

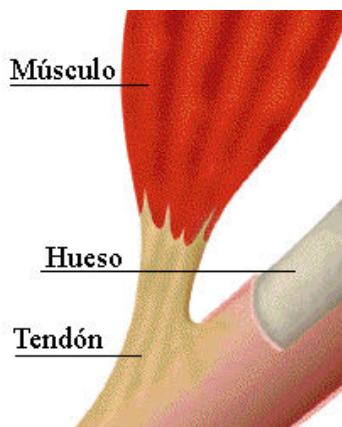
TEMA 7. EL SISTEMA LOCOMOTOR

1. INTRODUCCIÓN.

El sistema nervioso (Tema 8) capta estímulos del interior y exterior del organismo y elabora respuestas que se ejecutan a través de los órganos efectores, entre los que se encuentran los del sistema locomotor. El sistema locomotor consta de dos aparatos:

- El aparato esquelético (cuyos órganos son los huesos y los cartílagos).
- El aparato muscular (cuyos órganos son los músculos).

Ambos están unidos gracias a los tendones. La acción conjunta de los sistemas nervioso, óseo y muscular hace posible la locomoción.

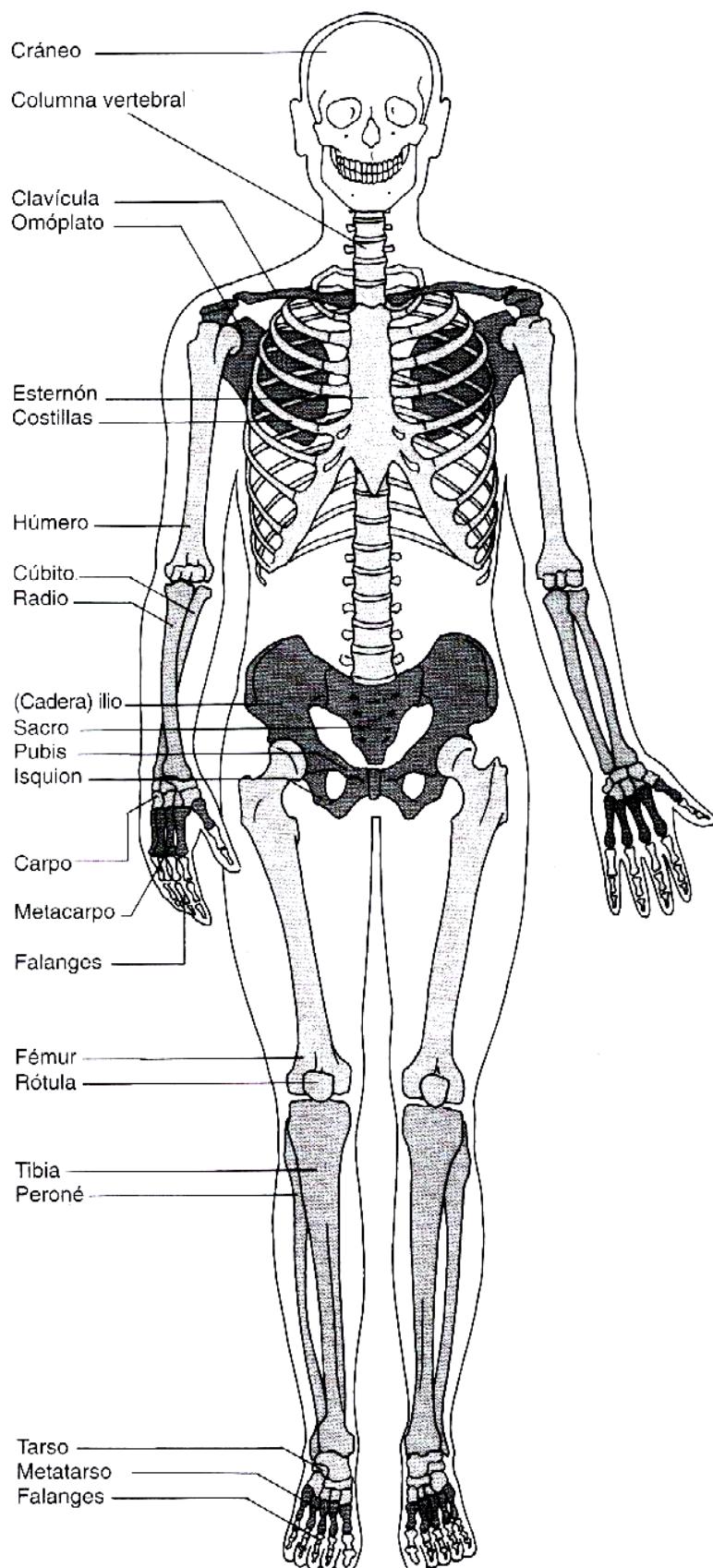


2. EL APARATO ESQUELÉTICO.

El esqueleto es el conjunto de los huesos y los cartílagos del cuerpo. Sus funciones son:

- Servir de armazón al cuerpo (sostén de órganos).
- En él se insertan los músculos y ambos, junto con el sistema nervioso, permiten el movimiento del cuerpo.
- En su interior se encuentra la médula ósea roja que produce las células sanguíneas.
- En los huesos largos, además, se encuentra la médula ósea amarilla que almacena grasa.
- Almacena calcio y fósforo que intercambia con la sangre para regular la concentración de estos iones en ésta.

Los principales huesos del organismo humano figuran en el esquema siguiente.



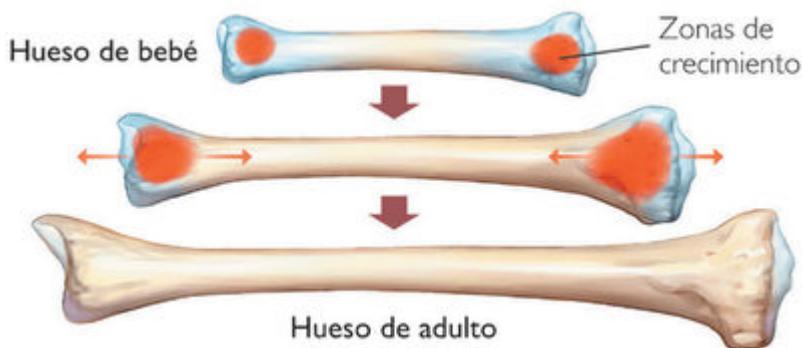
3. OSTEOGÉNESIS.

Consiste en la formación de los huesos; está controlada por la hormona del crecimiento, también llamada STH o somatotropina, y por las hormonas sexuales. El esqueleto del embrión está formado por cartílago hialino y tejido conjuntivo que a partir de la sexta semana de embarazo van siendo sustituidos por tejido óseo (osificaciones encondral y membranosa, respectivamente).

La osificación encondral se produce en los huesos largos, primero se sustituye el cartílago hialino por hueso. Posteriormente los huesos crecen en longitud sustituyendo por hueso los cartílagos de conjunción (situados entre la epífisis y la diáfisis). Este proceso de crecimiento finaliza entre los 20-25 años al osificarse en su totalidad los cartílagos de conjunción.

La osificación membranosa se da en los huesos planos del cráneo y en las clavículas.

Los huesos también crecen en grosor, mediante la superposición de nuevas capas de tejido óseo compacto. El tuétano o médula amarilla va eliminando capas internas de la diáfisis por lo que va agrandando y rellenando el canal donde se encuentra.

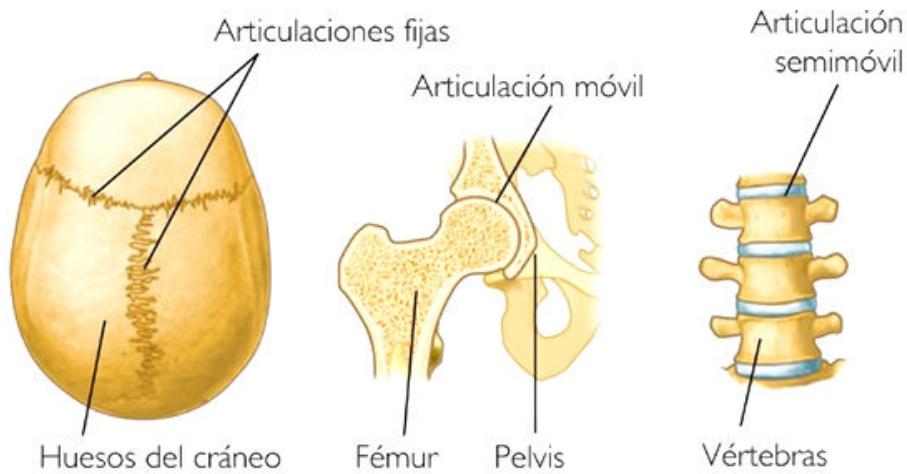


4. LAS ARTICULACIONES.

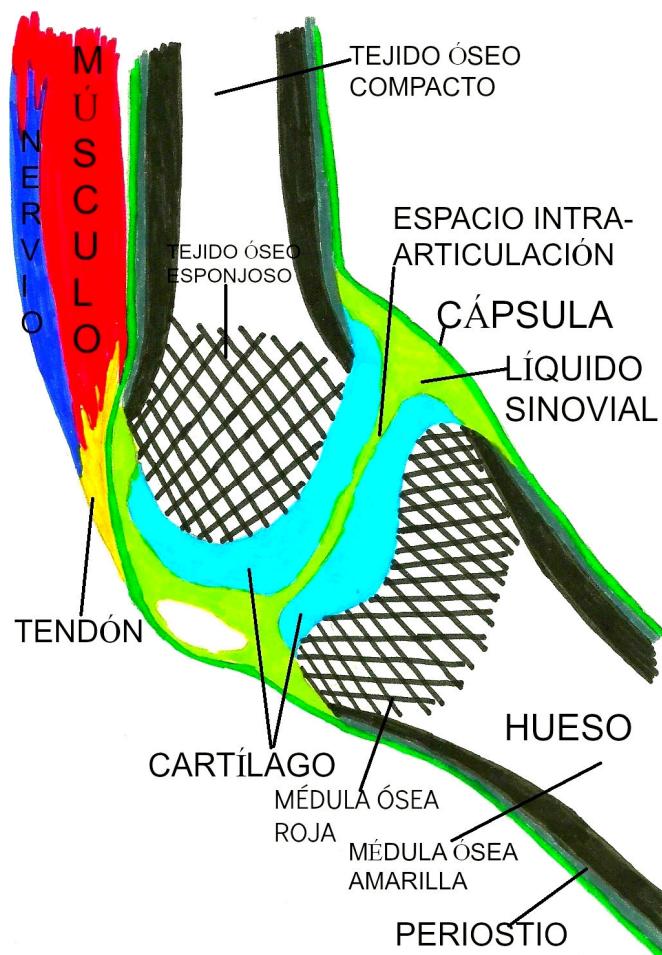
Las articulaciones son las conexiones entre los huesos. Según su movilidad pueden clasificarse en:

