1ml de agua por Kcal. ingerida.

La correcta **hidratación** es tan importante como la nutrición para prevenir lesiones y para alcanzar un rendimiento físico adecuado. En condiciones normales existe un equilibrio hídrico entre la ingesta y la pérdida de agua, pero en situaciones de ejercicio, la cantidad de las pérdidas se ve aumentada considerablemente debido a:

- ❑ intensidad y duración del ejercicio.
- ❑ temperatura ambiental.
- ❑ humedad relativa del aire.
- ❑ porcentaje de peso graso.
- ❑ edad y sexo.
- ❑ indumentaria deportiva.
- ❑ estado de nutrición e hidratación previo.
- ❑ nivel de entrenamiento físico.

En general, las **pautas de reposición hídrica** en el ejercicio dependerán de las condiciones ambientales y duración del ejercicio, debiendo tener siempre un carácter individual. Las cantidades de fluidos a reponer deben estar basadas en las pérdidas, calculadas mediante la diferencia de peso antes y después del ejercicio.

No hay que esperar a tener sed para beber, ya que para entonces se habrá iniciado el proceso de la deshidratación.

En general se puede comenzar con la ingestión de 500 - 600ml de agua antes de la competición o del entrenamiento (15 a 30 minutos antes), 150 - 250ml cada 15 a 20 minutos durante el entrenamiento o competición y al finalizar, 500 - 1000ml x kg-1 de peso perdido.

4.1.2.4. CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

Numerosos estudios consideran que el calentamiento y la vuelta a la normalidad o enfriamiento tienen gran importancia desde el punto de vista preventivo (en otra área se detallará la forma de realizarlos correctamente).

El **calentamiento** tiene como objetivo preparar al organismo de forma progresiva para la actividad que se va a realizar. En los días fríos deberá ser más prolongado.

El calentamiento se puede dividir en dos categorías: **general**, que consiste en actividades que producen un aumento general de la temperatura corporal y que son independientes del deporte a realizar, y **específico**, que debe imitar a lo que se va a realizar durante el entrenamiento o la competición.

De la misma forma que no se debe iniciar un ejercicio bruscamente, no se debe finalizar de repente, sino de una forma progresiva que es lo que llamamos **enfriamiento**.

La vuelta a la normalidad se aplica al ejercicio de reducción gradual de la intensidad que sigue a un trabajo intenso y permite el retorno de la circulación y las funciones corporales a los niveles previos al ejercicio.

Una razón fisiológica importante para los ejercicios de vuelta a la normalidad es que los niveles de ácido láctico disminuyen más rápidamente durante la recuperación activa que durante la pasiva.

4.1.3. CONTROL DEPORTIVO

El objetivo de todo entrenador debe ser conseguir que los deportistas vayan mejorando según van alcanzando el rendimiento marcado en los objetivos adecuados a la edad y al nivel de exigencia y que éste rendimiento repercuta en los resultados obtenidos.

Para que el entrenamiento sea eficaz (teniendo en cuenta que el principio fisiológico más importante que tiene el entrenamiento es la sobrecompensación) tiene que haber un período de **recuperación**, es decir, el reposo tiene que ser una parte de la programación del entrenamiento.

Es interesante que desde el principio se realicen controles deportivos y se planifique correctamente el trabajo a desarrollar por los deportistas, siempre teniendo en cuenta la edad, el sexo, el grado de maduración biológica y el estado físico y técnico, para así evitar en lo posible las sobrecargas física y mecánicas.

El realizar controles deportivos de forma periódica facilitará la planificación correcta y autoevaluación en caso de observar que los resultados obtenidos no concuerdan con los objetivos prefijados.

Este apartado se tratará de forma más exhaustiva en otra área.

4.2. LESIONES

En muchos casos, el mejor pronóstico y recuperación de una lesión dependen de una correcta actuación nada más producirse ésta, por lo que se pretende que se tengan unas nociones para saber distinguir las más frecuentes y saber cómo actuar en ese primer momento.

4.2.1. CAUSAS Y FACTORES PREDISPONENTES

Existen numerosos factores que van a influir en la aparición de lesiones. Estas lesiones no son exclusivas de la práctica de deporte pero sí es verdad que, al realizar un ejercicio extra de la actividad rutinaria, es más frecuente su aparición. Además, al referirnos al deportista en edad de crecimiento, podemos hablar de lesiones asociadas al crecimiento.

