

ANATOMIA Y FISIOTERAPIA

Lic. Héctor A. López
Kinesiología y Fisioterapia
M.P. 118

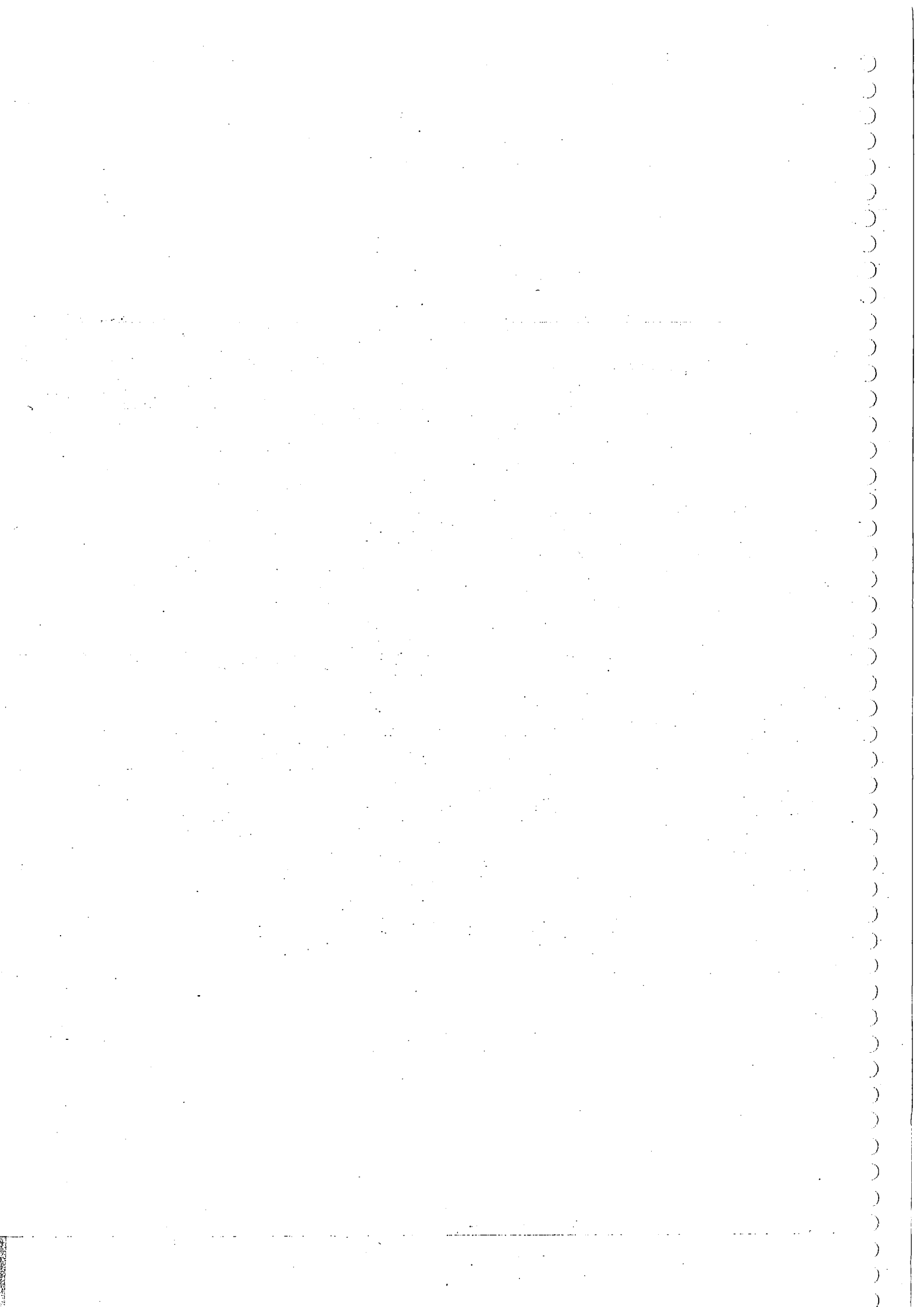
TOMO II

INDICE

- ANATOMIA DEL SISTEMA NERVIOSO.....Pag. 1
- FISILOGIA DEL SISTEMA NERVIOSO.....Pag. 39
- ANATOMIA Y FISILOGIA DE LA CONTRACCION MUSCULAR.....Pag. 67
- ANATOMIA Y FISILOGIA DEL SISTEMA ENDOCRINO.....Pag. 85
- ANATOMIA DEL SISTEMA URINARIO Y SIST. REPRODUCTOR.....Pag. 99
- FISILOGIA DEL SISTEMA URINARIO.....Pag. 116
- LA PIEL Y LA REGULACION DE LA TEMPERATURA.....Pag. 132
- REGULACION DEL EQUILIBRIO HIDROELECTROLITICO.....Pag. 134
- REGULACION DEL EQUILIBRIO ACIDO-BASE.....Pag. 135
- FISILOGIA DEL SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO.....Pag. 144
- FISILOGIA DEL SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO.....Pag. 148
- ANATOMIA DEL SISTEMA DIGESTIVO.....Pag. 152
- FISILOGIA DEL SISTEMA DIGESTIVO.....Pag. 169
- ALIMENTOS Y VITAMINAS.....Pag. 187
- ABSORCION , UTILIZACION Y ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO INGERIDO.....Pag. 193
- ANATOMIA DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR.....Pag. 202
- LA SANGRE, LA LINFA Y EL SISTEMA RETICULOENDOTELIAL.....Pag. 213
- EL CORAZON Y LA CIRCULACION.....Pag. 220

• FISILOGIA DEL SISTEMA CIRCULATORIO	Pag 230
• ANATOMIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	Pag 240
• FISILOGIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	Pag 253
• BIBLIOGRAFIA	Pag 279

LIC HECTOR ALEJANDRO LOPEZ
KINESIOLOGO Y FISIOTERAPEUTA
ESP EN QUIROPRACTICA
POSTUROLOGIA
PSICOMOTRICIDAD
M.P. 118



SISTEMA NERVIOSO

Función:

Examinar, valorar, procesar la información recibida y elaborar una respuesta codificada que se llama impulso eferente o nervioso.

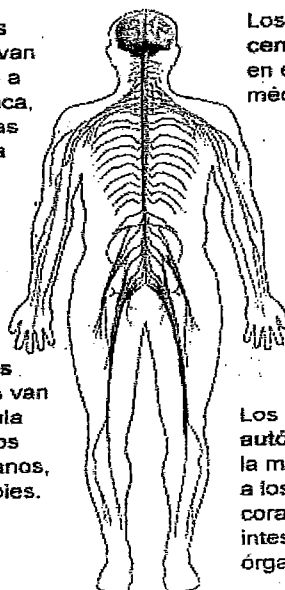
Composición:

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)	ENCEFALO (cavidad craneal)
	MEDULA ESPINAL (interior de la columna vertebral).
SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO (SNP)	SISTEMA AFERENTE (que recibimos)
	SISTEMA EFERENTE (que respondemos)

SISTEMA AFERENTE: Tenemos que incluir:

- Eferente somático: que inerva los músculos.
- Eferente autónomo o vegetativo: inerva las vísceras de nuestro organismo. Incluye el **sistema simpático y parasimpático** (son antagónicos, surge el equilibrio).

Los nervios craneales van del cerebro a los ojos, boca, oídos y otras partes de la cabeza.



Los nervios periféricos van de la médula espinal a los brazos, manos, piernas y pies.

Los nervios centrales están en el cerebro y médula espinal.

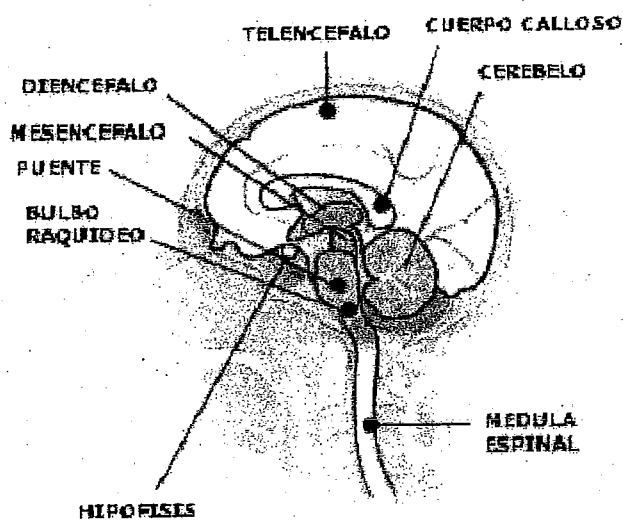
Los nervios autónomos van de la médula espinal a los pulmones, corazón, estómago, intestinos, vejiga y órganos sexuales.

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Compuesto por el **encéfalo**, la **medula espinal**, el **liquido cefalorraquídeo** y las **meninges**.

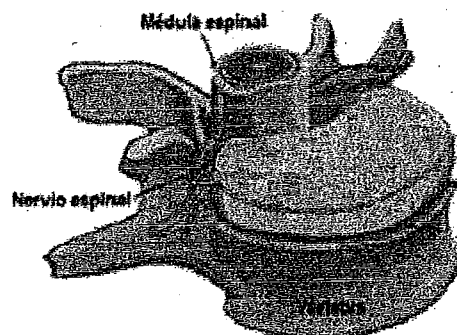
ENCEFALO. Constituido por tres partes fundamentales:

1. CEREBRO { DIENCEFALO
MESENCEFALO
TELENCEFALO
2. CEREBELO
3. BULBO RAQUIDEO



MEDULA ESPINAL. Estructura cilíndrica con sentido cefalo-caudal que va incluida en los agujeros de las vértebras. Tiene dos tipos de tejido nervioso:

- Sustancia gris. Constituida por neuronas.
- Sustancia blanca. Compuesta por los axones de las neuronas.



LIQUIDO CEFALORRAQUÍDEO. LCR.

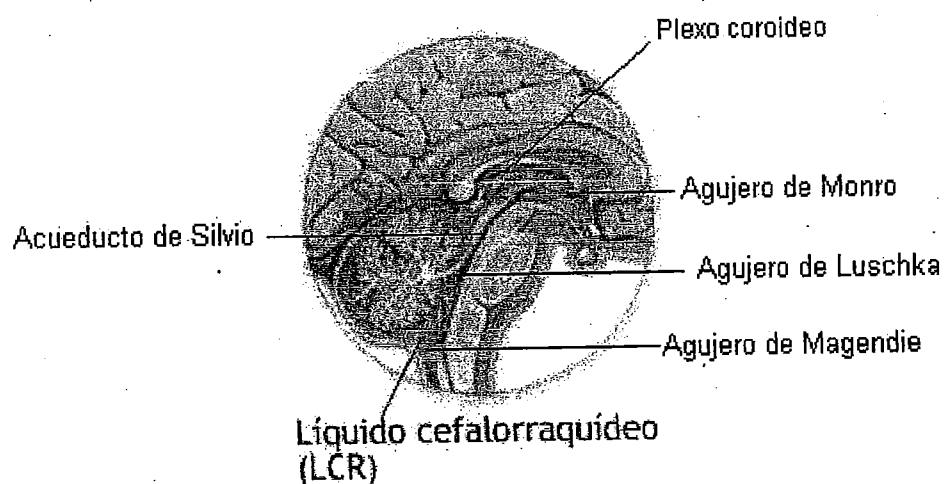
- Es un líquido cristalino y transparente.
- Tiene una función protectora y nutritiva.
- Circula por el espacio subaracnoideo.
- Baña y rodea el encéfalo y la medula espinal. La medula es bañada por el LCR exteriormente. El encéfalo es bañado por el LCR en su interior y su exterior.
- El LCR, se absorbe en las granulaciones aracnoideas para que exista un equilibrio. Se reabsorbe y pasa a los vasos sanguíneos.

Ventrículos cerebrales. Son cavidades en el interior de encéfalo bañados por el LCR. Son cuatro:

Ventrículo I y Ventriculo II: Están situados lateralmente, son simétricos y se comunican entre sí. En estos ventrículos se encuentran los plexos coroideos que son vasos sanguíneos.

Ventrículo III: Encontramos el agujero de Monro que comunica los ventrículos laterales con el ventrículo III y el acueducto de Silvio que es un pasadizo que comunica el ventrículo III y el ventrículo IV.

Ventrículo IV: Se comunica con el espacio subaracnoideo a través del agujero de Magendie y el agujero de Luschka.



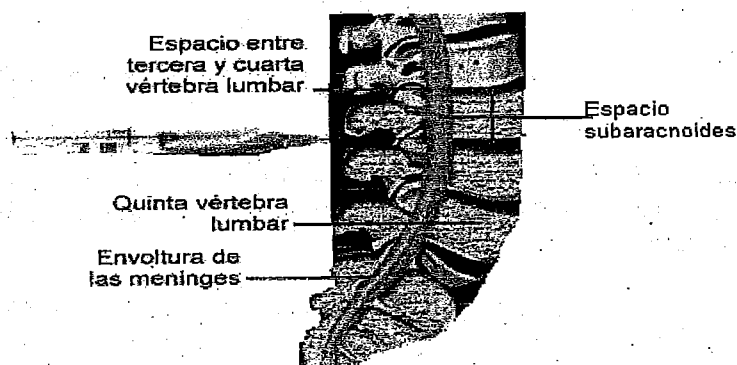
PUNCIÓN LUMBAR.

Es una prueba diagnóstica de extracción de LCR. Extraemos LCR del espacio subaracnoideo en la zona lumbar por ser el lugar más accesible para sacarlo.

El LCR puede presentar una serie de características en su análisis que nos pueden indicar una serie de patologías:

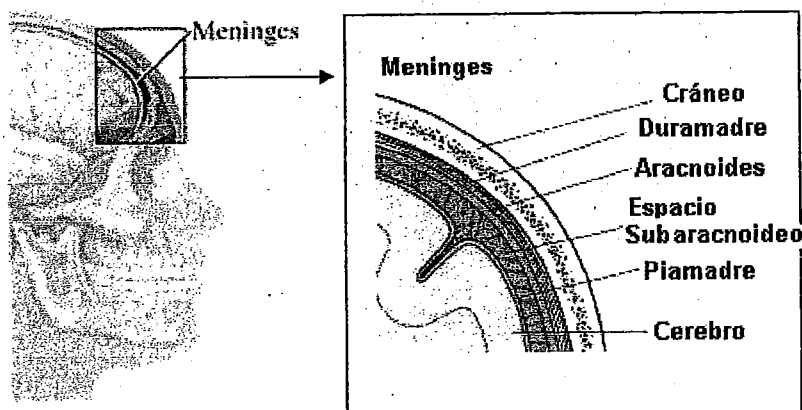
- LCR con color purulento. Indica infección, meningitis, encefalitis...
- LCR mezclado con sangre. Indica cualquier patología.
- LCR con presión. Hipertensión. Indica cualquier patología.
- LCR con leucocitos y proteínas. Diagnósticos determinados. Meningitis víricas.

PUNCIÓN LUMBAR



MENINGES. Son unas membranas, que protegen el SNC, tanto, la medula espinal como el encéfalo. Formada de tejido conectivo. Tiene tres capas:

1. Capa externa o DURAMADRE. Es de color blanco. Muy dura y rígida.
2. Capa intermedia o ARACNOIDES.
3. Capa interna o PIAMADRE. Pegada a la corteza externa del cerebro.



El LCR se encuentra en el espacio subaracnoideo entre la aracnoides y la Piamadre

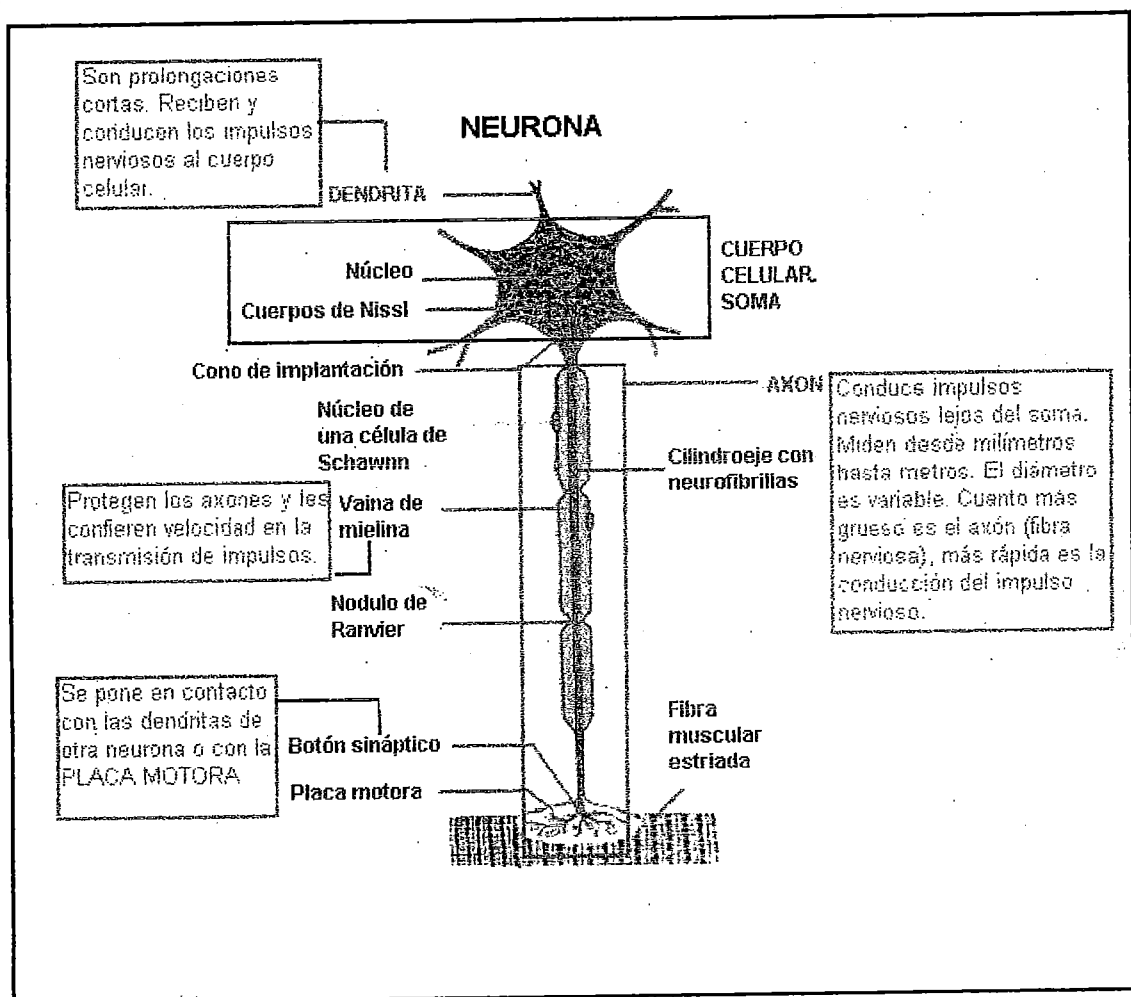
CELULAS DEL SNC.

Composición: A nivel general todos los órganos del cuerpo humano están formados por:

1. **Parénquima o células parenquimatosas.** Constituidas por células específicas que realizan la función del órgano. Ej. hígado (hepatocitos), cerebro (neuronas).
2. **Mesénquima o células mesenquitomatosas.** Constituidas por células de sostén. Forman el armazón del órgano. Son de tejido conjuntivo.

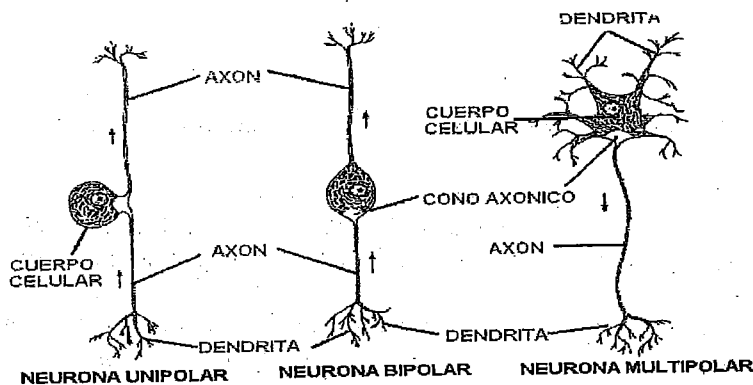
NEURONAS. Es la unidad funcional y estructural del SNC. Existen aproximadamente 10.000 millones de neuronas en el encéfalo (10% del total de células de nuestro organismo)

Son células parenquimatosas excitables que conducen los impulsos nerviosos. Reciben información, elaboran una respuesta y la transmiten.



Clasificación de las neuronas:

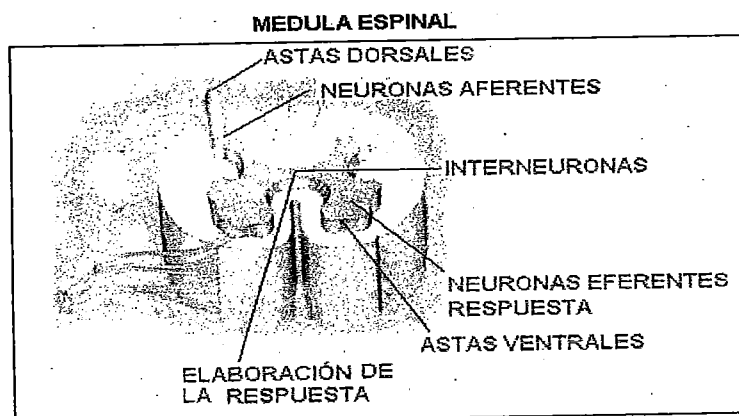
1. Clasificación estructural:



2. Clasificación funcional:

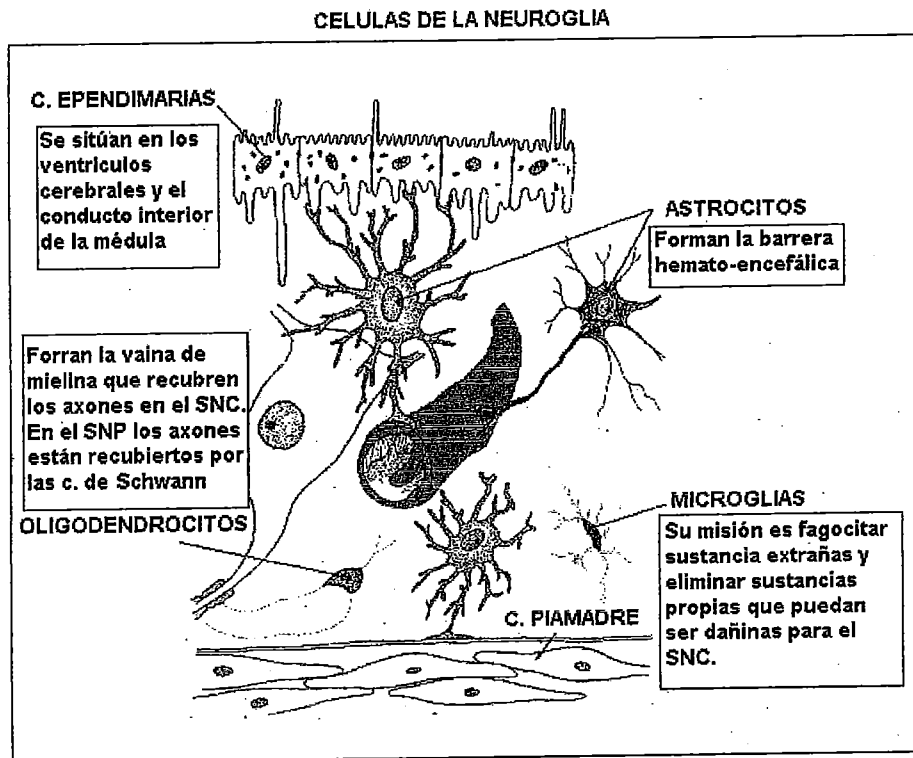
- **Neuronas sensitivas (aférentes):** Reciben estimulación sensitiva a nivel de sus terminaciones dendríticas y conducen impulsos hacia el SNC para su procesamiento.
- **Neuronas motoras (eferentes):** Se originan en el SNC y conducen sus impulsos hacia músculos, glándulas y otras neuronas.
- **Las interneuronas:** Están localizadas dentro del SNC, funcionan como interconectoras o integradoras que establecen redes de circuitos neuronales entre las neuronas sensitivas y motoras y otras interneuronas.

ARCO REFLEJO. Es un movimiento muy básico sin control voluntario, donde interviene la médula espinal. Es una vía de conducción del impulso en la que actúan las tres neuronas: la neurona sensitiva (aférente), la motoneurona y la interneurona. Ej. quemaduras.



NEUROGLIA

Son células mesenquimatosas de sostén, conservan su capacidad mitótica y es donde se asientan las tumoraciones cerebrales.



La barrera hematoencefálica.

Formada por un conjunto de células endoteliales vasculares (vasos sanguíneos) que llegan al encéfalo y que esta tapizada por una capa de astrocitos.

Su misión es proteger el encéfalo de sustancias tóxicas filtrándolas cuando llegan por los vasos sanguíneos. Regula el paso al encéfalo de:

- Iones.
- Principios activos.
- Fármacos.
- Neurotransmisores.
- Hormonas.
- Etc...

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL. SNC.

EL ENCEFALO. Formado por:

CEREBRO. Es el órgano principal del SNC. Se divide en:

- En su parte externa por la **corteza cerebral**. Constituida por sustancia gris (compuesta de neuronas).
- En su parte interna por el **cuerpo calloso**. Constituido por sustancia blanca (compuesta de axones y células de la neuroglia).

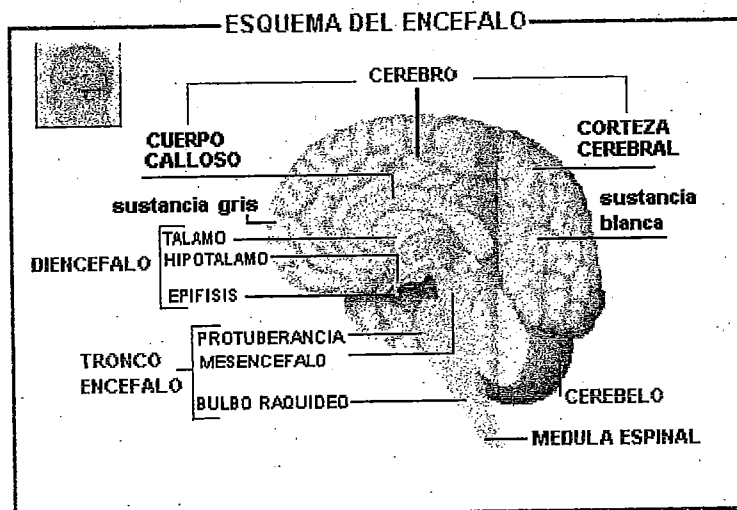
DIENCEFALO. Formado por:

- **Tálamo.**
- **Hipotálamo.**
- **Epífisis o glándula pineal.**

CEREBELO. Constituido por una corteza compuesta de sustancia gris y una parte interna compuesta de sustancia blanca.

TRONCO DEL ENCEFALO: Formado por:

- **Mesencéfalo.**
- **Puente o protuberancia.**
- **Bulbo raquídeo.**
- **Medula espinal.**



Todo el encéfalo está protegido por la cavidad craneal, excepto el bulbo raquídeo que sale al exterior por el agujero occipital. El encéfalo está recubierto por las meninges y el LCR. Su principal función es la integración y emisión de información a través de impulsos nerviosos.

TRONCO DEL ENCEFALO. Formado por:

MESENCÉFALO

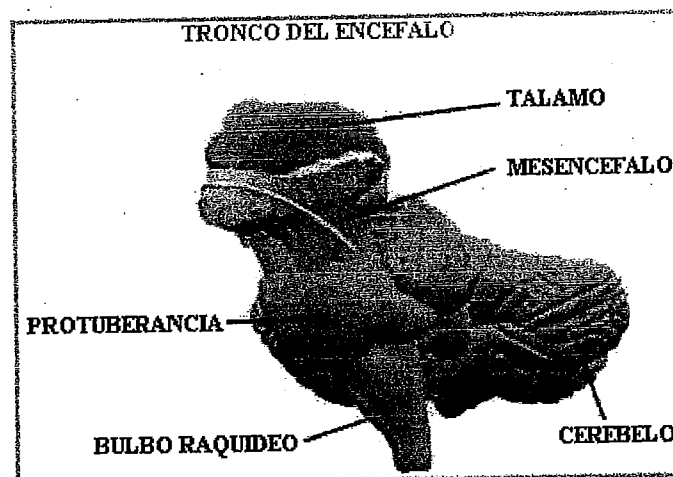
- Se encuentra situado encima de la protuberancia o puente.
- Contiene dos pedúnculos cerebrales.
- Contiene tubérculos cuadrigénicos.
- Contiene centros auditivos y visuales.
- Incluye el núcleo rojo y la sustancia negra (que al degenerarse interviene en la enfermedad de Parkinson produciendo rigidez y temblor).

PROTUBERANCIA

- Es un centro de paso de tractos nerviosos (fibras nerviosas).
- Sirve de apoyo en la regulación de la respiración.

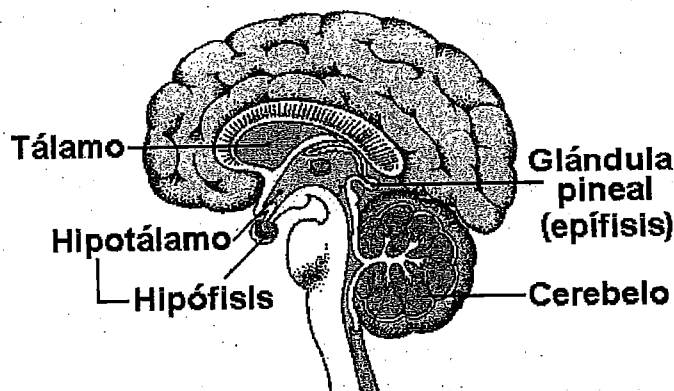
BULBO RAQUÍDEO

- Se continúa con la medula espinal.
- Esta constituido por dos protuberancias o pirámides.
- Contiene centros de control de funciones vitales:
 - a) Función cardíaca. Movimientos involuntarios.
 - b) Función pulmonar. Regula el centro respiratorio. Marca la cadencia de inspiración-espирación.
 - c) Funciona como centro vaso-motor. Regula la presión arterial y el diámetro de los vasos sanguíneos.
 - d) Funciona como centro regulador de la nausea, el vomito, la tos, la deglución y el hipo.



CEREBELO

- Se sitúa por debajo del cerebro.
- Está constituido por una parte externa (corteza) formada de sustancia gris y una parte interna formada de sustancia blanca.
- Tiene surcos y circunvoluciones finas
- Está dividido en dos hemisferios.
- Está constituido por tractos con la medula, el tronco encefálico y el cerebro.
- Sus funciones principales son la coordinación de movimientos, el control de la postura y el mantenimiento del equilibrio. Estas funciones no son exclusivas del cerebelo ya que las comparte con el oído interno.



DIENCEFALO. Situado entre cerebro y mesencéfalo. Formado por:

TALAMO

- Formado por varios núcleos.
- Estación de enlace con la corteza cerebral.
- Transmite y recibe impulsos sensitivos.
- Tiene un papel importante en la emociones, en el despertar (vigilia) y alerta.

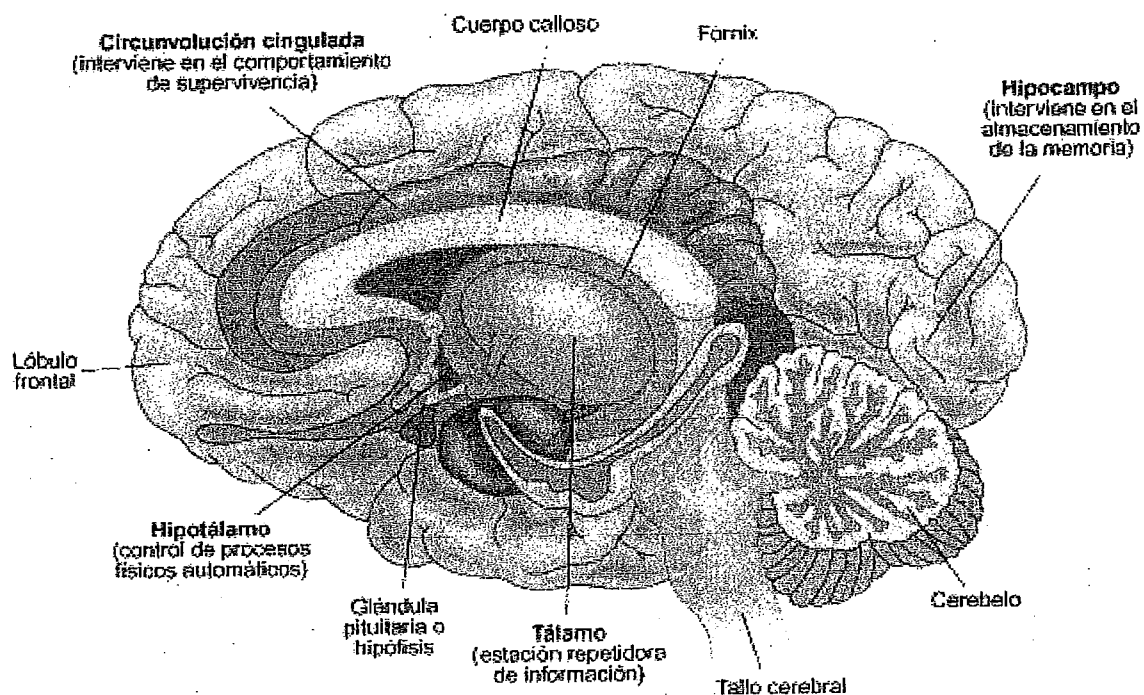
HIPOTÁLAMO

- Regula todo el sistema endocrino liberando unas sustancias llamadas factores reguladores que tiene una función similar a las hormonas. Ejecutan su acción en la hipófisis.
- Forma el suelo del tercer ventrículo del cerebro.
- Funciona como centro autónomo.
- Regula el estado de vigilia / sueño, apetito / saciedad y temperatura.

EPÍFISIS O GLÁNDULA PINEAL

- Regula el reloj biológico del cuerpo (envejecimiento del organismo).
- En la epífisis se secreta la hormona melatonina que actúa controlando los procesos oxidativos del organismo.

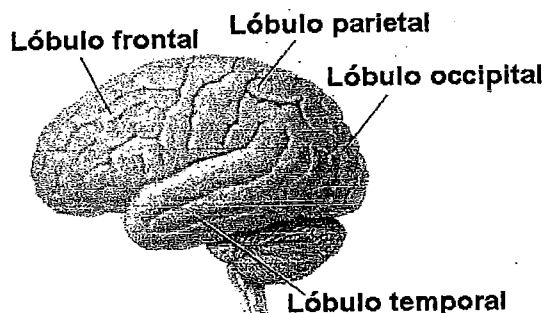
CORTE TRANSVERSAL DEL DIENCÉFALO



CEREBRO. Formado por:

Corteza cerebral:

- Presenta dos hemisferios (izquierdo y derecho) formados de sustancia gris (neuronas). Los dos hemisferios están divididos en cuatro lóbulos y la ínsula de Reil.



- Presenta circunvoluciones superficiales.
- Está separado por cisuras que dividen los hemisferios y lóbulos. Las cisuras separan porciones de corteza por medio de surcos. Las más importantes son: la cisura de Rolando, la cisura de Silvio y la cisura calcarina.

FUNCIONES: Fundamentalmente son tres:

1. Función sensitiva o sensorial. Comprende la capacidad de discernir sensaciones somáticas: tacto, presión, posición y sensaciones de temperatura. Se distinguen las siguientes áreas:

- Área visual. Se localiza en la corteza occipital. Es donde se elaboran las imágenes visuales.
- Área auditiva. Se localiza en la corteza temporal. Es donde se reciben y elaboran las sensaciones auditivas.
- Área de asociaciones. Se localiza en la corteza temporal. Es donde se reciben las sensaciones somatosensoriales.
- Área de sensación del lenguaje. Se distinguen dos áreas:

a) Área de Wernicke. Se localiza en la corteza parietal y es donde se sitúa la capacidad para comprender y entender el lenguaje.

b) Área motora de Broca. Se localiza en la corteza frontal y es donde se encuentra la capacidad para elaborar y transmitir mensajes. ("Afasia Motora", no son capaces de expresarse correctamente).