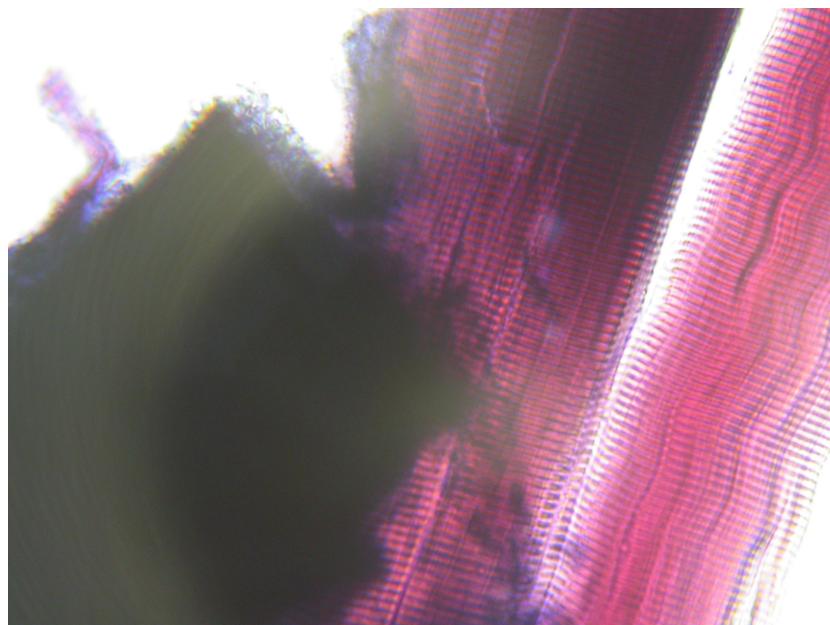
- Articulaciones inmóviles (sinartrosis): son uniones fijas. Por ejemplo se da en el cráneo.
- Articulaciones semimóviles (anfiartrosis): poseen un movimiento limitado. Entre los huesos hay cartílagos. Se encuentra este tipo de articulación por ejemplo en las uniones entre vértebras donde se sitúan los discos intervertebrales (cartílago fibroso) que permiten el movimiento de la columna y absorben los choques verticales.
- Articulaciones móviles (diartrosis): permiten el movimiento de los huesos. El movimiento es posible gracias al líquido sinovial (contenido en una cápsula) que lubrica y nutre al cartílago. En estas articulaciones los huesos permanecen unidos por medio de

ligamentos de tejido conjuntivo fibroso. La articulación entre brazo y antebrazo es un ejemplo de diartrosis.

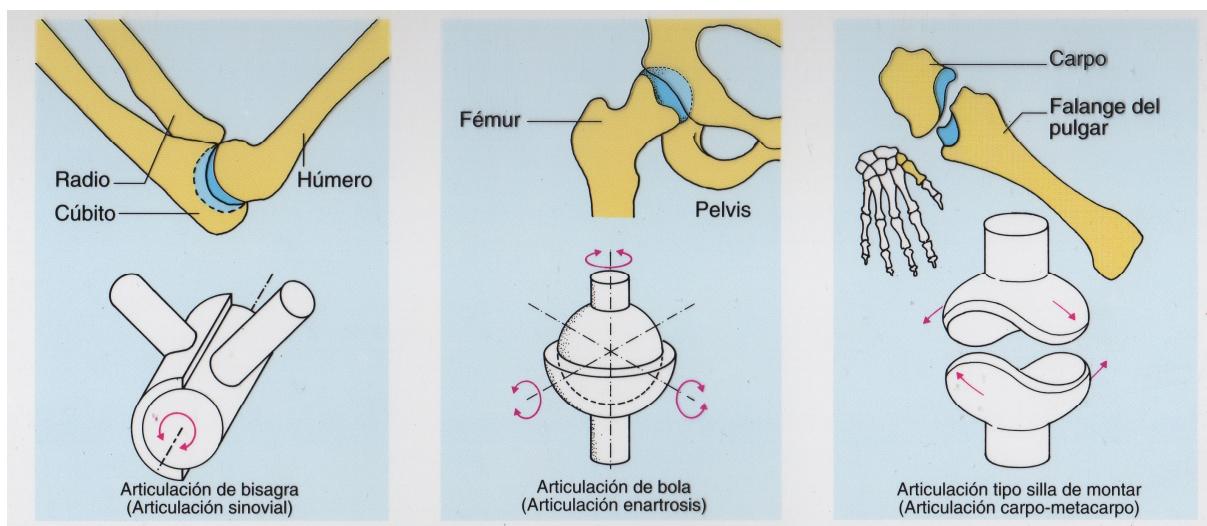


El dibujo siguiente contiene los elementos de una diartrosis. El cartílago es de tipo hialino. El periostio es el tejido conjuntivo que rodea el hueso.





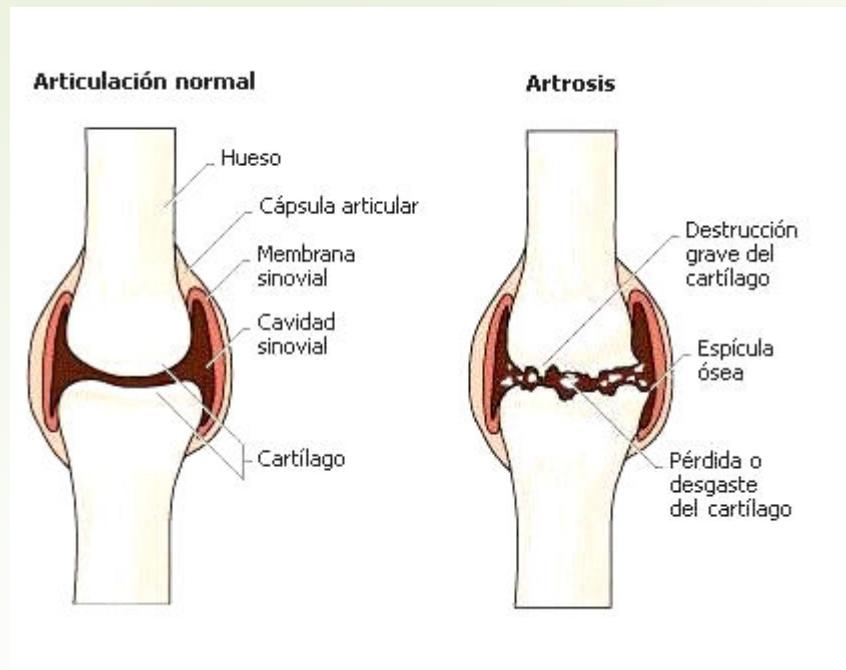
Detalle de la articulación anterior. La micrografía óptica muestra un nervio (teñido de negro con osmio) siendo el órgano efector un músculo estriado o esquelético.



Diferentes tipos de diartrosis

Artrosis.

Es una enfermedad degenerativa que afecta a las articulaciones. Se debe al envejecimiento y desgaste de éstas. Se caracteriza por una limitación de la cavidad articular, pérdida o desgaste del cartílago y posible limitación del movimiento debido al depósito de protuberancias de tejido óseo nuevo (osteofitos o espículas óseas).



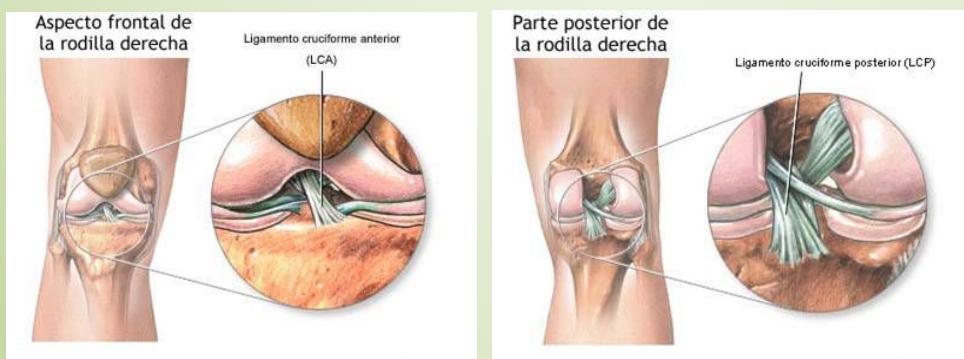
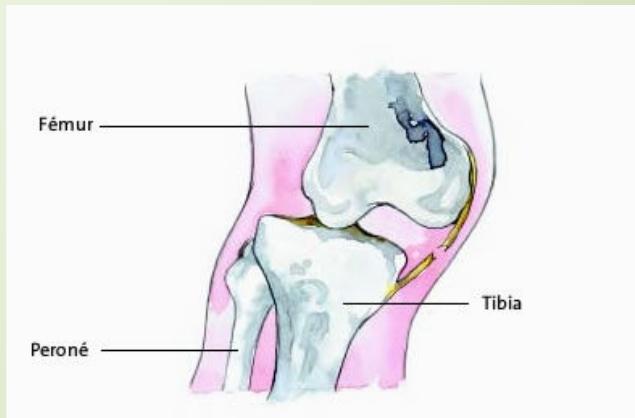
Artritis.