Por lo tanto las **causas** más frecuentes en deportistas de estas edades son:

- causas inevitables, p. ej. caídas, traumatismos directos,...
- no haber tenido en cuenta el apartado de las medidas preventivas.
- específicas de la edad: lesiones por sobrecarga.

Las mayores exigencias deportiva a las que se somete en la actualidad a los jóvenes deportistas, no sólo a los alto rendimiento, conducen a que las **lesiones por sobrecarga** sean cada vez más comunes.

Estas lesiones se caracterizan por la aparición de un dolor crónico, generalmente de larga evolución y con períodos de recurrencia, en alguna estructura del aparato locomotor.

Cada deporte provoca una hipersolicitación específica del aparato locomotor, en relación con su biomecánica. Por ello cada modalidad deportiva favorece la aparición de unas lesiones de sobrecarga típicas.

El aparato locomotor en crecimiento del niño o niña y adolescente tiene unas características propias que le hacen susceptible a determinadas lesiones. El hueso es inmaduro, tanto en su estructura como en su composición y existen cartílagos de crecimiento que son más susceptibles a la lesión en períodos de crecimiento rápido; los elementos de estabilización articular (cápsula, ligamentos y tendones) son muy elásticos en los niños y las niñas y permiten una gran amplitud de movimientos pero al mismo tiempo confieren una mayor inestabilidad articular; el cartílago articular en período de crecimiento es particularmente susceptible.

Las lesiones de sobrecarga se producen por autotraumatismo. Es decir, el propio aparato locomotor, a través de acciones no necesariamente violentas (como pueden ser acciones de presión o tracción), pero repetidas en forma de microtraumatismos y con efectos acumulativos, es capaz de desencadenar y desarrollar alteraciones anatómicas y funcionales sobre sí mismo.

Factores de riesgo:

- errores de entrenamiento: mucha carga de entrenamiento, poca técnica, entrenamientos unilaterales, movilidads anormales,...
- desequilibrio músculo tendinoso : excesivo desarrollo muscular.
- desalineaciones anatómicas: las desviaciones de las extremidades inferiores (genuvaro, valgo, apoyo plano o cavo, disimetrías,...) y de la columna vertebral (escoliosis, hiperlordosis,...) pueden provocar trastornos biomecánicos, que generalmente son mínimos y no se manifiestan en la persona sedentaria. Sin embargo, si se realiza una actividad deportiva, estas alteraciones biomecánicas leves pueden favorecer la aparición de determinadas lesiones de sobrecarga, aunque no suelen impedir una práctica deportiva regular. Es importante en el niño o niña y en el adolescente detectar las desalineaciones anatómicas que pudiera tener a fin de

corregirlas en lo posible mediante la colocación de ortesis, controlar su evolución y prevenir la aparición de lesiones.

- ❑ calzado deportivo y terreno de juego inadecuados.
- ❑ enfermedades asociadas: enfermedades reumáticas y metabólicas.
- ❑ factores nutricionales: déficit de elementos nutricionales necesarios.
- ❑ crecimiento rápido.

Las lesiones por sobrecarga más frecuentes son: modificaciones estáticas (la adopción continuada de posiciones no fisiológicas es capaz de desarrollar modificaciones en el sentido de la posición viciosa, por ejemplo en gimnasia rítmica), tendinitis, osteonecrosis y fracturas de estrés.

4.2.2. LESIONES MÁS FRECUENTES

Una lesión es el resultado de la aplicación sobre el cuerpo o parte de él, de una fuerza que excede su capacidad de resistencia.

4.2.2.1. PARTES BLANDAS

4.2.2.1.1. DISTENSIONES MUSCULARES

Es un estiramiento o rotura de un músculo. La gravedad varía desde un grado I o rotura de algunas fibras hasta un grado III o rotura total del músculo.

Estas distensiones pueden producirse por sobrecarga o sobreesfuerzo y como resultado de un impacto directo.

En la producción de roturas musculares contribuyen factores importantes: falta de calentamiento, que el músculo esté mal preparado para el ejercicio, que el músculo esté cansado,...