2. Funciones motoras: Comprende dos áreas.

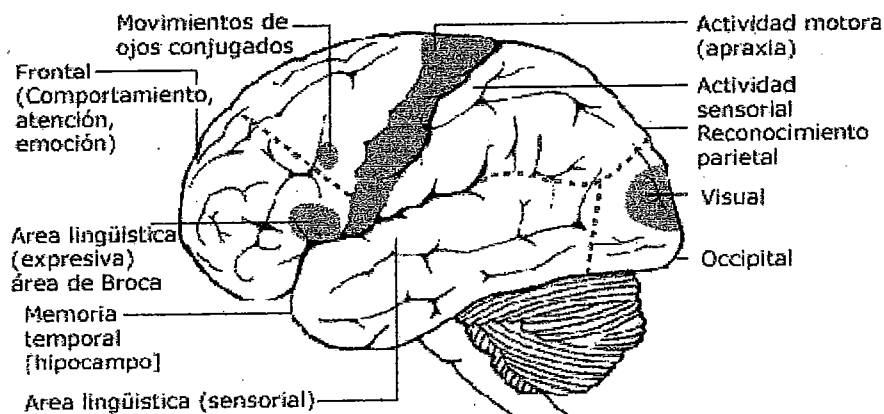
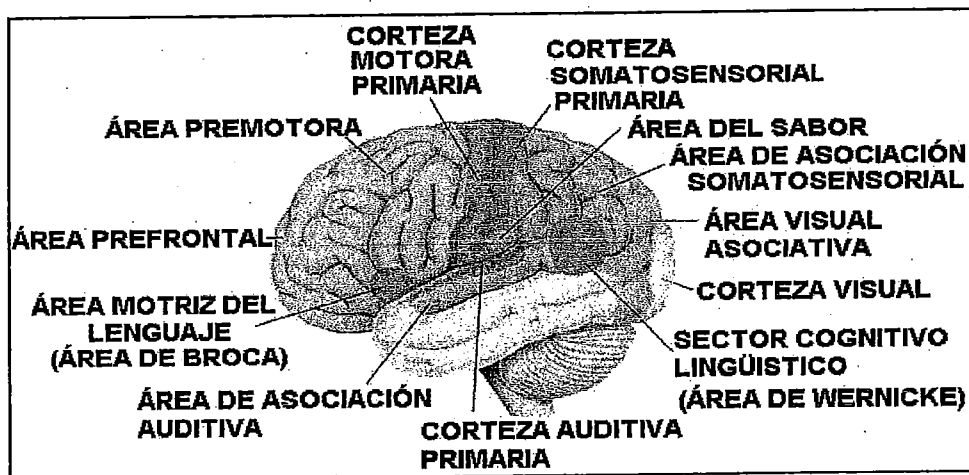
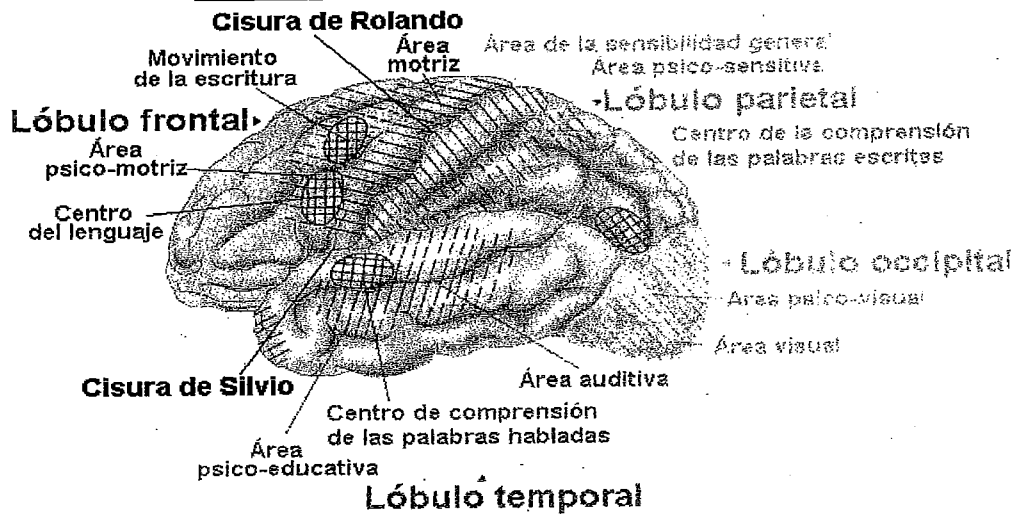
- Área motora somática. Responsable del movimiento del cuerpo.
- Área promotora. Se localiza en la corteza frontal y parietal. Se encarga de estimular los grupos musculares conjuntamente (músculos que realizan la misma función). De esta manera nuestros movimientos están coordinados y son armónicos.

3. Función integradora. Es la más característica de la corteza cerebral. Relaciona e integra información. Es capaz de integrar la información que le aporta las diferentes áreas de nuestro organismo, almacenarla y elaborar una respuesta.

- Capacidad para estar consciente (alerta)/ sueño, descanso.
- Comprensión del lenguaje.
- Sensaciones de ira, alegría, tristeza, temor, placer, etc..
- Capacidad de memoria. Memoria a largo plazo y memoria a corto plazo.

Cada hemisferio cerebral tiene una especialización y están comunicados por el cuerpo calloso. El hemisferio dominante es el opuesto en el que nosotros tenemos nuestras capacidades cognitivas. Las órdenes que provienen del hemisferio izquierdo tienen su respuesta en los nervios de la parte derecha de nuestro organismo

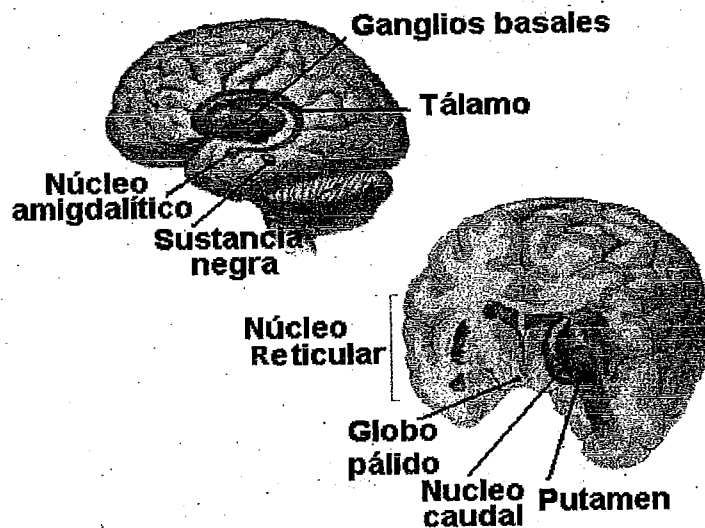
FUNCIONES DE LA CORTEZA CEREBRAL



GANGLIOS BASALES

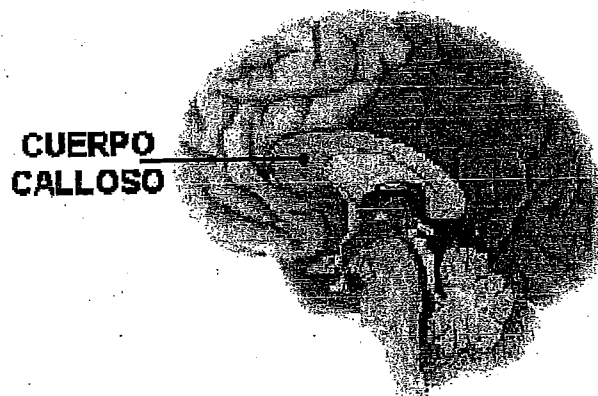
Se encuentran en el interior del cerebro. Están compuestos de sustancia gris.
Formados por:

- Núcleo caudal.
- Núcleo reticular. Formado por el putamen y el globo pálido.
- Núcleo amigdalítico



CUERPO CALLOSO

Constituido por sustancia blanca (tractos nerviosos). Esta situado entre los dos hemisferios.



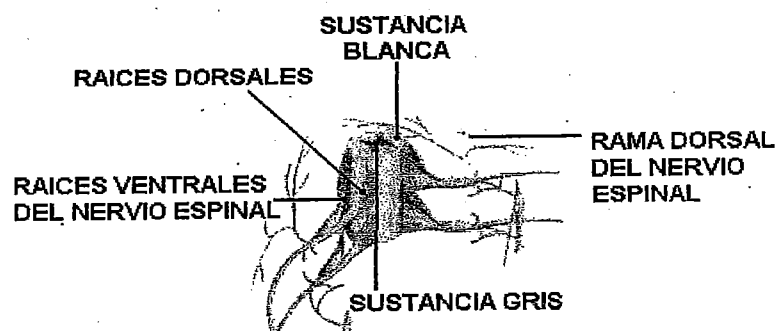
LA MEDULA ESPINAL.

Parte del SNC dentro del conducto neuronal de la columna. Se extiende desde el bulbo raquídeo hasta el nivel L2 (vértebra lumbar dos). A partir de la L2 surgen raíces nerviosas (llamadas cola de caballo). También se llaman nervios raquídeos o plexos raquídeos. Mide aproximadamente entre 42-45cm. de longitud

Existen 31 pares de nervios raquídeos que inervan las distintas partes de nuestro organismo. Estos nervios tienen unas raíces dorsales y unas raíces ventrales. En su interior hay sustancia gris y en el exterior sustancia blanca. Son nervios mixtos que son los que constituyen el SNP (sistema nervioso periférico).

Entre los nervios raquídeos los más importantes son:

- **TRACTO CORTICO ESPINAL LATERAL O VIA PIRAMIDAL.** Se origina en la corteza y se dirige hacia la columna vertebral. Es una vía motora y es cruzada. Se origina en el lado derecho del cerebro y da las órdenes al lado izquierdo. Se lesiona cuando surge un infarto, ACVA o en una hemiplejía.
- **TRACTO ESPINO TALAMICO LATERAL.** También es cruzado. Se origina en la medula. Es un nervio sensitivo con un recorrido ascendente.
- **ESPINO TALAMICO ANTERIOR.**
- **ESPINO CEREBROSO POSTERIOR.**
- **RUBRO ESPINAL.** Comienza en el núcleo rojo. Controla la postura del cuerpo.
- **CORTICO ESPINAL ANTERIOR.** No es cruzado.
- **FASCICULOS DE GOLL Y BURDACH.** Son sensoriales. Rigen la sensación de postura y movimiento.



FUNCIONES DE LA MEDULA

- Proporciona vías de conducción en dos direcciones.
- Es el centro integrador de los arcos reflejos.

SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO

Todos los nervios del sistema periférico llevan fibras aferentes (sensitivas) y eferentes (motoras). Están formados de ramificaciones menores y distales de las anteriores. Constituido por:

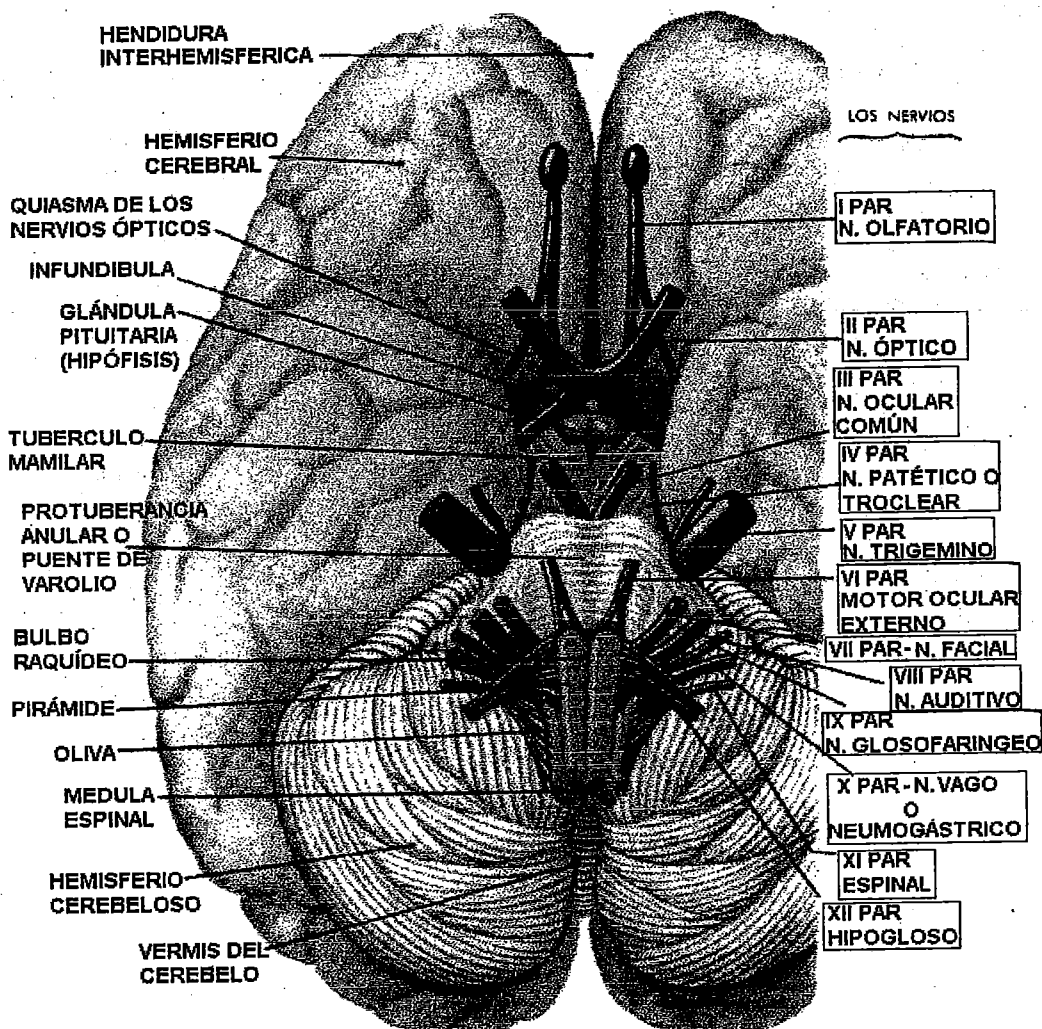
- ⇒ 12 pares de nervios craneales (pares craneales). Rigen funciones muy importantes como la visión, el oído, el nervio vago, etc..
- ⇒ 31 pares de nervios espinales (raquídeos).

PARES CRANEALES

Pueden ser nervios sensitivos, motores o mixtos. Son 12 se originan en el encéfalo, concretamente en el tronco encefálico. Salen de la cavidad craneal a través de orificios óseos. Tienen nombres propios y numeración concreta.

LOS 12 PARES DE NERVIOS CRANEALES

(Cara inferior del encéfalo)



- **I PAR-NERVIO OLFATORIO**

- Responsable del sentido del olfato.
- Nervio sensitivo exclusivamente.
- Recoge sensaciones olorosas (neuronas en la mucosa nasal).
- Termina en los bulbos olfatorios en el tálamo y llega a la corteza cerebral (sensación consciente de olor).

- **II PAR-NERVIO ÓPTICO**

- Nervio exclusivamente sensitivo
- Lleva sensaciones visuales.
- Forman el quiasma óptico, que es una zona de decusación (cruzarse) de fibras nerviosas responsable de percibir una imagen única con los dos ojos.
- Termina en el tálamo y finalmente en la corteza occipital.

- **III PAR-NERVIO MOTOR OCULAR COMÚN**

- Nervio motor exclusivamente.
- Inerva todos los músculos de la orbita ocular (músculo recto superior, músculo recto inferior, músculo oblicuo menor, músculos ciliares del iris, músculos ciliares de esfínter del iris, músculos del párpado superior) excepto el músculo oblicuo mayor y el músculo recto externo.
- Sus funciones es la de controlar el giro del ojo hacia arriba o hacia abajo. Regula el cierre de la pupila y participa en la acomodación (enfoque) del ojo.

- **IV PAR-PATÉTICO O TROCLEAR**

- Nervio motor exclusivamente.
- Inerva el músculo oblicuo mayor del ojo.
- Su función es mover el ojo hacia abajo cuando el ojo mira hacia adentro (punta de la nariz).

- **V PAR-TRIGÉMINO**

- Nervio mixto. Sensitivo y motor.
- Formado por tres ramas que salen del ganglio de Gasser y se distribuyen por toda la cara:
 - Nervio oftálmico.
 - Nervio maxilar.
 - Nervio mandibular.
- Su función sensitiva es recoger la sensibilidad de toda la cara, la piel y las piezas dentales. Su función motora es regular el movimiento de los músculos masticadores.

- **VI PAR-MOTOR OCULAR EXTERNO**

- Nervio motor exclusivamente.
- Inerva el músculo recto externo del ojo.
- Su función es regular la mirada del ojo hacia el exterior.

- **VII PAR-FACIAL**

- Nervio mixto. Sensitivo y motor
- También es secretor porque inerva glándulas salivares.
- Su parte motora inerva el músculo responsable de la mímica facial (músculos que se ocupan de los gestos).
- Tiene una rama que es el nervio intermedio que es secretor y sensitivo.
 - Secretor por que inerva a las glándulas salivares (submandibulares y sublinguales) excepto las parotidas. También inerva las glándulas lacrimales.
 - Sensitivo por que se ocupa de regular la sensibilidad de dos tercios de la lengua y de la sensibilidad del paladar.

- **VIII PAR-AUDITIVO O ESTATOACÚSTICO**

- Exclusivamente sensorial. También se le denomina vestíbulo-coclear. Tiene dos ramas:
 - Nervio acústico o coclear. Regula la audición (sensaciones de oído).
 - Nervio vestibular. Regula las sensaciones de postura y equilibrio.

- **IX PAR-GLOsofaríngeo**

- Nervio mixto. Sensitivo y motor.
- Inerva la lengua y la faringe.
- La parte sensitiva recoge la sensibilidad del tercio posterior de la lengua, las amígdalas, la faringe y el oído medio.
- La parte motora se ocupa de la inervación de los músculos faríngeos superiores y de la inervación de la glándula parótida.

- **X PAR-VAGO O NEUMOGÁSTRICO**

- Nervio mixto. Sensitivo y motor.
- Es el nervio principal del sistema parasimpático.
- Su parte motora inerva el corazón, pulmones, faringe, laringe, traquea, bronquios y todo el tracto gastro-intestinal. También regula el oído externo.
- Su parte sensitiva recoge la sensibilidad de todos los órganos anteriores.

- **XI PAR-ACCESORIO O ESPINAL**

- Nervio motor exclusivamente.
- Inerva el músculo esterno-cleido-mastoideo y el trapecio.

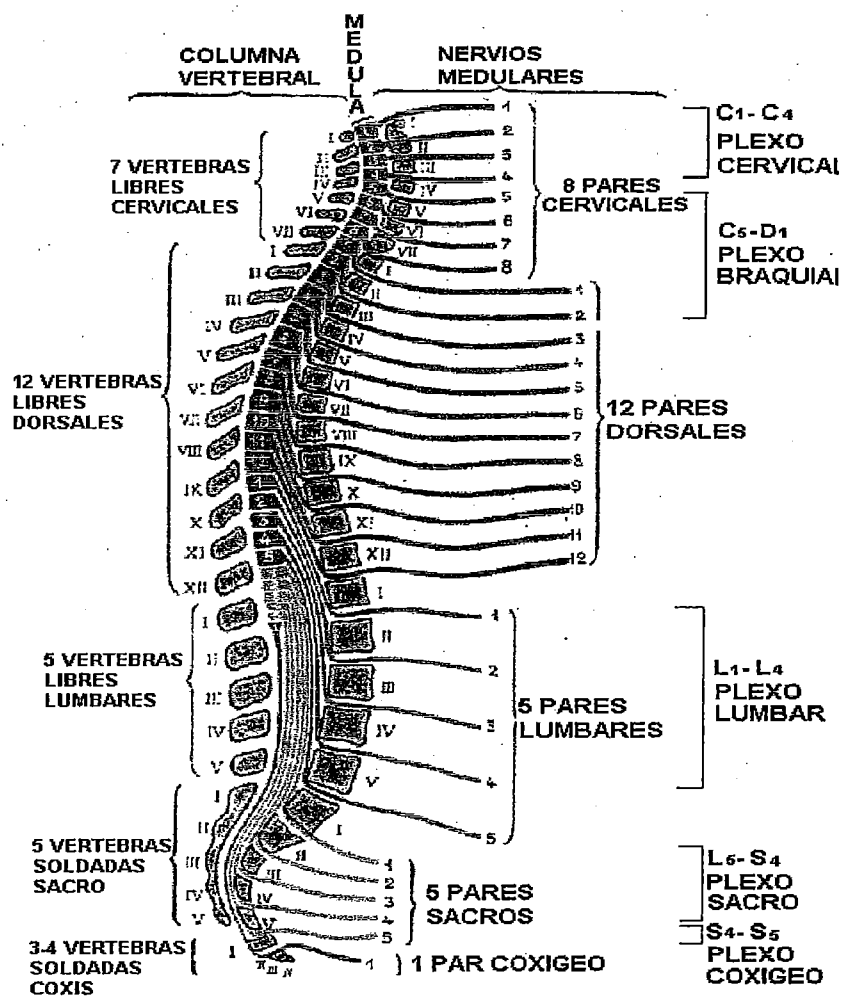
- **XII PAR-HIPOGLOSO**

- Nervio motor exclusivamente.
- Inerva los músculos de la lengua y regula sus movimientos:
 - Músculo geniogloso.
 - Músculo genihioideo.
 - Músculo hiogloso.
- También inerva los músculos rectos anteriores del cuello.

NERVIOS ESPINALES

Los plexos nerviosos son agrupaciones de nervios raquídeos. Existen cuatro interconectados entre sí. No existen plexos nerviosos desde la D2 hasta la D12. En los nervios espinales se distinguen raíces (nervios raquídeos de origen), troncos, fascículos y ramas terminales o nervios periféricos.

LOS 31 PARES DE NERVIOS RAQUÍDEOS



1. Plexo cervical. Va desde la C₁ a la C₄.

- Son nervios mixtos.
- Inervan músculos y piel del cuello.
- Nervio frénico, inerva diafragma.
- Inerva craneales XI y XII.

2. Plexo braquial. Va desde la C₅ a la D₁.

- Inervan hombro, brazo, antebrazo y mano (extremidad superior).
- Son nervios mixtos:
 - Nervio circunflejo. Inerva el músculo deltoides del hombro.
 - Nervio músculo-cutáneo. Inerva bíceps braquial y bíceps anterior.
 - Nervio radial. Inerva el tríceps braquial y el músculo del antebrazo (cara posterior).
 - Nervio mediano y nervio cubital. Inervan músculos del antebrazo y de la mano.
 - Nervio pectoral mayor y nervio pectoral menor. Inervan los músculos pectorales.

3. Plexo lumbar. Va desde la L₁ a la L₄.

- Son nervios mixtos.
- Son nervios sensitivos y motores que inervan la pared anterior del abdomen, zona inguinal, zona pudenda (testicular) y el muslo.
 - Nervio abdominal genital mayor. Se encuentra en el cordón inguinal. Es mixto.
 - Nervio abdominal genital menor. Situado en región inguinal. Es mixto.
 - Nervio genito-crural. Es motor.
 - Nervio femoro-cutáneo. Es sensitivo.
 - Nervio crural o femoral. Inerva el cuádriceps (parte anterior del muslo). Es motor.
 - Nervio obturador. Se dirige al agujero obturador. Da ramas nerviosas a los genitales. Es motor.

4. Plexo sacro. Va desde la L₅ a la S₄.

- Son nervios mixtos.
- Inervan la extremidad inferior en su cara posterior.
 - Nervios del glúteo superior e inferior. Inervan los músculos del glúteo.
 - Nervio ciático. Inerva los músculos de la parte posterior del muslo, pierna y pie. Los inerva gracias a dos ramas:
 - a) Nervio ciático poplíteo externo.
 - b) Nervio ciático poplíteo interno.
 - Nervio púdendo. Inerva la zona pubica.

5. Plexo coxigeo. Va desde la S₄ a la S₅.

- Son nervios mixtos.
- Inervan el suelo de la cavidad pélvica y áreas próximas.

SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO, VEGETATIVO O VISCERAL.

Parte del sistema nervioso periférico. Tiene características eferentes (motoras). Es un sistema fundamental para el control del medio interno (HOMEOSTASIS). Este sistema se divide en dos grandes grupos.

1. SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO.
2. SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO

Está controlado por centros autónomos superiores situados en el bulbo raquídeo (no están regulados por la corteza cerebral). Precisan de neuronas ganglionares para hacer sinapsis y llegar hasta el órgano visceral efector.

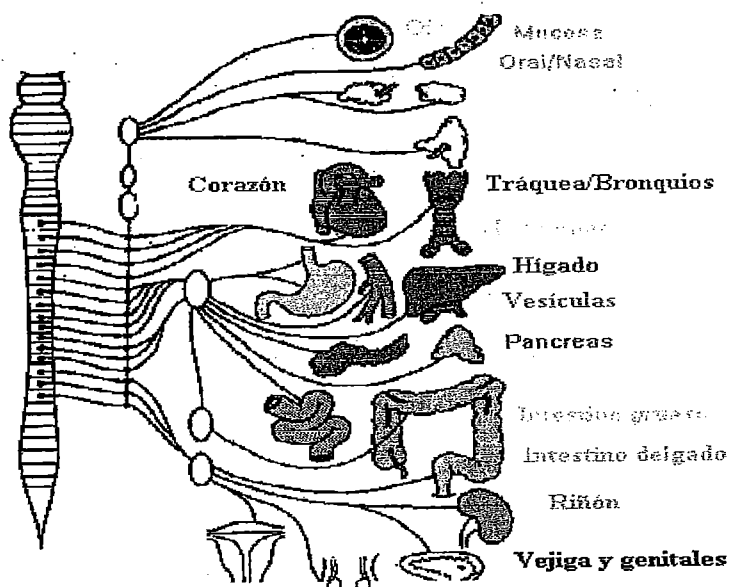
SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO.

Su función principal es regular las situaciones de alerta, miedo estrés, huida, etc..

- El neurotransmisor con el que funciona es la NORADRENALINA.
- Los receptores son adrenergicos (sinapsis o neuronas que responden al neurotransmisor adrenalina o epinefrina). Hay dos tipos: α y β (β_1 y β_2). Los receptores son los causantes de regular a los órganos que inervan produciendo:

1. Vasoconstricción (α).
2. Vasodilatación (β).
3. Aumento de la frecuencia cardiaca (β_1).
4. Broncodilatación (β).
5. Disminución del peristaltismo (β).
6. Relajación vesical (β).
7. Contracción de los esfínteres (α) -vejiga urinaria-.
8. Dilatación pupilar (α y β) -midriasis-.

ÓRGANOS INERVADOS POR EL SIMPÁTICO

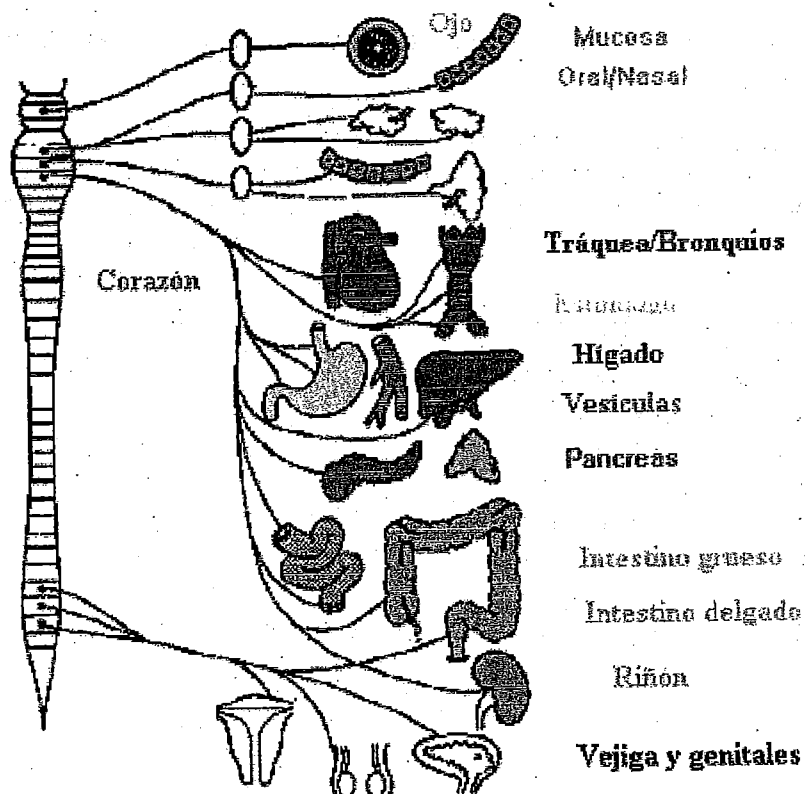


SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO

Es el sistema preponderante (que tiene la iniciativa) para regular las situaciones de reposo y reparación.

- El neurotransmisor con el que funciona es la ACETICOLINA.
- Los receptores son nicotínicos y muscarínicos.
- Produce broncoconstricción.
- Aumenta los movimientos peristálticos y de secreción intestinal.
- Disminuye la frecuencia cardíaca y produce contracción.
- Produce relajación de esfínteres.
- Regula la contracción de la pupila -miosis-.
- Contracción del músculo de la vejiga urinaria.

ÓRGANOS INERVADOS POR EL PARASIMPÁTICO



// Los receptores beta (β) son más sensibles a la estimulación del ISOPHOTERENOL (iso-propil-noradrenalina).
 Los receptores alfa (α) son más sensibles a la estimulación de la NORADRENALINA.
 La ADRENALINA es capaz de estimular ambos receptores.
 En el momento actual se reconocen dos clases de receptores beta (β)

RECEPTOR $\left\{ \begin{array}{l} B_1 \\ B_2 \end{array} \right\}$ que son bloqueados por drogas distintas

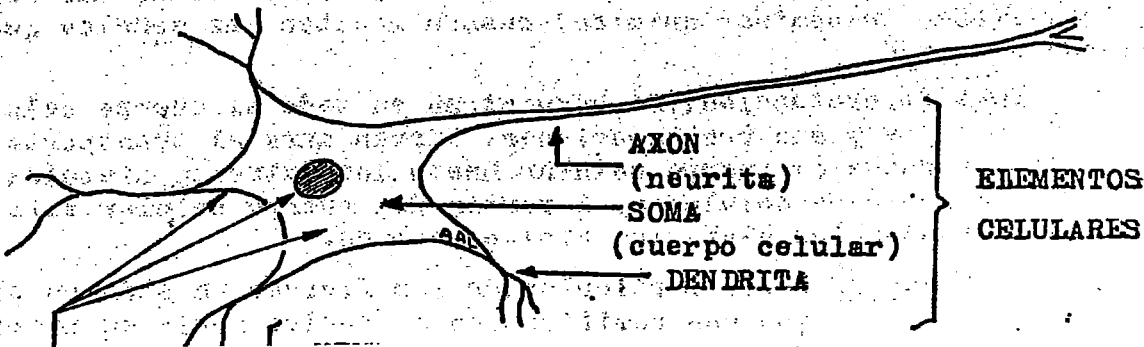
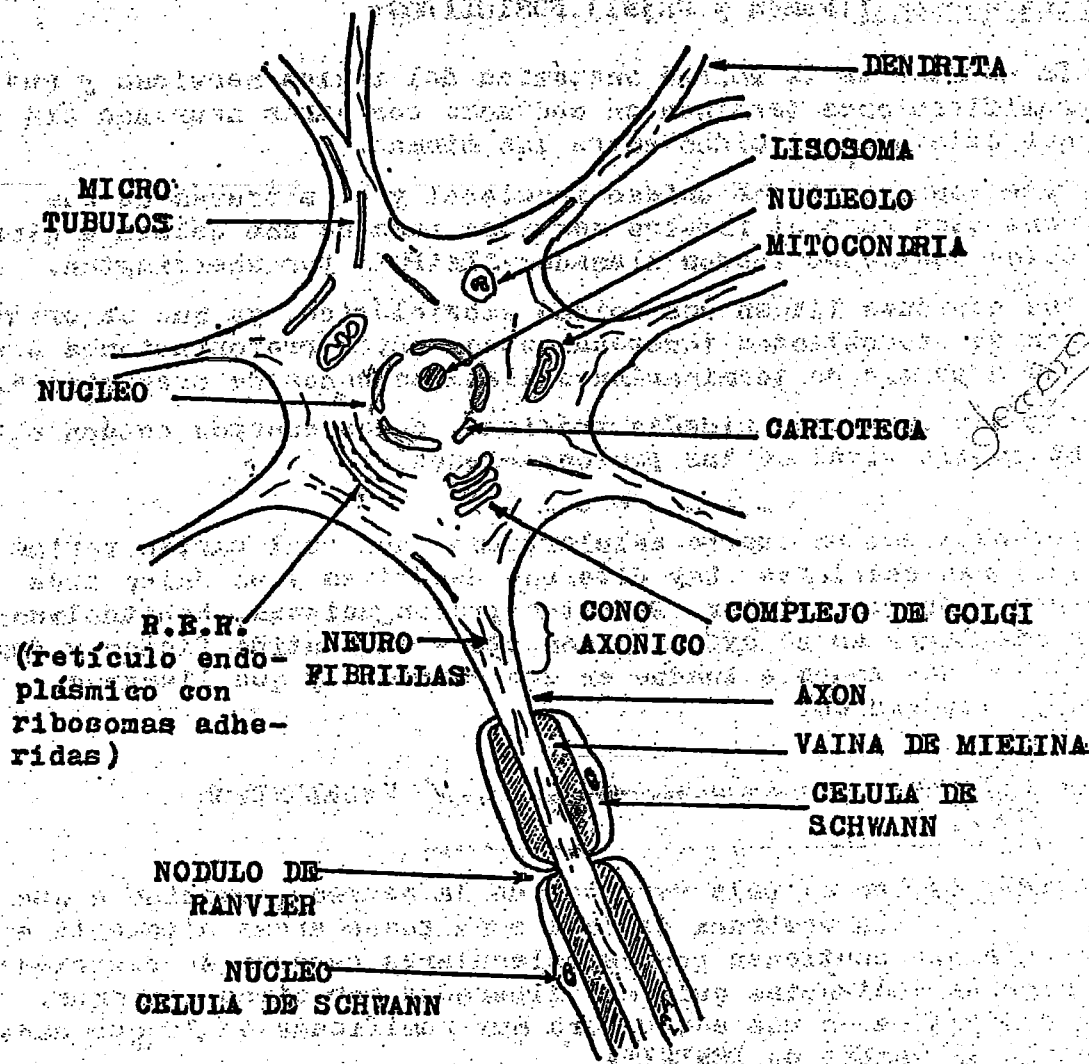
En general se acepta que el efecto de los receptores es:

RECEPTOR $\left\{ \begin{array}{l} \text{alfa } (\alpha) \text{ estimulación} \\ \text{beta } (\beta) \text{ inhibición} \end{array} \right\}$ Esta forma de responder no se repite en todos los casos.