Es un trastorno inflamatorio de las articulaciones caracterizado principalmente por dolor e hinchazón. Se trata de la inflamación de la capsula articular, destrucción del cartílago y aflojamiento del ligamento. Es una patología autoinmunitaria caracterizada por un exceso de histamina (que causa inflamación) y probable acumulación de líquido sinovial. Es común que curse con osteofitos (prominencias óseas).



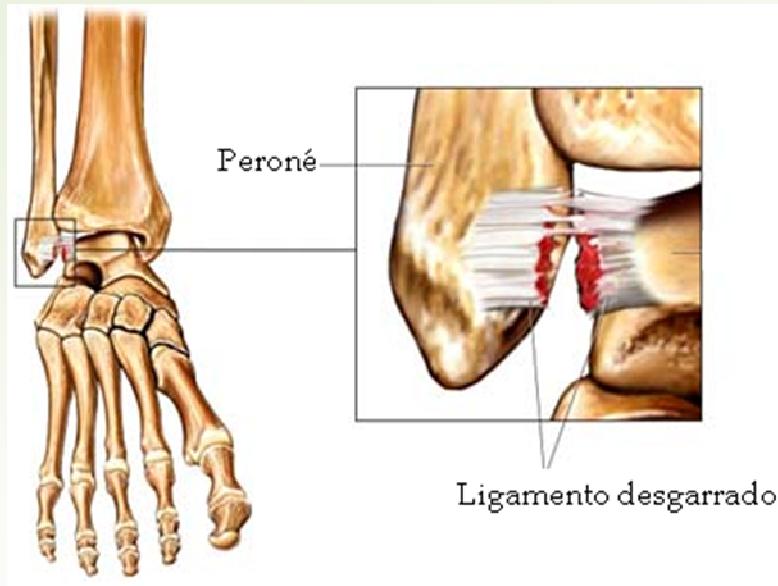
Luxación.

Es el desplazamiento de un hueso en una articulación con posible desgarro de ligamentos, tendones y de la cápsula articular. Se produce por tanto una separación permanente de las superficies articulares. Debe diferenciarse del esguince, en el que la separación de las superficies articulares es momentánea.



Esguince.

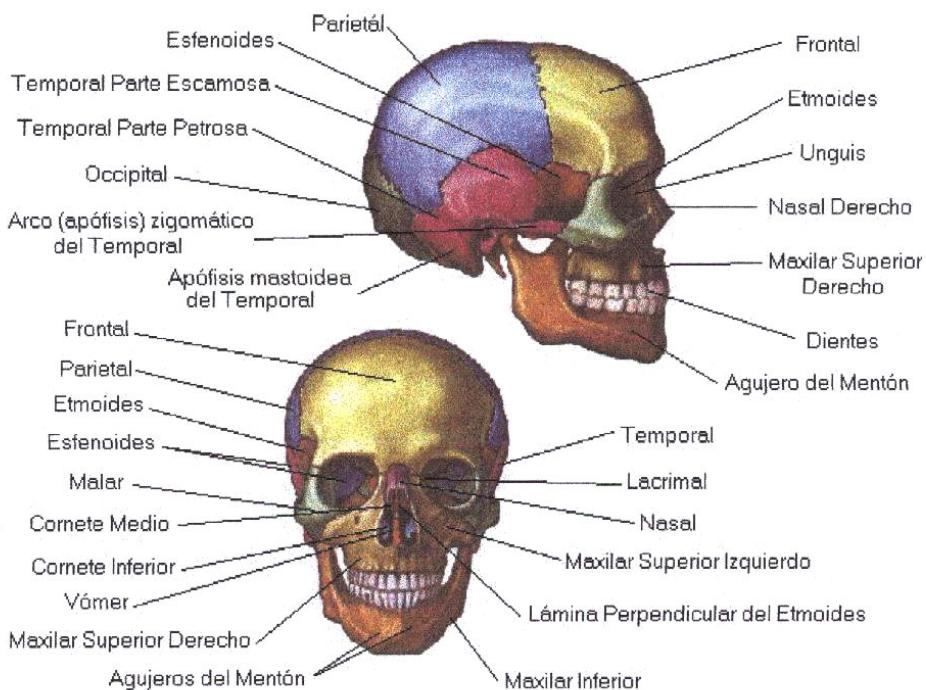
Lesión traumática de los tendones, músculos o ligamentos que rodean una articulación. Éstos sufren una rotura parcial o total pero sin luxación.



5. EL ESQUELETO DE LA CABEZA.

Los principales huesos que encontramos en el cráneo son:

- Frontal
- Occipital
- Parietal
- Temporal
- Mandíbulas o maxilares
- Arco zigomático



Huesos de la cabeza

6. EL ESQUELETO DEL TRONCO.

El esqueleto del tronco está constituido por la caja torácica y la columna vertebral.

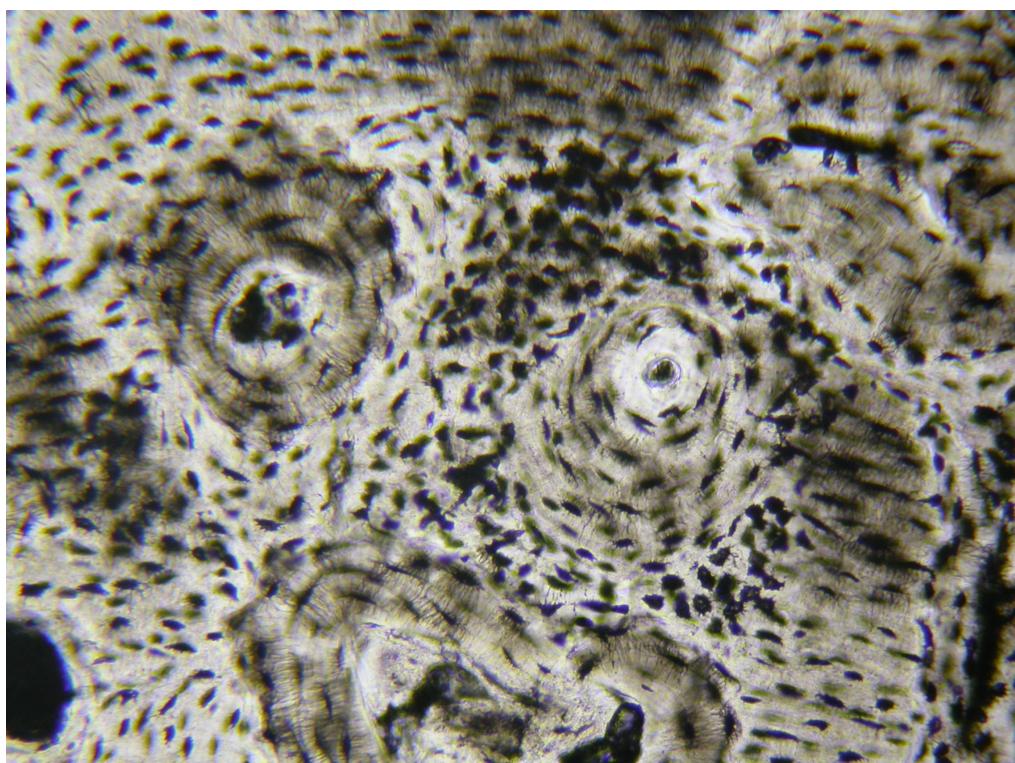
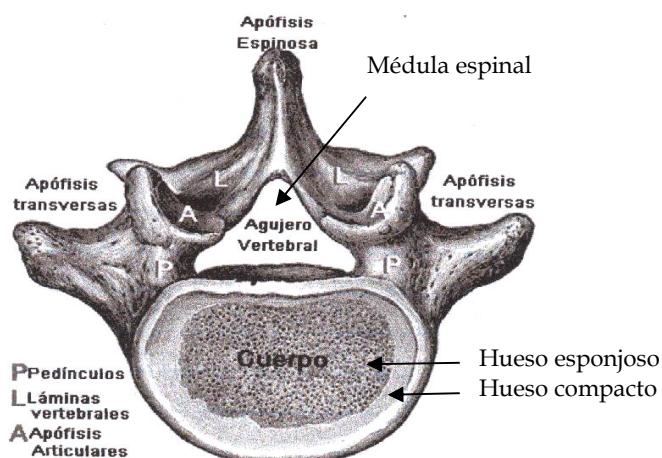
A) La columna vertebral.