La localización más frecuente es en extremidades inferiores.

Clínica: dolor agudo o punzante (justo en el momento de la lesión), impotencia funcional (imposibilidad de realizar el movimiento el músculo afectado) y hematoma (dependiendo el grado de lesión). Esto en caso de que la distensión sea grave; pero cuando no es grave, no se produce una incapacidad total del músculo, se puede seguir jugando con molestias. Esto se debe evitar, ya que facilitará que una lesión leve se agrave.

Tratamiento: no dar masaje ni calor en las primeras horas. Las indicaciones son: reposo, elevación de la extremidad, vendaje compresivo y aplicación de frío encima del vendaje y traslado a un centro sanitario.

4.2.2.1.2 CALAMBRES

Es una contracción dolorosa, involuntaria y transitoria que se da en determinados fascículos musculares.

No está clara la causa pero sí parece que tiene que ver con la circulación: sobrecarga muscular, calcetines apretados,...

Tratamiento: interrumpir la actividad que se esté realizando, masaje en el músculo afectado y si no es la primera vez, hacer una consulta médica.

4.2.2.1.3. TENDINITIS

Es la inflamación de un tendón. En general las tendinitis se producen por la suma de varios factores, sobre todo en deportistas jóvenes, a los que a veces se les fuerza a realizar niveles de entrenamiento o preparación física por encima de sus posibilidades. También puede ser debido a

las malas condiciones del entrenamiento (suelos duros, botas desgastadas), a alteraciones morfológicas (pies cavos, genuvaro,...),...

Su localización más frecuente es: tendón de Aquiles, rodillas y aductores del muslo.

Clínica: aparecen dolores espontáneos con el esfuerzo o con la presión de la zona lesionada. Hay que tener en cuenta estos dolores que, como desaparecen después de haber calentado, en muchas ocasiones se dejan pasar.

Tratamiento: reposo hasta la desaparición de los síntomas. Si la lesión se produce de forma repentina por sobreesfuerzo, aplicar frío y hacer una consulta médica.

4.2.2.2. ÓSEAS

4.2.2.2.1. FRACTURAS

Son la rotura parcial o total de un hueso. En la mayoría de los casos se produce por traumatismo por lo que no es fácil prevenirlas. Son más frecuentes en deportes de contacto.

Las fracturas más frecuentes son las de las extremidades.

Clínica: dolor, impotencia funcional (movilidad anormal del hueso fracturado), hinchazón (por el hematoma) y equimosis. En el caso de que la fractura sea total y haya desplazamiento, se producirá, también, una deformidad.

Tratamiento: cubrir la lesión, si es que hay herida, con vendas o ropa limpia, inmovilizar la extremidad mediante un cabestrillo (una vez inmovilizada se puede elevar), y trasladar al deportista a un centro sanitario.

4.2.2.2.2. OSTEONECROSIS

Es una lesión producida por acciones microtraumáticas de tracción y de presión capaces, en el niño o niña y en el adolescente, de provocar una necrosis en el hueso (es una lesión típica de sobrecarga en el niño o niña). Se produce por isquemia en algunos núcleos de osificación donde se insertan elementos musculotendinosos potentes.

Las más frecuentes son: en la tuberosidad tibial anterior y en la apófisis posterior del calcáneo.

Clínica: dolor, tumefacción y cierto grado de afectación de la función.

Tratamiento: limitar la actividad que dispara el dolor, frío, inmovilizar con un vendaje y consultar al médico.

4.2.2.2.3. FRACTURAS DE ESTRÉS

Son producidas como consecuencia de una carga repetida sobre el esqueleto durante un largo período de tiempo; estos microtraumatismos repetidos alteran las propiedades físico-químicas del hueso, disminuyendo su resistencia. Estas lesiones también son típicas de sobrecarga en niños y niñas y por tanto, estas fracturas sí son evitables.

Las localizaciones más frecuentes son en tibia, peroné y metatarso.

Clínica: dolor que, en principio, aparece con el esfuerzo y cede con el reposo. Con el tiempo se mantiene también en reposo. En algunas ocasiones puede existir una discreta inflamación local.

Tratamiento: reposo.