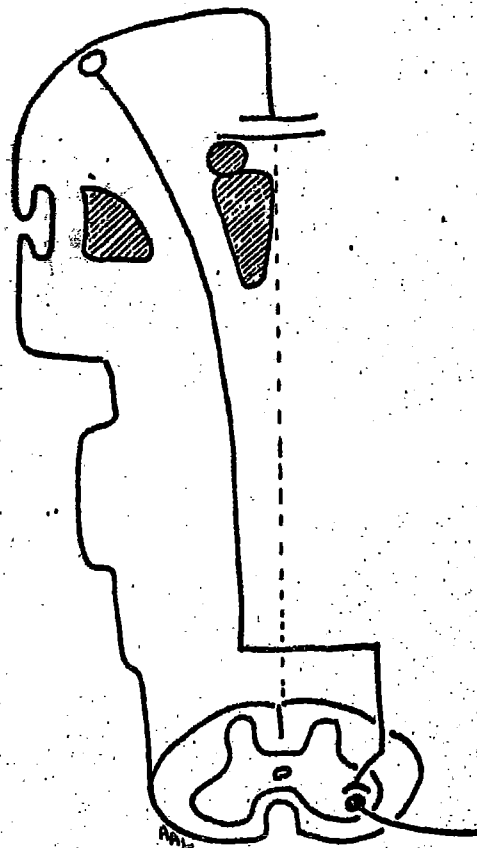
- - - - 0 - - - -

SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

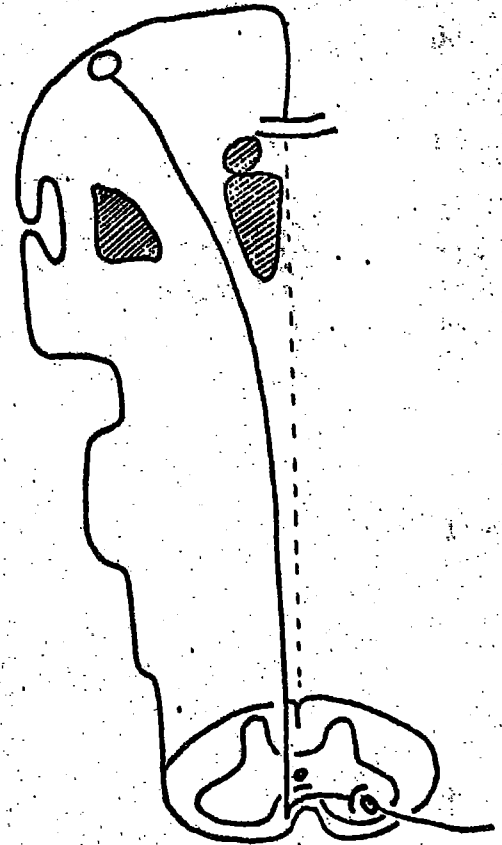
ORGANO	E F E C T O S	
	SIMPATICO	PARASIMPATICO
OJO (pupila)	midriasis (+)	miosis (++)
CORAZON	taquicardia	bradicardia
<u>VASOS SANGUINEOS</u>		
- coronarios	dilatación	contracción
- cutáneos	contracción	-
- músc. esquelético	dilatación	-
BRONQUIOS	relajación	contracción
<u>APARATO DIGESTIVO</u>		
- secreción	inhibición	estimulación
- motricidad	disminución	aumento
- esfínteres	aumento del tono (contracción)	disminución del tono (relajación)
<u>P I E L</u>		
- músc. pilomotor	contracción (piloerección)	-
- glánd. sudorípara	secreción aument.	-
GLUCEMIA	aumentada	-
METABOLISMO	aumentado	-



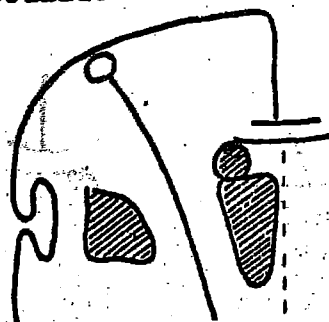
VIA MOTORA VOLUNTARIA
Haz piramidal cruzado



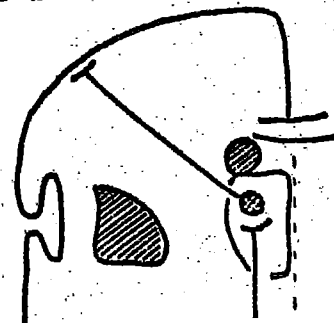
VIA MOTORA VOLUNTARIA
Haz piramidal directo

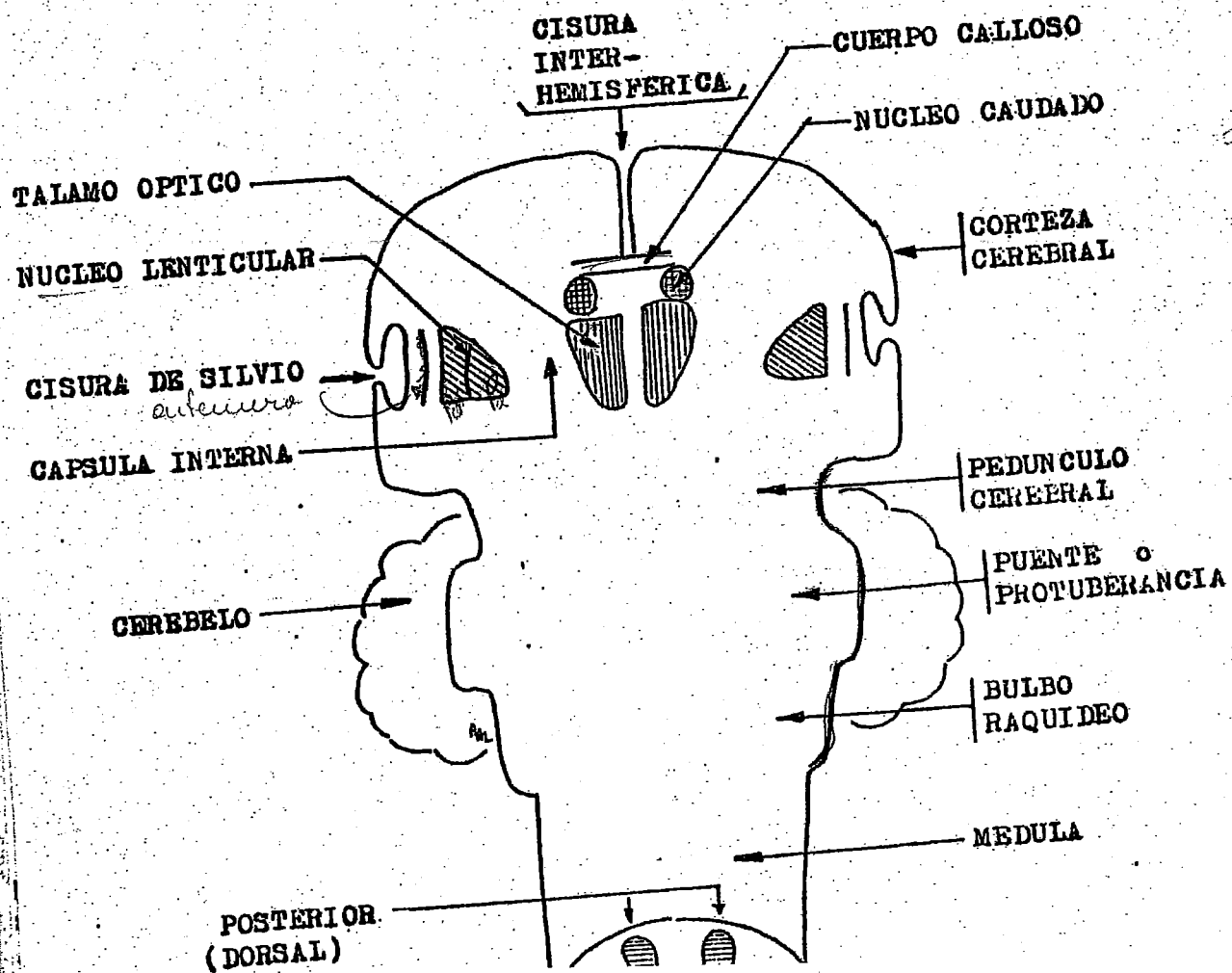
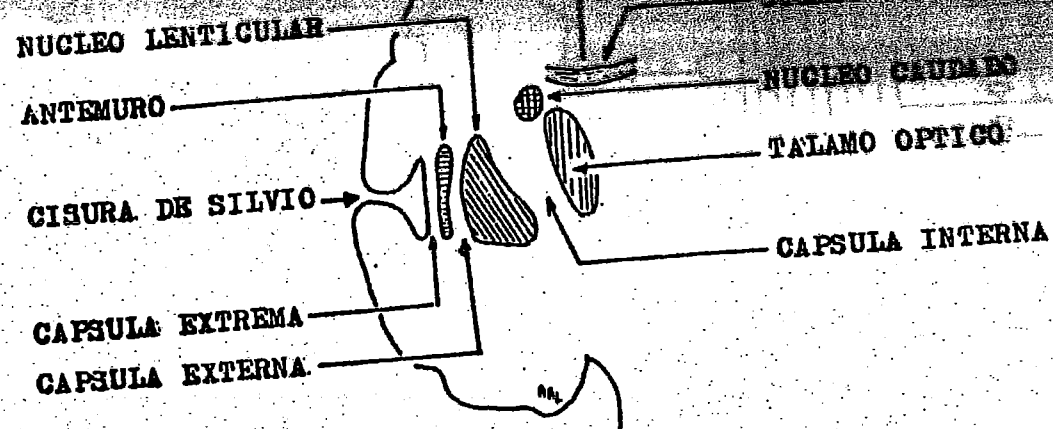


VIA MOTORA VOLUNTARIA
Haz geniculado



VIA DE LA SENSIBILIDAD PROFUNDA
CONSCIENTE Y TACTIL EPICRITICA





10 – ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS. Receptores sensoriales

Existe una continua interrelación entre los organismos y el medio donde viven. Durante esta interrelación el organismo debe obtener información de su medio, interpretar esa información y responder a ella de alguna manera.

Para recibir los estímulos o modificaciones del medio el organismo posee neuronas especializadas que captan la información. Estas neuronas especializadas tienen dendritas modificadas, que se denominan *receptores*.

Cuando se reúnen muchos receptores forman los *órganos de los sentidos*.

Si los impulsos nerviosos originados

por la excitación de receptores llegan al cerebro las sensaciones percibidas se hacen conscientes. Ni los ojos ven, ni los oídos oyen si los estímulos luminosos y sonoros no llegan a los centros del cerebro por una vía sensitiva o sensorial.

El mantenimiento de la capacidad para captar la información del medio puede ser importante para la supervivencia del organismo. Difícilmente pueda sobrevivir en su medio sin informaciones visuales un animal que ha perdido la vista. Si no ve se le hace difícil captar su alimento y defenderse de sus enemigos.

Los receptores se han clasificado según el tipo de estímulos que captan en:

Receptores	captan
Fotorreceptores	la luz
Fonorreceptores	los sonidos y ruidos
Mecanorreceptores	el tacto y la presión
Quimiorreceptores	el olor y el sabor de las sustancias químicas.

10.1 – FOTORRECEPTORES: El sentido de la vista en el hombre

Las células nerviosas o neuronas que son capaces de transformar la luz en impulsos nerviosos se denominan *fotorreceptores*. La luz es la parte de la radiación solar que puede captar el ojo humano.

Algunos animales reciben e interpretan las radiaciones ultravioletas e infrarrojas, aparte de la luz.

Los vertebrados y el hombre tienen órganos para ver los objetos. Esos órganos son los órganos de la visión u ojos.

En el ojo se agrupan los receptores de la luz.

• ¿Cómo está constituido el ojo humano?

El ojo tiene la forma de un globo algo aplanado de adelante hacia atrás. Está ubicado dentro de la órbita a la que no alcanza a llenar. Entre el hueco de la cavidad y el ojo se hallan los músculos que lo mueven y una capa de grasa.

El globo ocular consta de tres capas concéntricas.

- La capa externa o *esclerótica*, blanca, sólida y opaca, que ocupa casi toda la superficie del ojo menos la parte anterior que es transparente. La porción transparente recibe el nombre de *córnea*.
- La capa media o *coroides* es de color oscuro y está muy irrigada por vasos sanguíneos. La coroides forma, un poco detrás de la córnea, un tabique vertical llamado

PARTES DEL OJO

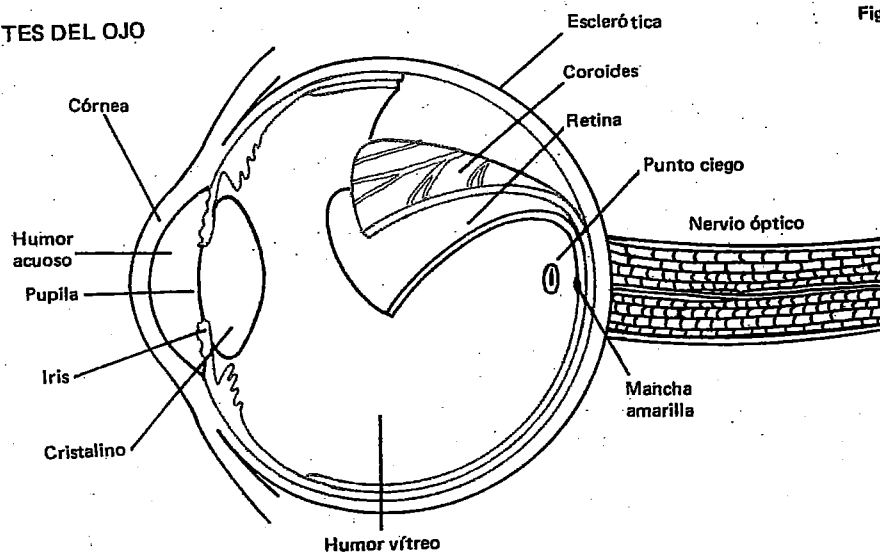


Figura 54

iris en cuya parte media existe un orificio denominado *pupila*. Un poco más atrás del iris, la coroides forma también el llamado *cuerpo ciliar* del cual parten repliegues radiales hacia el interior del ojo.

- La capa interna o *retina*. Es transparente y delgada. Constituye la parte sensible del ojo y tiene los receptores de la luz.

En la extremidad del eje antero posterior sobre la retina se encuentra la *mancha amarilla* que es la parte más sensible de la retina.

Existe además, un *punto ciego o papila óptica* ubicado en la parte posterior que corresponde al lugar donde se reúnen todas las fibras de las neuronas para salir juntas del ojo en forma de un

cordón grueso y blanco llamado *nervio óptico*.

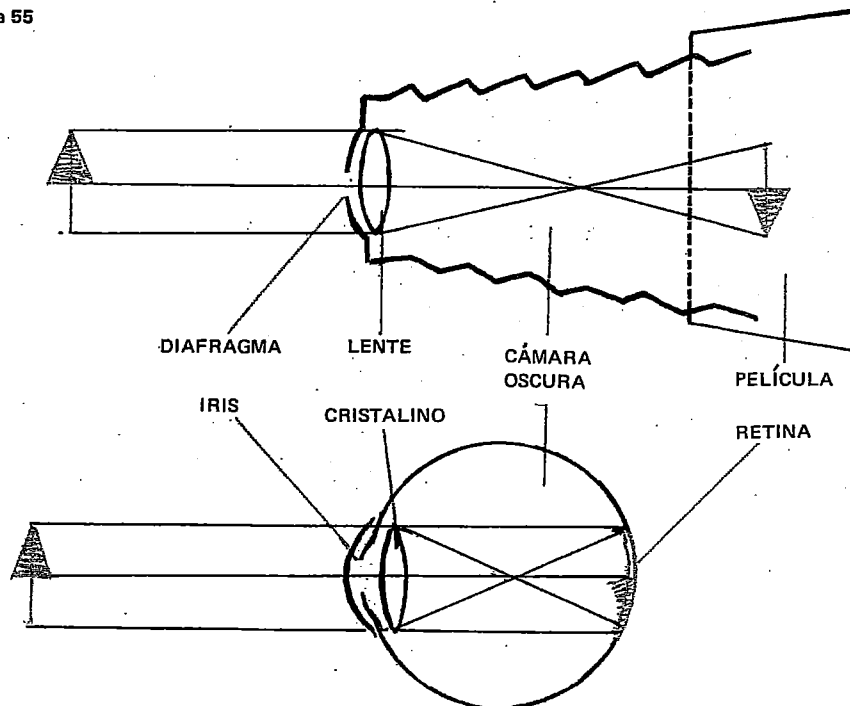
Dentro del ojo se encuentran los llamados medios transparentes o refringentes que son:

- El *crystalino*: tiene la forma de una lente biconvexa, está situado detrás del iris, sostenido por ligamentos que lo unen al cuerpo ciliar. Es el órgano que acomoda el ojo a la visión cercana y lejana. Entre el cristalino y la córnea se encuentra un líquido denominado *humor acuoso* y entre el cristalino y la retina hay una masa transparente de aspecto gelatinoso que es el *humor vítreo*.

Como órganos anexos al ojo se citan: los *músculos* que lo mueven, los *párpados* y las *cejas* que lo protegen. Los

COMPARACIÓN ENTRE UNA MÁQUINA FOTOGRÁFICA Y EL OJO

Figura 55



párpados están tapizados en su cara interna por una membrana delgada que se irrita con facilidad, llamada *conjuntiva*. La conjuntiva cubre también la córnea.

• ¿Cómo funciona el ojo?

El funcionamiento del ojo se parece al de una cámara fotográfica. (Fig. 55). Se puede establecer la siguiente comparación

Cámara fotográfica	Diafragma	Lente	Cámara oscura	Placa sensible
Ojo	Iris	Cristalino	Coroides	Retina

• Mecanismo de la visión

Una máquina fotográfica produce una imagen de los objetos; el ojo da

Cuando una imagen se forma detrás de la retina, el cristalino aumenta su convergencia y la imagen se forma sobre la retina viéndose así nítidamente.

Esta acción del cristalino, que se deforma para ubicar la imagen sobre la retina, se denomina *acomodación*.

• Análisis de la retina

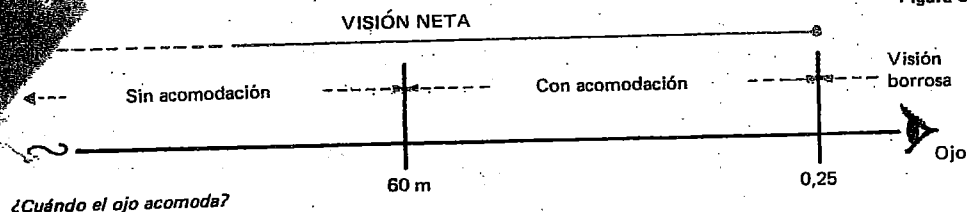
La retina es la membrana sensible a la luz; tiene varias capas de neuronas.

Las células visuales son neuronas especiales en las cuales las dendritas se han transformado en *bastoncitos* y *conos*. (Fig. 57).

• Función de la retina

Cuando un estímulo luminoso llega a la retina nace allí un influjo nervioso que va por el nervio óptico al cerebro donde se elabora la sensación visual o imagen. La zona del cerebro es el cen-

Figura 56



¿Cuándo el ojo acomoda?

también una imagen del objeto que mira.

Si el objeto está más allá de los 60 m la imagen se forma sobre la retina y se lo ve netamente. (Fig. 56).

Si el objeto está entre los 60 m y los 25 cm de distancia al ojo la imagen es borrosa porque se forma más atrás de la retina.

Para que esto no ocurra, el ojo tiene un sistema de regulación en el cual el cristalino juega el papel más importante.

El cristalino es deformable lo que puede hacer variar su convergencia.

tro óptico y está en el lóbulo occipital.

Se ha comprobado que los animales nocturnos tienen células visuales a *bastoncitos* y los animales diurnos tienen *conos* o también, bastoncitos y conos.

Esto plantea la siguiente hipótesis:

Hay una visión crepuscular o nocturna llevada a cabo por neuronas terminadas en bastoncitos.

Hay una visión diurna que corresponde a células con conos.

El estudio experimental ha confirmado estas hipótesis, estableciendo esas dos categorías de células visuales.

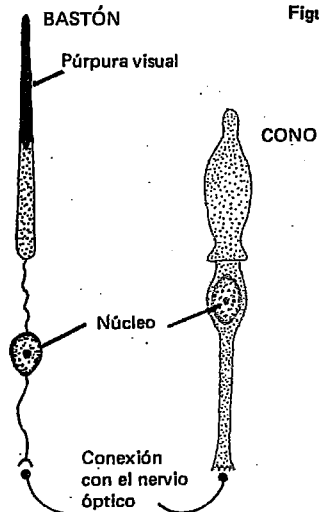


Figura 57

Fotorreceptores (bastón y cono)

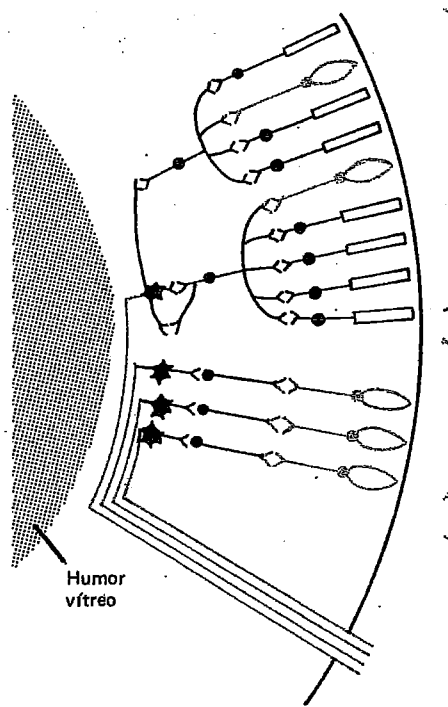
a) La función de los bastoncitos

Los bastoncitos tienen a su cargo la visión nocturna. Cuando se pasa de una zona iluminada a una oscura, al principio no se ve nada, pero al rato comienzan a distinguirse las formas de algunos objetos. Durante este "período de adaptación" los bastoncitos se cargan de un pigmento llamado *púrpura retiniana* que hace posible la visión en la casi oscuridad o penumbra; los colores no se distinguen.

Cuando se pasa de una zona oscura a una zona iluminada la luz destruye la púrpura retiniana, los bastoncitos se vuelven inactivos y la visión se cumple por intermedio de los conos.

Los bastoncitos son más numerosos en la zona periférica de la retina.

Figura 58



ZONA

PERIFERIA

- Abundancia de bastoncitos
- Visión crepuscular
- Agudeza visual débil

MANCHA AMARILLA

- Conos exclusivamente
- Visión diurna
- Gran agudeza visual

PUNTO CIEGO

- Sin células visuales
- Sin visión
- Punto de partida del nervio óptico

Zonas particulares de la retina

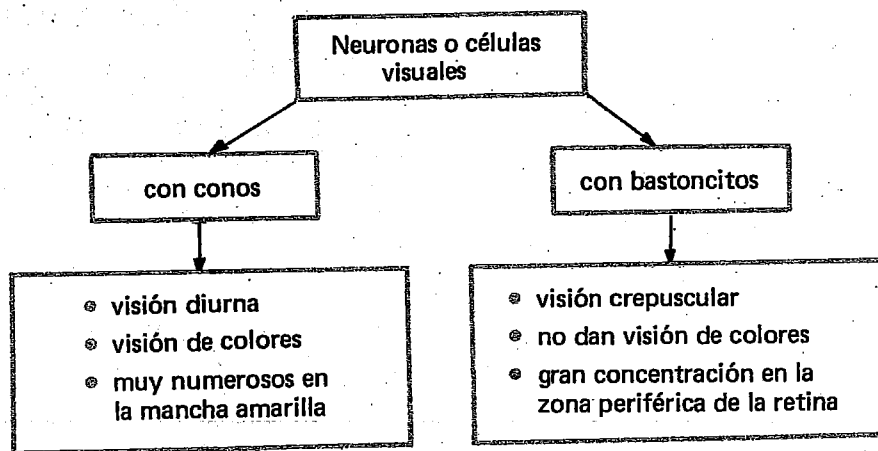
b) La función de los conos

Los conos no tienen púrpura retiniana pero sí otra sustancia fotosensible cuya naturaleza es todavía desconocida. Las neuronas con conos aseguran la

visión en zonas iluminadas y dan la sensación de color.

En la zona de la mancha amarilla todas las neuronas tienen conos; es la zona más sensible de la retina. (Fig. 58).

Sintetizando:



• Persistencia retiniana

Una imagen que se forma sobre nuestra retina permanece sin borrarse un brevísimo tiempo (entre 1/30 a 1/50 de segundo). Si se produce otra imagen antes que desaparezca la anterior, ambas se superponen dando una sensación

de continuidad. La persistencia de las imágenes en la retina da la sensación de movimiento. El cinematógrafo es posible gracias a este fenómeno porque la película nos manda una imagen antes que la otra desaparezca del ojo, lográndose así la sensación de movimiento.

10.2 – FONORRECEPTORES. El sentido del oído

El oído es el órgano que contiene los receptores que captan las vibraciones sonoras producidas por cuerpos sonoros. Las vibraciones sonoras llegan al oído propagándose por el aire, el agua o cuerpos sólidos. El sonido no se propaga en el vacío y el medio más común de propagación es el aire.

En el hombre el sentido del oído se halla simétricamente ubicado a ambos

lados de la cabeza dentro del hueso temporal constituyendo un complicado aparato que consta de tres porciones:

- 1 – Oído externo
- 2 – Oído medio
- 3 – Oído interno

• El *oído externo* está constituido por el *pabellón del oído u oreja* cuya función es llevar el sonido hasta el oído medio. (Fig. 59).

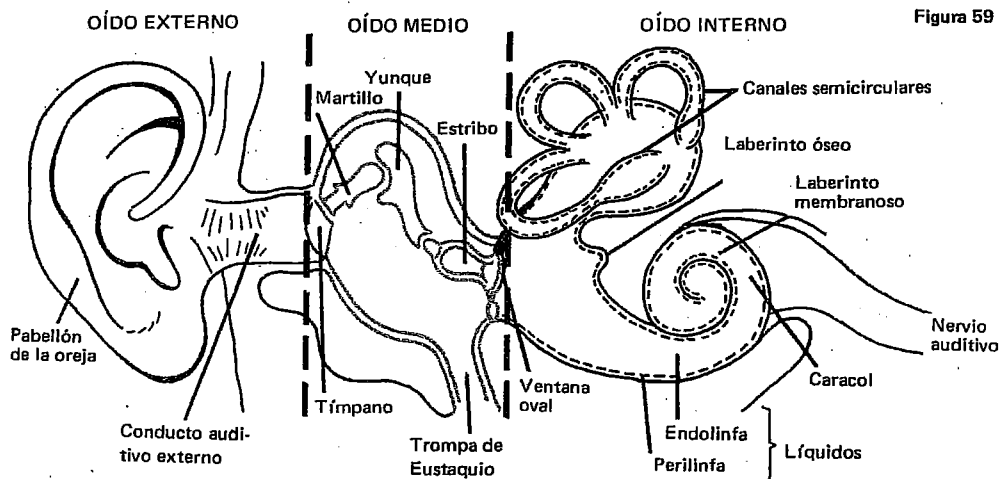


Figura 59

• El *oído medio* se conecta con el oído externo por medio de la *membrana del tímpano*. El oído medio es una cavidad que está comunicada con la faringe por medio de la *trompa de Eustaquio*. Contiene una cadena de tres huesos: el *martillo*, el *yunque* y el *estribo*. Este último se apoya sobre la ventana oval. Cuando un sonido hace vibrar la membrana del tímpano, vibran los huesos y el estribo presiona, en cada vibración, sobre la ventana oval.

• El *oído interno*. Se halla ubicado en el llamado *laberinto óseo* que es una excavación flexuosa dentro del hueso. (Fig. 60).

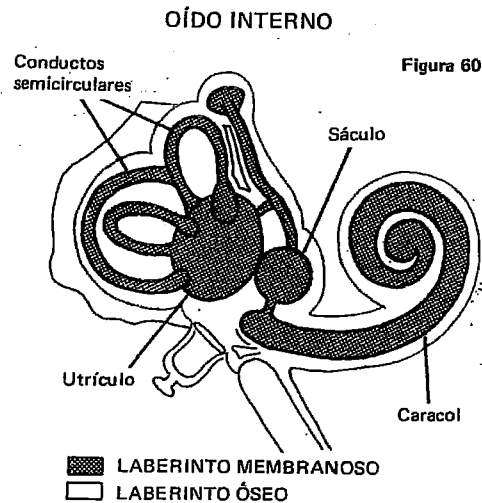


Figura 60

El laberinto óseo protege a unos sacos membranosos denominados en conjunto laberinto membranoso.

Entre los dos laberintos hay un espacio que llena un líquido llamado *perilinf*.

Dentro del laberinto membranoso contiene otro líquido; la *endolinf*.

El laberinto membranoso comprende:

- el vestíbulo membranoso
- los conductos semicirculares membranosos
- el caracol membranoso

El vestíbulo consta de dos vesículas: una superior o *utrículo* y una inferior o *sáculo*.

Los conductos semicirculares membranosos nacen en el utrículo y se denominan: *superior*, *posterior* y *externo*. En ellos reside el sentido del equilibrio con receptores especiales denominados *estatorreceptores*.

El caracol membranoso o conducto coclear es un largo conducto en forma de espiral. En su interior se encuentra el órgano de Corti y dentro de éste existen unas células ciliadas llamadas *células acústicas*, entre las cuales se ubican las terminaciones nerviosas del nervio acústico o coclear.

• El nervio auditivo

Está formado por la unión de dos ramas: una es el *nervio coclear*, que nace en el caracol membranoso, la otra es el *nervio vestibular* que nace en el sáculo, utrículo y conductos semicirculares. El coclear es el nervio de la audición; en cambio la rama vestibular está vinculada con el mantenimiento del equilibrio. El nervio auditivo pertenece al sistema periférico de la vida de relación.

• Funciones del oído interno

Las vibraciones que desde la membrana del tímpano transmiten los huesos

del oído hasta la ventana oval, presionan sobre la *perilinf* y ésta, a su vez, lo hace sobre la *endolinf*.

Las oscilaciones de la *endolinf* son captadas por las células acústicas, las cuales excitan a las neuronas. Las neuronas conducen el influjo nervioso hasta la corteza cerebral, en cuyos centros auditivos (en el lóbulo temporal) se toma conciencia de las sensaciones en forma de sonidos.

• Sensaciones auditivas

Los cuerpos sonoros, cuando vibran, producen ondas que se transmiten en el aire, a razón de 333 m por segundo.

Un *sonido* es producido por un cuerpo sonoro que vibra regularmente, un *ruido* es originado por una serie irregular de ondas.

Para que la onda pueda ser captada y traducida en sonido no debe vibrar a menos de 16 veces por segundo. El oído humano percibe frecuencias de sonidos que van desde la cifra mencionada hasta 20.000 vibraciones por segundo. Los perros perciben hasta 30.000 por segundo y algunos insectos y el murciélago hasta 100.000 (ultrasonidos).

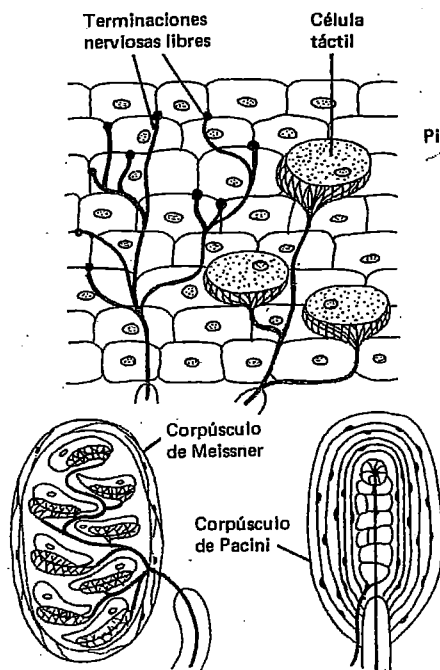
El sentido del oído tiene fundamental importancia en el conocimiento del mundo exterior: permite interpretar el habla, adquirir noción de espacio y tiempo, y localizar cuerpos que nos rodean.

10.3 – MECANORRECEPTORES – SENTIDO DEL TACTO

Los *mecanorreceptores* son receptores que captan los estímulos del tacto y de la presión. Son terminaciones nerviosas que responden generalmente a los cambios cuando se doblan o se estiran. Los *mecanorreceptores* abundan en la piel, en los músculos y los tendones.

Los mecanorreceptores pueden ser *terminaciones libres* de las ramas de los nervios mixtos que llegan hasta la piel; o de lo contrario, *terminaciones encerradas en una cápsula de tejido conjuntivo*. (Fig. 61).

Figura 61 MECANORRECEPTORES



Las terminaciones libres de la piel forman redes que llegan hasta las glándulas, pelos y músculos erectores de los pelos.

Las terminaciones encapsuladas tienen forma de corpúsculos en el centro de los cuales se encuentran las terminaciones nerviosas sensitivas.

Hay distintas clases de corpúsculos

- Corpúsculos de Meissner, están situados en la punta de los dedos, labios, es decir, en órganos especializados para la función táctil.

- Los corpúsculos de Pacini, abundan en la palma de la mano y planta de los pies; además en los músculos profundos y articulaciones. Recogen sensaciones táctiles superficiales o profundas según su ubicación. Las sensaciones táctiles son producidas por acciones mecánicas (tacto, presión, tracción) cuando éstas actúan sobre los receptores.

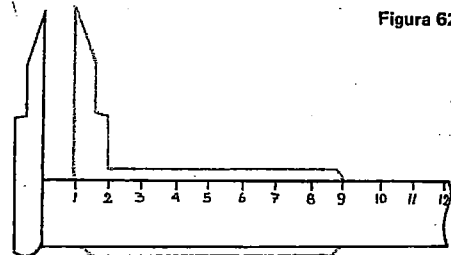
Los sólidos actúan por presión o tracción; los líquidos ejercen presión uniforme sobre el órgano sumergido y la diferencia de presión puede apreciarse justo en el lugar hasta donde llega el líquido. Un brazo sumergido en una bañera sólo percibe la presión en una línea a nivel de la superficie del agua.

- Agudeza táctil

Se mide con el compás de Weber. (Fig. 62).

Se apoyan las dos puntas del compás sobre la piel; si se percibe un solo punto de contacto se abre un poco el compás y así sucesivamente hasta que se percibe el contacto de las dos puntas. El menor espacio entre dos puntos próximos que se perciben separadamente se denomina *agudeza táctil*.

La agudeza táctil depende de los distintos organismos y de las regiones exploradas. En la espalda para percibir las dos puntas del compás es necesario abrirlo a casi setenta mm; en los labios 5 mm y en la punta de la lengua 1 mm.



Estesiómetro o compás de Weber

De manera que la agudeza táctil es mayor en la lengua que en los labios, y en éstos mayor que en la espalda.

La presión que un objeto ejerce sobre la piel es captada por los llamados corpúsculos u órganos de Ruffini, formado por un conglomerado de terminaciones nerviosas.

• Sensibilidad térmica

En la piel hay receptores especializados para percibir el frío y el calor; se localizan en puntos determinados llamados puntos para el frío y puntos para el calor.

Los puntos para el frío pueden detectarse con la ayuda de un objeto punzante metálico como un clavo o un bolígrafo sin tinta. Cada vez que la punta metálica apoya sobre un punto para el frío se percibe una sensación de frío. La explicación que se da a este fenómeno es la siguiente: el metal apoya sobre la piel; el calor de la piel pasa al metal y al enfriarse ese lugar, el receptor percibe el frío.

La piel capta también sensaciones dolorosas y los estímulos que producen el dolor son recibidos por *terminaciones nerviosas libres*.

Muchos órganos interiores del cuerpo pueden ser excitados pero no duelen, ejemplo: corazón, cerebro.

10.4 - LOS QUIMIORRECEPTORES: Sentidos del olfato y del gusto

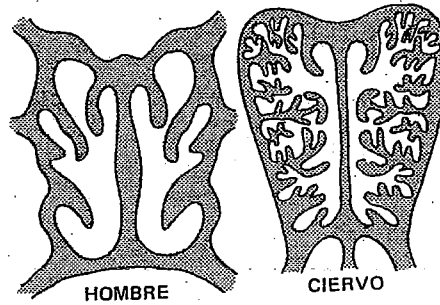
Los quimiorreceptores constituyen los sentidos del olfato y del gusto; proporcionan información sobre las sustancias químicas del ambiente.

El *olfato* tiene por función captar estímulos olorosos; es un sentido que actúa generalmente a la distancia. Los animales acuáticos, salvo los mamíferos que viven en el agua, pueden oler sustancias disueltas en el agua y los terrestres, sustancias al estado de vapor o pegadas al suelo.

El sentido del olfato está muy desarrollado en los peces que pueden percibir los olores a grandes distancias. Lo mismo ocurre en muchos herbívoros que huelen a sus predadores a cientos de metros. Ej.: el ciervo, cuya pituitaria está extensamente desarrollada. A su vez muchos predadores como el gato, el perro, el jaguar, etc. tienen también muy desarrollado el sentido del olfato y pueden ubicar a sus víctimas por el olor característico que éstas poseen. (Fig. 63).

FOSAS NASALES

Figura 63



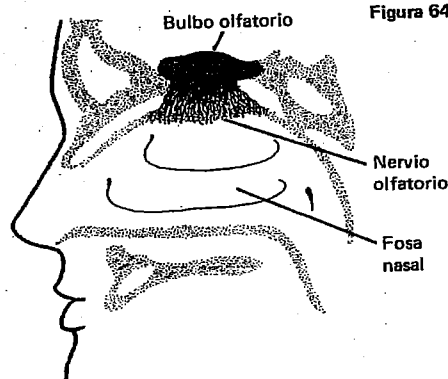
La superficie olfatoria es mayor en el ciervo

Un perro puede seguir los pasos de un animal o del hombre oliendo el lugar que éstos han pisado algún tiempo antes.

En el hombre, así como en los vertebrados, el sentido del olfato está localizado en las fosas nasales. (Fig. 64).

SENTIDO DEL OLFATO

Figura 64



Las fosas nasales están recubiertas por una membrana llamada pituitaria. La pituitaria que reviste la parte superior o techo de las fosas nasales, tiene color amarillento y contiene los receptores del sentido del olfato. Esos receptores son fibras sensoriales que penetran en el cráneo y van a los lóbulos olfatorios.

Los lóbulos olfatorios están muy desarrollados en los vertebrados inferiores.