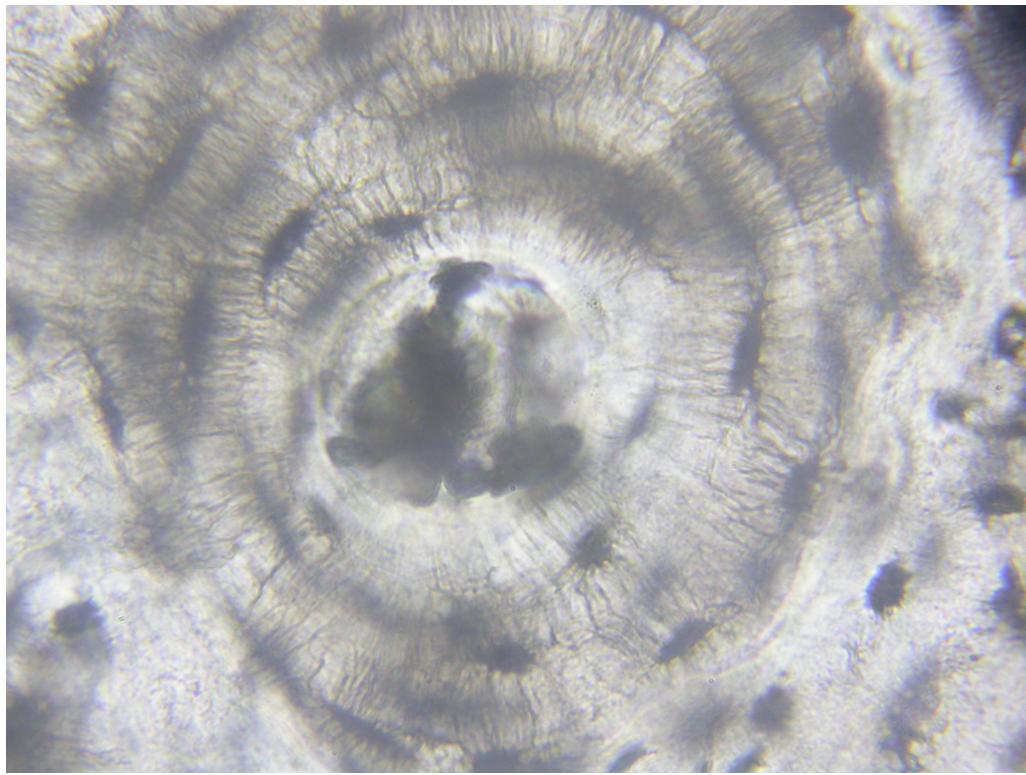
Se localiza en la parte posterior del cuerpo y va desde la cabeza a la pelvis. Tiene forma de "S" alargada. Contiene un número de vértebras variable con la edad entre las que se encuentran los discos intervertebrales (cartílagos fibrosos). Son 33-34 vértebras en la etapa fetal y la niñez que después se reducen hasta las 26 por la fusión de los huesos del sacro y del coxis que se convierten en una sola vértebra en cada caso.

La columna vertebral tiene como funciones el anclaje de otros huesos y la protección de la médula espinal.

En cada vértebra se distinguen:

- El arco vertebral: que contiene varias apófisis y limita el orificio vertebral en el que se encuentra la médula espinal.
- El cuerpo vertebral que es una porción maciza y donde se distinguen los huesos compacto (periférico) y esponjoso (en el interior).

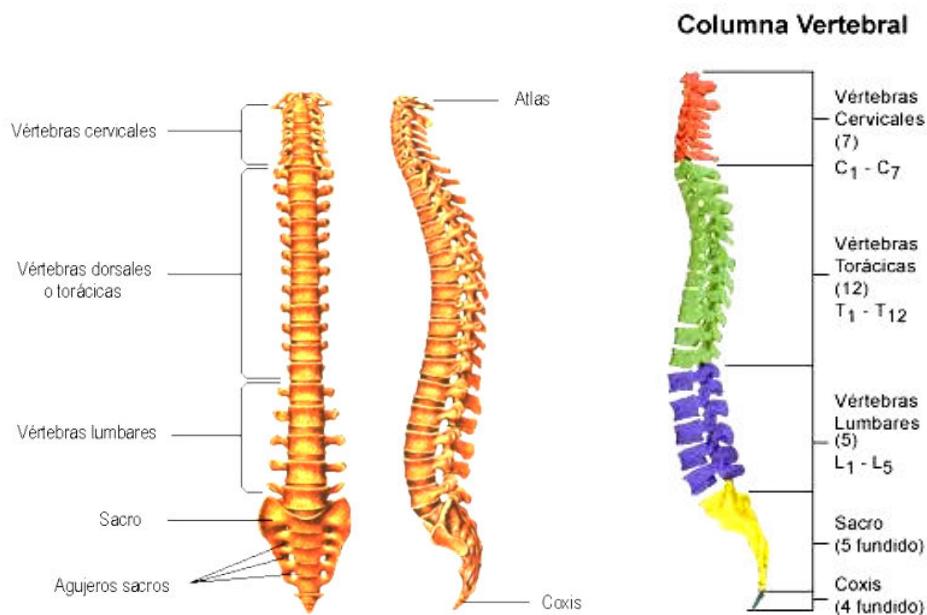




Detalle de hueso compacto, con un canal de Havers y osteocitos

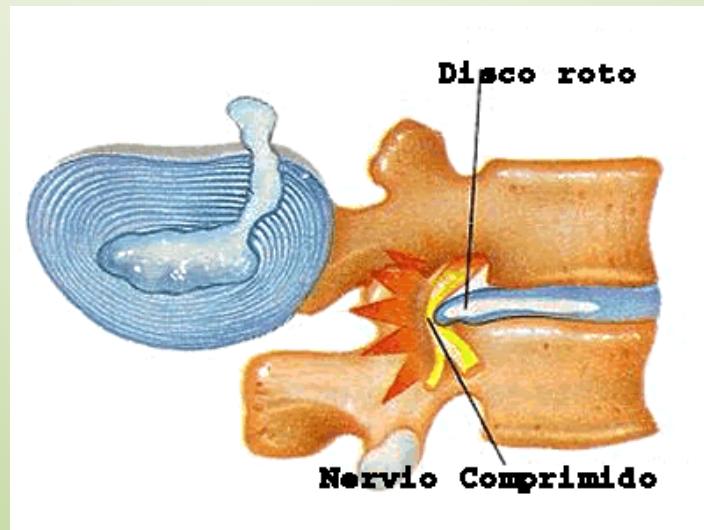
La columna vertebral presenta 4 curvaturas y en el humano adulto se diferencian las siguientes vértebras en el número que se indican:

- Curvatura cervical → vértebras cervicales: 7, denominadas C1 (vertebra llamada atlas), C2...C7.
- Curvatura dorsal → vértebras dorsales (o torácicas): 12, llamadas D1, D2... D12 o T1, T2...T12.
- Curvatura lumbar → vértebras lumbares: 5, llamadas L1, L2...L5.
- Curvatura coxígea o sacra → huesos sacro (uno) y coxis (uno). El sacro presenta los 8 agujeros que contienen los nervios del mismo nombre.



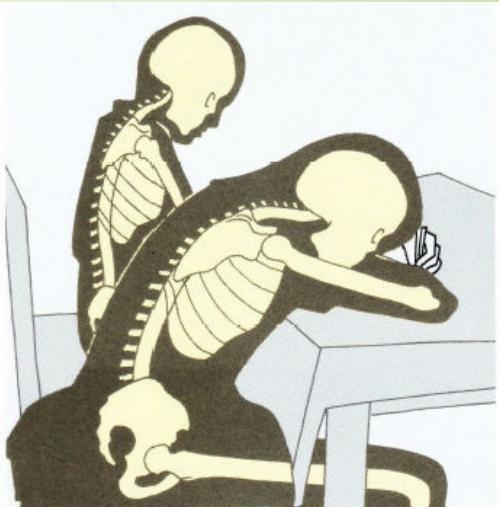
Hernia discal.

Es la rotura o daño del cartílago fibroso del disco intervertebral. Esta fractura provoca la salida del núcleo pulposo (amortiguador entre vértebras) lo que presiona la raíz nerviosa produciendo un fuerte dolor. Se da sobre todo en la zona lumbar por lo que esta patología suele ir unida a dolor en la zona baja de la espalda. En la mayoría de los casos el dolor puede ser tratado favorablemente sin intervención quirúrgica.



Posturas perjudiciales.

Como la de la imagen adjunta. Producen dolores con diversas localizaciones.



Desviaciones de la columna vertebral.

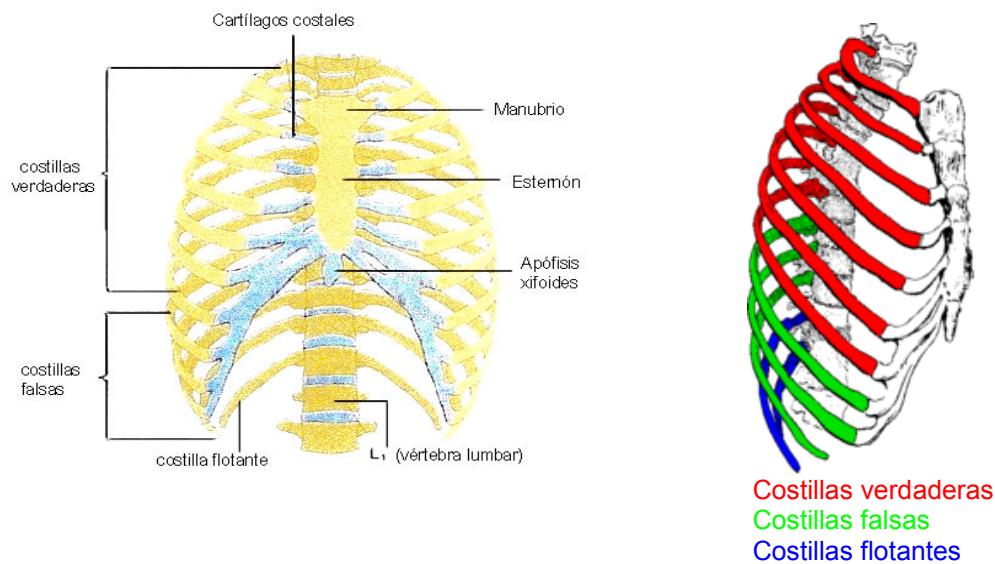
Comprenden varios tipos, como la **escoliosis** (desviación lateral), la **lordosis** (hacia adelante) y la **cifosis** (hacia atrás).