4.2.2.3. ARTICULARES

4.2.2.3.1. ESGUINCES

Un esguince es la rotura parcial o total de un ligamento, por lo tanto, es una lesión articular. Se produce al forzar el movimiento de la articulación más allá de sus posibilidades. La gravedad varía desde un grado I hasta un grado V o rotura total del ligamento.

Su localización más frecuente es en el tobillo, la rodilla, dedos y muñeca.

Clínica: dolor, equimosis, tumefacción e inestabilidad articular (mayor inestabilidad cuando el desgarro haya sido completo).

Tratamiento: no mover la articulación y evitar la carga, no dar masaje ni calor en las primeras horas (24-48), inmovilizar con un vendaje, aplicar frío, elevar la extremidad y traslado a un centro sanitario.

4.2.2.3.2. LUXACIONES

Una luxación es la pérdida de contacto de las superficies articulares. Dada la intensidad del traumatismo, se pueden producir lesiones asociadas en el resto de estructuras articulares, lo cual va a influir en el pronóstico y rehabilitación posterior.

Su localización más frecuente es en hombro, rótula, codo y dedos de la mano.

Clínica: dolor, deformidad articular e imposibilidad de movimiento en esa articulación.

Tratamiento: no mover la articulación, no intentar reducirla y traslado a un centro sanitario.

4.2.3. TERAPIA BÁSICA EN LAS LESIONES

En general, las lesiones más comunes, cursan con: inflamación, hemorragia, espasmo muscular y dolor, por lo que las bases de actuación inmediata son: frío, compresión, elevación y reposo.

4.2.3.1. FRÍO

Es un medio muy eficaz para lesiones de hueso, músculo y articulaciones.

Con el frío se consigue disminuir la inflamación, acelerar la contracción de los músculos vecinos y, además, sirve como analgésico.

La forma más práctica de aplicación es: hielo triturado o cubitos envueltos en una toalla (nunca el hielo directamente sobre la piel).

Uno de los protocolos que se suele seguir consiste en aplicar una bolsa de hielo sobre una lesión reciente durante 15 minutos y repetirlo a lo largo de las primeras horas después de producirse la lesión.

4.2.3.2. COMPRESIÓN

En la mayoría de los casos, la compresión inmediata es un importante colaborador del frío y de la elevación.

La compresión externa de la lesión disminuye la hemorragia y la formación de hematoma, retrasa la filtración de líquido al espacio intersticial y facilita su reabsorción.

Uno de los sistemas que se puede utilizar en un vendaje elástico previamente empapado en agua y congelado de forma que proporcione frío y compresión a la lesión reciente. El vendaje se coloca desde la parte distal de la extremidad a la proximal.

4.2.3.3. ELEVACIÓN

La elevación de la zona lesionada por encima del nivel del corazón disminuye la hemorragia y favorece el retorno venoso, reduciendo la inflamación.

4.2.3.4. REPOSO

El reposo es necesario en las lesiones músculo esqueléticas y se puede conseguir limitándose a no mover la zona lesionada, o bien inmovilizando con férulas, yeso o "taping" (actualmente muy utilizado ya que mantiene fija la estructura lesionada pero sin perder la movilidad).

Aunque, cada vez más se procura que el tiempo de inmovilización sea cada vez menor, movilizar una lesión de forma prematura sólo consigue aumentar la hemorragia y alargar el tiempo de recuperación.

4.3. PRIMEROS AUXILIOS

Ante un herido, la forma de actuación va a tener unos patrones generales. Muchas de estas medidas se pueden hacer simultáneamente:

- actuar rápidamente pero con tranquilidad.
- hacer una lectura rápida de lo que ha pasado.
- dejar al herido tumbado boca arriba y con las piernas hacia arriba en caso de shock. Tener cuidado al mover al lesionado pues puede tener lesiones que se agraven con el movimiento.
- hacer un examen inmediato de las funciones vitales: nivel de consciencia, pulso y respiración.
- no hacer nada que no sea estrictamente necesario.
- mantenerle a una temperatura adecuada.
- no dar comida ni bebida a una persona inconsciente .
- tranquilizar al herido.
- traslado del herido, en una posición correcta, a un centro sanitario lo antes posible.

4.3.1. ACCIDENTES MÁS FRECUENTES

4.3.1.1 CONTUSIONES

Son traumatismos cerrados producidos por golpes, en los que la piel no está rota.