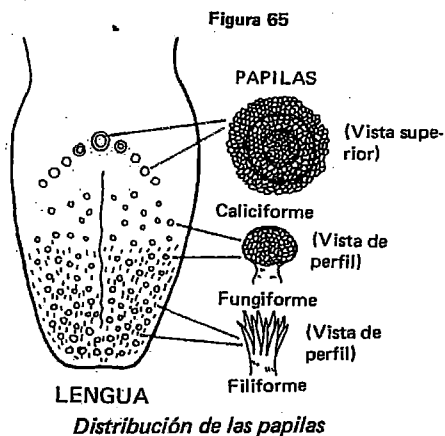
Se ha intentado clasificar a los distintos olores que estimulan los receptores olfatorios, así se han identificado muchos de los olores algunos de los cuales son:

- Aliáceos (ajo)
- Aromáticos (anís, menta)
- Etéreos (esencia)
- Balsámicos (clavel, rosa)
- Nauseoso (ácido sulfhídrico)

• El sentido del gusto

Capta estímulos producidos por el sabor de las sustancias y en particular de las alimenticias.

En los mamíferos y el hombre los receptores del gusto están ubicados en las papilas gustativas de la lengua situadas en la parte dorsal de este órgano. (Fig. 65).



Se han reconocido tres tipos de papilas:

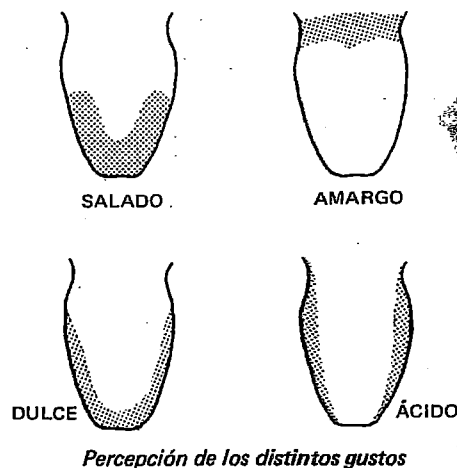
- **Caliciformes:** Son 9 u 11 dispuestas en forma de V y miden de 1 a 2 mm de diámetro.
- **Filiformes:** Tienen la forma de un cono cuyo vértice se prolonga en forma de hilos a la manera de un pincel. Son muy numerosas y están distribuidas por toda la superficie de la lengua.
- **Fungiformes:** Poseen forma parecida a las caliciformes pero más achatadas y pequeñas.

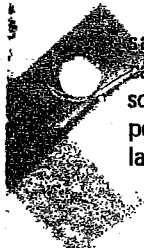
En general, las papilas gustativas son agrupaciones de células alargadas y con cilias.

Cuando las sustancias químicas estimulan las papilas ubicadas en distintas zonas de la lengua se perciben los distintos sabores. Los sabores son muy variados pero se han señalado cuatro a los cuales se denomina gustos fundamentales o primarios: *amargo, dulce, salado, ácido o agrio*.

El sabor amargo se percibe mejor en la región posterior o base de la lengua; el dulce, en la punta; el salado y el ácido, en ambos bordes. (Fig. 66).

Figura 66





Las sustancias líquidas producen sensaciones gustativas rápidamente; en cambio, las sustancias sólidas deben disolverse previamente en la saliva para poder estimular las células receptoras de las papilas.

El sabor se aprecia más cuando la sustancia es caliente y cuanto mayor es la superficie excitada de la lengua; por eso, para gustar bien una sustancia es necesario desparramarla sobre la superficie lingual.

CAPÍTULO SEGUNDO

FISIOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO

La función nerviosa. — El sistema nervioso, es el aparato que dirige, regulariza y coordina las diversas funciones orgánicas, y establece las relaciones del hombre con el medio que le rodea, recibiendo impresiones, y transmitiendo impulsiones que provocan reacciones en los distintos órganos.

El sistema nervioso es comparado con una red telegráfica, cuyos receptores están en los órganos periféricos; los centros nerviosos, representan el aparato trasmisor, y los nervios son los conductores de la corriente nerviosa.

Evolución filogenética del sistema nervioso. — Caracterízase el sistema nervioso por su primitiva sencillez, la complejidad que adquiere en el ser humano es el producto de una serie de transformaciones que se suceden una a otra hasta llegar a completar su evolución o desarrollo.

En la escala zoológica, observamos a medida que avanzamos en la organización de los animales, que el sistema nervioso, aunque nacido siempre del ectodermo, va paulatinamente separándose de él, para colocarse por debajo del tegumento externo, como para estar, así, protegido para el desempeño de sus importantes funciones. En estas condiciones constituye verdaderos órganos, que ofrecen aspecto muy diverso. El sistema nervioso en los anélidos, artrópodos y moluscos, está formado por pequeños ganglios unidos entre sí por nervios. En los vertebrados, más complejo, por un tallo de elemento nervioso encerrado en el conducto raquídeo y en el cráneo donde ofrece un mayor desarrollo (denomínase *eje encefalomedular* o *neuraxe*); y en la clase de los mamíferos, los hemisferios cerebrales poseen anfractuosidades y circunvoluciones, cuyo número y profundidad está en razón directa con la inteligencia de las especies.

Descendiendo gradualmente en la misma escala, el aparato nervioso es mucho más simple; en algunos animales celentéreos (hidra de agua dulce, p. ej.) está constituido por células de origen ectodérmico, esparcidas en el tegumento externo, que obran a la vez como células sensitivas y como elementos contráctiles; en otros, también celentéreos (como determinadas medusas), las células, por el contrario, diferenciadas en musculares y nerviosas, se agrupan disponiéndose a modo de anillo. Es de notar que estas células están en continuidad con el ectodermo en el cual se hallan.

ARTÍCULO PRIMERO /

FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA NERVIOSO

Antes de tratar la fisiología de los centros nerviosos, y de los nervios, estudiaremos la constitución y las funciones de los elementos que constituyen este sistema.

Constitución fundamental del sistema. — Una unidad anatómica y fisiológica constituye el sistema nervioso; esta unidad está formada por una sola clase de elementos: la *neurona* (fig. 29). La estudiaremos en dos párrafos distintos.

§ 1. — UNIDAD ANATÓMICA DEL SISTEMA NERVIOSO

La *neurona* o elemento esencial está representada por la célula nerviosa, conjuntamente con sus prolongaciones protoplasmáticas (*dendritas*), y el cilindroje (Tomo I, pag. 34).

Reproducción e involución. — La célula nerviosa acompaña al organismo todo el tiempo de su vida desarrollándose a la par de él, pasando, por consiguiente, por diferentes períodos. La neurona puede regenerarse. Este fenómeno depende de dos factores: en primer lugar, que la lesión no haya alterado profundamente la estructura de la célula nerviosa, y luego, del tiempo que ha permanecido separada la fibra nerviosa de su centro trófico.

La célula nerviosa no se reproduce, evoluciona hasta llegar a un desarrollo máximo, del que decrece paulatinamente. La plenitud de su función la alcanza entre los 25 y los 30 años de edad, manteniéndose por lo general hasta cerca de los 70 años, en que se inicia el período de decrepitud. Este último es variable, porque la involución de las neuronas no es uniforme; ello explica el mantenimiento de la inteligencia y de la memoria en personas de edad avanzada.

1.ª Neurona estática. — a) La constitución de la *célula nerviosa* es muy compleja; aparte del protoplasma, núcleo y nucleolo, comunes en todo elemento celular, se observan en ella unas granulaciones que se colorean vivamente con el azul de metileno (*granulaciones cromófilas* de Nissl). Esta sustancia, a la que algunos atribuyen gran importancia en la actividad celular, no se encuentra en las prolongaciones protoplasmáticas, donde abunda una sustancia cromófila de aspecto reticulado. Como ésta se observa también en el cilindroje, se deduce

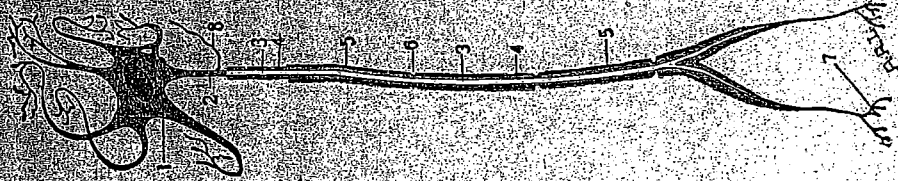


Fig. 29. — Esquema de una neurona.

1. célula nerviosa.
2. prolongación dendrítica.
3. cilindroje.
4. vaina de mielina.
5. vaina de Schwann.
6. estrangulamiento de Ranvier.
7. arborización terminal.
8. colateral.

que su función debe ser conductora de la excitación nerviosa (Tomo I, fig. 20).

Entre las principales sustancias que constituyen la célula nerviosa citaremos a las albuminoides y lípidos; en estas últimas están comprendidas las lecitinas y la colestestina. La sustancia gris es rica en albuminoides, lecitina y sales; en la sustancia blanca y los nervios predomina la colestestina.

Las células nerviosas son generalmente de pequeño tamaño; sin embargo en los cuernos anteriores de la médula se observan algunas cuyas dimensiones llegan a una décima de milímetro. Se encuentran en la sustancia gris y además en los ganglios simpáticos, espinales y periféricos.

b) La *fibra nerviosa*, está constituida por el *cilindroeje* (elemento esencial); una sustancia grasa que lo rodea (*mielina*); y una membrana envolvente (*vaina de Schwann*). La mielina y la vaina de Schwann, son elementos accesorios, pues existen fibras desprovistas de ambas.

Los nervios están formados por un conjunto de fibras que pueden ser exclusivamente motoras (*nervios motores*), o sensitivas (*nervios sensitivos*), o bien, contener unas y otras (*nervios mixtos*). Las terminaciones de las fibras motoras en los músculos, toman el aspecto de pinceles (placas terminales); en cambio las expansiones sensitivas, son muy variadas (órgano de Corti en el oído, conos y bastones en la retina).

4. TEORÍA DE LA NEURONA. — La teoría que detalla claramente la constitución de la *neurona* se debe a RAMÓN Y CAJAL. La forman elementos indivisibles: el cuerpo, que es la célula con su respectivo núcleo; y las prolongaciones que de ella emanan, unas cortas o prolongaciones protoplasmáticas y las largas que constituyen el cilindroeje.

La asociación de neuronas, constituye la vía de transmisión de las excitaciones. Aquéllas no se anastomosan, pues únicamente existe contacto entre las prolongaciones protoplasmáticas de una, y el cilindroeje de otra; es decir, que en los elementos nerviosos no hay continuidad de sustancia, sino *contigüidad*.

La transmisión nerviosa se efectúa del modo siguiente: las prolongaciones protoplasmáticas, reciben las excitaciones y las transmiten a las células, cuya commoción es a su vez transmitida por su cilindroeje a las prolongaciones protoplasmáticas de las neuronas adyacentes. De esto se deduce, que el cilindroeje es transmisor del influjo nervioso, y las prolongaciones protoplasmáticas son sus receptores.

La conducción nerviosa es *calótipeta* en las prolongaciones

protoplasmáticas, pues se dirige a la célula o cuerpo del neurón; en cambio es *calótipeta* en el cilindroeje porque ella sale de la célula. Con respecto a los centros nerviosos, la conducción es *centrípeta* para las neuronas motrices, porque va de los centros hacia los músculos; y *centrípeta* para las sensitivas, pues se dirige de la superficie sensible a los centros nerviosos.

D. RELACIONES ENTRE LAS NEURONAS. — Entran en íntima relación por sus prolongaciones; ésta se realiza como viños, entre el cilindroeje de una y las prolongaciones protoplasmáticas o dendritas de otras.

Denomínase *synapsis* los puntos de contacto entre ellas. Una célula nerviosa en actividad aumenta sus relaciones con las neuronas contiguas, haciendo más íntimos los contactos de sus expansiones protoplasmáticas; lo contrario ocurre cuando la célula se encuentra en reposo (acción de la morfina y anestésicos).

Acto reflejo. — La asociación de dos neuronas medulares, una sensitiva y otra motriz, explica la reacción de un elemento motor, en virtud de una excitación externa (figura 30). La prolongación protoplasmática de la neurona sensitiva, cuyas ramificaciones terminales

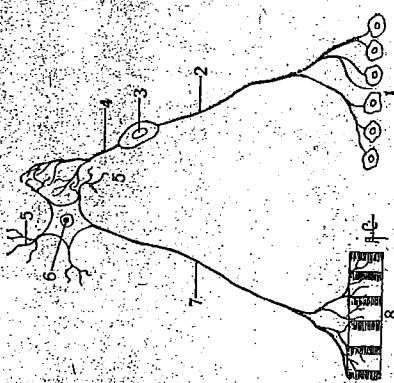


Fig. 30.—Esquema de un arco reflejo simple.

1. ramificaciones nerviosas sensitivas.
2. prolongación protoplasmática o celulípetra de la neurona sensitiva.—3. célula sensitiva de un ganglio raquídeo.—4. cilindroeje o prolongación celulífuga de la neurona sensitiva.—5. prolongaciones protoplasmáticas de la neurona motriz.—6. célula motora de la médula.—7. cilindroeje o prolongación celulífuga de la neurona motriz.—8. músculo.

se encuentran en la piel, recoge una excitación, y la transmite por medio de su cilindroeje a las prolongaciones protoplasmáticas de las células motrices, que se encuentran en los cuernos anteriores de la sustancia gris de la médula. Recibida por dichas células, la corriente nerviosa es transmitida por sus cilindroesjes, a un músculo de la periferia, que reacciona inmediatamente.

La reacción producida por las neuronas motrices, al recibir la excitación recogida por las neuronas sensitivas, cons-

ga quedando ensillado en su porción anterior. Para el área que recibe el nombre de *vesícula cerebral*, es la que se va a constituir el *encéfalo*, la porción estrecha y prolongada, constituirá la médula espinal.

En su desarrollo la vesícula cerebral va estrechándose en lugares distintos, hasta que forma cinco porciones denominadas: *cerebro anterior* o *protencefalo*, *cerebro intermedio* o *talamencefalo* o *diencefalo*, *cerebro medio* o *mesencefalo*, *cerebro posterior* o *metencefalo*, y *cerebro terminal* o *mielencefalo*. La parte del tubo que se encuentra a continuación viene a ser la *médula espinal*. La cavidad interior que subsiste, después de algunas transformaciones, da lugar a los ventrículos cerebrales, y contiene el *líquido cefalorraquídeo*, de igual naturaleza que el *cefalorraquídeo*.

Siguiendo su desarrollo, el *cerebro posterior* se acerca hacia adelante, y luego el *cerebro anterior*, lo hace hacia arriba y hacia atrás.

El *cerebro anterior*, engendra el *cerebro propiamente dicho*, dividido por un surco; así quedan formados los *hemisferios cerebrales*. También en esta porción se desarrollan los *corpos optoestriados*.

El *cerebro intermedio*, produce dos masas nerviosas que son los *tálamos ópticos*; en esta misma región se forma la *epífisis* o *glándula pineal* en la cara superior, y la *hipófisis* en la inferior.

El *cerebro medio* que forma el *istmo del encéfalo*, da origen a los *tubérculos cuadrigéminos* y a los *pedúnculos cerebrales*, que conectan al cerebro con el cerebelo, el bulbo y la médula.

El *cerebro posterior* origina el *cerebelo* y la *protuberancia anular*.

El *cerebro terminal*, forma un cordón nervioso voluminoso y corto, que constituye el *bulbo raquídeo*, cuya cavidad central pasa a ser el 4º ventrículo.

La cavidad central de los cerebros primitivos, sufre diversas modificaciones, hasta constituir los ventrículos. En el cerebro anterior, se forman dos cavidades separadas por un tabique denominado *septum lucidum* por su transparencia, las que se llaman *primero y segundo* ventrículo.

En el cerebro intermedio, la cavidad constituye el *tercer ventrículo*, que está limitado por los tálamos ópticos.

En el cerebro medio, la cavidad se estrecha, formándose el *acueducto de Silvio*. A continuación la cavidad vuelve a ensancharse, formando el *cuarto ventrículo*, que es romboidal;

tiene un *acto reflejo simple*, si la excitación es muy intensa, se transmite por la asociación de neuronas al cerebro, y entonces se modifica la reacción de las neuronas motrices (acto consiguiente).

C. Teoría de APAPHY.—Se designa también *teoría fibrilar*, y explica que el sistema nervioso está constituido por una red de *neurofibrillas* que serían los elementos de transmisión del impulso nervioso. El cuerpo del neurón según él, estaría formado por *neurofibrillas intracelulares*, que al conectarse con las *intercelulares*, darían lugar a la transmisión de la corriente nerviosa.

D. LA NEUROGENIA.—Son células provistas de finas y numerosas prolongaciones protoplasmáticas que abundan en el sistema nervioso central. Constituyen elementos de sostén, y se les atribuye una función aisladora en la conducción nerviosa. Últimamente se han descubierto en la sustancia gris, células semejantes pero muy diminutas; son migratorias, y en conjunto se las denomina *microglia* (véase tomo I, pág. 202).

2º Desarrollo ontogénico u origen embriológico del sistema nervioso.—Distribución de las sustancias blanca y gris.—El sistema nervioso tiene su origen en

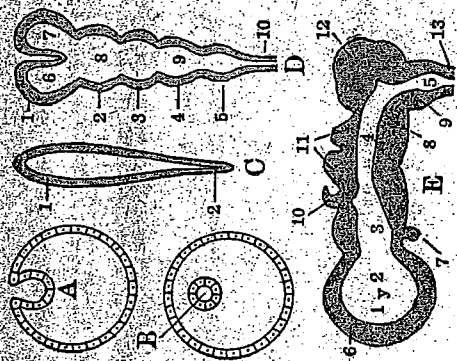


Fig. 31.—Desarrollo del sistema nervioso central.

A. Invaginación del ectodermo.—B. tubo nervioso primitivo cuya evolución engendra las otras partes del sistema nervioso.—C. D y E, diversos estados sucesivos del desarrollo.—1, vesícula cerebral; 2, médula; 3, cerebro posterior y terminal respectivamente; 4, 5, 6 y 7, 1º y 2º ventrículos; 8, 3º ventrículo; 9, 4º ventrículo; 10, médula; 11, hipófisis; 12, protuberancia anular; 13, bulbo raquídeo; 14, epífisis; 15, tubérculos cuadrigéminos; 16, cerebelo; 17, médula.

el *ectodermo*. En los primeros días del desarrollo embrionario, se forma un surco en la parte dorsal de la hoja ectodérmica, el que se invagina y se profundiza (fig. 31). Continuando su evolución, dicho surco aproxima sus bordes, y luego se aísla, constituyendo un *tubo cerrado*, que se pron-

se encuentra a la altura del cerebro terminal, y está recubierto por la masa cerebelosa. En segunda, la cavidad se transforma en un tubo delgado dentro del cual medianamente constituyendo el canal del *ependimo*.

La distribución de las sustancias blanca y gris es diferente en la médula y en el encéfalo como veremos al estudiar sus funciones; también difieren en su constitución, estando la primera formada únicamente por fibras, y la segunda en su casi totalidad por células.

3º **Neurona dinámica.** — Estudiaremos sus condiciones de funcionamiento y la función de sus dos componentes.

CONDICIONES DE SU INTERIOR FUNCIONAL. — La sangre modifica la función de las células nerviosas; su disminución provoca variación en la excitabilidad y su falta interrumpe rápidamente la de los centros medulares. Las neuronas sensitivas resisten más a la anemia que las motoras.

La neurona es esencialmente aerobia. Luego es muy sensible a la privación de oxígeno; su vitalidad está ligada íntimamente a la oxigenación. Es de notar la sensibilidad particular de las neuronas cerebrales a la asfixia; en efecto, en el hombre se asiste a la rápida pérdida del sentido suprimiendo el paso de la sangre, por la compresión digital de las arterias carótidas. Las oscilaciones de temperatura influyen notablemente sobre las neuronas. A diferencia de otras especies celulares, la de 0º las destruye en pocas horas.

Entre las sustancias orgánicas para la nutrición de la neurona, la vitamina B₁ es absolutamente necesaria; su ausencia acarrea la degeneración con esclerosis de los cordones posteriores medulares que se acompaña fisiológicamente de crisis convulsivas.

Las células nerviosas requieren también, para su funcionamiento, sales minerales; ellas son: sodio, potasio y calcio; éstas, en proporciones equilibradas, favorecen a aquél. En las neuronas decaídas disminuye en tal forma la excitabilidad, que llega a desaparecer, lo que ha sido comprobado en neuronas del sistema vegetativo. Así, la excitación del neuromuscular no detiene el corazón; la del simpático cervical no provoca la dilatación del iris (experimentos de PACHÓN y BUSQUET, y de GLEY, respectivamente).

4. **FUNCION DE LA CÉLULA NERVIOSA.** — La célula nerviosa es *excitable* y susceptible de reaccionar (manifestaciones de su actividad).

El influjo nervioso que una fibra sensitiva transmite a la

célula, constituye su excitante fisiológico. Los excitantes típicos, no despiertan en ella (con excepción de las células nerviosas corticales), mayor actividad. La excitabilidad de una célula nerviosa, varía según la composición fisicoquímica de la sangre (excitante interno). Hay sustancias químicas que excitarán la excitabilidad celular (estímulo); otras, en cambio, son depresoras (bromuros, éter, etc.).

Trófico de la célula. — La célula nerviosa es un *centro genético y trófico*, pues no sólo da origen a sus prolongaciones, sino que ejerce, además, sobre ellas, una acción nutritiva. Esta se comprueba seccionando una fibra nerviosa; la porción aislada de la célula degenera. Se designa a este proceso con el nombre de *degeneración Walleriana*. Efectivamente, al seccionar las raíces raquídeas se observa que el extremo periférico de la raíz anterior, que está separado de los cuerpos de las neuronas, degenera, sucediendo lo contrario con el corte de la raíz posterior.

La *regeneración* del nervio, tiene efecto por el acercamiento de sus dos extremos, central y periférico, que llegan a unirse. Se hace más fácil suturando previamente ambos cabos del nervio seccionado, procedimiento que es utilizado en cirugía.

La célula nerviosa, es también un verdadero *centro funcional*, capaz de modificar las impresiones recibidas, y de reflejarlas (acción refleja).

En los centros nerviosos, existen células al parecer dotadas de un poder automático; es decir, que reaccionan sin el influjo nervioso centripeto de una excitación externa. Lo probable es que esa reacción dependa de excitantes internos (acción del anhídrido carbónico de la sangre, sobre el centro respiratorio). Tienen las células nerviosas una *acción inhibitoria* o frenatriz, por la cual retardan, y aun suspenden, la corriente nerviosa (acción del neuromuscular sobre el corazón).

B. **FUNCIONES Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS NERVIOS.** — Las fibras nerviosas, constituidas por el cilindro, forman como sabemos, los nervios. Las propiedades esenciales de éstos son: la *excitabilidad*, y la *conductibilidad* por la que transmiten la vibración nerviosa.

a) **Excitabilidad.** — Es una propiedad de la fibra nerviosa, por la cual entra en actividad por la acción de un excitante.

Estímulo espasmo. — El *excitante fisiológico* del nervio sensitivo, es la impresión recogida por sus terminaciones periféricas; el del nervio motor, es el influjo que procede de la célula central. Los nervios como los músculos, reaccionan a diversos

excitantes artificiales, mecánicos, físicos y químicos) siendo los mismos parámetros y otros (véase pag. 130). Todos los estímulos son de difícil apreciación en su necesidad medida y ocasionan en la mayoría de los casos la desintegración del tejido, exceptuase el eléctrico, que no tiene estos graves inconvenientes, siendo por ello casi exclusivo el empleo de la corriente eléctrica (galvanica y de inducción) como estímulo artificial. Este excitante parece también ser el que mas se asemeja a los procesos que normalmente determinan la excitación del nervio.

La reacción que determina la acción de cualquier excitante, es siempre una contracción o una secreción, según que el nervio excitado esté en relación con un músculo o una glándula, pues obra como conductor y como tal, si la relación es, en cambio, con elementos sensitivos, provocará un acto reflejo o una sensación. Sometiéndolo un nervio a la acción de una corriente eléctrica de mediana intensidad, sus conductores de excitación son las mismas que las del músculo, sólo se excita a la apertura y al cierre del circuito o sea por un cambio brusco de la intensidad del excitante. La corriente debe seguir el eje del cordón nervioso, pues si está orientada perpendicularmente a él, la excitación es muy poca o nula. Además, debe tener una cierta *duración* para que la excitación eléctrica del nervio o músculo se produzca.

b) *Conducibilidad*. — Es una propiedad especial de la fibra nerviosa, por la cual, la excitación se propaga a manera de onda, a través de aquella.

Para la transmisión de la onda nerviosa se requiere que el cilindro no presente solución de continuidad (*ley de la integridad del órgano*); esa onda no se propaga a las fibras vecinas (*ley de la conductibilidad aislada*); y es generalmente *centrífuga*, en las fibras sensitivas, y *centrífuga* en las motoras. Sin embargo, excitando una fibra motora, se puede transmitir la vibración nerviosa en uno y otro lado (*ley de la conductibilidad en ambos sentidos*), de donde se deduce que la fibra nerviosa es un conductor indiferente.

Sabemos que en los elementos nerviosos hay contigüidad de sustancia. El sitio donde las neuronas se conectan, se denomina *sinapsis*; el pasaje de la transmisión nerviosa se efectúa por el contacto de sus expansiones terminales.

La *velocidad* del influjo nervioso que se propaga, en forma de onda, se mide excitando un nervio en dos puntos: uno cercano al músculo y otro lejano. La diferencia del tiempo perdido (véase pag. 132), en las dos excitaciones, y grabado en el mio-

grama, será la velocidad de la corriente nerviosa. Dicha velocidad ha sido calculada aproximadamente en 28 metros por segundo. Esta cifra varía en los distintos animales y aun en el mismo; el frío la disminuye, el calor la aumenta. En el hombre es de 30 a 90 metros, y es casi igual tanto para los nervios sensitivos como para los motores.

Inteligibilidad del nervio. — Se ha demostrado que con excitaciones prolongadas no sobreviene la fatiga del nervio, por lo tanto es *inteligible*. La fatiga nerviosa que produce el trabajo, depende exclusivamente de los centros nerviosos.

Forores del nervio. Acción de los anestésicos. — Las sustancias tóxicas, influyen en la excitabilidad y la conductibilidad de los nervios. Algunos venenos, como por ejemplo la estricina, aumentan la excitabilidad. El alcohol, aumenta la excitabilidad a la vez que disminuye la conductibilidad. Los bromuros disminuyen el grado de excitación, ejerciendo una acción sedante.

Los *anestésicos* (cloroformo, éter, cloral, etc.), actúan suprimiendo ambas funciones.

Caracteres generales de la actividad nerviosa. Leyes principales. — Las reacciones nerviosas están sometidas a una serie de leyes. Forman parte de éstas las leyes de los reflejos, que estudiaremos en el párrafo siguiente, y otras, de las cuales vamos a ocuparnos a renglón seguido.

Una de las características de las células nerviosas es el fenómeno de la suma de las excitaciones (*ley de la suma o adición*); de ello se infiere la eficacia de una excitación débil, pero repetida, que aventaja a una sola excitación fuerte. La fibra nerviosa es muy resistente a las excitaciones, la célula, al contrario, es agitada rápidamente. La *inteligibilidad del nervio* es categórica al respecto.

Las células nerviosas presentan entre ellas y en sus funciones grandes diferencias; pero también ofrecen en sus actividades modos comunes y propiedades comunes.

Una particularidad de las neuronas es su especificidad, lo que puede demostrarse experimentalmente por: a) las diferencias de excitabilidad; la excitación de una raíz motora de la médula, no produce el efecto de la de una raíz sensitiva, por lo que en ésta provoca una corriente en la médula y en aquella no se propaga la excitación más lejos de las células motoras; b) las diferencias en la sensibilidad por la acción de un mismo excitante; el aumento de CO₂ excita varios centros nerviosos (vasoconstrictor bulbar, cardiorritmizador, respiratorio, etc.) >

no obstante el efecto máximo no se siente al unísono en todos ellos.

Es de notar, por último, la especificidad de acción de ciertos venenos que actúan sobre el sistema nervioso: el ácido carbólico diluido aumenta la excitabilidad de las astas anteriores medulares y no modifica las astas posteriores; en cambio, la acción de la estricina es diametralmente inversa.

§ II — UNIDAD FISIOLÓGICA DEL SISTEMA NERVIOSO

La neurona es una unidad fisiológica cuyo *centro funcional* y de excitación es el cuerpo celular; el acto esencial de su funcionamiento es el *reflejo*.

Llámanse *movimientos reflejos* los producidos por impresiones externas independientemente de la voluntad y de la conciencia.

Arco reflejo.— Todo acto reflejo, como vimos pág. 145 B, se compone de tres tiempos, que se suceden inmediatamente. El primero, es la transmisión de la impresión exterior, por el nervio sensitivo; el segundo, es la transformación de la impresión recibida, por el centro nervioso; y el último, la transmisión centrífuga por el nervio motor de la corriente nerviosa modificada, que determina un movimiento muscular en la periferia. El conjunto anatómico, base de cada acto reflejo, se denomina *arco reflejo*. La terminación sensitiva excitada (piel, mucosa o cualquier otra) constituye el *órgano receptor*; el que recibe la excitación motriz, el *órgano efector* (glándulas, músculos, etc.).

La región de la piel en la que un estímulo puede provocar un reflejo se denomina, con respecto a él, su *campo receptor*. Los centros de los actos reflejos se encuentran en la sustancia gris medular, excepto en su parte terminal.

NOMENCLATURA.— Según SHERRINGTON existen dos categorías de reflejos: los *cutáneos*, producidos por excitaciones que proceden del exterior; y los *profundos*, cuando el estímulo proviene del mismo organismo. Los primeros se denominan *extero-reflejos* o *exteroceptivos*, y los últimos *propio-reflejos* o *propioceptivos*. Como ejemplo de extero-reflejos, podemos citar el *reflejo plantar*, que produce la flexión de los dedos al excitar la planta del pie, y de propio-reflejos, los llamados *reflejos tendinosos*, en los cuales excitando el tendón se provoca la contracción del músculo correspondiente, como ocurre en el *reflejo rotuliano*.

A. ESTÍMULOS DE LOS REFLEJOS. — Estos pueden producirse,

no solamente por la estimulación directa de los órganos receptores (piel, mucosa, etc.), sino también por la del nervio sensitivo. Los *excitantes* que provocan reflejos, pueden ser mecánicos, físicos y químicos (ácidos, principalmente); también los producen las variaciones de temperatura. La excitación sobre las terminaciones nerviosas origina movimientos más intensos y más fáciles en su producción. Los *reflejos tendinosos*, se producen por excitaciones mecánicas (golpes), en las fibras sensitivas de los tendones, determinando la brusca contracción del músculo. Así, la percusión del tendón rotuliano provoca la contracción del cuádriceps crural y la extensión de la pierna (*reflejo rotuliano*).

Los movimientos reflejos están en razón inversa con la intensidad de la excitación: se obtiene un reflejo más intenso y de producción más fácil con un simple rozamiento de la piel que con estímulos violentos (pellizco, golpe, etc.). Tiene además, señalada importancia la naturaleza del excitante.

B. CONDICIONES Y CARACTERES DE LOS REFLEJOS. — A la excitación de un nervio centrípeto corresponde un reflejo de un nervio centrífugo determinado. Así la excitación de nervios gustativos provoca la secreción salival; la de los nervios sensitivos pulmonares, movimientos respiratorios, etc.

El movimiento reflejo a pesar de ser inconsciente, tiene a veces un carácter *defensivo*, pues los músculos que reaccionan, lo hacen como si tuvieran un fin determinado (estornudo por la irritación de la pituitaria, tos por la de la mucosa laríngea). En estos movimientos defensivos, no tienen participación los centros conscientes.

Es condición indispensable para la producción del acto reflejo la *integridad* del conjunto anatómico que constituye su base: el arco reflejo.

Se llama *tiempo reflejo*, al intervalo transcurrido entre la excitación sensorial y la reacción muscular; es siempre mayor para los extero-reflejos. Su duración varía de unos reflejos a otros, también varía según los individuos, y esto constituye la *variación personal*. La *velocidad de los reflejos* está en razón directa a la intensidad de la excitación.

Con la continuidad de excitaciones las respuestas motrices disminuyen en intensidad y frecuencia hasta que llegan a desaparecer, lo que pone de manifiesto la *fatigabilidad* de los reflejos. La fatiga afecta a la neurona intercalar; y son *más fatigables* los reflejos exteroceptivos que los propioceptivos.

C. INHIBICIÓN REFLEJA. — Llámanse así el fenómeno que se

produce cuando una excitación refleja es anulada total o parcialmente por una segunda excitación. Estos fenómenos son muy comunes en los reflejos condicionados. Como ejemplos de inhibición refleja, entre otros, tenemos: la de los nervios vasodilatadores, que oponiéndose a la acción de los vasoconstrictores disminuyen la tonicidad de la contracción vascular, morder un pañuelo para neutralizar el dolor que de un modo refleja nos haría sufrir el pie en el que se está practicando una curación.

La amplitud de los reflejos puede depender del sistema nervioso central, el que en ocasiones llega a *inhibirlos* (acción de la voluntad). De ello se deduce que el movimiento refleja se produce fácilmente durante el sueño, en que falta la acción de los centros superiores, y análogamente todo lo que suprima la acción inhibidora de éstos, da por resultado el aumento de aquél, vale decir del poder reflejo medular.

Los anestésicos y estupefacientes actúan debilitando los reflejos, otros venenos contrariamente (estrícina, veneno de la rabaia, etc.), aumentan marcadamente su intensidad.

D. CLASIFICACIÓN DE LOS REFLEJOS.—Según la vía nerviosa que siguen los impulsos, Loxer ha clasificado los reflejos. De ello resulta que las vías centripetas o centrifugas del reflejo, pueden pertenecer al sistema cerebroespinal, o al simpático. Según esto, los reflejos son de cuatro clases: a) ambas vías corresponden al sistema cerebroespinal, como ocurre en la deglución, el estornudo y la tos; b) la vía centripeta pertenece al sistema cerebroespinal, y la centrifuga al gran simpático, como pasa cuando el corazón se acelera por alguna impresión; c) la vía centripeta corresponde al gran simpático, y la centrifuga al sistema cerebroespinal, cosa que ocurre en el reflejo respiratorio por impresiones en la superficie del pulmón; d) ambas vías pertenecen al sistema simpático, como por ejemplo, los movimientos del estómago por excitación de la mucosa gástrica.

Existen diversas clases de reflejos: los *inconscientes*, en que no intervienen los centros superiores, cuyas vías de producción forman el arco reflejo simple (reflejos tendinosos); los *conscientes*, cuando hay percepción en los centros cerebrales; y los *sensoriales*, cuando la impresión parte de los órganos de los sentidos.

La reacción que el reflejo produce en los músculos, puede ser *coordinada*, cuando es semejante a un acto voluntario; tal es p. ej. la que ofrece una rana decapitada ejecutando movi-

mientos de *defensa* al pincharse. Y *desordenada*, cuando provoca movimientos convulsivos (contracciones tetánicas, etc.).

E. LEYES DE LOS REFLEJOS.—Los movimientos reflejos están sometidos a reglas fijas, que se denominan *leyes* de Pavlov, por el nombre de quien las formuló. Estas, deducidas de experimentos en ranas, fueron comprobadas por Chavret en sobre mamíferos.

El movimiento refleja se produce en los músculos de la región excitada, miembro inferior p. ej. (*ley de la unitariedad*).

Cuando la excitación es más intensa, la reacción muscular se manifiesta también en los músculos análogos del mismo opuesto, y los movimientos serán bilaterales (*ley de la simetría*).

Si la excitación es muy fuerte, se propaga en la médula a varias células motoras, siguiendo un trayecto ascendente, la reacción será, pues, más extendida, aparecen contracciones en los miembros superiores (*ley de la irradiación*).

Una excitación intensísima, al seguir su trayecto ascendente en la médula, puede alcanzar al bulbo y a la protuberancia; entonces la reacción se generaliza a todos los músculos del cuerpo (*ley de la generalización*).

Es de observar que la irritación de la médula por la excitación que dio lugar al reflejo, puede persistir un cierto tiempo, produciendo contracciones musculares persistentes (*ley de la conexión prolongada*).

La *locomoción*, que representa una serie de movimientos coordinados de los músculos de la vida animal, reside en la médula, lo que ha sido demostrado en ranas decapitadas y mamíferos. El animal modular anda y salta, pero siempre camina con el mismo paso inicial, lo que prueba que la acción del cerebro es aceleradora o moderadora de la marcha.

En la producción de los movimientos reflejos se observa que su complejidad e intensidad están en razón directa con la intensidad y naturaleza de los estímulos.