B) La caja torácica.

Está constituida por las vértebras dorsales, el esternón y las costillas. Su función es proteger las vísceras del tórax (pulmones, corazón y esófago). En algunas especies, especialmente las serpientes, proveen soporte y protección a casi todo el cuerpo.

Las costillas son huesos planos. En los humanos hay 12 pares de costillas: 7 pares son costillas verdaderas, 3 falsas y 2 flotantes. Las costillas verdaderas se unen directamente al esternón mediante su propio cartílago. Las costillas falsas también se unen al esternón pero indirectamente, ya que primero se acoplan al cartílago de otra costilla. Las costillas flotantes no están unidas al esternón. Todas las costillas se unen en la parte posterior de las vértebras dorsales. Los espacios

entre las costillas o espacios intercostales contienen los músculos intercostales, nervios y arterias.



7. EL ESQUELETO DE LAS EXTREMIDADES.

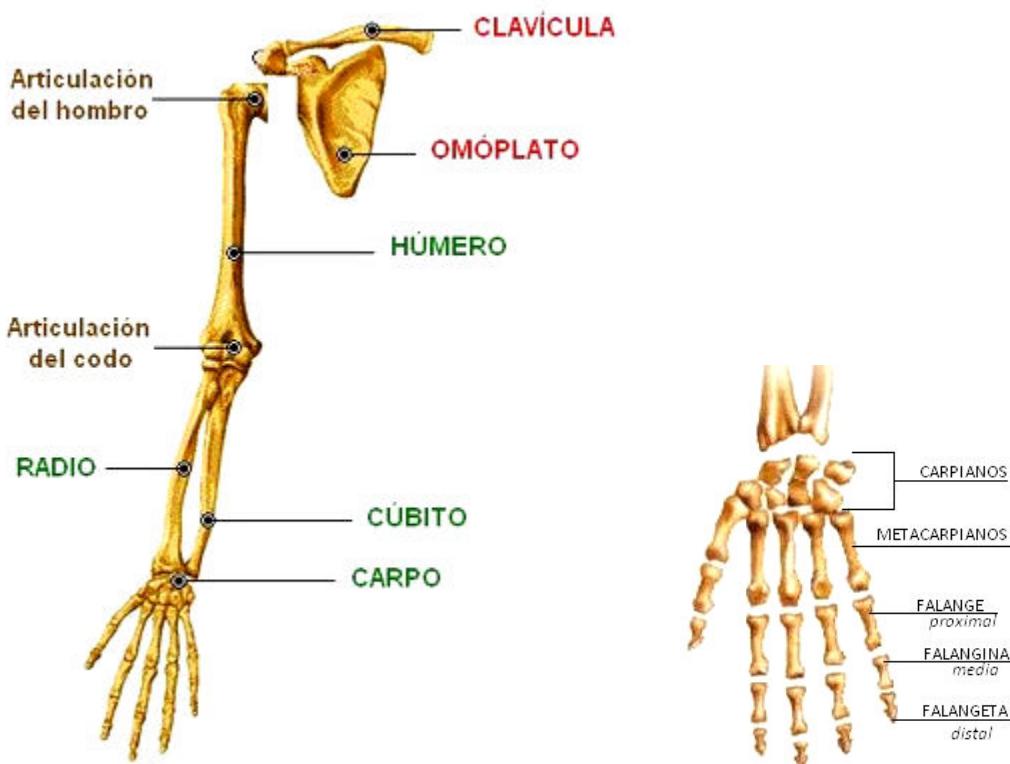
Lo forman las cinturas escapular y pélvica y las extremidades superiores e inferiores.

a) La cintura escapular. Une las extremidades superiores al tronco. Está constituida por:

- Clavícula: hueso alargado situado en la parte anterior al hombro.
- Omóplato o escápula: hueso plano de la parte posterior.

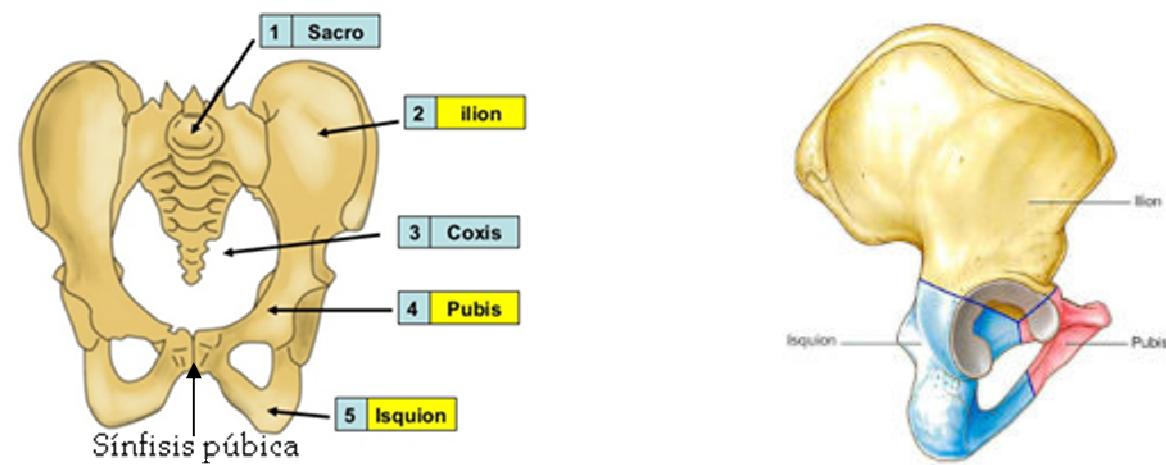
b) Las extremidades superiores. Sus huesos principales son:

- Húmero.
- Cúbito.
- Radio.
- Huesos de la mano: carpo (muñeca), metacarpo (palma) y falanges (dedos).



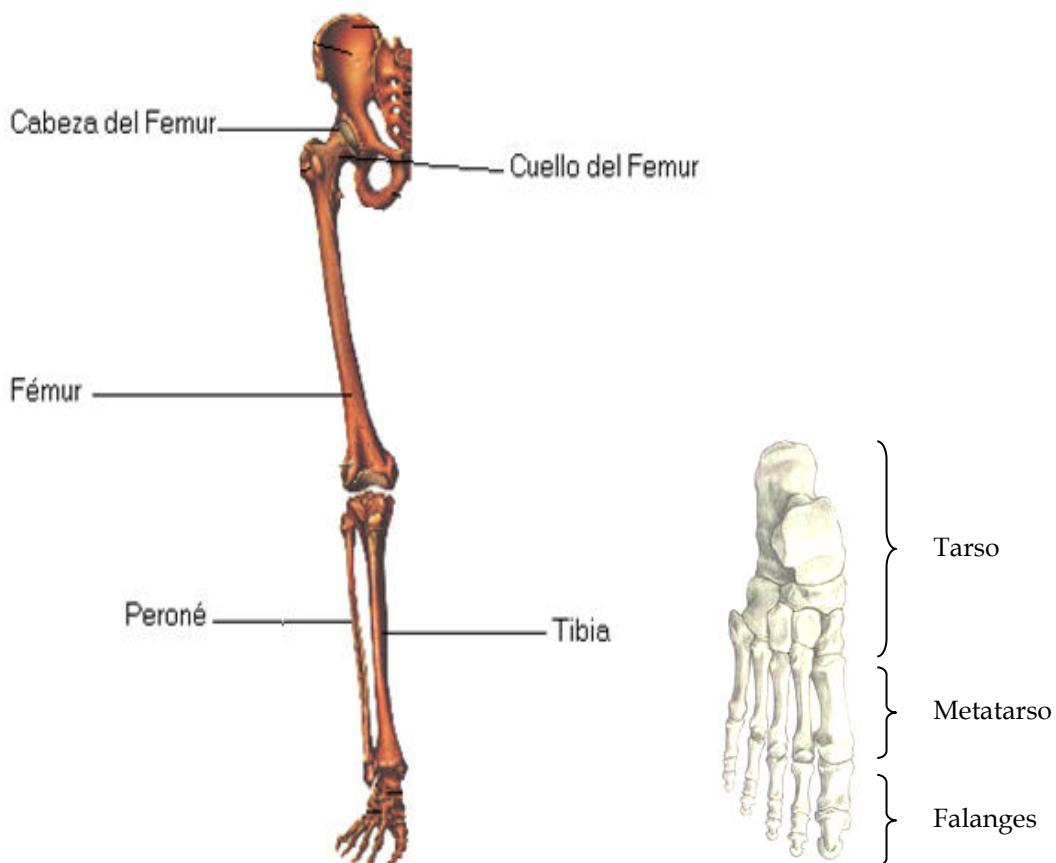
c) La cintura pélvica. Está unida a las extremidades inferiores y aloja las vísceras del abdomen. Sus huesos principales son los siguientes:

- Ilion: constituye la cadera.
- Isquion: sirve de apoyo para sentarse
- Pubis: cierra la cavidad pelviana por delante. Las dos partes del pubis están unidas por la síntesis pública (un cartílago fibroso). En el caso de la mujer, la cara anterior de la síntesis pública está recubierta por un tejido adiposo llamado monte de Venus.



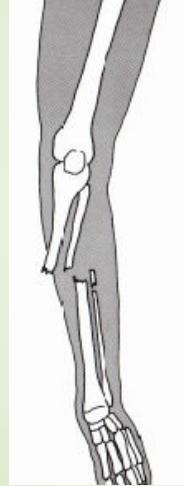
d) Extremidades inferiores. Sus huesos más importantes son:

- Fémur
- Tibia
- Peroné
- Huesos del pie: tarso, metatarso y falanges.



Traumatismos.