Síntomas: dolor, hematoma y equimosis.

Tratamiento: no dar masaje, no poner calor para no provocar vasodilatación, quitar la ropa que estorbe, reposo y aplicar frío.

4.3.1.2. HERIDAS

Una herida es una interrupción de la continuidad de una superficie, generalmente, ocurre en piel y mucosas, aunque también puede suceder en órganos internos.

Hay muchos tipos de herida según cuál haya sido el mecanismo de producción: heridas incisas, heridas contusas, heridas inciso-contusas y heridas punzantes. El mayor riesgo de todas ellas es la infección por eso hay que tratar de evitarla.

Según el grado de gravedad, las heridas pueden ser leves y graves.

Tratamiento: en el tratamiento de todas las heridas hay tres principios fundamentales:

- detener y tratar la hemorragia y sus complicaciones si las hubiera.

- ❑ evitar la infección (en general, se debe limpiar las heridas antes de las 6 horas de haberse producido). Los signos de la infección son: calor, dolor, rubor y sensibilidad aumentada.
- ❑ favorecer la curación.
- ❑ tratamiento de las **heridas leves**:
 - la persona que realice la cura debe lavarse bien las manos.
 - limpiar la herida con agua y jabón neutro.
 - siempre que haya y sea posible, extraer los cuerpos extraños.
 - desinfectar con un antiséptico que no sea alcohol.
 - si no sangra, se deja al descubierto; si sangra, cubrir con gasas (no con algodón).
- ❑ tratamiento de las **heridas graves**:
 - limpiar la herida con agua.
 - taparla con una gasa intentando contener la hemorragia.
 - traslado a un centro sanitario.

4.3.1.3. AMPOLLAS

Se producen por calor o por un agente físico-químico.

Dependiendo de la profundidad de la lesión pueden ser más o menos graves.

Tratamiento: las más graves se tratan en un centro hospitalario y las más superficiales se deben limpiar con agua fría, para mantener limpia la zona y cubrirlas con una gasa. Nunca se deben romper las ampollas por el riesgo de infección que eso conlleva. Si se rompe la ampolla, hay que tratarla como una herida.

En el caso de ampollas producidas por mal calzado, en remeros,...., hay que interrumpir la actividad y proteger la zona.

4.3.1.4. HEMORRAGIAS

Se llama hemorragia cuando, tras la rotura de un vaso sanguíneo, se produce una salida de sangre.

Según dónde se vierta la sangre, las hemorragias pueden ser:

4.3.1.4.1. HEMORRAGIAS INTERNAS

Cuando la sangre se vierte dentro del organismo. Pueden ser producidas por un traumatismo o no. Sucede en casos leves, como p. ej. en los hematomas, en los que la sangre se vierte debajo de la piel, hasta casos muy graves como las hemorragias cerebrales o por rotura de vísceras.

Clínica: piel pálida, fría y sudorosa, pulso rápido y débil, respiración agitada, tensión arterial baja, mareo con tendencia a la pérdida de conocimiento.

Tratamiento:

Acostarlo en posición horizontal salvo que no haya conocimiento, en ese caso se colocará en posición de seguridad.

- ❑ abrigo bien.
- ❑ no dar nada vía oral.
- ❑ traslado a un centro sanitario.

4.3.1.4.2. HEMORRAGIAS EXTERIORIZADAS

Son aquellas en las que inicialmente la sangre se ha vertido en el interior del cuerpo, pero que luego aparecen en el exterior a través de un orificio natural del organismo. Por ejemplo cuando se sangra al tubo digestivo y luego aparece la sangre por el ano o por la boca.

Según el orificio natural por donde aparezca la sangre se denominará de forma diferente. En el mundo del deporte las más frecuentes son las **epistaxis**, que es cuando la sangre sale por la nariz.

Tratamiento de las epistaxis:

- sentar al deportista con la cabeza inclinada hacia delante.
- presión en los laterales de la nariz y poner unos trozos de gasa a modo de tapones en los agujeros.

4.3.1.4.3. HEMORRAGIAS EXTERNAS

Se produce una hemorragia externa cuando la sangre sale al exterior. Son las más frecuentes y suelen sobrevenir tras accidentes.