Reflejos condicionados y psíquicos.—De manera opuesta a los reflejos recién descritos que dependen exclusivamente de la médula y son por lo tanto inconscientes; otra categoría de reflejos puede extenderse a procesos vegetativos, lo que fué descubierto por Pavlov, y los denominó *reflejos condicionados*. Un reflejo de esta clase es el de la secreción salival, a la vista de una comida apetitosa o al percibir su olor, al oír el ruido de utensilios de cocina, y también al pensar en un plato que nos gusta, se hace *agua la boca*. El centro reflejo es estimulado de un modo indirecto por los sentidos, pasando por sus

respectivos centros. La producción de estos reflejos está sujeta a condiciones previas, se requiere haber visto, oído y gustado dicha comida o dicho plato; es decir, que el reflejo no se produce incondicionalmente: debe ser *aprendido*. Mostrando a un perro un pedazo de carne la saliva fluye en abundancia, este fenómeno es producido por una *excitación psíquica*. Si al darle de comer estimulamos al animal de otro modo, toque de campanilla, silbido, rayo de luz, etc., la repetición de estos excitantes llega a provocar la secreción sin necesidad de los estímulos psíquico o gustativo. Se ha creado así un *reflejo condicionado*.

Muchas actividades de la vida humana están en estrecha relación con una serie de reflejos condicionados. Estos, en efecto, son reflejos coordinados por los centros cerebrales, merced a la atención y a la voluntad que influyen en el ejercicio y el hábito de las profesiones mecánicas; a este grupo corresponden los movimientos habituales, en los obreros y profesionales de experiencia.

Se llaman *reflejos psíquicos*, a los determinados por acción de la inteligencia. Pertenecen a este tipo, como hemos visto, los producidos por excitación psíquica (secreción salival, etc.).

ARTÍCULO SEGUNDO

FUNCIONES DE LOS CENTROS NERVIOSOS

Estudiaremos, sucesivamente, las funciones de la médula espinal; del bulbo raquídeo y de la protuberancia; del metencéfalo y del mesencéfalo (comprenden las funciones del cerebelo, de los pedúnculos cerebelosos y cerebrales, y de los tubérculos cuadrigéminos); y por último, de los hemisferios cerebrales.

S I.—FUNCIONES DE LA MÉDULA ESPINAL

La médula está constituida macroscópicamente por dos sustancias: una blanca y otra gris.

La *sustancia blanca* está formada por una serie de *cordones* de fibras nerviosas. En el *cordón anterior* se encuentran, el haz piramidal directo y el haz fundamental del cordón anterior. El *cordón lateral*, está constituido por los siguientes haces: el anterolateral o de Gowers que contiene el haz espinotalámico, el cerebeloso directo, el lateral profundo, el piramidal cruzado y el haz restante o fundamental del cordón lateral. En estos dos cordones existen también otras fibras largas y descendentes.

tes que forman los haces rubroespinal, vestibulo espinal, etc. El *cordón posterior* comprende los haces de Goll y de Burdach, entre las fibras endógenas que lo constituyen, se hallan el haz ventral o zona ventral del cordón posterior y el haz de Schultze constituidos por fibras comisurales (Véase Tomo I, fig. 119).

Los cordones de la sustancia blanca, están compuestos de fibras nerviosas con mielina.

La *sustancia gris* ocupa el centro de la médula y está dispuesta (sección transversal), en forma de una H. En sus ramas anteriores, se encuentran las células motoras, con el origen de las fibras motrices que de ella *emergen* (raíces anteriores). En las ramas posteriores, se encuentran grupos especiales de células y las fibras centrípetas de las neuronas sensitivas que en ellas *entran* (raíces posteriores). La comisura longitudinal, está formada por células cordónales, que tienen por objeto relacionar las neuronas medulares de diversas regiones.

La sustancia gris está constituida por células nerviosas y fibras sin mielina, y se halla dotada, como la sustancia blanca, de un poder conductor; además, es el centro nervioso de los movimientos involuntarios o *reflejos*, y asiento de algunos centros funcionales de la vida vegetativa.

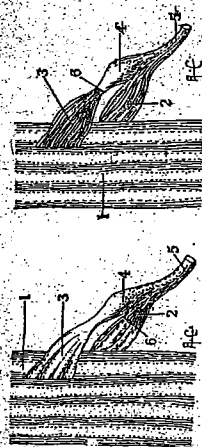


Fig. 32.—Sección de una raíz anterior.

Fig. 33.—Sección de una raíz posterior.

(La parte oscura es la degenerada.)

1, médula.—2, raíz anterior.—3, raíz posterior.—4, ganglio raquídeo.—5, origen del nervio mixto.—6, punto de sección.

1.º Función conductora de la médula. — Esta la estudiaremos primeramente, en las raíces anteriores y posteriores de los nervios, en las cuales, los efectos de su sección y excitación demuestran su función; y luego en la sustancia medular.

4. TRANSMISIÓN EN LAS RAÍCES NERVIOSAS. — La vía de transmisión nerviosa, varía según se trate de las raíces *anteriores* o de las raíces *posteriores*.

a) *Raíces anteriores*. — La función de éstas es motriz; por consiguiente, la dirección de la corriente nerviosa en sus fibras, es centrifuga. Estas fibras, son los cilindros de las células nerviosas motoras, que se encuentran en los cuernos anteriores de la sustancia gris.

La sección de una raíz anterior suprime la motricidad en la región que inerva, y trae como consecuencia la degeneración de las fibras de su cabo periférico (fig. 32), debido a su separación de los cuerpos de las células correspondientes (centros tróficos). Así se explica la parálisis de los movimientos de un obstáculo del cuerpo sin anestesia, que ocurre cuando se seccionan todas las raíces anteriores del mismo lado de la médula.

La excitación de una raíz anterior provoca la contracción de los músculos inervados por ella. Si anteriormente se ha seccionado dicha raíz, la excitación del cabo periférico determina contracciones musculares mientras que si se excita el cabo central no se obtiene ninguna reacción.

La excitación del cabo periférico de una raíz anterior produce además sensibilidad; esto es debido a que existen en estas raíces, filetes sensitivos centrifugos, los que al llegar a la raíz de un nervio mixto, se dirigen nuevamente a la médula por la raíz posterior, para continuar entonces su dirección normal (centrípeta). La reacción así provocada, se denomina *sensibilidad recurrente*. (Véase fig. 34).

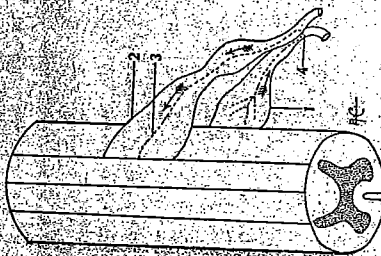


Fig. 34.—Esquema que pone de manifiesto el trayecto de la sensibilidad recurrente.

1. raíz anterior.—2. raíz posterior.—3. filete recurrente.—4. origen del nervio mixto.

quideos, y van a ponerse en contacto con las neuronas medulares. El centro trófico de estas fibras está en las células del ganglio raquídeo.

La sección de una raíz posterior suprime la sensibilidad en el territorio de su inervación, y ocasiona la degeneración de su cabo central, hasta el interior de la médula en un trayecto en relación con el largo de sus fibras (fig. 33). Explícase así, la anestesia de un costado del cuerpo, conservando la movilidad, que ocurre seccionando todas las raíces posteriores de un lado. La excitación de una raíz posterior, provoca dolor y movimientos difusos.

B. TRANSMISIÓN NERVIOSA EN LA SUSTANCIA MEDULAR.—Las excitaciones provocadas o las secciones practicadas en distintos puntos de la médula, despiertan reacciones o producen degeneraciones nerviosas que se utilizan para el estudio de las vías de transmisión nerviosa en la sustancia medular. Las *degeneraciones* que suceden al corte de la médula se llaman *ascendentes* o *descendentes* según que se produzca de abajo a arriba o viceversa.

a) *Sustancia blanca*.—La excitación de los *cordones anteriores* determina movimientos en ciertos grupos musculares. La sección de los mismos provoca la degeneración descendente de sus fibras y parálisis musculares. Ambas experiencias demuestran que la transmisión nerviosa, que es principalmente directa, se hace de arriba a abajo, siendo, por consiguiente, estos cordones esencialmente *motores*.

La excitación de los *cordones laterales* produce movimientos y sensaciones. La sección de los mismos, provoca degeneración descendente en el haz piramidal cruzado y ascendente en el haz cerebeloso directo y en el haz de Gowers. El resultado de estas experiencias es el siguiente: en los cordones laterales existen fibras motoras que corresponden al haz piramidal cruzado, y fibras sensitivas que constituyen los haces cerebeloso y de Gowers, que son vías de transmisión médulo-cerebelosas. Los cordones anterolaterales conducen la motricidad.

La excitación de los *cordones posteriores* determina diversas sensaciones. La sección de estos cordones, ocasiona degeneración ascendente en sus fibras y no produce parálisis musculares; la sensibilidad táctil se pierde por debajo del corte de la médula; pero, en cambio, la sensibilidad al dolor y al calor, persisten. Si la sección se limita al haz de Burdach, los trastornos sensitivos son más pronunciados. Cuando se practica únicamente la sección en el haz de Gell, se observan movimientos incoordinados debidos a las relaciones de este fascículo con el cerebelo. Los cordones posteriores son, pues, vías de transmisión centripeta, es decir, *sensitivas*; conducen la sensibilidad táctil y la profunda a la que pertenece la sensibilidad muscular.

b) *Sustancia gris*.—La sustancia gris es poco irritable; su destrucción ha demostrado, que es transmisora de las impresiones térmicas y dolorosas. La *siringomielia*, enfermedad que destruye la sustancia gris medular dejando intacta la sustancia blanca, produce la pérdida de la sensibilidad térmica (*termoanestesia*) y dolorosa (*analgesia*), conservándose la táctil, cuya

transmisión se hace como hemos visto en la sustancia blanca (cordones posteriores). Por el contrario, en la *grana locomotora* en el hombre, enfermedad que produce la esclerosis de los cordones posteriores, la incoordinación motriz de la marcha, que la caracteriza, se debe a alteraciones profundas de la sensibilidad táctil y muscular de las cuales aquellos representan sus vías de conducción.

C. SÍNTESIS DE LAS VÍAS MEDULARES. VÍAS DE CONDUCCIÓN

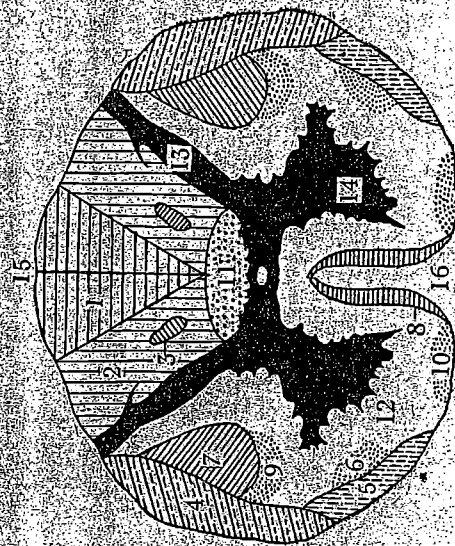


Fig. 85.—Distribución de las vías conductoras en la sustancia blanca de la médula. (Esquemática).

1. haz de Goll.—2. haz de Burdach.—3. haz de Schultze en forma de viga.—4. haz cerebral directo de Miehke (haz espino-cerebeloso posterior).—5. haz de Gowers (haz espino-cerebeloso anterior).—6. haz espino-cerebeloso posterior.—7. haz piramidal cruzado.—8. haz piramidal directo.—9. haz espino-cerebeloso anterior.—10. haz vestibuloespinal.—11. zona ventral de los cordones posteriores.—12. haz fundamental de los cordones anterior y lateral.—13. asta posterior.—14. asta anterior.—15. surco medio posterior.—16. surco medio anterior.

EN LA SUSTANCIA BLANCA DE LA MÉDULA.—Como hemos visto, son centripetas o ascendentes y centrifugas o descendentes. La figura 35 nos muestra en un corte de sección transversal medular estas distintas vías.

1. *Vías centripetas*.—Las principales que corresponden a los espacios 1, 2, 4, 5 y 6 son las siguientes:

Los haces de Goll y de Burdach, que forman los cordones posteriores (constituyen las vías de la sensibilidad táctil y de la profunda); los haces cerebelosos directo o fascículo de

Miehke y el *lateral* o *haz de Gowers*, originándose este en células del asta anterior, y aquí en las que integran la columna de Clarke, situada en las astas posteriores, se dirigen al cerebelo en cuya corteza terminan; representan vías sensitivas largas (conducen impulsos de los órganos sensitivos musculares) el *haz espino-cerebeloso*, que procede de las células de las astas posteriores, y cuyas fibras cruzan al lado opuesto diseminándose por dentro del haz de Gowers, para ir a terminar en los ruberulos quadrigéminos y en el talamo óptico.

2. *Vías centrifugas*.—Las principales representadas en la fig. 35 por las zonas numeradas 3, 7, 8, 9 y 10, son:

Los *haces piramidales cruzado y directo* (de los cordones lateral y anterior, respectivamente) son las vías de la motilidad voluntaria; se originan en la corteza cerebral y transmiten sus impulsos a las astas anteriores; el *haz rubroespinal* o *fascículo de Monakow*, que parte del núcleo rojo, situado en la calota del pedúnculo cerebral, y cuyas fibras se cruzan, llegan al cordón lateral de la médula, para ocupar el lado interno del haz cerebral directo, diseminándose en parte en el haz piramidal cruzado; el *haz vestibuloespinal*, deriva del núcleo de Deiters (punto de enlace de las fibras del nervio vestibular), situado en el ángulo externo del cuarto ventrículo, conduce los reflejos que parten del laberinto y sus fibras directas se dirigen parte al cordón lateral y las restantes al cordón anterior; y por último el *haz de Schultze*, pequeño, en forma de viga, o coma, situado en medio del haz de Burdach, y que no deriva del encéfalo, sus fibras originadas en las células del asta posterior son de conexión descendente.

La sustancia blanca tiene aparte de estas *vías largas*, que unen la médula a los centros superiores, bulbo, cerebro y cerebelo, otras *vías cortas* ascendentes y descendentes, situadas, principalmente, en el haz fundamental anterolateral y en el *campo ventral de los cordones posteriores*, que comunican entre sí los distintos pisos de la médula. Las raíces anteriores y posteriores establecen la conexión entre todas estas vías con la periferia del cuerpo: las fibras centrifugas salen de la médula por las raíces anteriores y las centripetas entran en ella por las posteriores.

2.º **Función de la médula como centro nervioso.**—El eje gris medular es el verdadero centro de los *actos reflejos inconscientes*, es decir que se producen independientemente de los centros superiores (pág. 152). La excitación externa por vía centripeta impresiona los centros nerviosos medulares, que la

transforman en sensación, y éstos por vía centrifuga transmiten la acción a la periferia. Todos estos fenómenos se estudian experimentalmente, interrumpiendo la comunicación del cerebro con la médula, mediante la sección de este, corroborando también el hecho de que su destrucción da por resultado la abolición de los reflejos.

La médula puede dividirse en una serie de partes, correspondiente cada una a un centro reflejo determinado; estos centros a su vez se relacionan con distintos órganos receptores de los que parten las diversas impresiones que a ellos llegan. Los centros reflejos están representados por las células radiales de los cuernos anteriores de la médula, en conexión por sus prolongaciones protoplasmáticas con los cilindroesjes sensitivos.

En la médula se encuentran distribuidos diversos centros nerviosos unos determinan movimientos reflejos musculares y tendinosos (vida de relación), y otros actúan en el funcionamiento de los órganos (vida vegetativa).

Pertenece a los primeros los reflejos plantar y aquileo (excitación del tendón de Aquiles) que tienen su centro en la médula sacra; y en la médula dorsal y lumbar los reflejos abdominal y rotuliano, respectivamente, etc. Los centros de la vida vegetativa, que si bien están en conexión con los centros superiores, bastan por sí solos para las funciones de los centros superiores. *Centro ojo espinal*, se encuentra al final de la médula cervical y principio de la dorsal, es dilatador de la pupila; *centro cardíaco*, situado cerca del anterior, produce la aceleración del corazón; *centros vasomotores*, diseminados en toda la médula, y pueden ser vasoconstrictores o vasodilatadores; *centros sudorales*, se hallan en la comisura gris de la médula produciendo excitación o inhibición de la secreción sudoral; *centro vesicoespinal*, situado en la región lumbosacra, es el trictor de la vejiga; y otros centros más, etc.

Las disposiciones estructurales y funcionales de la médula hacen que los reflejos se efectúen coordinados.

3º. **Efectos de la destrucción de la médula.** Vida espinal. Una pequeña lesión en la médula, trae como consecuencia la abolición de los reflejos cuyos centros se encuentran en el sitio destruido, y la exageración de los mismos por debajo de dicha lesión.

La destrucción completa de la médula, determina la pérdida de la sensibilidad, de la motilidad voluntaria y refleja, y además, trastornos en la vida orgánica (descenso de la temperatura, baja de la presión arterial, incontinencia de orina y materias

fecales). Estos trastornos orgánicos, se restablecen en parte por la acción del sistema simpático.

Esta operación parece a primera vista incompatible con la vida, pero las experiencias de Goltz y Ewald y más recientemente las de Hermanns, han demostrado que se pueden conservar por mucho tiempo con vida perros a los cuales se les ha reducido la médula a una mínima parte.

Las perturbaciones ocasionadas más o menos pronto, se restablecen, las funciones se verifican normalmente. Los más fuertes efectos muy marcados son los accidentes persistentes, atrofia profunda de los músculos, alteraciones óseas y caída de los pelos.

§ II. — FUNCIONES DEL BULBO Y LA PROTUBERANCIA

Las vías de transmisión de la médula al llegar al bulbo y a la protuberancia, sufren ciertas modificaciones.

CONEXIONES Y SISTEMATIZACIÓN. — Los dos haces piramidales (directo y cruzado), se juntan para constituir las pirámides anteriores del bulbo de las que toma parte también, el *haz geniculado*, constituido por fibras del haz piramidal, de su mismo origen, pero que se detienen en los núcleos motores bulboproteruberanciales, estas fibras se relacionan con las células motoras de los núcleos de los nervios craneales y se entrecruzan en la protuberancia con las del lado opuesto. Siguiendo la vía motora voluntaria o vía piramidal en sentido inverso que pasa por la protuberancia, atraviesa luego el pie del pedúnculo cerebral y la capsula interna para ganar el hemisferio cerebral.

Detrás de los haces citados, se encuentran las vías sensitivas, constituidas por los haces de Goll y de Burdach que terminan en los núcleos homólogos; de las células de estos núcleos parten fibras a las cuales se agregan en su recorrido ascendente otras nuevas fibras sensitivas; este conjunto se denomina *cinta de Reil* (tomo I, pag. 213). El haz de Gowers ocupa la parte lateral del bulbo y de la protuberancia y va a terminar en la corteza del vermis superior del cerebelo. El haz cerebeloso directo no varía de posición, entrando directamente en el pedúnculo cerebeloso inferior, por su segmento externo o cuerpo restiforme, termina en el vermis cerebeloso. Los haces fundamentales o restantes del cordón anterolateral que eran superficiales, se han hecho profundos, situándose en

el bulbo, en la protuberancia y en el pedúnculo cerebral por detrás de la cinta de Reil. El haz piramidal cruzado y la cinta de Reil, entrecruzan sus fibras en el bulbo (entrecruzamiento motor y sensitivo, respectivamente).

Los núcleos motores y sensitivos de la sustancia gris medular, al llegar al bulbo se separan, formando distintos grupos que vienen a constituir el origen de los nervios craneales.

Funciones bulboprotuberanciales.—El bulbo y la protuberancia son como la médula transmisores de la corriente nerviosa, y centros de actos reflejos.

4. VÍAS DE TRANSMISIÓN NERVIOSA.—La excitación de una pirámide, provoca movimientos en el lado opuesto del cuerpo. Si esta excitación es intensa, determina además dolor, pues entonces la irritación alcanza a la cinta de Reil (sensitiva), que como hemos dicho, se encuentra inmediatamente detrás de las pirámides.

La sección unilateral del bulbo, interesando las pirámides y la cinta de Reil, produce parálisis y anestesia del costado opuesto del cuerpo, pues el entrecruzamiento de las fibras sensitivas y parte de las motoras, se encuentra por debajo de la lesión (*hemianestesia y hemiplegia*). La hemiplegia no es completa, pues las fibras motoras empiezan a entrecruzarse en la parte superior de la protuberancia; para obtener la hemiplegia completa, se requiere sectionar la protuberancia, por encima del nivel citado. Si la sección se efectúa en la parte media de la protuberancia interesa los núcleos de los nervios bulbares en contacto con las fibras medulares entrecruzadas y se produce una *parálisis alterna* que afecta la cara o algunos músculos de la cara del mismo lado de la lesión, y el resto del cuerpo en el costado opuesto.

5. CENTROS BULBOPROTUBERANCIALES.—La sustancia gris se halla dividida en fragmentos que constituyen diferentes núcleos (tomo I, pág. 207), que son centros reflejos que presiden el funcionamiento de los nervios de origen. Son éstos los nervios craneales (4º a 12º pares, con excepción del 8º). Funcionan no solamente por las excitaciones que les son transmitidas como a los de la médula, sino también automáticamente.

En los centros bulboprotuberanciales hay unos que presiden ciertos movimientos de la vida de relación, y otros que actúan directamente sobre los órganos de la vida vegetativa. Entre los primeros mencionaremos los siguientes: *el centro de los movimientos de los párpados, el de los movimientos laterales*

de los ojos, el del estornudo, y el de la fonación. Los principales centros que intervienen en la vida vegetativa son: *el de la masticación, el de la secreción salival, el de los movimientos de deglución, el de la tos, el centro sudoral, el glucogénico y los que describimos a continuación.*

Automatismo bulbar.—Los centros automáticos pueden funcionar por sí solos suprimida toda influencia de excitaciones centripetas, por excitaciones centrifugas de orden interno. Entre ellos estudiaremos los tres que siguen en primer lugar el *centro respiratorio*, situado aproximadamente a la altura de los núcleos de los pares craneales 9º a 12º, a cada lado de la línea media por encima del pico del *calamus scriptorius*. En el capítulo cuarto, Respiración (pág. 84), vimos que es excitado rítmicamente y también por vía sanguínea. La conducción centrifuga del centro respiratorio con los centros localizados en la médula, que envían las excitaciones a los músculos respiratorios, se efectúa por medio de los haces, piramidales cruzados y directos pertenecientes a los cordones lateral y anterior, respectivamente.

El centro *moderador cardíaco*, se halla a nivel de los núcleos de origen de los nervios vagos. En este centro, también tiene una acción excitante la composición de la sangre (acúmulo de ácido carbónico) y las diversas excitaciones reflejas. Ejerce una excitación moderada y siempre constante de los latidos del corazón.

Otro centro automático es el *vasomotor*, localizado en el suelo del cuarto ventrículo y constituido por dos centros, vasoconstrictor y vasodilatador, ambos bilaterales. En éste, como en los dos centros precedentes, ejerce una acción excitante directa la calidad de la sangre (contenido de CO₂ y de O), siendo las acciones reflejas las que en estado fisiológico actúan en su funcionamiento. Por su intermedio el bulbo mantiene la regularidad del *tono vascular*.

En el bulbo y la protuberancia existen *centros de asociación* que intervienen en reflejos más complejos: uno de estos la visión binocular, se realiza por las relaciones que establece un centro de asociación entre los núcleos de los nervios motor ocular externo, motor ocular común y patético. Este centro (situado a nivel del núcleo del primero de dichos nervios), es el de los movimientos conjugados de los ojos. En la protuberancia, parece que residen los centros que intervienen en las expresiones involuntarias producidas por emociones intensas (risa, llanto); y centros de coordinación de los reflejos

que influyen en la estación y la locomoción. La destrucción de la protuberancia impide mantenerse en posición vertical. Los centros bulbares, se encuentran, en general, asociados entre sí, de modo que la excitación en uno de ellos, puede irradiarse a otros más o menos próximos.

§ III. — FUNCIONES DEL METENCEFALO Y DEL MESENCÉFALO

Estudiaremos sucesivamente las funciones del *metencefalo* constituido por el cerebelo y la protuberancia (las de esta recién estudiadas), y las de los pedúnculos cerebrales y de los tubérculos cuadrigéminos, que forman el *mesencéfalo* o *cerebro medio*.

1.º **Funciones del cerebelo.** — El cerebelo está constituido en gran parte por sustancia gris, la que abarca toda su porción periférica, y en la central las olivas cerebelosas, y los núcleos del techo; la sustancia blanca se encuentra en el centro, y está formada por las fibras de los pedúnculos cerebelosos.

Para estudiar las funciones del cerebelo, se recurre en los animales a la excitación y a la extirpación o ablación de este órgano, y en el hombre al método anatómico.

A. **EXCITACIÓN DEL CEREBELO.** — La excitación de su lóbulo anterior en una paloma privada de sus hemisferios cerebrales, provoca inhibición del tono de los extensores. Si sobre el mismo lóbulo se colocan lateralmente ambos electrodos, la paloma cae del lado de la excitación.

Los mismos resultados han sido obtenidos en mamíferos, pero previamente descerebrados, excitando el vermis (porción anterior). Actualmente, los movimientos conjugados con desviaciones características, en los ojos y en la cabeza producidos con la excitación del cerebelo, se consideran independientes de ésta por ser originados por la difusión de la corriente eléctrica en los núcleos del bulbo.

En cuanto a la excitación de los lóbulos laterales es discutida y no se ha llegado a nada concreto.

B. **ABLACIÓN DEL CEREBELO.** — Las primeras experiencias de ablación de este órgano, se deben a FLOURENS. Éste extirpaba paulatinamente el cerebelo en las palomas, observando que los fenómenos se iniciaban por una falta de seguridad en los movimientos del animal (marcha, salto, vuelo), los que a poco se hacían completamente desordenados, y por último, llegaban a la incoordinación motriz, cuando la extirpación era total. La paloma descerebrada es presa de un continuo movi-

miento y agitación; no puede conservar el equilibrio, ni volar (arrojado al aire etc.). Conserva su sensibilidad, su aversión es normal, amenazada trata de esquivar el peligro, y al excitarla las reacciones provocadas exacerban el desorden motor. De estas experiencias se dedujo que el cerebelo era el centro coordinador de los movimientos voluntarios.

Se ha podido observar un conjunto de fenómenos en perros que han sobrevivido largo tiempo después de la extirpación total del cerebelo (experiencia de LUCIANI). Se observa primeramente una serie de contracciones desordenadas, temblores y convulsiones que cesan al poco tiempo, sucediéndose una falta de seguridad y fuerza en los movimientos del animal. Esta inseguridad e irregularidad de sus movimientos que Luciani llama *ataxia cerebelosa*, se debe a la falta de energía y de medida en la ejecución de los movimientos voluntarios; el cerebelo sería, pues, un centro reflejo de la energía potencial.

Es de notar que la acción de rasarse y la natación se realizan normalmente en los animales acerebrados. Un perro que no puede tenerse en pie y menos marchar, nada perfectamente si se le echa al agua. Este hecho lo interpreta LUCIANI como demostrativo de que en estos animales se origina una norma notable de la fuerza muscular (*astenia*) y del tono muscular (*atonia*); en el agua el cuerpo flota, aligera su peso, y los músculos desarrollan un esfuerzo menor; en estas condiciones la coordinación motriz reaparece.

C. **MÉTODO ANÁTOMOCLÍNICO.** — En el hombre se han podido estudiar los fenómenos de destrucción del cerebelo en afecciones que lesionan este órgano. Éstos se caracterizan, por falta de equilibrio, movimientos incoherentes y marcha titubeante (marcha de la embriaguez).

Obsérvanse otros trastornos de la coordinación caracterizados por signos clínicos, tales son la *dismetria*, la *hipermetria* que distinguen la mala regulación de los impulsos motores, es decir, la ejecución de los movimientos voluntarios sin medida, así al querer tomar algún objeto no lo alcanzan, lo pasan de un lado o lo exceden; la *asimetría* o perturbación en la facultad de asociación de los movimientos, y la *aducto-ocinesia* o incapacidad de efectuar con rapidez movimientos de grupos musculares antagonistas (pronación y supinación, actividad de los dedos en la escritura a máquina, etc.).

Las destrucciones unilaterales del cerebelo, producen alteraciones en los movimientos del mismo lado del cuerpo, de lo-

que se deduce que las vías de transmisión cerebelosa no tienen entrecruzamiento.

En las destrucciones simétricas las perturbaciones de equilibrio son menos acentuadas, que en las ocasionadas por lesiones asimétricas.

Lo expuesto referente a las experiencias que están en un todo de acuerdo en el hombre con los hechos clínicos y con los efectos de las lesiones ocasionadas por heridas de guerra, permiten asignar al cerebelo un papel muy importante en la conservación del equilibrio corporal (en la equilibración no es unívoco), y en la coordinación de los movimientos de los cuales constituye un aparato regulador.

30. **Pedúnculos cerebelosos y cerebrales.** — Los fenómenos que se manifiestan por la excitación o sección de los pedúnculos cerebelosos o cerebrales, son referentes a la motilidad.

Las lesiones, picaduras o secciones, de los pedúnculos cerebelosos, determinan movimientos irresistibles de rotación.

La lesión de un pedúnculo cerebeloso inferior, produce una incurvación del cuerpo en arco sobre sí mismo.

La lesión de un pedúnculo cerebeloso medio, determina una rotación del cuerpo alrededor de su eje anteroposterior (*movimiento de tonel*), cuya dirección es del lado sano al lesionado.

La lesión de un pedúnculo cerebeloso superior, produce una serie de rotaciones, *movimiento de picadero*, que se hacen del lado lesionado; seccionando el pedúnculo cerebeloso superior izquierdo, la rotación se hace hacia la izquierda y viceversa.

El pedúnculo cerebral está constituido por fibras y ofrece en su parte media una masa de sustancia gris, el *locus niger*, que lo divide en dos planos: uno superior, la *calota*, de fibras longitudinales sensitivas (*cinta de Reid*) que conducen las impresiones que van al cerebro; y otro inferior, el *pie*, en relación con las fibras motoras eferentes de dicho órgano (*haces piramidales*, haz motor de los nervios craneales llamado *haz geniculado*, y fibras que originadas en el lóbulo temporal van a terminar en los núcleos de la protuberancia, el *haz córtico-protuberancial*), por las cuales descienden las excitaciones a la periferia.

En la calota se hallan los núcleos rojos, en los que se origina el haz rubroespinal y terminan los pedúnculos cerebelosos superiores.

La lesión de un pedúnculo cerebral, determina también movimientos de rotación en picadero (el animal da vueltas, como un caballo en un circo), y su sección trae como conse-

cuencias la caída del animal sobre el lado opuesto y una hemianestesia y una hemiplegia cruzadas. Cuando la lesión es en el plano superior determina trastornos sensitivos en el lado opuesto, si en el plano inferior, los provocará en los movimientos voluntarios, también, en la mitad opuesta, lo que se debe a su disposición estructural.

El mecanismo íntimo de los movimientos de rotación es de interpretación difícil, pues todos los músculos intervienen en su producción (no hay parálisis de determinados grupos de éstos). Centros anatómicos que existían en el cerebro y el mesencéfalo mantendrían, contrabalanceándose, el equilibrio; producida la lesión de uno de ellos, este último desaparecería por falta de armonía de la acción anatómica (MAGENDIE).

39. **Tubérculos cuadrigéminos.** — Están constituidos por sustancia gris (interna) y sustancia blanca (externa).

Los dos tubérculos anteriores (*testes*) están íntimamente relacionados con las cintas ópticas por intermedio de los cuerpos geniculados externos. Los dos posteriores (*testes*), tienen relaciones con los nervios auditivos.

Las impresiones visuales, al transmitirse a los hemisferios cerebrales, lo hacen por las vías de los tubérculos cuadrigéminos. La sección de éstos produce ceguera por la destrucción de esas vías de enlace de las células sensoriales de la retina, con los centros de la visión.

Sin embargo, en la sustancia gris de los tubérculos cuadrigéminos, se encuentran los centros de algunos reflejos, producidos por impresiones visuales, siendo el principal, el reflejo que determina la contracción de la pupila por las impresiones luminosas.

Los tubérculos cuadrigéminos, intervienen también en el equilibrio y en la coordinación de los movimientos; esto se debe a las relaciones de los posteriores (*testes*) con los nervios auditivos que obran como centros reflejos cuando la cabeza se inclina en diversas posiciones, acompañada de movimientos oculares, reflejos que se suman a los destinados a orientar y equilibrar la cabeza en el espacio. La experimentación prueba que la destrucción de estos órganos altera el equilibrio y la coordinación de los movimientos (*SERRÉS*).

§ IV. — FUNCIONES DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES

Los hemisferios cerebrales están constituidos por sustancia gris y por sustancia blanca. La primera rodea completamente a la segunda, excepto al nivel de los pedúnculos cerebrales;

es la capa llamada *corteza cerebral*, asiento de los centros superiores, y está constituida por células piramidales de tamaño variado, cuyos cilindroejes descendían a la sustancia blanca, células polimorfas y fibras nerviosas. La sustancia blanca ocupa la parte central de los hemisferios cerebrales, y está formada por la expansión de las fibras (centrípetas y centrífugas) que tienen de los pedúnculos después de pasar por entre los núcleos grises opioestriados (cápsula interna). Además de estas fibras que se llaman de *proyección*, existen otras que unen las distintas zonas corticales, llamadas fibras de *asociación*; y hay también fibras que sirven de *tractus de unión* de ambos hemisferios, pasando por el cuerpo calloso (*comisuras*).

EFFECTOS DE LA ABLACIÓN DEL CEREBRO. — Variables según las especies animales son tanto más marcados cuanto mayor es el tamaño relativo del cerebro.

El animal descerebrado. — La rana descerebrada tiene la apariencia de la rana normal, responde como ésta a todas las excitaciones; se endereza, salta, puesta en el agua nada, y todos sus movimientos están coordinados. Pero, si aquellas cesan, permanece constantemente inmóvil, no come espontáneamente aunque tenga alimento a su alrededor, toda sensación consistente y todo movimiento voluntario han desaparecido.

La paloma privada de sus hemisferios cerebrales se mantiene inmóvil, con los ojos cerrados, en equilibrio sobre sus patas como el animal indomne. Al excitarla, ejecuta movimientos perfectamente coordinados, arrojada al aire vuela, salvando los obstáculos, y cae luego al suelo, tomando otra vez su aspecto soñoliento. No toma alimento espontáneamente, aunque esté encima de un colchón de granos de trigo; si no se le alimenta muere de inanición.

Otras aves, y entre los mamíferos los cobayos y conejos reaccionan de un modo análogo a las palomas y ranas.

Graves trastornos y mayor alteración de las funciones sensitivas produce la extirpación del cerebro en los perros. La realizó Goltz (1889-1891), el animal sobrevivió diez y ocho meses, y posteriormente Rothmann (1909-1912), cuyo perro vivió más de tres años. Los caninos así tratados pierden toda espontaneidad, no responden a las excitaciones psíquicas y su aspecto carece de expresión. Privados de las sensaciones olfatorias, no podían buscar los alimentos, y éstos los tomaban con suma dificultad. Permanecían constantemente indiferentes a cuanto acontecía a su alrededor.

Los animales descerebrados se comportan como autómatas, conservan todas las funciones de orden automático, la temblación, coordinación de los movimientos y la expresión emocional. Faltales todas las altas funciones psíquicas, éstas han desaparecido con la extirpación del órgano de la inteligencia, el cerebro.

En el hombre las enfermedades que alteran la corteza cerebral (en los alienados la parálisis general), provocan un decaimiento intelectual, tanto más acentuado cuanto mayor sea la supresión de la corteza por la acción destructora de las lesiones.

En los idiotas, que así lo son por falta de desarrollo de la corteza cerebral, se observa una merma de la inteligencia, que está en relación directa con el grado de aquél.

Estudiaremos sucesivamente en la fisiología del cerebro, las funciones de su corteza, de las fibras blancas y de la capsula interna, de los núcleos grises centrales y del líquido cefalorraquídeo, y, por último, los signos y resultados de la actividad cerebral.

1.º Centros corticales. — El descubrimiento de la afasia por Broca (1861) y una serie de experiencias consecutivas, demostraron que las diversas partes de la corteza cerebral poseen funciones diferentes. Unas en relación con la motilidad, y otras, destinadas a la sensibilidad. Nos ocuparemos de la localización en la corteza de los centros motores y sensoriales del papel de la corteza en las funciones orgánicas y las psíquicas.

A. Centros motores. — Las excitaciones y las destrucciones parciales de la corteza cerebral en los animales superiores y el método anatómico en el hombre, han demostrado la existencia de estos centros.

a) Excitaciones. — Las excitaciones de la corteza alrededor de la cisura de Rolando, provocan siempre movimientos en distintas partes del cuerpo, según la altura del punto excitado. Estos movimientos son bien definidos, y se producen en el costado del cuerpo opuesto al de la excitación.