Como el de la imagen. En la actualidad se usan prótesis biocompatibles como los implantes de titanio.



Osteoporosis.

Se caracteriza por una pérdida de masa ósea. Entonces el hueso se debilita por lo que son muy frecuentes las fracturas. Esta enfermedad puede ser debida a la disminución de las hormonas sexuales que estimulan la osteogénesis (estrógenos y testosterona). Entre los factores de riesgo de esta enfermedad se encuentran la menopausia (que reduce el nivel de estrógenos), la deficiencia en la dieta de calcio y vitamina D (coadyuvante del calcio), la vida sedentaria, el alcohol, ciertos fármacos y dos enfermedades endocrinas conocidas como hiperparatiroidismo (exceso de producción de la hormona paratiroidea, que produce la descalcificación del hueso por el trasvase de calcio del hueso a la sangre) e hipotiroidismo (déficit de la hormona calcitonina que estimula el trasvase de calcio de la sangre a los huesos). El 99 % del calcio se utiliza en construir hueso, mientras que el 1 % restante tiene otras localizaciones y se usa, entre otras funciones, para la coagulación sanguínea, la contracción muscular y la transmisión del impulso nervioso.

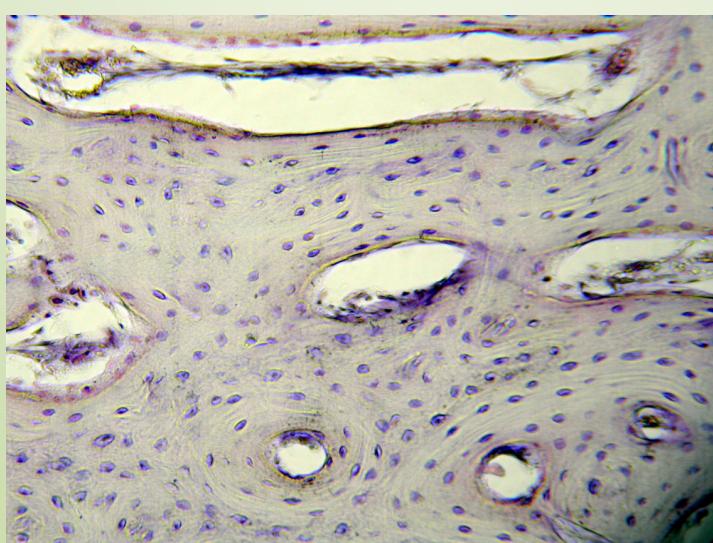
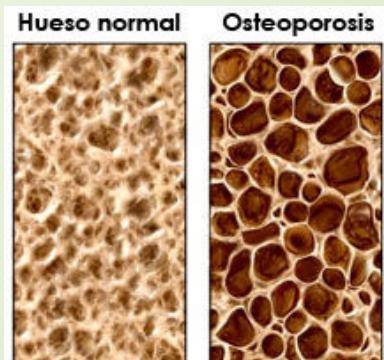


Imagen microscópica con lagunas de descalcificación y canales de Havers

8. EL APARATO MUSCULAR.

Los músculos son responsables de los movimientos y ayudan a mantener la postura corporal.

Los tendones son los tejidos fibrosos que unen músculo y hueso.

9. FISIOLOGÍA DE LOS MÚSCULOS.

Existen tres tipos de musculatura (Tema 1): esquelética o estriada (con contracción rápida y voluntaria), cardíaca (rápida e involuntaria) y lisa (lenta e involuntaria).

(A) Músculo esquelético o estriado.

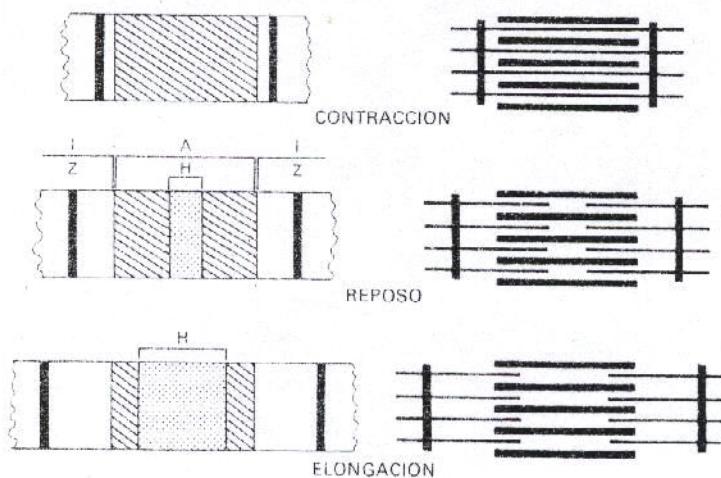
Está formado por células llamada fibras musculares, unidas por tejido conjuntivo.

Las fibras se componen de sarcolema (membrana) y sarcoplasma (citoplasma). En éste se encuentran las miofibrillas formadas a su vez por dos proteínas contractiles: miosina y actina.

Las miofibrillas contienen los sarcómeros que son la unidad funcional de la fibra muscular.

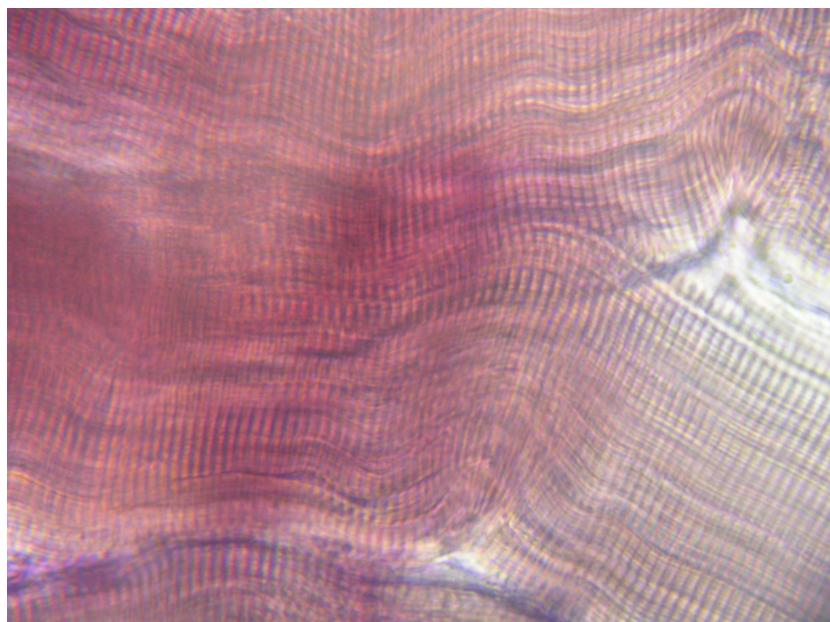
En las miofibrillas se diferencian distintas bandas y líneas. Las bandas A son oscuras por contener tanto filamentos de actina (finos) como de miosina (gruesos), excepto en el centro donde solo hay miosina, por esto aparece en esta banda oscura una zona más clara, que recibe el nombre de banda H. En la parte central de la banda A, el engrosamiento de las miosinas produce una línea oscura dentro de la banda H, llamada línea M. Las bandas I son claras porque sólo contienen actinas; estas proteínas se superponen en la parte intermedia de I, dando lugar a una línea oscura (llamada Z). Cada sarcómero está formado por una banda A y la mitad de dos bandas vecinas I. Dicho de otra forma el sarcómero es la porción de miofibrilla limitada por dos líneas Z sucesivas.

Durante la contracción los filamentos de actina de las bandas A se acercan, desapareciendo o reduciéndose así la banda H. Cuando el músculo se elonga los filamentos de actina se alejan, agrandándose de esta forma la banda H.



Mecanismo de la contracción muscular esquelética

Para la contracción muscular también se precisa energía en forma de ATP e iones de Ca⁺⁺. El combustible metabólico suele ser la glucosa, que procede de las maltosas y éstas a su vez del glucógeno acumulado en este tipo de músculo. La glucosa puede ser metabolizada en presencia de oxígeno mediante la respiración celular y en su ausencia mediante la glucolisis y la fermentación láctica (Tema 12). Con relación al calcio interviene el retículo endoplasmático liso: cuando el calcio entra en este retículo procedente del citosol se produce la relajación muscular; cuando el calcio pasa del retículo liso al citosol ocurre la contracción muscular.



Músculo esquelético o estriado al microscopio óptico

(B) Músculo cardíaco.

Es como el esquelético un músculo estriado y su funcionamiento es similar al de aquel. No obstante presenta ciertas peculiaridades importantes. Sobre todo que las células musculares cardíacas que forman el tejido nodal (Tema 4) tienen la particularidad, como las neuronas, de producir impulsos nerviosos. Las células cardíacas están conectadas de manera que la fuerza de contracción (impulsos nerviosos) se transmite de unas células a otras.

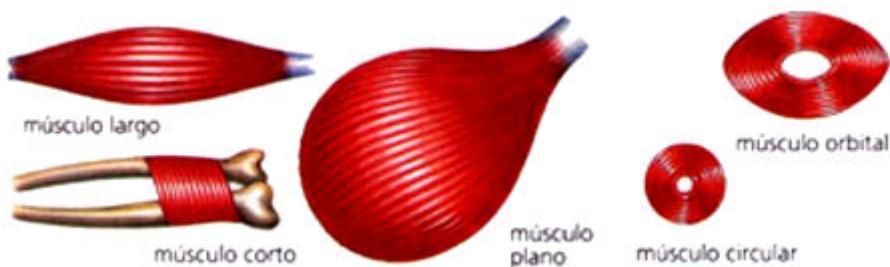
(C) Músculo liso.