Tratamiento:

- elevación de la parte afecta, de esta forma se actúa en contra de la ley de la gravedad disminuyendo la fuerza del sangrado.
- al mismo tiempo, presión sobre la herida. No mantener un vendaje compresivo más de 10 ó 20 minutos y, nunca, usar torniquete.
- traslado a un centro sanitario.

4.3.2. PÉRDIDA DE CONSCIENCIA

Hay muchas circunstancias en las que se va a producir una pérdida de consciencia o de conocimiento. Es muy importante saber la causa: traumatismo, golpe de calor, se ha sentido mal,...

4.3.2.1. ASFIXIA

La asfixia se produce cuando el aporte de **O₂** a los tejidos es insuficiente. Si esta situación se mantiene podría acarrear la muerte de la célula. La sensibilidad de las células a la falta de oxígeno es diferente según el tejido de que se trate: así las células del cerebro pueden sobrevivir sin oxígeno como máximo 5 ó 6 minutos, mientras que las células de las uñas pueden permanecer vivas durante días.

Causas de asfixia: En el mundo del deporte suelen ser por que el aire no llega a los pulmones, debido a:

- cuerpos extraños a nivel de la boca o de la tráquea que impiden el paso del aire.
- cuando se inflama la tráquea o los bronquios, como ocurre en determinados procesos alérgicos, disminuye el diámetro de la misma y el aire no puede pasar. Esto ocurre p. ej. en el asma.
- por paralización de los músculos respiratorios, bien por descargas eléctricas o lesiones de los nervios encargados de la respiración.

Manifestaciones de la asfixia: cuando una persona se está asfixiando, en poco tiempo, aparecen los siguientes signos:

- la piel, y fundamentalmente la de la cara, cambia de color adquiriendo un tono rojo oscuro o azul-morado.
- los labios se hinchan y cambian de color.

- si la asfixia se produce por una obstrucción mecánica (p. ej. atragantamiento), la persona se lleva las manos a la garganta.

Si esta situación se prolonga, el individuo quedará inconsciente entrando en coma, se produce una parada cardíaca, ya que se afecta el sistema nervioso y el corazón, que de mantenerse, le conducirá a la muerte.

4.3.2.2. PARADA CARDIACA

La parada cardíaca puede sobrevenir aisladamente, como consecuencia de algunos procesos (enfermedad cardíaca, electrocución,...) o después de una parada respiratoria mantenida.

La sospecha de una parada cardíaca se confirma por la desaparición del pulso en las arterias superficiales de grueso calibre, como las carótidas.

4.3.2.3. REANIMACIÓN

Las técnicas empleadas para conservar la vida del paciente se conocen con el nombre de reanimación. Esta se divide en:

- reanimación respiratoria.
- reanimación cardíaca.
- reanimación cardiorrespiratoria.

4.3.2.3.1. REANIMACIÓN RESPIRATORIA

1º Eliminación de obstáculos al flujo aéreo:

Lo primero que se debe hacer será cerciorarse de que las vías aéreas permiten el paso del aire que queremos introducir en los pulmones del sujeto.

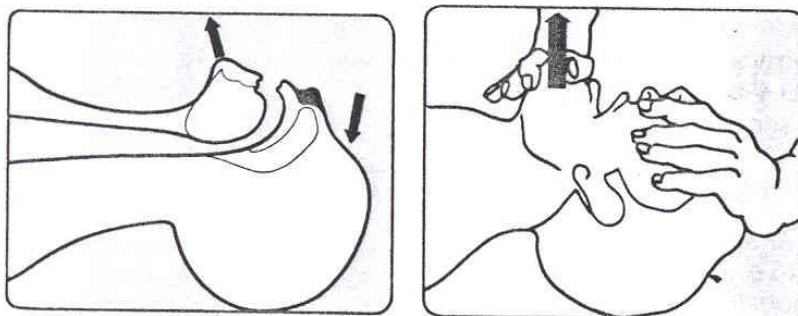
Las técnicas más utilizadas son:

cuerpos extraños: si están en la boca o faringe, se abre la boca del accidentado y se introducen uno o dos dedos engancho procurando sacar todos los cuerpos extraños posibles (vómitos, alimentos,...).