Por las excitaciones sucesivas en distintos puntos de la corteza cerebral, experiencias realizadas en gran número de animales (perros, monos antropoideos, etc.), y en el hombre por varios cirujanos, se ha comprobado que la zona *rolandica*, es la zona motriz. Ésta, ocupa las circunvoluciones frontal y parietal ascendente, y la parte posterior de las circunvoluciones primera, segunda y tercera frontales. Se ha demostrado, que la excitación de la parte inferior de dicha zona, produce movimientos de la cara, mandíbulas y de la lengua, la excitación

en la parte superior, los determina en el miembro inferior y la de la parte media, en el miembro superior.

La parte anterior del lóbulo frontal y gran parte de los lóbulos parietal, temporal y occipital, son inexcitables (zonas latentes), en todos los mamíferos.

Si las excitaciones se hacen muy extensas, las contracciones persisten cierto tiempo después de la cesación de aquéllas (*contrácturas*). Cuando las excitaciones son muy fuertes y persistentes, a las contrácturas sigue una fase constituida por contracciones intensas y rápidas que se designa con el nombre de *epilepsia cortical*. Este fenómeno puede comprender un grupo muscular, o a todos los de la mitad del cuerpo, esta última forma, descrita en el hombre por H. JACKSON, se denomina *epilepsia jacksoniana*.

b) *Destrucciones parciales de la sustancia cortical*.—La destrucción de una zona motriz determina parálisis cruzada en los músculos relacionados con los centros destruidos; si aquélla abarca a toda la zona, la parálisis es total en el costado opuesto del cuerpo (hemiplejía).

Los animales sometidos a estas experiencias, pueden ser colocados en posiciones violentas sin que reaccionen; quedan como si hubieran perdido la sensibilidad táctil y muscular.

En el hombre, las lesiones que afectan la zona motriz cortical, ocasionan parálisis persistentes. Estos fenómenos se explican, por la destrucción de las células motrices de la corteza cerebral, que son centros tróficos de los haces piramidales, cuyas fibras degeneran de arriba hacia abajo.

c) *Topografía de los centros motores*.—El el hombre, las relaciones entre los músculos paralizados y las lesiones corticales observadas en la autopsia (*método anatómico*), han servido para localizar las distintas zonas motrices. Ello se debe a los trabajos de varios neuropatólogos, CHARCOT, PIRRES, FERRIER, etcétera, cuyos resultados han sido rectificados en algunas operaciones quirúrgicas de trepanación, por medio de excitaciones eléctricas localizadas.

Los centros motores del miembro inferior (fig. 36) están situados en la parte superior de la circunvolución frontal ascendente, alrededor de la cisura de Rolando. Los del miembro superior, se encuentran por debajo de los anteriores, y en la misma circunvolución.

Los centros de los movimientos de los músculos de la cara, se hallan en la parte inferior de la circunvolución frontal ascendente, donde residen los centros de la masticación, de los movi-

mientos de la lengua, faringe y de la laringe. Entre las zonas de los miembros superior e inferior, se halla otra motriz especial para los músculos del tronco.

En el lóbulo del pliegue curvo (es la porción posterior de la circunvolución parietal inferior), existen los centros de los movimientos de los párpados, de los laterales de la cabeza y de los ojos.

La circunvolución parietal ascendente que se consideró antes de la zona motriz ahora se la considera sensitiva.

B. CENTROS SENSORIALES.—En la corteza cerebral existen zonas que están en relación directa con la función de los órga-

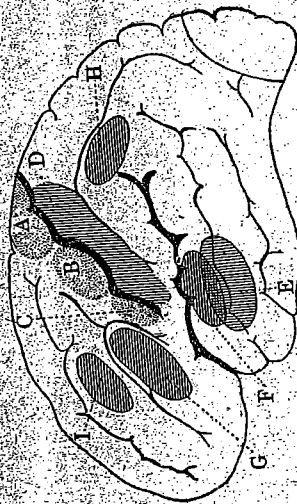


Fig. 36.—Topografía de los centros motores y sensoriales. (Esquema). (Hemisferio cerebral izquierdo.)

A, centro motor del miembro inferior.—B, centro motor de la cara y de la lengua.—C, centro de los músculos de la audición.—D, centro táctil.—E y F, centros de la audición, y de la memoria auditiva, respectivamente.—G, centro del lenguaje articulado.—H, centro de la ceguera verbal.—I, centro de la escritura.

nos de los sentidos; y una zona en relación con la sensibilidad general. Estudiaremos, pues, las *localizaciones sensoriales* y la *localización de la sensibilidad*.

a) *Centro de la audición*.—El nervio auditivo está formado por la reunión de dos nervios: el *vestibular* y el *coclear*; esta última rama forma en el caracol el *órgano de Corti*. Así formado el nervio auditivo, entra en el centro, y después de enviar filetes nerviosos a varios núcleos grises del mesencéfalo, especialmente a los tubérculos cuadrigéminos posteriores, alcanza la sustancia gris cortical, en la parte media de la primera circunvolución temporal (centros auditivos). La destrucción unilateral de estas zonas, produce sordera en el oído del lado

opuesto, sites bilateral, sordera completa. (Véase pags. 205 y 208).

La excitación del centro auditivo provoca rotación de la cabeza y movimientos del pabellón de la oreja.

b) *Centro de la visión.* — El nervio óptico nace en las cintas de la capa profunda de la retina y por medio de las cintas ópticas llega a los tubérculos cuadrigéminos anteriores y a los talamos ópticos. La cinta óptica está formada por las fibras del tercio externo de la retina del mismo lado, y por las de los dos tercios internos que provienen de la retina del lado opuesto; el entrecruzamiento de estas últimas fibras se efectúa en el quiasma. Las fibras ópticas saliendo de los tubérculos cuadrigéminos y de la capa óptica llegan a la corteza cerebral expandiéndose en la cara interna del lóbulo occipital (*zona visual*).

La destrucción de los dos lóbulos occipitales produce ceguera completa. Si se destruye uno de ellos, se pierde la visión en el tercio externo del ojo del lado correspondiente a la lesión, y en los dos tercios internos del ojo del lado opuesto, debido al mencionado entrecruzamiento de las fibras en el quiasma. (Véase: Sentido de la vista. Vías ópticas, pág. 219).

c) *Centros olfatorio y gustativo.* — Se hallan, según se cree, en las partes anterior y media, respectivamente, de la circunvolución del hipocampo (lóbulo temporooccipital, tomo I, figuras 128 y 129).

d) *Centros de la sensibilidad táctil y muscular (Zona sensitivomotriz).* — La localización de estos centros, hoy admitida, se encuentra junto con los centros motores en la zona Rolandica. En efecto, la experimentación y observación muestran la existencia de una *zona sensitivomotriz*, que recibe las terminaciones de fibras nerviosas receptoras de la piel, músculos y articulaciones. La zona sensitiva, más amplia que la motriz, abarca principalmente, la circunvolución parietal ascendente por detrás de la cisura de Rolando; por delante la frontal ascendente, parte del lóbulo frontal y la cara interna del mismo. Como los centros motores, los sensitivos dividen su zona respectiva en partes diferentes para el miembro inferior, el superior y la cabeza, procediendo de arriba abajo de la región Rolandica.

Las lesiones en el territorio de la zona sensitiva, se manifiestan por disminución o abolición de la *sensibilidad superficial* (táctil) y de la *sensibilidad profunda* (músculos, tendones y articulaciones), observándose en esta última la imposibilidad de reconocer la forma de los objetos, aun aplicando la mano sobre ellos o empujándolos (*astereognosis*).

La sensibilidad dolorosa parece estar también relacionada con esta zona.

e) *Centros psíquicos.* — Según ciertos fisiólogos el lóbulo frontal está en relación con las manifestaciones intelectuales basándose en que su destrucción trae como consecuencia desórdenes psíquicos. Lo probable es que todos los centros psicosensitivos intervengan conjuntamente en las manifestaciones de la inteligencia. Se ha comprobado que existe relación entre el desarrollo de los hemisferios cerebrales y el grado de inteligencia.

Como todos los centros psicosensitivos (psicoópticos, psicoauditivos, etc.) tienen conexiones la excitación de uno de ellos provoca actividad en los otros. Por otra parte, en la corteza cerebral se forman centros de asociación que se relacionan tanto con los centros psicosensitivos como con los psicomotores. Esto explica los desórdenes de la inteligencia (*sordera y ceguera verbales*) resultantes de la lesión de los centros sensoriales y otros (*afasia y agrafia*) de la destrucción de los centros de asociación.

Centros del lenguaje. — BROCA (1861), después de varias investigaciones, determinó que una lesión en el pie de la tercera circunvolución frontal izquierda, produce *afasia*, es decir, la pérdida del lenguaje articulado. La zona citada es, pues, el centro de la facultad de hablar (*centro motor del lenguaje*).

El afasia puede únicamente la memoria de los medios necesarios para la articulación de las palabras, pues comprende lo que se le dice, puede emitir sonidos inarticulados (no hay parálisis en sus órganos fonadores) y emitir su pensamiento por escrito.

Alteraciones. — Hay, además, otros centros que se relacionan con el lenguaje articulado o escrito. Estos se ponen de manifiesto en ciertas afecciones nerviosas que ocasionan trastornos en la palabra, o en la escritura, veámoslos:

Sordera verbal. — La persona afectada de ella, oye, lee, habla y escribe perfectamente, pero, en cambio, no comprende el significado de las palabras que se le dicen; ha perdido toda imagen auditiva de ellas. Es como si oyera palabras de un idioma desconocido.

El centro de la *memoria auditiva*, está en la primera circunvolución temporal (fig. 36).

Ceguera verbal. — El sujeto oye y habla perfectamente, pero, en cambio, ve las letras sin darse cuenta de lo que ellas representan; es como si viera jeroglíficos y, como consecuencia,

está imposibilitado para la lectura. El centro de la *memoria visual* se encuentra en la región del pliegue curvo (lóbulo occipital).

Agrafia. El que sufre de ella, no habla, conoce las letras perfectamente, pero no puede reproducirlas por escrito, existe una pérdida total en la memoria de los movimientos de la escritura.

El *centro de los movimientos de la escritura*, se encuentra en el pie de la segunda circunvolución frontal.

Mecanismo. — La facultad de la palabra es una función compleja; entran en juego en el lenguaje, como veremos, una serie de centros nerviosos. Las impresiones periféricas llegan a los centros corticales en los que terminan los nervios sensoriales ópticos y auditivos que las transmiten a los centros psicópticos y psicoauditivos; éstos, por sus relaciones con los centros de asociación, las ponen en contacto con los de los movimientos de la palabra y de la escritura, los que a su vez obran sobre los centros motores próximos (de los movimientos de la lengua, labios, laringe o de la mano); estos centros, en último término, se encargan de enviarlas a los centros motores, bulbares o medulares, de los músculos respectivos (que han intervenido). Las destrucciones o lesiones de estos centros, dan lugar a las alteraciones dichas cuya especificidad depende de la propia del centro tomado; así, la destrucción del centro auditivo traerá sordera; la del centro de los movimientos de la palabra afasia; la lesión de los psicosenitivos producirá ceguera (psicóptico) o sordera verbal (psicoauditivo).

D. OTROS CENTROS CORTICALES. — Las funciones orgánicas, están también bajo la dependencia de la acción cortical. En efecto; el cerebro actúa sobre el pulso, los ritmos respiratorio y cardíaco, las secreciones salivares, la nutrición de los órganos, etc.

E. ZONAS DE PROYECCIÓN Y DE ASOCIACIÓN CORTICALES. Los centros de la corteza cerebral forman en ella dos zonas distintas: la *zona de los centros de proyección*, constituida por todos los centros corticales, unidos a los centros situados en porciones más inferiores en el neuróje por *fibras de proyección*, centripetas o centrifugas. Esta zona involucra las cuatro grandes esferas sensoriales: táctil (la más extensa); auditiva, visual y olfatoria; y la *zona de los centros de asociación*, que comprende el resto de la corteza —unos dos tercios— dividida en tres diferentes grandes centros de asociación: *anterior*, extendido en casi todo el lóbulo frontal; *medio*, a toda la ínsula de

Reil (circunvoluciones del fondo de la cisura de Silvio) y *posterior*, que abarca una gran parte del lóbulo parietal y una menor del occipital. Esta zona tiene, únicamente *fibras de asociación*, centripetas y centrifugas, que establecen conexiones entre sus partes componentes y con los centros corticales.

Los centros de proyección, están directamente en comunicación con los órganos de los sentidos y con los músculos, mediante fibras ascendentes o centripetas y descendentes o centrifugas, vale decir, vías sensitivas que a ellos llegan y vías motoras que de ellos salen.

La zona de los centros de asociación se relaciona con los órganos periféricos por medio de los centros sensoriales, a los cuales la unen múltiples fibras. De esta zona parten las acciones de excitación o inhibición que modifican los reflejos que tienen lugar en los centros de proyección; ella, además, almacena, asocia, analiza y compara todas las diferentes sensaciones (visuales, auditivas, etc.).

Con respecto al desarrollo de los centros de proyección y de asociación, el de los primeros, como se observa en los animales, está en relación con el de los órganos sensitivos y motores; en cambio, el de los segundos lo está en proporción directa con el intelecto; ejemplo de ello, el extraordinario desarrollo del centro de asociación posterior en los hombres de genio. En consecuencia, los centros de proyección presiden la esencia de la vida animal, los de asociación representan la esencia de la vida intelectual y de la presteza psíquica; son, según Flechsig, "los verdaderos órganos del pensamiento".

2º Cápsula interna. — Está constituida por agrupaciones de fibras que provienen de la corteza cerebral, y forma una faja blanca limitada entre el núcleo lenticular (lado externo), y el núcleo caudal y el tálamo óptico (lado interno). Su porción anterior se denomina *lenticuloestriada*, y la posterior, *lenticuloóptica*.

La porción anterior está formada por fibras que bajan del lóbulo frontal; la porción posterior, contiene las fibras que bajan de la zona motriz cortical, para formar los haces piramidales, directo y cruzado, de la médula y también el *haz geniculado*, que se detiene en los núcleos motores subprotebernales; todas estas fibras pasan por el pie del pedúnculo cerebral. La sección de este segmento determina hemiplejía cruzada.

Por detrás de las fibras motrices, en el mismo segmento, pasan las fibras sensoriales y sensitivas; éstas provienen de los

centros sensitivos inferiores (por la cinta de Bell y la cinta del pedúnculo cerebral) y de la región de los tubérculos olivarios (haces ópticos y acústico). La lesión de esta zona provoca hemianestesia cruzada.

8° **Núcleos grises centrales.**—Situados en la vecindad del hilo del hemisferio (por el que entra el pedúnculo cerebral) se distinguen en *tálamo óptico* o *capus opticus* y *corpore estrados*.

19° **Tálamos ópticos.**—Son dos grandes núcleos de sustancia gris, situados a uno y otro lado del ventrículo medio.

Conexiones.—Constituidos por un conjunto de núcleos reciben fibras de los distintos órganos sensoriales de estos núcleos. Parten también fibras sensitivas que se dirigen a la corteza cerebral. Además, fibras descendentes unen la corteza cerebral con el tálamo y del que parten otras fibras descendentes que se comunican con los núcleos motores del cuerpo estriado, del mesencéfalo y bulbomedulares. Los tálamos se encuentran en suma, interpuestos en el recorrido de todas las vías sensoriales y por el hecho de recibir fibras centrifugas, es lógico suponer que no sólo transmiten estímulos sensitivos, sino que reciben igual estímulos descendentes.

Funciones.—Los tálamos o capus ópticos, aparte de su función transmisora, son centros de reflejos. Estos corresponden a la expresión de las emociones.

La excitación de la capa óptica, puesta al descubierto por ablación de la corteza cerebral, practicada en animales, en especial en el gato, provoca movimientos musculares, iguales a los producidos por emociones intensas (mímica emocional): gruñidos, erizamiento del pelo, rechinar de dientes, es decir, reacciones de cólera, bajo la influencia de excitaciones dolorosas, las que en cambio, truécanse en manifestaciones de alegría, ronroneo, meneo de la cola, movimientos vivos y repetidos por las caricias y el buen trato.

Las excitaciones directas del tálamo provocan también fenómenos viscerales: contracciones del intestino, defecación, acentuación respiratoria, secreción lagrimal, etc., que encuadran en los de la expresión emocional.

Las emociones en el hombre se manifiestan principalmente por acciones asociadas de los músculos de la cara, dependientes de la acción motriz del 7º par (nervio facial). El núcleo bulbar de éste, en efecto, recibe además de los impulsos voluntarios de los centros corticales, las excitaciones del tálamo que no son otra cosa que impulsiones reflejas emocionales.

BRODMANN y CANNON por sus experiencias realizadas, las de aquel en el perro en 1817 y las de este muy posteriormente en el gato en 1925, demuestran la localización de los centros de reflejos emocionales en las capas ópticas. La destrucción de estas, determina la desaparición de los movimientos voluntarios con la persistencia de los movimientos voluntarios sobre los centros corticales, tienen una acción inhibitoria sobre los tálamos ópticos, pues destruyendo la corteza cerebral con lo que desaparecen los movimientos voluntarios, la mímica emocional se produce completamente desentrenada.

Se considera al tálamo relacionado con las funciones sensitivas, pues el *síndrome talámico*, se caracteriza por perturbaciones de la sensibilidad superficial (táctil, térmica y dolorosa) y de la profunda del lado contrario a la lesión y por dolor en las regiones afectadas.

5º **Cuerpo estriado.**—Esta formado por dos núcleos de sustancia gris, separados por las fibras que constituyen la capsula interna. Estos núcleos son: el *caudat*, interno, y el *lentículo*, externo. Este último se divide en dos segmentos, uno externo, el *putamen*, y otro interno denominado *globus pallidus* o *pallidum* (de color gris más claro).

Conexiones.—Están representadas por fibras que proveen exclusivamente del tálamo (*vías aferentes*): fibras cortas de asociación que van del núcleo caudal al lentículo (*conexiones intrínsecas*), y por fibras de proyección que emite el pallidum, las que formando haces relacionan este segmento con el tálamo óptico y los núcleos del mesencéfalo (*vías eferentes*). Estas últimas vías se relacionan, por intermedio de los núcleos en los que terminan con la vía motora extrapiramidal (haz rubroespinal o fascículo de Monakow).

Funciones.—La experimentación y el método anatómico-clínico han podido precisarlas, últimamente, algo mejor, asignándole un papel esencial en la motilidad.

La excitación de los núcleos estriados determina contracciones en el costado opuesto del cuerpo. La destrucción de los mismos, provoca parálisis cruzada y movimientos de rotación; estos últimos fenómenos, se deben probablemente a la destrucción de algunas fibras de los pedúnculos cerebrales.

Las perturbaciones motoras se manifiestan por exageración del tono muscular y contractura generalizada como se manifiesta en la degeneración del cuerpo estriado (enfermedad de Wilson) y en la destrucción del pallidum (enfermedad de PARKINSON). De estas observaciones parece deducirse que el

cuerpo estrado desempeña una acción importante en la conservación del tono muscular.

Otros trastornos motores ligados a las lesiones del cuerpo estrado derivan de la pérdida o alteraciones (temblor, espasmos, movimientos continuos, agitación involuntaria, etc.) de la movilidad automática y asociada (marcha, deglución, fonación, mímica, orientación).

Los cuerpos estrados son sin duda centros superiores que transforman las impresiones que reciben del eje encefalo-médular en impulsiones que transmiten, por vía extrapiramidal (haz rubroespinal o de Monakow) a los centros mesencefálicos y luego a los bulbomédulares, intervienen así en la regulación del tono muscular y de la movilidad automática y asociada, estos factores dependen a su vez de sus impulsos que actúan sobre ellos excitándolos o moderándolos.

4º **Líquido cefalorraquídeo.**—Este líquido, formado principalmente por los plexos coroideos, se halla en los espacios subaracnoideos, en los ventrículos cerebrales y en el conducto del epéndimo. Es, según Mestrezar, un líquido dializado de la sangre, incoloro, transparente, cuya cantidad total en el hombre es de 60 a 100 gramos aproximadamente. La densidad es de 1.007-1.008. Desempeña el papel de protector del cerebro contra las compresiones (función mecánica) y evita que elementos nerviosos de fina textura se compriman contra los planos óseos, proporcionándoles una eficiente suspensión; e intervendría en la nutrición de los elementos nerviosos centrales.

5º **Signos y resultados de la actividad cerebral.**—La actividad psíquica, produce elevación de temperatura y vasodilatación en la sustancia cerebral. Además se observa que los fosfatos de la orina aumentan.

La irrigación sanguínea es condición indispensable para la actividad cerebral; si se produce anemia, las funciones cerebrales decaen inmediatamente.

En la masa cerebral se observan tres clases de *movimientos* que son producidos por los latidos cardíacos, el ritmo respiratorio y las ondulaciones vasomotrices. Estos últimos son influenciados por la actividad cerebral.

6º **El sueño.**—Es la cesación parcial o total de las funciones de la vida de relación; es el descanso que repara la fatiga de los elementos nerviosos. En el sueño, la percepción y la conciencia que dependen del cerebro, están abolidas; sin embargo, a veces se observan algunas manifestaciones psíquicas (*ensueños*). En otras ocasiones, se presentan durante el sueño fe-

nómenos motores muy acentuados (*pesadillas y somnambulismo*).

Otras funciones orgánicas en el sueño disminuyen de intensidad. Así, los latidos cardíacos son menos frecuentes, la circulación es más lenta, los movimientos respiratorios son más lentos pero más profundos y la excitabilidad del centro respiratorio disminuye; el metabolismo y la termogénesis descienden, las secreciones glandulares son menos abundantes, pero la digestión continúa en forma normal. Inversamente, otros órganos despliegan mayor actividad: los párpados se cierran, las pupilas se estrechan y los ojos rotan hacia arriba buscando la protección de la pared orbitaria contra la acción de la luz.

El sueño es indispensable para la vida ya que su privación acarrea graves trastornos y lleva a la muerte. La experimentación es elocuente en tal sentido; los perros resisten pocos días al insomnio prolongado, es menor su resistencia a este, 12 a 13 días que a la privación de alimentos que es de 35 aproximadamente.

La causa del sueño no ha sido establecida; las varias hipótesis formuladas no han llegado a dilucidarla. Se la ha atribuido a una disminución del calibre de los vasos cerebrales, a estados de paréisis, a contracción de las prolongaciones de las células nerviosas, etc., nada de lo cual ha podido comprobarse.

Las investigaciones modernas presumen la existencia de un *centro regulador del sueño* en la región hipotalámica o diencefalo (situada por encima del mesencéfalo). Favorecen esta teoría varias observaciones clínicas (encefalitis letárgica), y experimentales: por excitación eléctrica en la región citada, se produce el sueño en los animales de experimentación (Hess), y el animal descerebrado tiene períodos de sueño y de vigilia que alternan regularmente (Goltz).

El centro en cuestión está probablemente bajo la influencia inmediata de la hipófisis; la supresión experimental en los animales, de esta glándula, provoca el sueño.

ACCIÓN DE LOS TÓXICOS SOBRE EL CEREBRO.—Entre los venenos que obran sobre el cerebro, alterando sus funciones, citaremos primeramente a los anestésicos (cloroformo, éter, alcohol). Estos excitan los centros psicomotores y psicosenitivos determinando primeramente una fase que se caracteriza por abundancia de ideas y por incoordinación del pensamiento (borrachera). Poco a poco los fenómenos psíquicos van desapareciendo y sobreviene la fase narcótica en la que se hallan paralizados los centros superiores, persistiendo únicamente los de la vida orgánica.

Otros tejidos como la médula y el dorsal (venenos psíquicos) paralizan las funciones antiequales, estimulando en actividad los centros inferiores.

§ V.—RESUMEN DE LAS VÍAS DE TRANSMISIÓN DE LA SENSIBILIDAD CONSCIENTE Y DE LA MOVILIDAD VOLUNTARIA

Estudiaremos aquí, en conjunto, las diferentes vías de transmisión nerviosa cerebromedulares que forman las dos vías de conducción: la *descendente* o *motriz* que siguen las motoras; motrices voluntarias y la *ascendente* o *sensitiva* que transmite a los centros las impresiones recogidas en la periferia (segumentos) o en la profundidad de los órganos.

1.° Vías motrices.—Estas son de dos clases: las cortico-espinales o vías principales (fig. 37) y las indirectas o secundarias, que se dirigen a la protuberancia, al mesencéfalo y al cerebelo (vías corticopontocerebelospinales).

A. VÍA PRINCIPAL.—Esta formada por dos neuronas (central y periférica). La célula motriz de la *neurona central* (célula piramidal), está situada en la zona rolandica o motriz de la corteza cerebral. Su cilindroje desciende en la sustancia blanca cerebral (centro oval); y entra en el segmento posterior de la cápsula interna, de donde pasa al pie del pedículo cerebral del lado correspondiente, atraviesa la línea media, entrecruzándose con las fibras de la del lado opuesto. Ahora bien, dicho entrecruzamiento varía de lugar para las diferentes neuronas corticales, es así que: los cilindrojes que van a ponerse en contacto con los núcleos motores de los nervios craneales, se entrecruzan en la protuberancia; los que van a constituir el haz piramidal cruzado, se entrecruzan en el bulbo (entrecruzamiento de las pirámides); y por último, los que forman el haz piramidal directo entran en la médula por el mismo lado, y no se entrecruzan sino al terminar su trayecto en la comisura blanca anterior. Los cilindrojes de ambos haces piramidales, van a ponerse en contacto con las prolongaciones dendríticas de las neuronas periféricas, en las astas anteriores de la sustancia gris medular. En resumen, la neurona central es siempre *cruzada*.

La célula motriz de la *neurona periférica*, se encuentra en los núcleos motores para los nervios craneales, y en las astas anteriores de la médula (células radiculares), para los nervios periféricos. Su cilindroje, que se rodea de mielina y vaina de Schwann, es una fibra nerviosa del nervio motor, y está generalmente del mismo lado de la célula a que corresponde. En

trayecto de la neurona periférica, es por consiguiente *directo* (nervio los músculos del mismo lado); se exceptúan el tercer y el cuarto par de los nervios craneales, cuyas fibras se entrecruzan.

B. VÍA INDIRECTA

Esta.—Une la corteza cerebral a la médula por intermedio de neuronas de enlace. Estas al descender de la capa cortical, se detienen en la protuberancia, en los núcleos del puente de estas primeras neuronas salen otras que, entrando en el pedículo cerebeloso medio, van hacia la corteza gris o reblosa del lado opuesto, de esta corteza, parten unas segundas neuronas que llegan hasta los núcleos grises cerebelosos (dentado y del techo). De éstos salen unas terceras neuronas que los relacionan, por medio del pedículo cerebeloso superior, que parte del núcleo dentado, con el núcleo rojo y por el haz cerebelobulbar, que lo hace del núcleo del techo, con los núcleos vestibulares de Derrers y de Buchnerew. La última serie de neuronas que tienen como punto de partida al núcleo rojo (haz rubroespinal) y los núcleos vestibulares

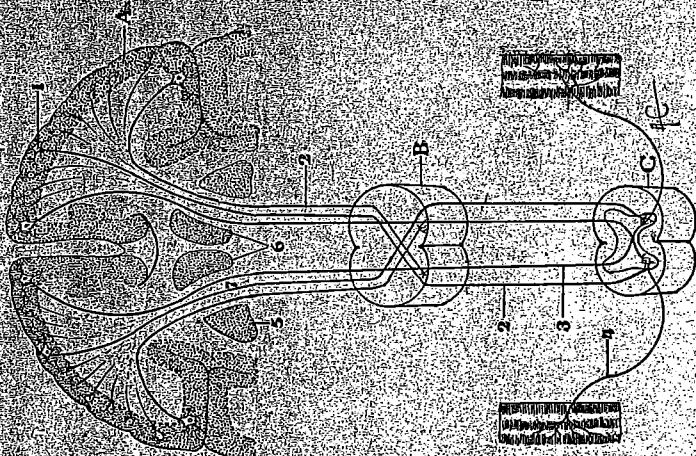


Fig. 37.—Vías motrices principales de transmisión nerviosa. (Esquema).

A, corteza cerebral.—B, bulbo.—C, médula.
1, célula piramidal (neurona central).—2, fibra del haz piramidal cruzado.—3, fibra del haz piramidal cruzado después de su entrecruzamiento en el bulbo.—4, fibra del haz piramidal directo.—5, neurona periférica.—6, núcleo lenticular.—7, lomos ópticos.—8, cápsula interna.

citados (haz vestibuloespinal) descendiendo yendo a terminar en los núcleos motores del bulbo y en las astas anteriores de la médula, es decir en las células radulares de ambos órganos, cuyas prolongaciones son el origen de las fibras de los nervios motores.

2.º **Vías sensitivas.**—Como en las anteriores, hay dos: las mediotálamo-corticales o principales (fig. 38), y las indirectas o secundarias cerebelosas.

A. **VIA PRINCIPAL.**—Está formada por tres neuronas. La célula de la primera neurona o *periférica*, se encuentra en un ganglio craneal (para los nervios craneales), o raquídeo (para los raquídeos). Esta célula recoge las impresiones recibidas por sus prolongaciones periféricas. Su cilindroeje, entra en la médula por una raíz posterior y asciende en los haces de Burdach y de Goll, hasta llegar al bulbo a los núcleos grises de los haces citados. El trayecto de esta neurona es *directo*.

Sus cilindroejes están constituidos únicamente por fibras largas. Las células de la segunda neurona o *bulbotálamica*, están situadas en los núcleos de Burdach y de Goll, desde los cuales transmite las impresiones hasta el tálamo óptico; sus cilindroejes

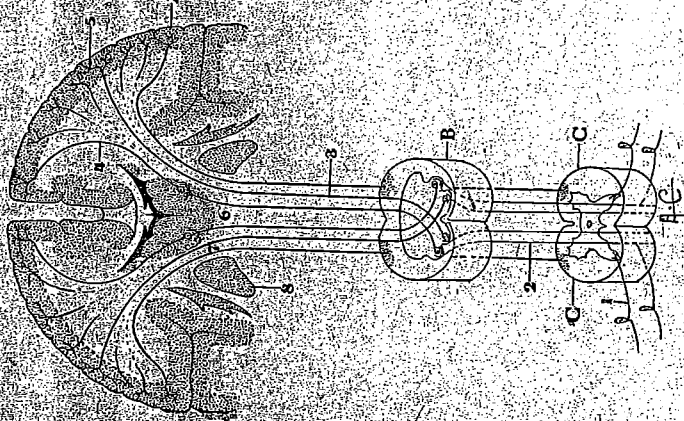


Fig. 38.—Vías sensitivas principales de transmisión en el sistema nervioso. (Esquema).

A, corteza cerebral.—B, bulbo.—C, médula.
1, neurona periférica.—2, fibra del haz de Burdach.—3, neurona bulbotálamica.—4, neurona tálamo-cortical.—5, terminaciones sensitivas en la corteza interna.—6, capsula interna.—7, núcleo lenticular.

ejes forman la cinta de Reil y se entrecruzan en la parte superior del bulbo, en la línea media, con los del lado opuesto (entrecruzamiento sensitivo), encontrándose en otros sitios por detrás de las fibras motrices de las pirámides, penetran en la protuberancia y en la calota peduncular, órganos que atraviesan para llegar al núcleo del tálamo óptico. Su trayecto es *crizado*.

La tercera neurona o *tálamo-cortical*, tiene su centro trónico en el tálamo óptico del cual parte su cilindroeje, asciende por la capsula interna y alcanza la zona cortical *sensitivo-motriz* del mismo lado donde termina. El trayecto de esta neurona es *directo*.

Resumen.—La vía sensitiva principal o directa, que une la periferia a la corteza cerebral sin pasar por el cerebelo, consta de varias etapas: de la periferia a un ganglio raquídeo o craneal, de dicho ganglio a la sustancia gris medulobulbar, de ésta al tálamo óptico, y la última de éste a la corteza cerebral.

Además de esta vía que pasa, como hemos visto, por los *cordones posteriores*, existe otra también principal, constituida ésta, por la unión de neuronas sensitivas con neuronas del asta posterior, cuyos cilindroejes atraviesan la línea media entrecruzándose en la médula, e igualmente sin pasar por el cerebelo, ascienden por los *cordones laterales* para llegar al tálamo óptico.

B. **VIA INDIRECTA.**—Pasa por el cerebelo y está formada por un conjunto de neuronas superpuestas.

Las primeras neuronas son las bipolares de los ganglios craneales o raquídeos; cuyas fibras medianas o cortas transmiten las impresiones sensitivas a las astas posteriores de la médula. De ellas parten las segundas neuronas que conducen la transmisión por el haz cerebeloso directo o por el de Gowers a la corteza cerebelosa (vermis superior). De ésta, por una tercera neurona, las impresiones llegan a la oliva cerebelosa, donde por el pedúnculo cerebeloso superior (cuarta neurona, *olivotálamica*) van hasta el tálamo óptico. Una última neurona, la quinta, *tálamo-cortical*, que sale de éste, culmina la vía sensitiva indirecta o cerebelosa en la corteza cerebral (zona sensitivo-motriz) siguiendo un trayecto directo.

3.º **Vías de asociación.**—Son neuronas que ponen en relación, por simples comunicaciones, las distintas regiones cerebromedulares. Están constituidas en la médula por *células de cilindroeje corto* amielínicos y que no abandonan la sustancia gris, y por *células cordoneales* cuyos cilindroejes mielínicos for-

man en los cordones comisuras que unen entre sí los diferentes planos medulares. Estas neuronas denominadas *comisurales* o *de asociación* existen también entre el bulbo y en la protuberancia (especialmente fibras arciformes) y en el cerebro (fibras del cuerpo calloso y otras que unen diferentes regiones corticales).

ARTICULO TERCERO

FUNCIONES DE LOS NERVIOS

Los troncos nerviosos, llevan generalmente asociadas las fibras motoras, las sensitivas, las vasomotoras, las secretoras y las inhibidoras (nervios mixtos). Hay nervios que, en su origen, son exclusivamente motores o sensitivos, pero en su trayecto reciben filetes de otras clases.

1º **Efectos de la sección y de la excitación de un nervio mixto.**—La sección produce parálisis musculares y glandulares; y además, relajación de la túnica media de los vasos (trastornos inmediatos); algún tiempo después, se observan ulceraciones en la piel de la zona innervada, y atrofia muscular (trastornos mediatos). La excitación del *cabo periferico* de un nervio mixto seccionado, puede provocar contracciones musculares, fenómenos vasomotores y secreciones glandulares. La excitación del *cabo central*, determina dolores y fenómenos reflejos en los movimientos de la vida de relación y de la vegetativa.

Los excitantes de los nervios pueden ser mecánicos, físicos y químicos. Los primeros (golpe, sección, compresión, etc.); deben actuar de una manera brusca. Los principales excitantes físicos son el calor y la electricidad. Los excitantes químicos obran de un modo variable: los álcalis excitan los nervios; las sustancias ácidas los desorganizan y suprimen su excitabilidad; el cloral y algunos alcaloides disminuyen la excitabilidad nerviosa, y otros como la cocaína, la suprimen (pág. 149 B.).

2º **Sensibilidad recurrente.**—En las ramificaciones nerviosas, existen fibras que provienen de otros nervios, y que continúan un trayecto recurrente; a estas fibras se debe la sensibilidad del cabo periférico de un nervio seccionado. Así, el nervio facial, que es exclusivamente motor en su origen, se hace sensitivo a su salida del cráneo, por contener fibras recurrentes del 5º par. Lo mismo pasa con la sensibilidad de la raíz anterior de los nervios en la médula (véase pág. 158).

La *conductibilidad* es propiedad de los nervios y requiere la integridad de los cilindroesjes (pág. 150).

Estudiaremos brevemente las funciones de los nervios craneales raquídeos, y del sistema simpático.

S I. — NERVIOS CRANEALES

Haremos sucesivamente las funciones de los doce pares de nervios craneales, de los cuales tres son sensoriales, el par. Nervio olfatorio. — Es el nervio del olfato, desempeña por lo tanto, una función sensorial.

Las terminaciones nerviosas de este nervio en la mucosa nasal, son impregnadas por las partículas odoríferas que están en suspensión en los gases o vapores.

La ausencia congénita o la ablación de los nervios olfatorios tras como consecuencia la *anosmia* (falta de olfato).

En la vejez, estos nervios se atrofian.

Los centros de los nervios olfatorios, según se cree, se encuentran en la parte anterior de la circunvolución del hipocampo.

2º par. Nervio óptico. — Es el de la visión, y está dotado de una *excitabilidad especial* para las vibraciones luminosas.

Es un nervio sensorial.

Las fibras terminales del nervio óptico que se impresionan por la luz, son las que forman la zona de los conos y bastoncitos de la retina.

La excitación de la retina por la luz, determina por reflejo la contracción pupilar.

La excitación del nervio óptico provoca también, por vía refleja, contracción de la pupila y secreción lagrimal.