A diferencia de los otros tipos de músculos, las proteínas contráctiles (actina y miosina) no se disponen en bandas claras y oscuras. Sin embargo su funcionamiento es similar al de los músculos esquelético y cardíaco. El músculo liso posee la particularidad de que tras la liberación de los iones de calcio desde el retículo liso al citosol, éstos se unen a una proteína, llamada calmodulina, lo que desencadena que una enzima permita la unión de la miosina con la actina.

10. TIPOS DE MÚSCULOS.

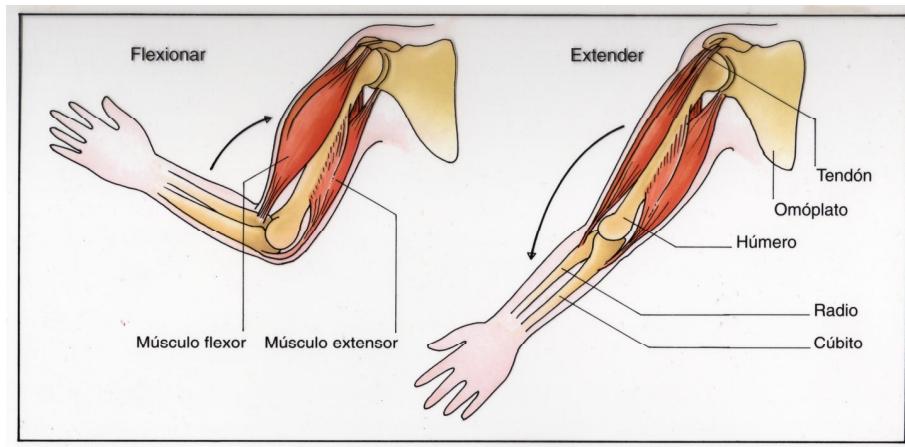
Según su forma, principalmente los siguientes:

- Fusiformes o largos: en forma de huso. Ejemplo: bíceps.
- Planos. Ejemplo: diafragma, que limita las cavidades torácica y abdominal y tiene un papel fundamental en la ventilación pulmonar.
- Cortos. Ejemplo: músculos intervertebrales.
- Orbiculares: con forma semicircular. Ejemplo: párpados.
- Esfínteres: de forma circular. Ejemplo: el esfínter anal.



Según su función (forman parejas que realizan movimientos opuestos):

- Flexores y extensores: se encuentran en las articulaciones.



- Abductores y aductores: alejan o acercan una extremidad al eje corporal.
- Pronadores y supinadores: giran extremidades.

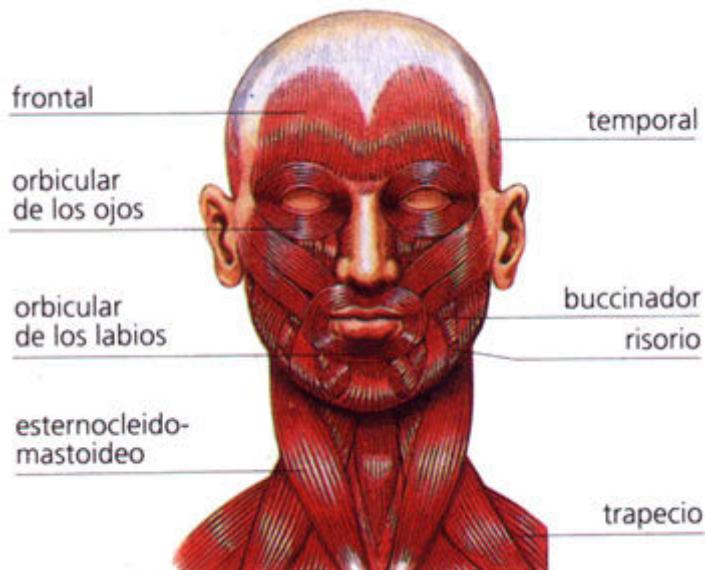
11. MÚSCULOS PRINCIPALES DEL CUERPO HUMANO.

A) Músculos de la cabeza.

- Frontal.
- Risorios.
- Temporales.

B) Músculos del cuello.

- Trapecio
- Esternocleidomastoideo.



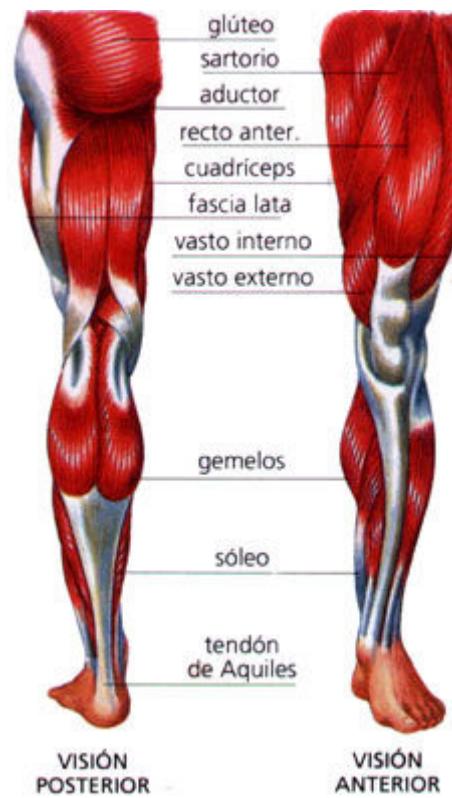
C) Músculos de las extremidades superiores.

- Deltoides.
- Bíceps.
- Tríceps.
- Flexores de los dedos.
- Extensores de los dedos.
- Músculos cortos.



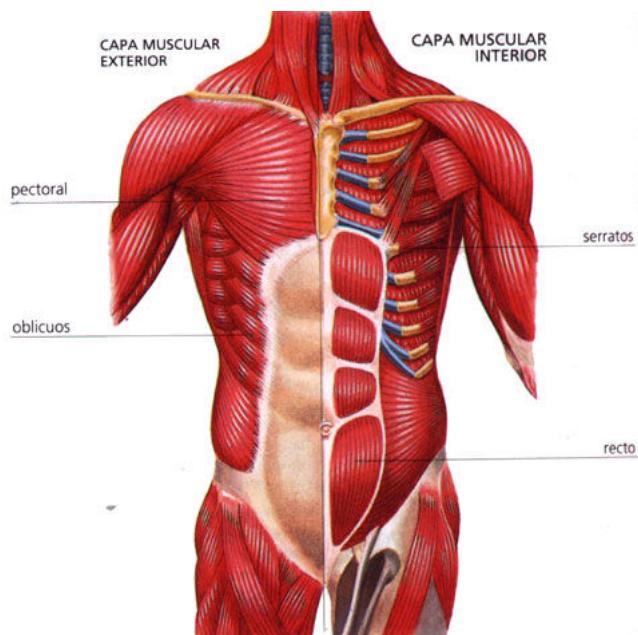
D) Músculos de las extremidades inferiores.

- Glúteos.
- Sartorio.
- Flexor común de los dedos.
- Extensor común de los dedos.
- Músculos cortos.
- Gemelos.



E) Músculos del tronco.

- Pectorales mayores.
- Intercostales.
- Rectos mayores del abdomen.
- Pequeños serratos posteriores superiores.
- Pequeños serratos posteriores inferiores.



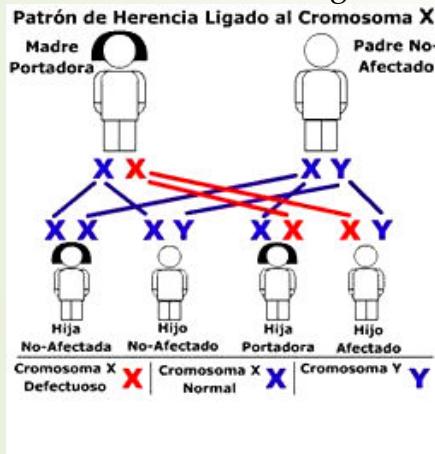
Estrabismo.

Consiste en la desviación del alineamiento de un ojo respecto al otro, los músculos oculares no se coordinan y esto impide la fijación de ambos ojos en un mismo punto. Es una enfermedad congénita y también puede ser desarrollada durante la infancia, causa ambliopía u ojo vago (el cerebro ignora, total o parcialmente, la visión del ojo desviado, aunque éste sea capaz de ver con normalidad). Por ello se suele colocar un parche en el ojo que no tiene desviación.



Distrofia muscular.

- Etiología. Se debe a un alelo recesivo ligado al cromosoma X.



- Síntomas:

- Atrofia progresiva muscular. En la mayoría de los casos aparece durante la infancia.
- Pérdida de reflejos.
- Hipertrofia de pantorrillas (signo característico de esta enfermedad).
- Miocardiopatía constante durante toda la enfermedad.



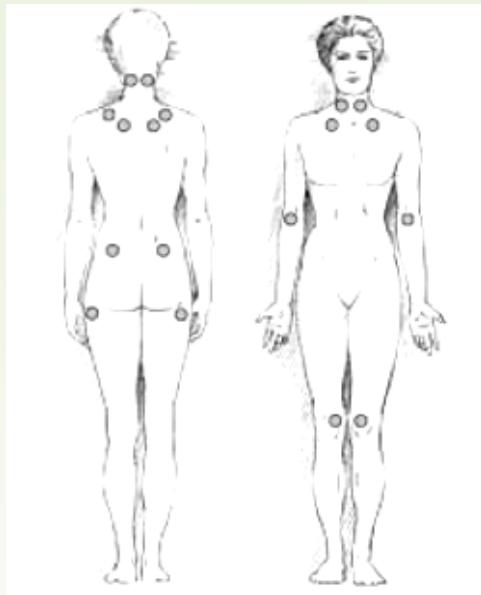
- Diagnóstico: se realiza una biopsia muscular o también se puede detectar por la presencia de distrofina. En enfermos de distrofia muscular se detecta una baja concentración de esta proteína.