Si están en laringe, tráquea o bronquios (atragantamiento) si con la tos no salen, se hace la **maniobra de Heimlich**. Esta maniobra consiste en situarnos detrás del atragantado y colocar el puño a la altura del diafragma, comprimiendo, con un fuerte golpe, hacia nosotros y hacia arriba con el objeto de aumentar bruscamente la presión dentro de la cavidad torácica y expulsar el cuerpo enclavado.



(Vieux; Jolis; Gentils, 1992)



(Vieux; Jolis; Gentils, 1992)

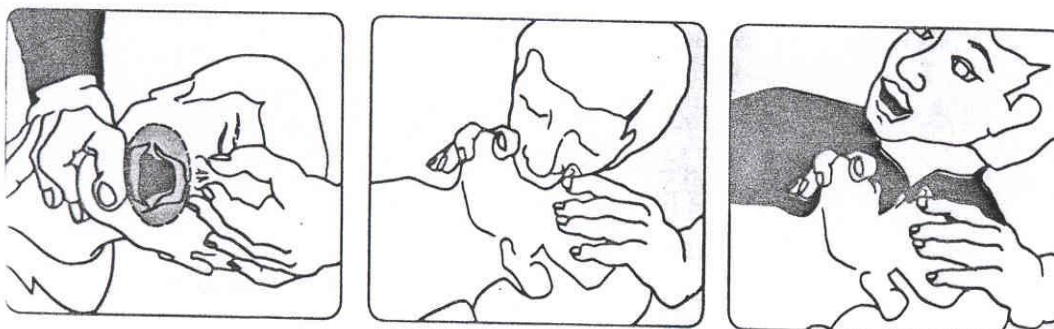
2º Ventilación artificial:

Una vez conseguida la desobstrucción de las vías aéreas, si el accidentado continúa sin respirar, se debe proceder a realizar una respiración asistida. Esta debe comenzar en el lugar mismo del accidente e inmediatamente producida la parada y continuará hasta que llegue la asistencia médica.

Primero se hiperextiende el cuello para que la lengua no vaya hacia atrás e impida el paso del aire. Esta hiperextensión consiste en colocar al deportista tumbado boca arriba, situar una mano bajo la nuca y la otra empujar la frente hacia abajo.

Después de realizado los pasos anteriores:

- se pinza la nariz y con nuestra boca sellamos completamente la suya insuflando el aire. Una vez insuflado el aire, retiramos a boca para que el aire salga (la espiración es un movimiento pasivo).
- el ritmo debe ser de 12/16 veces por minuto.



(Vieux; Jolis; Gentils, 1992)

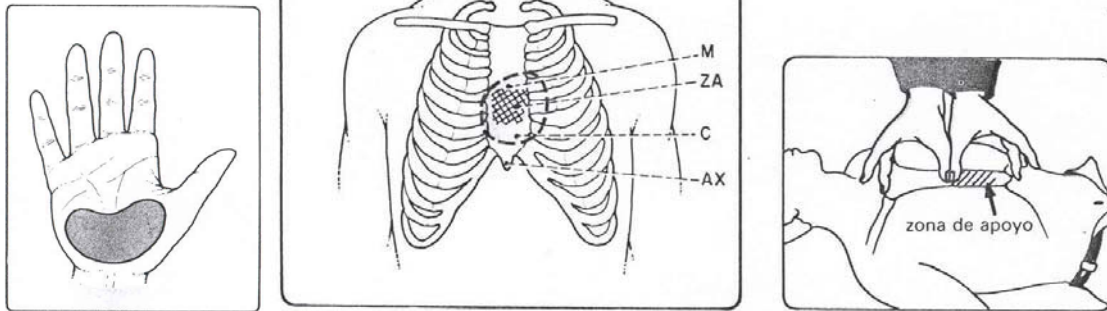
Si el sujeto reacciona, lo normal es que se presenten episodios de tos. Si esto sucede, se le colocará en **posición de seguridad** (de costado, con la cabeza ladeada para que no aspire las secreciones).

4.3.2.3.2. REANIMACIÓN CARDIACA

El objetivo es garantizar el vaciamiento y llenado de un corazón detenido, para mantener una mínima circulación sanguínea, mediante el masaje cardíaco externo.