Los centros de la visión se encuentran alrededor de la cisura calcarina (cara interna del lóbulo occipital).

3er. par. Nervio motor ocular común. — Es un nervio motor que recibe además filetes sensitivos; interviene en los movimientos del ojo, pues inerva los músculos rectos (exceptuando el externo), el oblicuo menor, el elevador del párpado superior; el constrictor de la pupila y el músculo ciliar que interviene en la acomodación del ojo.

La sección de este nervio provoca la caída del párpado superior (*ptosis*), la dilatación de la pupila, la falta de acomodación, y la desviación hacia afuera del globo ocular (*estrabismo divergente*). Esta última, es favorecida por la acción de los músculos innervados por el sexto y cuarto par.

4º par. Nervio patético. — Es motor con fibras sensitivas que provienen del trigémino, e inerva el músculo oblicuo mayor

del oído. Su sección determina la rotación hacia afuera y arriba del globo ocular.

5º par: Nervio trigémino. — Es un nervio mixto. Las ramas oftálmica y maxilar superior son sensitivas; la rama maxilar inferior es mixta.

La sección del tronco del trigémino, produce anestesia completa de la cara (sensibilidad táctil, térmica y dolorosa) y parálisis de los músculos que intervienen en la masticación.

A. Rama oftálmica. — Es la que da sensibilidad a la frente, al párpado superior, al aparato lagrimal y a distintas porciones del ojo (córnea, conjuntiva e iris).

B. Rama maxilar superior. — Lleva fibras sensitivas al párpado inferior, los pómulos, el labio superior, las mucosas palatina y nasal y los dientes del maxilar superior. Tiene además, fibras secretoras para la mucosa nasal.

C. Rama maxilar inferior. — Para la sensibilidad del labio inferior, de la mucosa bucal, y de los dientes inferiores.

Sus fibras motrices intervienen en los movimientos de succión y de masticación, y además, en la secreción salival.

6º par: Nervio motor ocular externo. — Es motor con fibras sensitivas del trigémino, e inerva el músculo recto externo. Su sección desvía hacia adentro el globo ocular (*estrabismo convergente*).

7º par: Nervio facial. — Es un nervio que recibe a su salida del cráneo, filetes sensitivos del quinto y décimo par.

La acción motriz del facial se extiende a todos los músculos cutáneos de la cara y del cráneo; los movimientos de la expresión de la fisonomía están bajo su dependencia.

El facial tiene, además, acciones sensitivas, secretoras, y vasodilatadoras, que actúan en la glándula submaxilar y en la lengua.

La mayor parte de estos filetes provienen de la cuerda del tímpano, nervio que anastomosa el facial con el trigémino.

8º par: Nervio auditivo. — Está dotado de una *excitabilidad especial*, para las ondas sonoras, mediante su rama *coclear*; por su rama *vestibular* en unión de los dos haces cerebelosos, colabora al mantenimiento del equilibrio del cuerpo. Su función es sensorial.

9º par: Nervio glosofaríngeo. — Es un nervio mixto que da sensibilidad a la lengua, trompa de Eustaquio y caja del tímpano, e interviene en los movimientos de la faringe.

Tiene fibras de *excitabilidad especial* que llegan a la base de la lengua (fibras gustativas).

10º par: Nervio neumogástrico. — Es un nervio mixto que desciende del cráneo, para distribuirse en los aparatos digestivo, circulatorio y respiratorio.

El neumogástrico da sensibilidad a las mucosas del tubo digestivo, interviene en los movimientos de la faringe, del esófago, del estómago y de los intestinos, y estimula la secreción de los jugos gástrico y pancreático.

Tiene acción inhibitoria sobre el corazón, y lleva a este órgano y a la aorta fibras sensitivas. Transmite asimismo sensibilidad a las mucosas del tubo respiratorio, e interviene en los movimientos de la faringe.

Las excitaciones de sus fibras centripetas, dan lugar a reflejos importantes como la deglución, el hiipo, el vómito y las variaciones en la presión arterial y en el ritmo respiratorio.

11º par: Nervio espinal. — Es nervio motor. Su rama externa da movimientos a los músculos esternodomaistoideo y trapecio; su rama interna que está en relación con el neumogástrico, lleva fibras motrices para la laringe, faringe, esófago, y estómago, y también filetes inhibidores del corazón.

12º par: Nervio hipogloso mayor. — Es nervio motor, que interviene en los movimientos de la lengua; desempeña un importante servicio en el lenguaje y en la ingestión de los alimentos. Su sección provoca parálisis de la lengua sin afectar su sensibilidad.

§ II. — NERVIOS RAQUÍDEOS

Los nervios raquídeos (31 pares) son los que dan movimiento y sensibilidad al cuello, al tronco y a los miembros. Son nervios mixtos, están constituidos por fibras centripetas y centrifugas, debido a la unión de ambas raíces *raíces raquídeas*.

La sección de las raíces anteriores paraliza los movimientos del territorio que inervan y la de las raíces posteriores provoca la abolición de la sensibilidad en la región cutánea respectiva.

La excitación del *cabo central* de una raíz anterior seccionada no despierta ninguna reacción; pero si se excita el *cabo periférico* ésta se manifiesta por contracciones musculares en el miembro inervado por dicha raíz. Procediendo de un modo análogo con una raíz posterior, si se excita su *cabo periférico* el efecto es nulo; al contrario, si se lleva la excitación sobre el *cabo central* se produce una reacción general con agitación acompañada de dolor.

Como se deduce de esta experimentación, las raíces anterior-

res de los nervios raquídeos son *centrífugas* o *indiferentes* y las posteriores *centrípetas* o *sensitivas*.

Los troncos nerviosos que se originan en los distintos plexos raquídeos, se distribuyen en zonas determinadas del cuerpo, como lo indican los nombres de los mismos. En las raíces posteriores se encuentran los *ganglios raquídeos*, constituidos por células íntimamente relacionadas con las fibras nerviosas y que desempeñan un papel genérico y nutritivo.

§ III. — SISTEMA DEL GRAN SIMPÁTICO

El sistema nervioso *autónomo* o de la *vida vegetativa* es independiente de la voluntad. Está compuesto de dos partes: el *sistema simpático* y el *parasimpático*. (Vide Tomo I, pag. 260).

1º **Constitución.** — Está formado por una serie de ganglios unidos entre sí, situados a uno y otro lado de la columna vertebral, e íntimamente relacionados con el sistema cerebro-espinal.

SINCRIZACIÓN. — Las fibras simpáticas que parten de los ganglios son muy numerosas y forman verdaderos plexos en los que se encuentran otras masas ganglionares. De estos plexos y masas ganglionares, salen los filetes nerviosos que se dirigen a los distintos órganos de la vida vegetativa.

Los ganglios simpáticos son verdaderos centros nerviosos, y por sus ramas comunican con las raíces de los nervios mixtos, recibiendo de éstos, filetes motrices, vasomotores y secretorios. Por las mismas ramas entran a la médula sus fibras sensitivas (centrípetas). De los ganglios simpáticos salen directamente fibras que van a los distintos órganos.

Las fibras parasimpáticas, pertenecen a los nervios craneales y raquídeos y representan elementos de refuerzo, tales son: las del motor ocular común que van al ganglio oftálmico e innervan el iris; las del facial y del trigémino que ejercen acciones secretoras y vasodilatadoras, el primero sobre las glándulas salivales; las fibras parasimpáticas de los nervios vagos que forman fibras cardíacas, pulmonares y para los órganos abdominales; y por último, de la médula sacra, el nervio pélvico, que innerva el colon descendente y los órganos pélvicos.

2º **Funciones del sistema nervioso vegetativo.** — Equilibrio y desequilibrio tónico de estos sistemas. — La casi totalidad de los órganos dependientes del sistema autónomo ofrece una doble innervación. Ésta es antagonista y está constituida por dos clases de nervios: *simpáticos* y *parasimpáticos*.

El antagonismo fisiológico entre ambos sistemas se manifiesta por las acciones eléctricas sobre distintos órganos. Así, el simpático es acelerador del corazón, el parasimpático inhibidor (por sus fibras del neumogástrico). La excitación del parasimpático, por sus fibras del motor pechiar común, provoca la contracción de la pupila (*miosis*); la del simpático la dilatación (*midriasis*); el parasimpático produce la contracción de los músculos bronquiales y el simpático, inversamente, la relajación. Como toda regla, la de innervación antagonista ofrece como excepción que los nervios vasomotores (constructores y dilatahores) derivan del gran simpático.

Las relaciones inherentes de estas acciones de excitación e inhibición, establecen una especie de equilibrio entre los dos sistemas que regulan el funcionamiento de los órganos de la vida vegetativa y el metabolismo.

La teoría de la *transmisión química de las excitaciones nerviosas* explica actualmente el antagonismo entre el simpático y el parasimpático; en las terminaciones nerviosas de uno y otro se originan, al ser excitados, *mediadores químicos* que obran en los mismos órganos ejerciendo acciones inversas; ellos son: la *simpatina* (análoga a la adrenalina) en las del simpático y la *acetilcolina* a nivel de las terminaciones parasimpáticas.

La formación de estas sustancias, ha sido demostrada y la necesidad de su presencia, en numerosos casos dependientes del sistema nervioso vegetativo.

4. **FUNCIÓN DE LOS GANGLIOS.** — Los ganglios simpáticos tienen cierta autonomía, que es propia de la sustancia gris de los centros nerviosos. En efecto, hay algunos ganglios que intervienen como centros reflejos en la secreción de la saliva; otros actúan como centros tónicos.

B. **FIBRAS SIMPÁTICAS.** — Estas fibras (centrífugas), después de atravesar por distintas masas ganglionares, llegan a las fibras musculares lisas y a las glándulas, para ser transmisoras de los actos que regulan las funciones orgánicas. Los troncos y plexos nerviosos simpáticos contienen fibras sensibles (centrípetas), las que transmiten impresiones dolorosas y a veces de regiones innervadas por el sistema cerebroespinal. Esto indica que en los dos sistemas, existen relaciones entre sus elementos sensitivos.

3º **Acción farmacológica del sistema.** — La unidad funcional del simpático y del parasimpático y el antagonismo entre ambos, se pone de manifiesto también, en su modo de actuar frente a ciertos venenos. Mientras que todo el sistema vegeta-

tivo tiene una sensibilidad electiva para la *nicotina* que paraliza sus ganglios; sus dos partes componentes reaccionan de un modo diferente para otros venenos. Así, la *adrenalina* actúa del mismo modo que la excitación del simpático sobre las vísceras: dilatación de las pupilas, aceleración del ritmo cardíaco, supresión de la actividad intestinal, etc. Inversamente la *pilocarpina*, la *eserina*, la *colina*, excitan el parasimpático: contracción de la pupila, retardo de los latidos cardíacos, aumento de los movimientos peristálticos intestinales, etc.

Otros fármacos ejercen una acción paralizante, como la *ergotamina*, sobre el simpático y la *atropina* que paraliza exclusivamente las terminaciones del parasimpático. Existen, fuera de los vistos, otros muchos de aquéllos que ejercen sobre uno u otro sistema acciones excitantes o paralizantes.

4º Sistema vegetativo, la salud y la enfermedad. — La desviación del equilibrio del sistema autónomo a favor de uno u otro de sus integrantes, que puede originarse por diversos mecanismos reflejos o por acciones hormonales de las glándulas de secreción interna, es seguida de trastornos que repercuten sobre el estado general, lo que corrobora la clínica. Dichos trastornos se acompañan de molestias y síntomas (mutilación, dolor, etc.), que simulan enfermedades orgánicas, cuando en realidad se deben, únicamente, a perturbación de función y que desaparecen al restablecer el equilibrio normal entre los dos sistemas. El predominio funcional del simpático o del parasimpático ha sido designado con los nombres de simpático y vagotónico, respectivamente. Estos estados modifican también determinados reflejos, y bajo el punto de vista farmacodinámico la sensibilidad a los venenos.

FISILOGIA DEL MUSCULO 25/4/99

ORGANIZACION ANATOMICA Y FUNCIONAL DE LOS TEJIDOS MUSCULARES.

MUSCULO ESTRIADO (o esquelético).

El músculo estriado en su conjunto constituye uno de los sistemas efectores de mayor importancia en el organismo. Su principal función es la de reaccionar ante modificaciones del medio externo, lo que ocasiona estímulos que influyen directamente sobre el músculo, a través del Sistema Nervioso Central.

Los músculos estriados tienen una rápida capacidad de contracción y debido a esto, es que dan origen a los movimientos corporales.

La contracción muscular se produce como consecuencia de una cadena reversible de modificaciones en la estructura histológica del músculo, que a su vez es resultado de cambios en las condiciones químicas y eléctricas de la célula. Con motivo de la contracción se producen además alteraciones térmicas.

El aparato muscular es una maquinaria perfecta, cuenta con una estructura particular que se adapta a la función que realiza y que le permite transformar la energía química en energía mecánica (con la liberación del calor consiguiente)

ESTRUCTURA DE LA FIBRA MUSCULAR ESQUELETICA

Haremos una breve reseña de la estructura histológica puesto que es necesario recordarla bien para comprender los mecanismos de la contracción muscular.

El músculo esquelético está formado por fibras largas y cilíndricas de 1 a 40 mm. de largo por 50-200 de ancho. Cada una de estas fibras, está formada por un gran número de "miofibrillas" de 1 o 2 u de diámetro.

Rodeando completamente a la célula se encuentra la membrana plasmática llamada SARCOLEMA que está constituida por el plasmolema y una cubierta externa de la membrana basal donde se insertan fibras de reticulina que se relacionan con el endomisio, perimisio y epimisio y por intermedio de estos con los tendones que finalmente van a insertarse en los huesos.

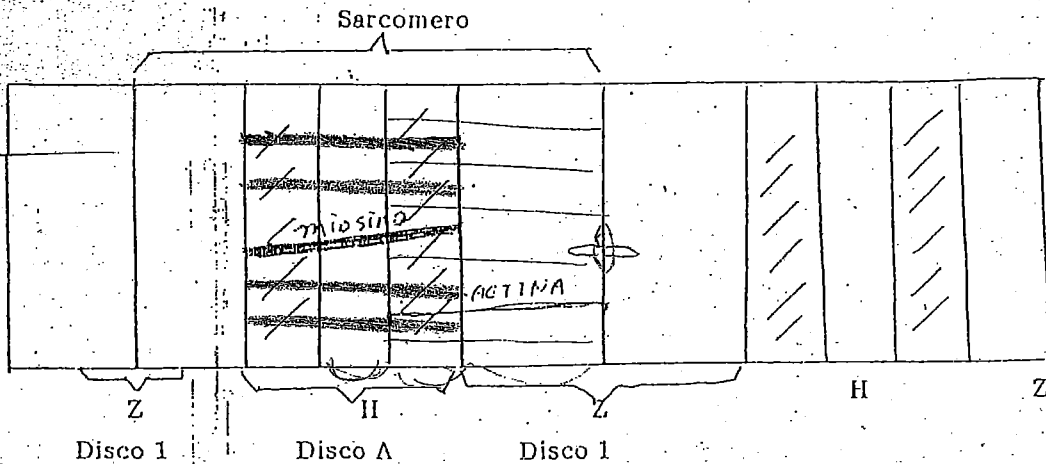
En el citoplasma se observan numerosas miofibrillas que presentan zonas claras llamadas Discos I (isotrópicas), alternantes con zonas oscuras, los discos A (anisotrópicas); estas bandas claras y oscuras dan a la miofibrilla y a la célula muscular en conjunto un aspecto estriado.

La miofibrilla de gran longitud pero no más de 1 u de diámetro está formada por la sucesión de muchas unidades fundamentales llamadas SARCOMERAS.

El sarcómero o sarcómera está comprendido entre dos líneas llamadas LINEAS Z, que se encuentran exactamente en el centro de los discos I. A su vez, en el centro del disco A hay una zona más clara llamada BANDA H; de todo esto vemos en el esquema

siguiente cuál es la estructura del sarcómero:

Sarcómero: Línea Z- medio disco I- Disco A con banda H en el centro medio disco I- Línea Z.



En el Me se vió que las miofibrillas están formadas por delicados Miofilamentos que son de dos tipos: Miofilamentos finos: van desde la línea Z hasta los bordes de la banda H, están constituidos por una proteína llamada Actina.

Miofilamentos gruesos: van de uno a otro extremo del disco A y están constituidos por una proteína llamada Miosina.

Así vemos que los discos I sólo están formados por filamentos finos; en los discos A hay filamentos finos y gruesos y en la banda H sólo hay filamentos gruesos.

La contracción muscular necesita para realizarse que se le aporte energía; esta energía proviene del ATP; para la síntesis de ATP el músculo dispone de gran número de mitocondrias que reciben el nombre de SARCOSOMAS.

Otro organoide muy desarrollado en las fibras musculares es el retículo endoplásmico liso o RETICULO SARCOPLASMICO. Este organoide está formado por membranas que forman vesículas, sacos, cisternas y túbulos; los túbulos forman un retículo a lo largo de la miofibrilla.

* A nivel de las líneas Z hay una especialización del retículo sarcoplásmico llamada *TRIADA. La triada está formada por dos cisternas (una a cada lado de la línea Z). Las cisternas pertenecen al retículo sarcoplásmico; entre ellas se encuentra un túbulo que está formado por el sarcolema que se invagina profundamente en la célula y constituye el "sistema en T". Vemos entonces que en la triada entran en íntimo contacto el sarcolema con el retículo sarcoplásmico.

MUSCULO LISO

Las fibras musculares lisas son de menor tamaño que las estriadas; generalmente fusiformes; tienen un solo núcleo central (las estriadas tienen muchos núcleos debajo del sarcolema).

En el citoplasma se encuentran numerosas miofibrillas sin estriaciones transversales. Estas miofibrillas están formadas por Miofilamentos, todos ellos constituidos por una proteína llamada ACTOMIOSINA.

MUSCULO CARDIACO

El músculo cardíaco está formado por células fusiformes con extremos ramificados

o no; presentan un solo núcleo central. En el citoplasma se observan miofibrillas con estriaciones transversales que están dadas por bandas claras y oscuras llamados DISCO I y DISCOS A respectivamente.

En el ME se vió que estas estriaciones de las miofibrillas se deben a la presencia de miofilamentos finos de actina y miofilamentos gruesos de miosina lo mismo que en el músculo esquelético.

En las células del músculo cardíaco hay una especialización muy importante para la fisiología del corazón: LOS DISCOS INTERCALARES o BANDAS ESCALERIFORMES; con las observaciones en ME se llegó a la conclusión de que son verdaderos complejos de unión".

PLACA MOTORA:

Las fibras nerviosas motoras al aproximarse al músculo se ramifican varias veces, luego se pierde la vaina de Schwann y se observa una gran cantidad de ramificaciones: en un corto trecho lo que constituye la PLACA MOTORA; cada una de estas pequeñas ramificaciones termina en un botón terminal de Held.

Al llegar el impulso nervioso se libera acetilcolina que actúa sobre los receptores produciendo un potencial local que en el músculo se conoce como "potencial de la placa motora" (puesto que se despolariza la zona adyacente a la placa motora), ésta es una despolarización subumbral, pero cuando la despolarización alcanza el nivel crítico se produce un potencial de acción que se propaga (potencial propagado) a toda la célula muscular produciendo su contracción.

Debemos destacar que en ningún lugar hay contacto entre la membrana del axón y la de la célula muscular, por el contrario, entre la membrana del axón a nivel de la sinapsis (membrana presináptica) y el sarcolema que se encuentra a ese mismo nivel (membrana subsináptica) hay un espacio que ya estudiamos como hendidura sináptica y que mide unos 400 a 600 Å.

Al liberarse el mediador químico que es la acetilcolina, éste actúa sobre el receptor de la membrana subsináptica donde modifica la permeabilidad para el sodio lo que induce la despolarización originando así un Potencial de acción que en este caso por tratarse de la placa motora se llama POTENCIAL DE PLACA.

Potencial de placa: Es un potencial de acción postsináptica, excitador, que ocurre a nivel de la placa motora. Este potencial de placa se propaga por todo el músculo determinando la contracción del mismo.

EFFECTOS DE DISTINTAS DROGAS A NIVEL DE LA PLACA MOTORA

Ya hemos mencionado en varias oportunidades que el transmisor químico que se libera en las sinapsis neuromusculares es la ACETILCOLINA, esta sustancia que se almacena en las vesículas sinápticas es liberada al espacio intersináptico cuando llega el impulso nervioso; la acetilcolina actúa entonces sobre los receptores de la membrana subsináptica induciendo la despolarización de dicha membrana, origina así un potencial de placa que al propagarse como potencial de acción determina la contracción de la fibra muscular.

La acetilcolina que se encuentra en el espacio intersináptico es rápidamente destruída por una enzima llamada ACETILCOLINESTERASA, de modo que la contracción muscular determinada por un impulso nervioso no permanece ininterrumpidamente, si no que finaliza en cuanto se destruye la acetilcolina.

Todo este mecanismo fisiológico permite que distintas drogas puedan actuar a nivel de la sinapsis neuromuscular, entre las que podemos mencionar:

CURARE: El curare es una sustancia que por sus características químicas impide la acción de la acetilcolina sobre el receptor (probablemente por un mecanismo

competitivo), de este modo al llegar el impulso nervioso se libera acetilcolina pero no se produce el potencial de placa porque el mediador químico no puede actuar sobre el receptor que está bloqueado por el curare. Esto ya fue visto en el experimento de Claude Bernard.

NEOSTIGMINA, FISOSTIGMINA, DIISOPROPILELUDROFOSFATO: Estas son sustancias que impiden la acción de la acetilcolinesterasa sobre la acetilcolina, en esta forma el acetilcolina actúa indefinidamente sobre los receptores y no se interrumpe su acción.

SUCCINILCOLINA, DECAMETONIO: Estas drogas se fijan sobre el receptor y despolarizan la membrana evitando luego su repolarización, son drogas **ANTIRREPOLARIZANTES**.

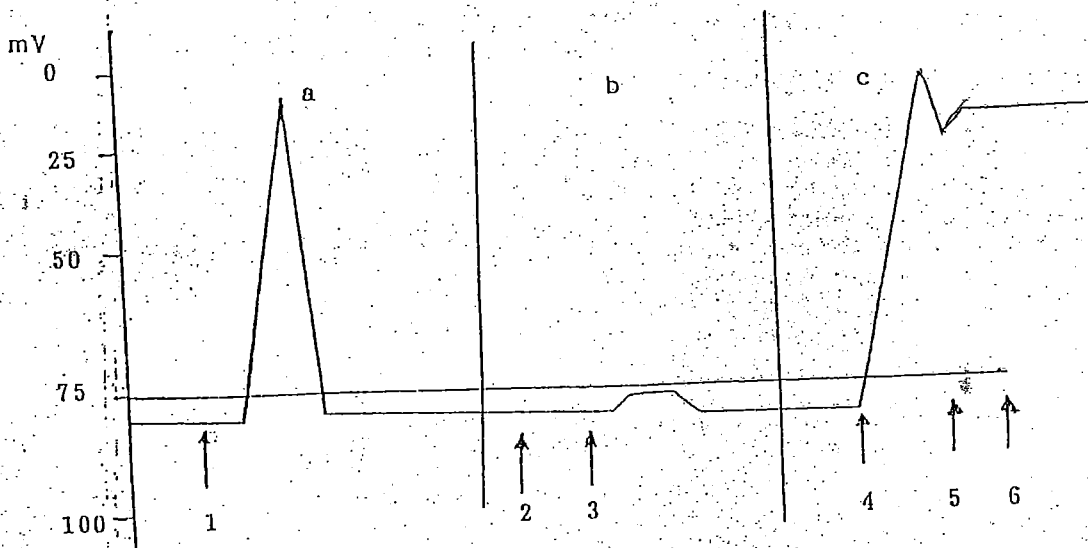
El siguiente experimento grafica claramente la acción de algunas de estas drogas:

1) Observar detenidamente los tres gráficos siguientes y sacar las conclusiones respectivas:

a) En el gráfico "a" se esquematiza el potencial de membrana de la placa motora, la flecha número (1) indica el momento en que se aplica un estímulo nervioso o se administra acetilcolina.

b) En el gráfico "b" se esquematiza el potencial de membrana de la placa motora; en la flecha número (2) se inyecta curare; en la flecha número (3) se aplica un estímulo nervioso o se administra acetilcolina

c) En el gráfico "c" se esquematiza el potencial de membrana de la placa motora, la flecha número (4) se aplica un estímulo nervioso o se administra acetilcolina; en la flecha número (5) se administra succinilcolina y en la flecha número (6) se administra nuevamente acetilcolina.



CONCLUSIONES:

a) En el caso del gráfico "a" se ha producido un potencial propagado normal como respuesta al estímulo nervioso o a la administración de acetilcolina.

b) En el caso del gráfico "b" el curare impide la acción de la acetilcolina y el

potencial de placa no llega al umbral, en consecuencia no hay potencial de acción y tampoco respuesta muscular.

c) En el caso del gráfico "c" se observa que por acción de la acetilcolina se produce la despolarización de la membrana en forma normal, pero la administración de succinilcolina impide la repolarización con lo que la membrana permanece despolarizada haciendo inefectiva la administración posterior (en la flecha (6)) de acetilcolina.

BASES MOLECULARES DE LA CONTRACCION MUSCULAR

La función del músculo es fundamentalmente la de poner en movimiento en todo o parte del organismo animal; para ello debe "contraerse".

Para que el movimiento sea adecuado a las necesidades que en ese momento tiene el organismo es necesario que la contracción sea regulada; de ello se encarga el sistema nervioso que "ordena" a determinadas masas musculares contraerse con mayor o menor intensidad; el mensaje del sistema nervioso llega a la fibra muscular y se producen en ella ciertos cambios químicos que provocan en última instancia la contracción muscular; como todo este mecanismo implica trabajo es necesario aportar energía para que se produzca y, como consecuencia del trabajo muscular, hay modificaciones térmicas.

Pasaremos ahora a considerar separadamente los distintos fenómenos (mecánicos, químicos, energéticos y térmicos), que ocurren en la contracción muscular.

ASPECTOS MECANICOS

La mayor parte de los estudios acerca de la contracción muscular se llevaron a cabo en fibras estriadas; por lo tanto a ellas nos referiremos:

La contractilidad es una de las propiedades de las células musculares; consiste esencialmente en la capacidad de disminuir su longitud, o por lo menos de disminuir la longitud de sus "sarcómeros" (más adelante veremos que muchas veces el músculo se contrae sin disminuir la longitud anatómica del mismo, contracción isométrica).

Las miofibrillas se distribuyen en forma paralela o toman una disposición "en pluma". Esta disposición tiene importancia porque la fuerza que es capaz de ejercer un músculo depende de la superficie de su sección transversal.

Los músculos con sus fibrillas dispuestas en pluma tienen más fibras por unidad de volumen que los que disponen sus fibrillas en forma paralela; por lo tanto ejercen una mayor fuerza por gramo de tejido, pero su contracción es más lenta.

La teoría que explica el mecanismo de acortamiento del sarcómero es la "teoría del deslizamiento", postula que durante la contracción muscular los filamentos finos del sarcómero se deslizan entre los filamentos gruesos; de esta manera el sarcómero se hace más corto y como la miofibrilla no es otra cosa que una larga sucesión de sarcómeros tenemos que como resultado de este acortamiento se contrae toda la célula muscular.

Los miofilamentos finos (de actina) al deslizarse entre los miofilamentos gruesos (de miosina) arrastran los discos Z acortando la longitud del sarcómero la que se verá reducida en forma proporcional al grado de deslizamiento.

En el esquema de la página siguiente vemos tres fases sucesivas de la contracción del músculo:

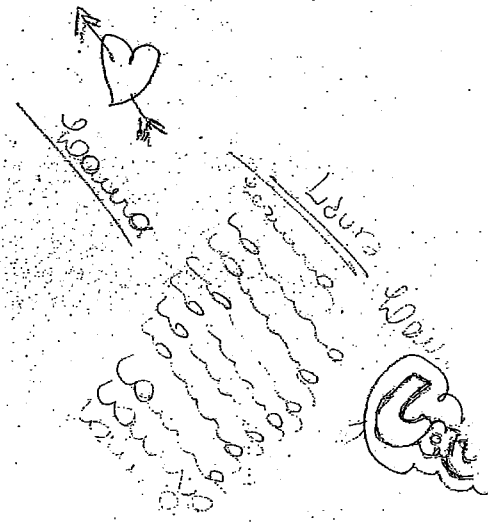
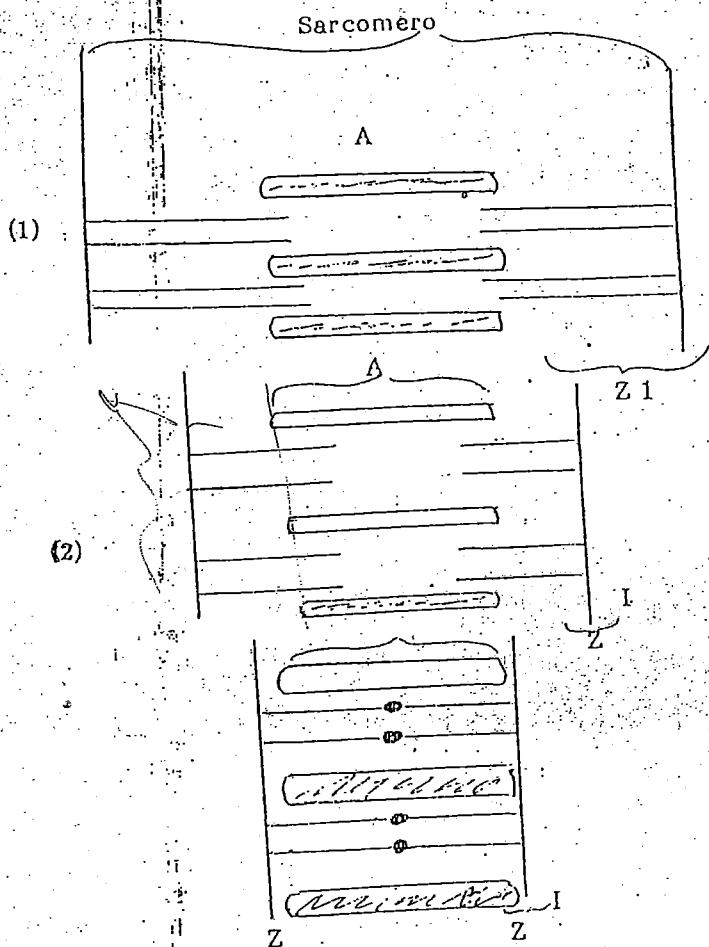
Sabemos que en las miofibrillas se encuentran dos tipos de miofilamentos: finos y gruesos; estos se superponen en las bandas A mientras que en las bandas I sólo hay miofilamentos finos y en las H sólo gruesos.

En la figura podemos observar la representación esquemática de los cambios

que ocurren en la disposición de los miofilamentos en condiciones de reposo (1) de contracción mediana (2) y de contracción más intensa (3).

En el esquema vemos que tanto en reposo como en contracción la longitud de la banda A no se modifica; esto nos indica que los miofilamentos gruesos no se acortan. La distancia desde una zona H a otra tampoco se modifica; como esa distancia corresponde a la longitud de los miofilamentos finos vemos que estos tampoco se acortan durante la contracción.

El ancho de una zona H en cambio sí se modifica disminuyendo hasta desaparecer durante la contracción; esto indica que los miofilamentos finos han entrado en contacto en el centro del sarcómero; inclusive llegan a superponerse con los del otro lado.



Sin embargo la zona que más se modifica es la de los discos I que también disminuyen de espesor e inclusive desaparece en las contracciones más intensas, momento en el que los filamentos gruesos llegan a contactar con la línea Z.

De esta serie de observaciones se deduce que cuando un músculo se contrae los miofilamentos finos se deslizan con relación a los gruesos; luego, al llegar la relajación, recuperan la distancia que caracteriza el músculo en reposo.

Si el músculo es estirado (por fuerzas que traccionan desde sus extremos), los miofilamentos se deslizan en sentido opuesto al de la contracción haciéndose más ancha la banda H y los discos I.

potencial de placa no llega al umbral, en consecuencia no hay potencial de acción y tampoco respuesta muscular.

c) En el caso del gráfico "c" se observa que por acción de la acetilcolina se produce la despolarización de la membrana en forma normal, pero la administración de succinilcolina impide la repolarización con lo que la membrana permanece despolarizada haciendo inefectiva la administración posterior (en la flecha (6)) de acetilcolina.

BASES MOLECULARES DE LA CONTRACCION MUSCULAR

La función del músculo es fundamentalmente la de poner en movimiento en todo o parte del organismo animal; para ello debe "contraerse"

Para que el movimiento sea adecuado a las necesidades que en ese momento tiene el organismo es necesario que la contracción sea regulada; de ello se encarga el sistema nervioso que "ordena" a determinadas masas musculares contraerse con mayor o menor intensidad; el mensaje del sistema nervioso llega a la fibra muscular y se producen en ella ciertos cambios químicos que provocan en última instancia la contracción muscular; como todo este mecanismo implica trabajo es necesario aportar energía para que se produzca y, como consecuencia del trabajo muscular, hay modificaciones térmicas.

Pasaremos ahora a considerar separadamente los distintos fenómenos (mecánicos, químicos, energéticos y térmicos), que ocurren en la contracción muscular.

ASPECTOS MECANICOS

La mayor parte de los estudios acerca de la contracción muscular se llevaron a cabo en fibras estriadas; por lo tanto a ellas nos referiremos:

La contractilidad es una de las propiedades de las células musculares; consiste esencialmente en la capacidad de disminuir su longitud, o por lo menos de disminuir la longitud de sus "sarcómeros" (más adelante veremos que muchas veces el músculo se contrae sin disminuir la longitud anatómica del mismo, contracción isométrica).

Las miofibrillas se distribuyen en forma paralela o toman una disposición "en pluma". Esta disposición tiene importancia porque la fuerza que es capaz de ejercer un músculo depende de la superficie de su sección transversal.

Los músculos con sus fibrillas dispuestas en pluma tienen más fibras por unidad de volumen que los que disponen sus fibrillas en forma paralela; por lo tanto ejercen una mayor fuerza por gramo de tejido, pero su contracción es más lenta.

La teoría que explica el mecanismo de acortamiento del sarcómero es la "teoría del deslizamiento", postula que durante la contracción muscular los filamentos finos del sarcómero se deslizan entre los filamentos gruesos; de esta manera el sarcómero se hace más corto y como la miofibrilla no es otra cosa que una larga sucesión de sarcómeros tenemos que como resultado de este acortamiento se contrae toda la célula muscular.

Los miofilamentos finos (de actina) al deslizarse entre los miofilamentos gruesos (de miosina) arrastran los discos Z acortando la longitud del sarcómero la que se verá reducida en forma proporcional al grado de deslizamiento.

En el esquema de la página siguiente vemos tres fases sucesivas de la contracción del músculo:

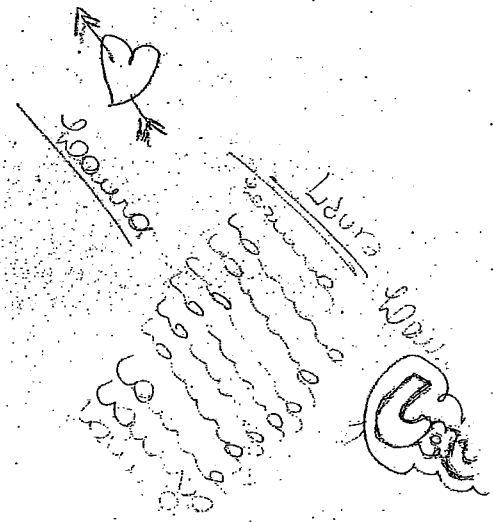
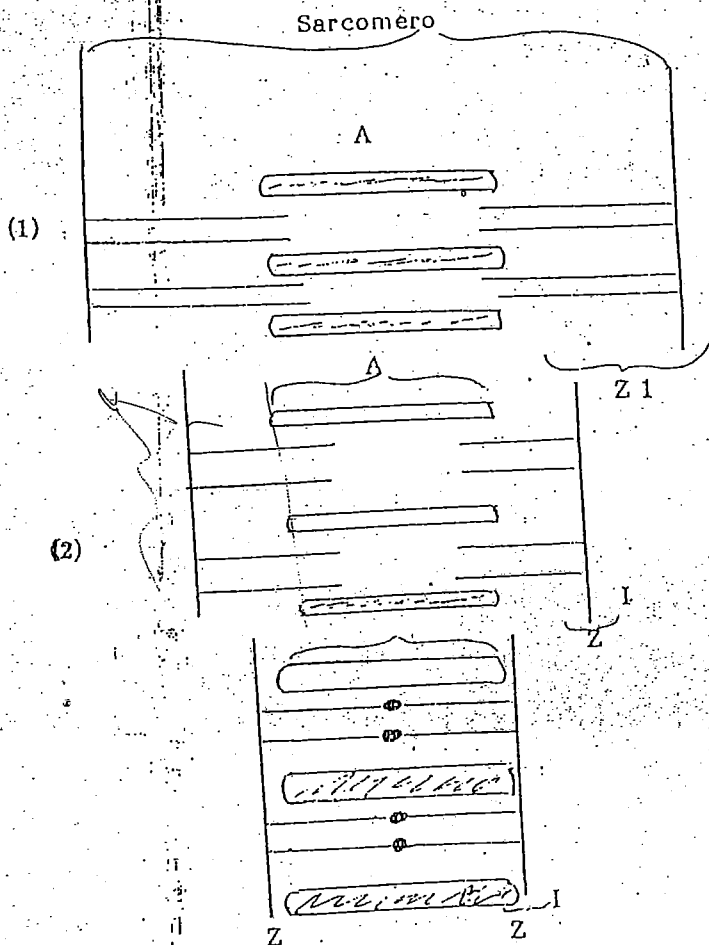
Sabemos que en las miofibrillas se encuentran dos tipos de miofilamentos: finos y gruesos; estos se superponen en las bandas A mientras que en las bandas I sólo hay miofilamentos finos y en las H sólo gruesos.