- Tratamiento:

- Fisioterapia.
- Psicomotricidad.
- Terapia ocupacional.
- Se están ensayando tratamientos para reducir la expresión (transcripción) del gen mutado.

Fibromialgia.

- Síntomas: dolor crónico, rigidez y malestar en músculos, articulaciones y tendones; dificultades para dormir, fatiga, falta de concentración y dolor de cabeza.
- Etiología: es desconocida, pero hay factores como el estrés o la falta de sueño que pueden empeorar los síntomas.
- Diagnóstico: se diagnostica si un paciente presenta dolores en al menos 11 de los 18 puntos blandos (ver dibujo) y malestar general del cuerpo sin tumefacción (hinchazón que rodea las articulaciones que padecen artrosis o artritis).
- Tratamiento: no existe cura para esta enfermedad, pero realizar ejercicios físicos o mejorar las condiciones del sueño pueden aliviarla. A veces se opta por inyectar analgésicos sobre los puntos blandos.



ACTIVIDADES RESUELTAS

1º Averigua por qué la carencia de vitamina D puede provocar la descalcificación de los huesos. ¿Qué consecuencias tiene esto para la salud?

La vitamina D es coadyuvante del calcio, y por tanto fundamental para el paso de calcio de la sangre al hueso. Su carencia, por tanto, provoca la descalcificación del hueso (osteoporosis).

Los osteoclastos (controlados por la hormona paratiroides) destruyen materia ósea que los osteocitos no reponen, por esto se crean oquedades que facilitan la rotura de los huesos.

2º Desde el punto de vista del crecimiento óseo, ¿cuándo decimos que una persona es adulta?

Entre los 20-25 años de edad finaliza el crecimiento, al osificarse completamente los cartílagos del crecimiento.

3º ¿Cuál es la función de las articulaciones entre los huesos del cráneo si no permiten ningún movimiento?

Se trata de uniones fijas (sinartrosis) que no permiten movimiento ya que su función es proteger al encéfalo.

4º En algunas comunidades africanas, como en España hace décadas, las mujeres transportan cargas muy pesadas sobre la cabeza y no sobre la espalda. ¿Crees que esta circunstancia es beneficiosa o perjudicial?

Perjudicial, ya que en lugar de repartir el peso por toda la columna vertebral éste se concentra en la parte superior de la columna: las vértebras cervicales, cargándolas demasiado y llegando a dañarlas.

5º Busca información sobre la etiología de las agujetas y responde a la siguiente pregunta: ¿es cierto que beber agua con azúcar, antes o después de realizar deporte, evita las agujetas (calambres)?

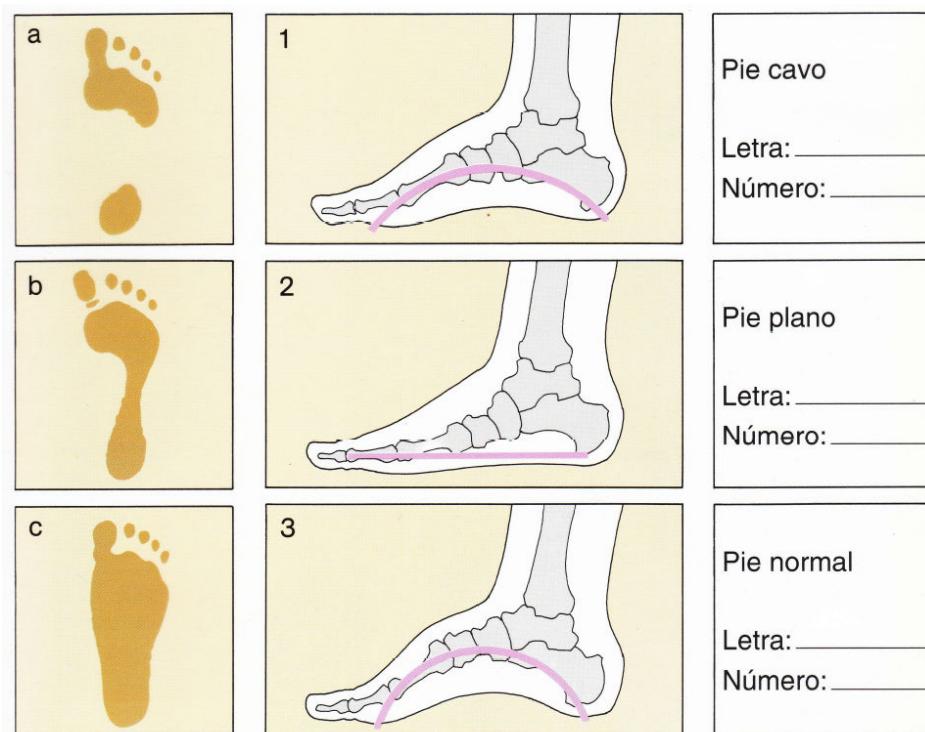
Hay dos hipótesis (no excluyentes) que explican la formación de las agujetas:

a) Existe la hipótesis de que las agujetas son producidas por microrroturas de fibras musculares. Estas roturas liberarían iones de calcio y potasio que originarían el dolor.

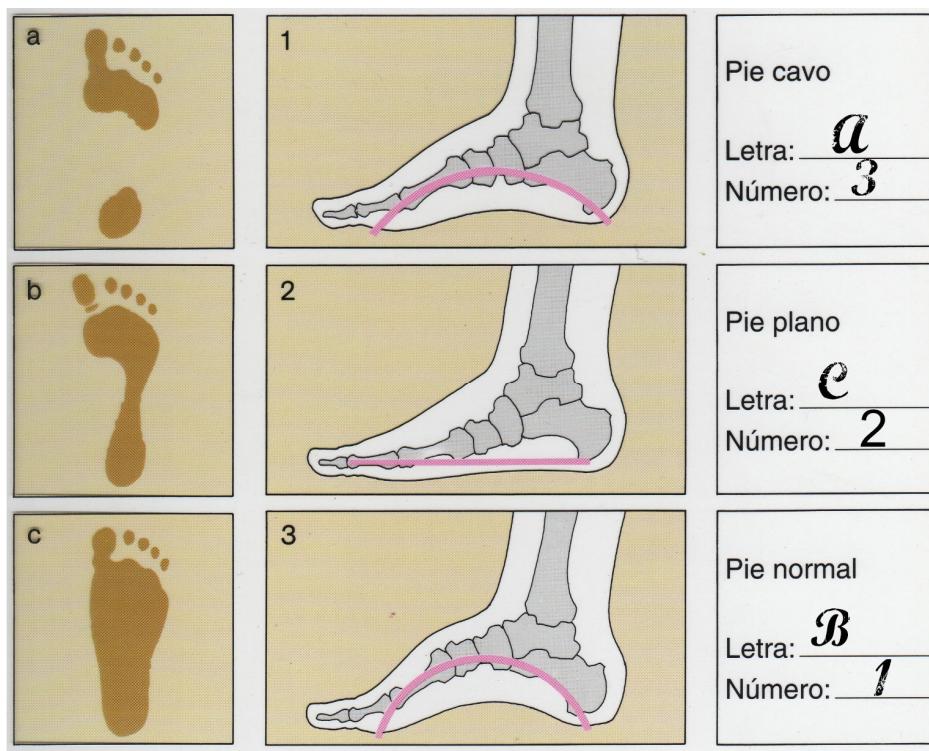
b) La otra posible explicación es que al encontrarse el músculo en condiciones anaerobias, sus células realizan fermentación, produciendo ácido láctico que se cristaliza en los músculos originando el dolor característico de los calambres.

En ambos casos no sirve de nada beber agua con azúcar antes o después de realizar deporte. En el caso de la segunda hipótesis serviría una oxigenación del músculo, para que desapareciera el ácido láctico al transformarse en ácido pirúvico y/o glucosa (Tema 12). En todo caso, se recomienda realizar deporte progresivamente evitando los sobreesfuerzos.

6º. Relaciona las columnas primera y segunda para explicar los tres tipos de pie y busca información sobre las posibles consecuencias para la salud de los pies cavos y planos.



Solución:



Los pies planos muy raramente producen alguna alteración o patología pero los pies cavos sí que ocasionan dolores con distintas localizaciones.

7º. Ni Luis ni Julia tienen distrofia muscular de Duchenne (enfermedad ligada al sexo), pero su hijo Pedro sí. Indica si el alelo responsable de esta patología es dominante o recesivo y señala los genotipos de todas estas personas. Si tienen otro hijo varón, ¿cuál es la probabilidad de que padezca esta enfermedad? ¿Cuál es la probabilidad de que padezca esta enfermedad una hija? Razona todas las respuestas.

Se trata en una enfermedad producida por un alelo recesivo ya que la madre no tiene la enfermedad pero es portadora (enfermedad ligada al cromosoma X).

Madre: $X_D X_d$; padre: $X_D Y$; hijo: $X_d Y$. (d: distrofia; D: sin esta enfermedad).

La probabilidad de tener un hijo varón con esta enfermedad es del 50% y la de una hija con distrofia del 0%.

8º. Teniendo en cuenta la información sobre la distrofia muscular de Duchenne referida en el ejercicio anterior, determinar la posible descendencia de un hombre con la enfermedad y una mujer portadora de la misma.

$$P: \quad X_d Y \quad \times \quad X_D X_d$$

$$F_1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Genotipos: } X_D Y; \quad X_d Y; \quad X_D X_d; \quad X_d X_d \\ \text{Fenotipos: } \frac{1}{4} \text{ hijo varón sin distrofia; } \frac{1}{4} \text{ hijo varón con distrofia; } \frac{1}{4} \text{ mujer sin distrofia portadora; } \frac{1}{4} \text{ mujer con distrofia.} \end{array} \right.$$