Si se confirma que estamos ante una parada cardíaca, hay que actuar con rapidez:

- se le tumba al sujeto boca arriba en una superficie dura.
- se coloca el talón de la mano sobre el tórax, dos dedos por encima de la parte inferior del esternón y se coloca la otra mano encima para ayudar a la compresión.
- se comprime rítmicamente, de arriba abajo y sin doblar los codos, a razón de 60 compresiones por minuto.



(Vieux; Jolis; Gentils, 1992)

4.3.2.3.3. REANIMACIÓN CARDIO-RESPIRATORIA

Frecuentemente, la parada cardíaca y respiratoria se presentan asociadas, es decir, un problema que comienza por una parada respiratoria puede acabar produciendo una parada cardíaca y siempre que existe una parada cardíaca, hay parada respiratoria.

En este caso, hay que hacer las dos reanimaciones. El ritmo sería de 15 compresiones por 2 insuflaciones, si sólo hay un reanimador y de 5 compresiones por una insuflación, si hay dos reanimadores.

Una vez reanimada la víctima, se debe colocar en posición lateral de seguridad.

4.4. RESUMEN

- ❑ Unas medidas preventivas adecuadas van a evitar, en muchos casos, lesiones y accidentes.
- ❑ Estas medidas preventivas son:
 - reconocimiento médico: para ver si la actividad que queremos realizar es la adecuada a nuestro estado físico.
 - hábitos saludables: higiene personal y de las instalaciones, material deportivo adecuado (tanto ropa como el que se utiliza para juegos,...), nutrición e hidratación adecuadas, realizar calentamiento y enfriamiento en todas las sesiones,...
 - control deportivo: tanto de entrenamientos como de competiciones.
- ❑ Una dieta equilibrada (variada y donde haya todos los nutrientes necesarios), así como una buena hidratación son fundamentales para tener una buena salud, y más, en períodos de crecimiento y cuando se realiza una actividad física.
- ❑ Cuando no se puede prevenir una lesión o un accidente, y éste ocurre, una actuación rápida va a evitar que esa lesión se agrave y así evitar situaciones más agresivas y acortar el tiempo de recuperación.
- ❑ En período de crecimiento el aparato locomotor tiene unas características que le hacen susceptible a lesiones por sobrecarga. Estas lesiones se producen por auto traumatismos, no necesariamente violentos, pero sí repetidos.
- ❑ La terapia básica de las lesiones es: frío, compresión, elevación y reposo.
- ❑ Aunque en estas ocasiones de lesiones y accidentes haya que actuar rápidamente, no hay que olvidar que también hay que hacerlo de forma serena y nunca hacer más de lo que sea necesario.
- ❑ En caso de una herida, siempre hay que tratar de evitar la infección.
- ❑ Ante una pérdida de consciencia, hay que comprobar si existe una parada cardíaca, respiratoria o ambas.
- ❑ En caso de parada respiratoria hay que pensar en la posibilidad de que exista un obstáculo en la vía aérea impidiendo el paso del aire. Si es así, es necesario quitarlo y ver si persiste la parada. Si continua, reanimación.
- ❑ Si hay parada cardíaca hay que actuar también rápidamente y realizar una reanimación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

ASTRAND, R. 1985. Fisiología del trabajo físico. Médica Panamericana.

THIBODEAU G, PATTON K. 1995. Anatomía y Fisiología. Mosby/Doyma Libros.

WILMORE J.H., COSTILL, D. 2000. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Paidotribo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

LEKUE J., LEJARRETA M. 1998 Área de Fundamentos Biológicos. Beca de la Asociación de Ayuntamientos del alto Deba.

LÓPEZ CHICHARRO, J. FERNÁNDEZ VAQUERO, A. 2001. Fisiología del ejercicio. Madrid: Panamericana.

Mc.ARDLE, W. KATCH, F. KATCH, V. 1990. Fisiología del ejercicio. Madrid: Alianza Deporte.

MOORE, L. 1995. Anatomía con orientación clínica. Madrid: Panamericana.

VIEUX, N. JOLIS, P. GENTILS, R. 1992. Manual de socorrismo. Barcelona: Editorial Jims, S.A.

WIRHED, R. 1989. Habilidad atlética y anatomía del movimiento. Barcelona: Edika-Med. S.A.