En la figura podemos observar la representación esquemática de los cambios

que ocurren en la disposición de los miofilamentos en condiciones de reposo (1) de contracción mediana (2) y de contracción más intensa (3).

En el esquema vemos que tanto en reposo como en contracción la longitud de la banda A no se modifica; esto nos indica que los miofilamentos gruesos no se acortan. La distancia desde una zona H a otra tampoco se modifica; como esa distancia corresponde a la longitud de los miofilamentos finos vemos que estos tampoco se acortan durante la contracción.

El ancho de una zona H en cambio sí se modifica disminuyendo hasta desaparecer durante la contracción; esto indica que los miofilamentos finos han entrado en contacto en el centro del sarcómero; inclusive llegan a superponerse con los del otro lado.



Sin embargo la zona que más se modifica es la de los discos I que también disminuyen de espesor e inclusive desaparece en las contracciones más intensas, momento en el que los filamentos gruesos llegan a contactar con la línea Z.

De esta serie de observaciones se deduce que cuando un músculo se contrae los miofilamentos finos se deslizan con relación a los gruesos; luego, al llegar la relajación, recuperan la distancia que caracteriza el músculo en reposo.

Si el músculo es estirado (por fuerzas que traccionan desde sus extremos), los miofilamentos se deslizan en sentido opuesto al de la contracción haciéndose más ancha la banda H y los discos I.

ASPECTOS BIOQUÍMICOS: MECANISMO DE LA CONTRACCION MUSCULAR

Antes de estudiar los mecanismos bioquímicos responsables de la contracción muscular veremos sucintamente las características estructurales y las propiedades de las proteínas de los miofilamentos.

MIOSINA: La miosina es una proteína fibrilar, principal constituyente de los miofilamentos gruesos. Está formada por dos partes de distinto peso molecular que son:

MEROMIOSINA L o LIVIANA.

MEROMIOSINA H o PESADA.

El diámetro mayor de la molécula está orientado longitudinalmente con respecto a la miofibrilla, pero tiene prolongaciones transversales que como veremos luego ponen en relación los miofilamentos gruesos con los finos.

La propiedad fundamental de esta molécula es su capacidad de contraerse; como resultado de esta contracción se produce el deslizamiento de los miofilamentos finos entre los gruesos. Otra propiedad muy importante de la miosina es su actividad enzimática; actúa como una "adenosintrifosfatasa" o ATPasa, es decir, hidroliza el ATP liberando: P, ADP y energía (esta energía se utiliza para la contracción muscular).

Otro hecho de fundamental importancia es que la actividad ATPásica de la miosina es activada por el ión Ca^{++} ; si no hay calcio en el medio no tiene actividad enzimática; además es inhibida por el ión Mg^{++} .

-ACTINA: Es otra proteína fibrilar, constituyente de los miofilamentos finos. Se la encuentra en dos formas fisoquímicas distintas: una llamada "G actina" tiene moléculas de estructura globular que en presencia de:

-ACTOMIOSINA: Resulta de la unión de la actina con la miosina, esta proteína tiene capacidad contráctil, también actividad ATPásica, pero a diferencia de la miosina esta actividad enzimática es inhibida por el ión Ca^{++} y activada por el ión Mg^{++} . Su potencia como enzima es mucho mayor que la de la miosina.

MECANISMO DE CONTRACCION

En el músculo en reposo la actina y la miosina se encuentran separadas y la concentración de sales es tal que la actividad ATPásica de la miosina está inhibida completamente (hay mucho Mg^{++} y poco Ca^{++}).

Cuando el impulso nervioso que transmite la orden de contracción muscular llega a la fibra se produce la "despolarización" de la membrana de la misma; como consecuencia de esto se libera una cierta cantidad de iones Ca^{++} que se encontraban acumulados en las vesículas del retículo sarcoplásmico (de allí la importancia de la íntima relación que existe entre el sarcolema y las membranas del retículo sarcoplásmico de la tríada).

Al aumentar la concentración de iones Ca^{++} se inicia la actividad ATPásica de la miosina, disminuye la cantidad de ATP (que es hidrolizado por la miosina ATPasa), y se forma el complejo ACTOMIOSINA (1). Uno de los componentes de la actomiosina (la meromiosina H o pesada) se contrae provocando un pequeño deslizamiento de los filamentos finos sobre los gruesos.

Recordando que la actividad ATPásica de miosina requiere magnesio ocurre lo siguiente: el Mg^{++} activa a la actomiosina cuya capacidad enzimática es mucho mayor que la de miosina, por esto, al formarse actomiosina disminuye aún más el nivel de ATP. Este descenso tan grande de la concentración de ATP hace que la actomiosina se disocie produciendo "actina" y "miosina".

El Mg^{++} pasa ahora a actuar como inhibidor de miosina y sube el nivel de ATP.

Volvemos al paso inicial en el cual el ATP es hidrolizado por miosina en presencia de calcio (1), se forma el complejo actomiosina y los miofilamentos se entrecruzan un poco más; el Mg^{++} pasa nuevamente a ser activador de actomiosina que hace bajar el nivel de ATP, esto hace que se disocie la actomiosina dando "actina" y "miosina", vuelve a subir la concentración de ATP que es hidrolizada por miosina en presencia de calcio (1) formándose actomiosina y así sucesivamente.

Cuando el músculo se relaja ocurre lo siguiente: el ión calcio es receptado por el retículo sarcoplásmico de modo que la miosina no puede actuar más como ATPasa, entonces se interrumpe el ciclo que vimos anteriormente en el paso que está marcado con (1), no se reconstituye el complejo de actomiosina, al contrario: los filamentos de actina y miosina están separados y por simple acción se puede extender el músculo.

La relajación no es un proceso pasivo sino que hay que aportar energía para que se produzca puesto que para que el retículo sarcoplásmico capte el calcio es necesario realizar un trabajo que es ejecutado por la "bomba de Ca", para ello se necesita Energía de modo que sin ATP (que aporta energía), la relajación no se produce.

FUENTES DE ENERGIA PARA LA CONTRACCION MUSCULAR

Para que se realice la contracción y relajación muscular es necesario un gran aporte de energía, como sabemos esta energía es tomada del ATP, molécula que al hidrolizarse por acción enzimática produce ADP más Pi (fósforo inorgánico) y libera gran cantidad de energía.

La célula muscular dispone de gran cantidad de mitocondrias donde se produce la oxidación final de la glucosa y donde se sintetiza el ATP.

Para que la cadena respiratoria (que está en la mitocondria y sintetiza el ATP) pueda funcionar, necesita "oxígeno"; en condiciones de reposo el aporte de oxígeno al músculo es óptimo porque hay buena irrigación sanguínea, de modo que se sintetiza ATP; pero cuando el músculo está en actividad el aporte sanguíneo es deficiente y la célula se encuentra en una relativa hipoxia (falta de oxígeno), de modo que la oxidación de la glucosa sólo se realiza en el citoplasma, sólo se cumple la "glicólisis anaeróbica" que si bien es cierto puede producir ATP no tiene un rendimiento como el de la cadena respiratoria.

Debido a esta circunstancia el músculo se encontraría a los pocos minutos de comenzar su actividad sin la energía necesaria para continuarla; la naturaleza resolvió este problema dotando al músculo de ciertos compuestos que son su reserva de energía.

Estos compuestos son los siguientes:

Glucógeno: El glucógeno es un polímero de glucosa que puede ser rápidamente hidrolizado durante el trabajo muscular liberando glucosa, principal sustancia para la obtención de energía y que debido a la deficiente irrigación no es aportada suficientemente por la sangre.

Fosfocreatina: esta sustancia se sintetiza cuando el músculo está en reposo, tiene como característica el tener uniones de "alta energía" entre el fosfato y el resto de la molécula, de modo que se puede hidrolizar esta unión y la energía que se libera utilizarla para sintetizar ATP. Esta reacción es reversible; cuando el nivel de ATP baja se hidroliza fosfocreatina y se produce ATP.

ATP: La fibra muscular cuando está en reposo produce ATP para utilizarlo cuando sea necesario, ya vimos la importancia de este compuesto al estudiar el mecanismo bioquímico de contracción muscular.

A causa de que el músculo recurre a la "glicólisis anaeróbica", mientras está en actividad se acumula en "ácido láctico" (producto final de la glicólisis) que sale de la célula y va al hígado donde se resintetiza glucosa. Este ciclo: glucosa-ácido láctico-glucosa-glucógeno, se conoce como "ciclo de Cori". Ver las bolillas de metabolismo.

Cuando se hidroliza el ATP se libera energía que se utiliza para realizar el trabajo que significa la contracción muscular, pero no toda la energía se gasta en un trabajo, sino que gran parte de la misma se libera como calor:

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CONTRACCION MUSCULAR.

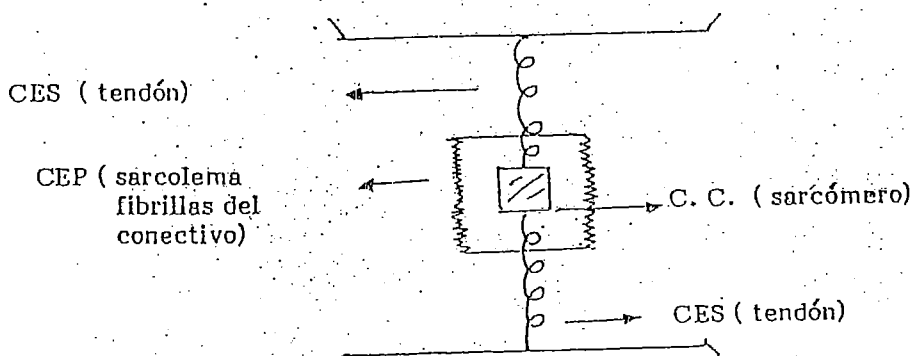
CONTRACCION ISOMETRICA E ISOTONICA

Al estirarse pasivamente un músculo, éste se alarga, pero al soltarlo vuelve a su longitud anterior, sumando este hecho al de la contracción muscular vemos que en el músculo hay dos componentes:

- Componente contráctil: está dado por el sarcómero.
- Componente Elástico: que a su vez se divide en:
 - a) Componente elástico en serie (CES).
 - b) Componente elástico en paralelo (CEP).

El CEP, en cambio, está dispuesto "en paralelo", representado por el sarcolema y las fibrillas que vimos están adheridas al mismos.

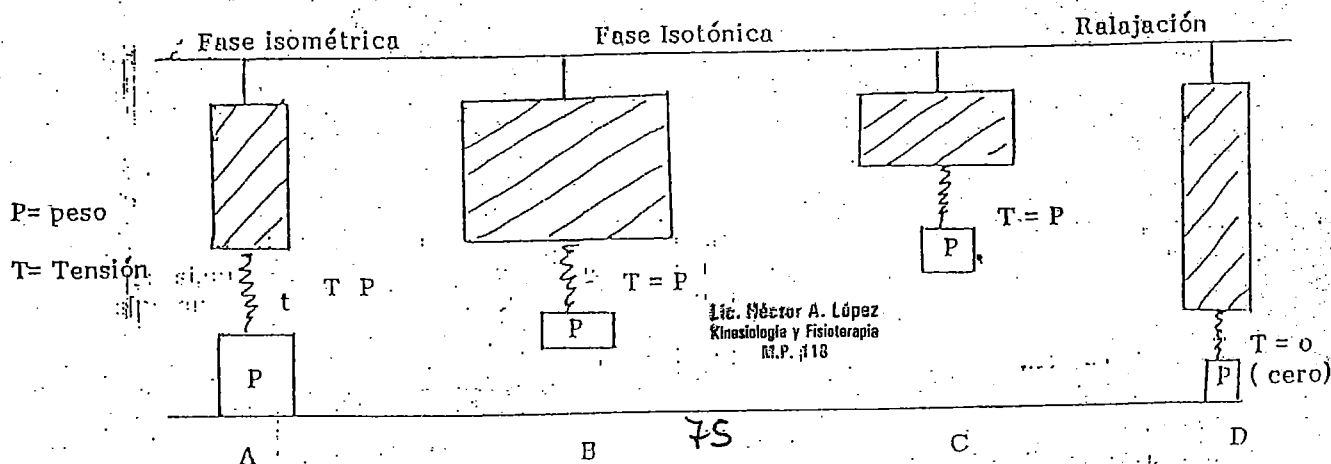
Esquema indicando los distintos componentes del músculo.



Teniendo noción de estos componentes (contráctil y elástico) veremos dos tipos de contracciones que puede tener el músculo.

a) Contracción Isotónica: Esta contracción transcurre con "acortamiento" del músculo, por ejemplo si colocamos un peso de 1 Kg. y estimulamos el músculo éste se contrae y levanta el peso, ha efectuado un trabajo, ha disminuido su longitud, pero la tensión que realiza siempre es de 1 Kg y por eso el nombre de "Isotónica" que significa "igual tensión".

Esquema de contracción isotónica:



En A estimulamos el músculo que comienza a contraerse, la tensión aumenta pero no iguala al peso, por eso se llama "fase isométrica" porque la longitud permanece igual.

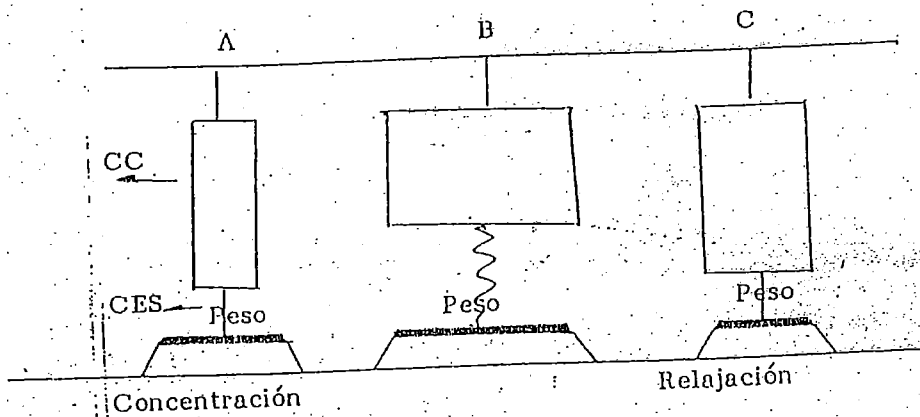
En B la tensión realizada es suficiente para levantar el peso y el músculo se acorta, lo mismo ocurre en C; en ambos casos la tensión es igual a la del peso, pero la longitud es menor que en A, por eso se llama "fase isotónica". En D la tensión ya no se ejerce (es de cero), porque el músculo se ha relajado.

b) Contracción isométrica: Si en lugar de un peso de 1 Kg colocamos un peso mucho mayor, tal que el músculo no lo pueda levantar y estimulamos al músculo ocurre lo siguiente: el componente contráctil se acorta (hay contracción muscular pero el componente elástico se estira y esto hace aumentar la tensión.)

El músculo en conjunto mantiene su misma longitud, de allí que se diga "isométrica" que significa igual longitud.

Esquema de contracción isométrica: en el esquema siguiente veremos que la longitud total del músculo no cambia pero sí se modifica en tensión.

El componente contráctil está distendido en A, se acorta en B, y utiliza todo el trabajo en estirar el CES o sea el tendón posteriormente en C, el músculo se relaja.



REGISTRO GRÁFICO DE LA CONTRACCION:

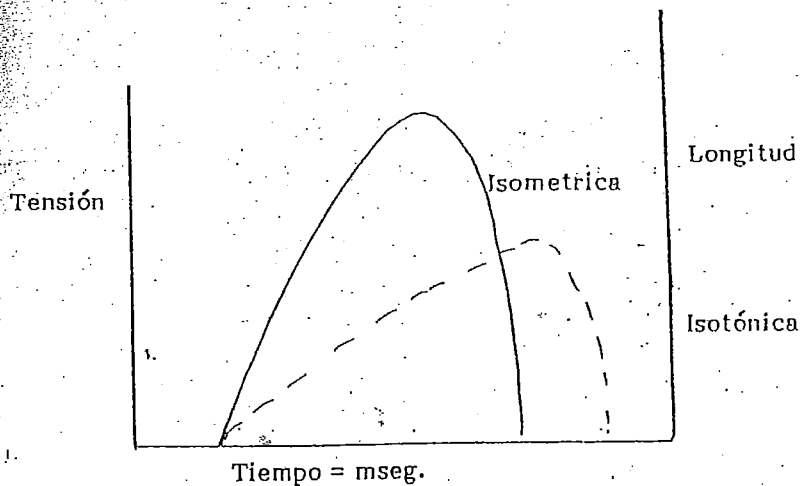
En los músculos del organismo se producen contracciones isotónicas e isométricas según la actividad desarrollada en ese momento.

Es posible obtener un registro gráfico de la actividad muscular, pero las curvas que obtendremos serán distintas en uno y otro tipo de contracción, para poder comparar ambas curvas las representaremos en el mismo gráfico, pero ello nos obliga a tomar dos ordenadas porque en la contracción isotónica mediremos la tensión en relación con el tiempo y en una isométrica mediremos la longitud en relación con el tiempo.

En las abcisas está expresado el tiempo en milisegundos y en las ordenadas la tensión y la longitud. Cuando aplicamos el estímulo en el O (cero) de las abcisas vemos que antes de iniciarse la curva pasa cierto tiempo llamado período de latencia.

- Curva de contracción isotónica: la rama ascendente es la contracción, la altura es la tensión máxima que desarrolla el músculo y la rama descendente la relajación. Es más lenta y más baja puesto que debe vencer grandes resistencias.

- Curva de contracción isométrica: la rama ascendente indica la contracción, la altura es el acortamiento que sufrió el músculo y la rama descendente es la relajación.



RELACION LONGITUD-TENSION

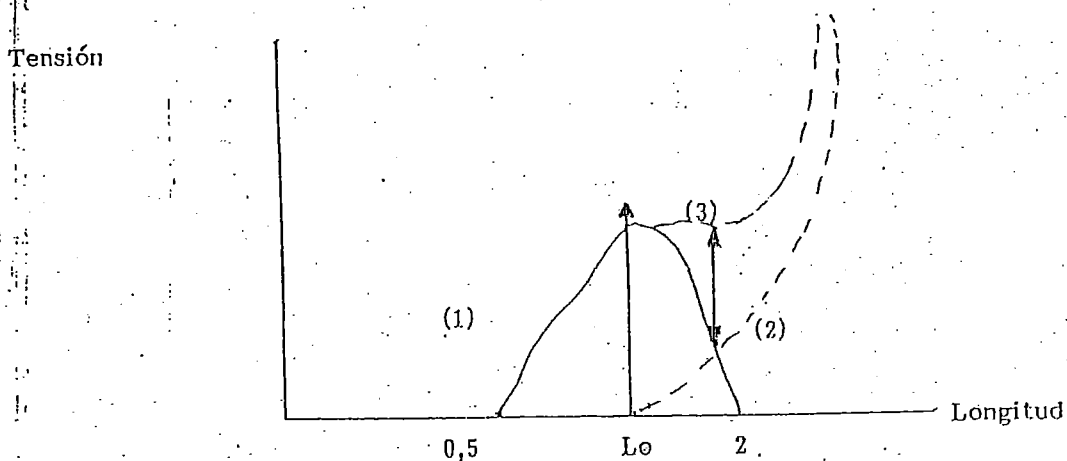
Un músculo puede ejercer una tensión progresivamente mayor a medida que aumenta su longitud, siempre que no se supere la longitud de reposo.

Longitud de reposo es aquella que tiene el músculo normalmente en el organismo en condiciones de reposo, ésta es la longitud cero. Este concepto es de gran importancia porque debe tenerse en cuenta al insertar el músculo en un miembro artificial.

En la curva siguiente se puede observar que a la longitud de reposo (L_0) la tensión desarrollada es máxima pero si el músculo se encontraba en una longitud mayor o menor al llegar al estímulo, la tensión disminuye.

La curva (1) es la tensión que se produce por la contracción, la curva (2) es la tensión que el músculo tiene en reposo y la curva (3) indica la tensión total.

En la curva (2) vemos que estando el músculo en L_0 la tensión es nula, pero al aumentar la longitud aumenta la tensión (tal como ocurre al estirar una goma o elástico).

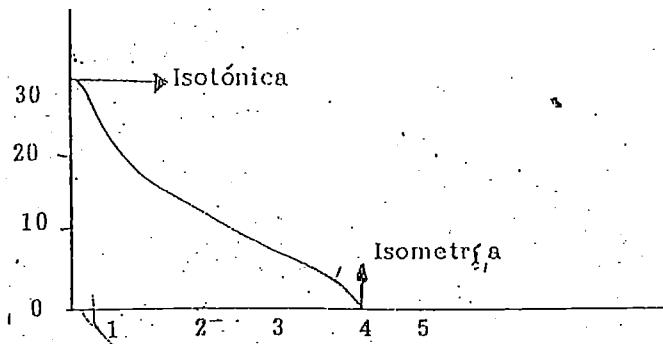


RELACION FUERZA-VELOCIDAD.

En la curva que se obtiene de relacionar la fuerza que un músculo ejerce al contraerse con la velocidad con que lo hace, se puede ver que a mayor fuerza menor velocidad y recíprocamente: a mayor velocidad, menor fuerza.

Hay músculos en el organismo que deben contraerse rápidamente aunque la

fuerza que realicen no sea muy grande, por ejemplo, los músculos extrínsecos del ojo; en cambio, hay otros, como los de los miembros inferiores en cuyo caso no es tan importante la velocidad con que se contraen sino la fuerza que desarrollan y la continuidad de su acción, puesto que deben mantener el peso del organismo.



TONO MUSCULAR

Los músculos de un individuo vivo no están completamente relajados sino mantienen un cierto grado de contracción, aunque esté en reposo. Este grado de contracción se denomina **TONO MUSCULAR** y es mantenido por impulsos nerviosos que constantemente llegan al músculo.

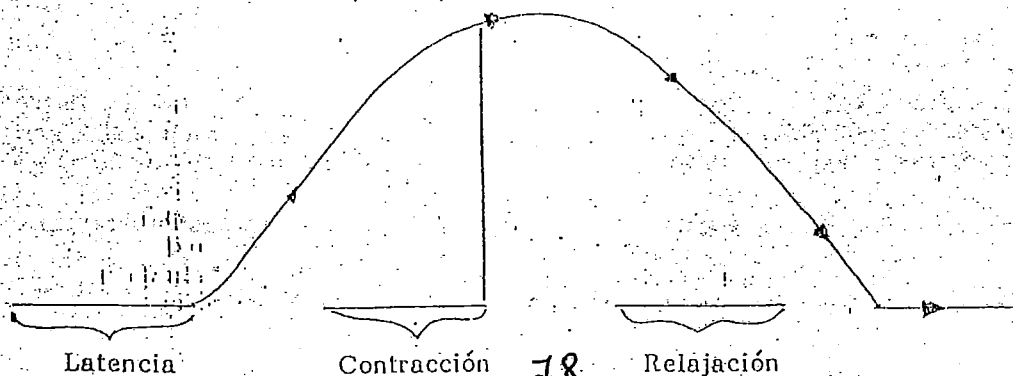
ELASTICIDAD:

Ya hemos estudiado los componentes elásticos del músculo, sólo resta considerar el comportamiento de todo el músculo en conjunto: si el músculo tiene su longitud de reposo o una mayor, casi todo el peso es sostenido por el componente elástico en paralelo (CEP). La elasticidad de estos componentes es grande para los pesos pequeños (se estiran mucho con pesos pequeños,) pero si el peso aumenta la elasticidad disminuye.

Cuando el músculo se contrae pone en tensión y estira al CES (tendones), si la contracción era isotónica el músculo se acorta; en caso de que el músculo no se le oponga ningún peso el acortamiento ocurre con un máximo de velocidad y luego al relajarse, el músculo no se vuelve a estirar al menos que se traccione de sus extremos; de este fenómeno deducimos que el alargamiento de un músculo relajado es puramente pasivo, pero la relajación que significa disociar la actomiosina en actina y miosina (fenómeno que implica el bombeo de calcio) es activo y necesita energía.

TETANOS Y CONTRACTURA.

Si tomamos un músculo y lo sometemos a un estímulo único, obtenemos una contracción que llamamos "sacudada simple"; si registramos gráficamente este fenómeno vemos lo siguiente:

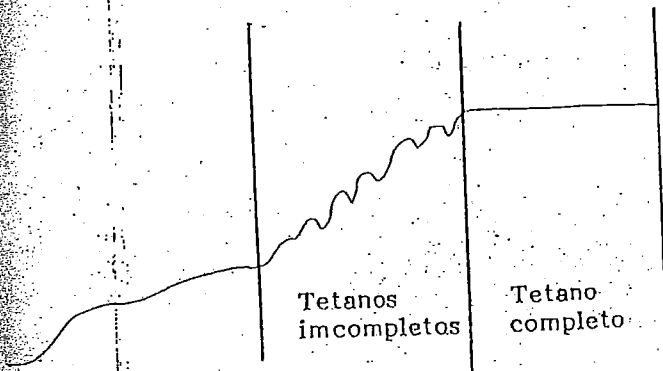


El estímulo se indica con la flecha, vemos que antes de iniciar la curva hay un período de latencia, luego viene la rama ascendente de la curva (contracción) y la descendente (relajación).

Si antes de completarse la faz de relajación aplicamos otro estímulo el músculo vuelve a contraerse alcanzando en esta oportunidad una tensión mayor que la primera vez. Si aplicamos una sucesión de estímulos que ocurran antes de que se produzca la relajación anterior obtendremos un estado de contracción permanente llamado TETANOS INCOMPLETO, puesto que la relajación alcanza a iniciarse.

En el registro gráfico obtenemos una curva con varias ondulaciones.

Si los estímulos se suceden tan rápidamente que justamente al iniciarse la relajación de uno le da al otro, el músculo también se mantiene en contracción permanente pero el registro gráfico es una recta, no hay ondulaciones, porque la relajación no se insinúa, éste es el TETANOS COMPLETO.



El número de estímulos por unidad de tiempo que se necesitan para provocar el tetanos completo será tanto menor cuanto más lentas sean las sacudidas simples del músculo en cuestión, superada una frecuencia máxima, el músculo ya no responde y se relaja.

El tetanos es el exponente máximo de la capacidad de trabajo del músculo puesto que éste se ve forzado a contraerse continuamente y está en óptimas condiciones para hacerlo.

CONTRACTURA Y RIGIDEZ

Existen otras formas de contracción muscular continuada y éstas son: la contractura (reversible) y la rigidez (irreversible).

Un músculo contracturado puede recuperar su estado de normalidad con todas las características propias que tenía antes; el músculo en rigidez cadavérica o provocada por coagulación de sus proteínas ha perdido la vitalidad y no vuelve a la normalidad.

La contractura se diferencia del tetanos en que no es un proceso oscilatorio y en que puede limitarse a una porción del músculo sin propagarse al resto del mismo. Se produce en situaciones anormales cuando el músculo no puede cumplir adecuadamente su metabolismo, como por ejemplo, en caso de fatigas, irrigación deficiente, etc.

A pesar de ser una contracción continuada la contractura no representa la máxima capacidad del músculo, precisamente porque se produce en condiciones metabólicas adversas. Además si un músculo contracturado se lo estimula, es factible una respuesta de contracción simple.

Hay distintos venenos que dan lugar a contracturas graves, la mayor parte de ellos, porque prolongan la fase de relajación. La rigidez cadavérica es propia de los músculos privados de circulación: a las pocas horas de la muerte adquieren una dureza notable que impide toda su movilidad. Esta rigidez se debería a un aumento de la acidez causado por el ácido láctico que se acumula en la fibra muscular al interrumpirse la respiración aeróbica. Luego se alteran las miofibrillas y cesa la rigidez.

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES Y SUS PROPIEDADES:

MUSCULO ESTRIADO:

Existe gran semejanza entre las propiedades eléctricas del músculo esquelético y de las fibras nerviosas. La distribución iónica es de tal manera que la concentración de K^+ es mayor dentro de la miofibrilla, mientras que el Na^+ predomina fuera.

La membrana celular es muy permeable al K^+ y poco permeable al Na^+ en condiciones de reposo. El potencial de reposo del músculo esquelético es de 90 mV con un interior negativo y el exterior positivo.

Durante la actividad este potencial de membrana se anula e invierte llegando a alcanzar valores de -90 mV (hiperdespolarización). Cuando esto ocurre, la membrana se hace muy permeable al Na^+ y su ingreso es el responsable de la despolarización.

La velocidad de conducción del potencial de acción en el músculo esquelético es de 3 a 6 m/!"

La característica más significativa del potencial de acción muscular es que la respuesta eléctrica se presenta siempre antes de que se inicie la respuesta mecánica y se completa para el comienzo de esta.

MUSCULO LISO:

En el músculo liso la permeabilidad al K^+ en su membrana es similar a la del músculo esquelético, pero varía con respecto a la permeabilidad al Na^+ , que la atraviesa con facilidad.

El potencial de reposo de este músculo es de 60 mV con el interior negativo con respecto al exterior y es menos estable que el del músculo esquelético.

La velocidad de despolarización en el músculo liso es lenta y su hiperdespolarización (Overshoot) es mayor que la del músculo esquelético. Los potenciales de reposo y de acción del músculo liso se fundan en la teoría iónica ya que el aumento de K^+ extracelular produce su despolarización, pero si el K^+ es eliminado por la célula se produce una leve hiperpolarización.

Segun la teoría iónica, el potencial de acción deriva del aumento de la permeabilidad de la membrana para el Na^+ lo que sería real para los músculos esqueléticos y cardíacos pero no es muy claro en lo que concierne al músculo liso, se sabe concretamente que la actividad de marcapaso que este músculo posee depende de las concentraciones de Na^+ y de Ca^{++} .

MUSCULO CARDIACO:

Son propiedades fundamentales de este músculo la exitabilidad y la contractilidad.

El músculo cardíaco reacciona frente a estímulos de adecuada intensidad y duración y responde generando un potencial de acción propagado y de una contracción mecánica.

El pico del potencial de acción del músculo cardíaco forma una meseta en el estado de despolarización siendo su duración mucho más prolongada que la de los otros

dos tipos de músculos.

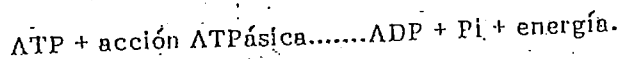
El músculo cardíaco despolarizado presenta un largo período refractario y sus fibras no pueden ser nuevamente excitadas mientras no se complete totalmente la despolarización, no importando la magnitud del estímulo. Este lapso constituye el período refractario absoluto, y recién cuando este finaliza la fibra puede volver a excitarse mediante un estímulo superior al que normalmente se requiere. La fase que continúa al período refractario absoluto constituye el período refractario relativo del potencial de acción.

PARTE EXPERIMENTAL: MODELO DE CONTRACCION MUSCULAR:

a) PROPOSITO: Observar la contracción de una fibra glicerizada en presencia de ATP, en un medio iónico apropiado y observar la inhibición de la contracción por bloqueo de la acción ATPásica de la miosina.

b) FUNDAMENTO: Las fibras glicerizadas se han preparado a partir de fibras de músculo psoas de conejo, han sido sumergidas en glicerol al 50% y conservadas en la heladera por 4 semanas. El glicerol destruye de esta manera las membranas celulares y deja libre e intacto el aparato contráctil protéico: actinamiosina.

Al colocar estas proteínas contractiles (actina y miosina) en suspensión en un medio iónico apropiado que contenga calcio y ATP, la miosina ejerce su acción ATPásica determinando la siguiente reacción:



En estas condiciones se produce la contracción muscular.

Si se inhibe la acción ATPásica de la miosina, usando por ejemplo algun mercurial (que bloquea los grupos sulfhidrilos de la protelna), se vera que en presencia de ATP y de iones NO se produce la contracción de las fibras musculares.

c) PROCEDIMIENTO:

-Obtener las fibras del psoas de conejo y colocarlas en solución de glicerol al 25%, enfriarlas a 0 grados C por 30 minutos.

-Disecar las fibras con varillas de vidrio o palillos hasta obtener fibras de aproximadamente 1 mm de espesor.

-Llevar las fibras a un vidrio de reloj con solución salina por espacio de 2-3 minutos, con el fin de lavar la glicerina.

-Obtener un grupo de estas fibras lavadas y colocarlas en un vidrio de reloj que contenga solución salina y dejarlas 30 minutos. Esto constituye el grupo control.

-Obtener otro grupo de estas fibras lavadas y colocarlas en otro vidrio de reloj que contenga solución salina más solución de mercurial y dejarlas 30 minutos. Esto constituye el grupo experimental.

-Luego agregamos 1-2 gotas de ATP, tanto al grupo control como al grupo experimental y veremos que en este último las fibras no se contraen por la inhibición de la acción ATPásica de la miosina por parte del mercurial, pero en cambio en el grupo control se observa una notable disminución de la longitud de las fibras (contracción).

* * * * *

UNIDAD II

EL ORGANISMO COMO UNIDAD FUNCIONAL

CONCEPTO DE HOMEOSTASIS

En el año 1926 Cannon acuñó el término HOMEOSTASIS al referirse a "las condiciones uniformes que prevalecen en el organismo a pesar de todas las influencias del medio externo que tienden a cambiarlo"

El organismo viviente tiene la particularidad de tender a un equilibrio funcional, y ponen en marcha mecanismos que lo restituyen cuando factores accidentales lo modifican.

Esto es notable en la relativa constancia del medio interno, que asegura condiciones estables para la vida de las células.

Todos los tejidos y órganos de los seres vivos cumplen funciones que ayudan a mantener constantes la composición del medio interno. Así, el aparato digestivo provee los nutrientes que absorbe de la luz intestinal; los pulmones proporcionan oxígeno que captan del medio ambiente y eliminan el CO₂; los riñones eliminan sustancias tóxicas con la orina; etc.

SISTEMAS DE REGULACION Y CONTROL

En el cuerpo humano se encuentran miles de sistemas de regulación y control, situados a distintos niveles. Unos operan intracelularmente, regulando las funciones intracelulares. Otros en los órganos y otros en todo el cuerpo, controlando así las interrelaciones entre los órganos y sistemas de la economía.

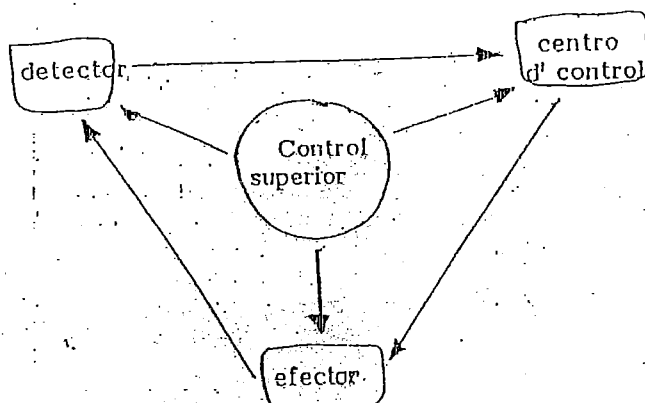
Estos mecanismos de control están formados por tres elementos fundamentales, sobre los que puede influir un cuarto; el control superior.

Componentes de los sistemas de control:

- 1) Receptor o detector: Detecta cambios en el medio externo y en el medio interno.
- 2) Centro de control: Compara lo que capta el receptor con los parámetros prefijados (parámetros normales).
- 3) Efector. En caso que de la comparación surja una variante en relación a los parámetros prefijados, tiende a corregirla.
- 4) Control superior: Puede influir sobre todos los componentes anteriores. Por ejemplo sobre los receptores, haciéndolos más o menos sensibles a las variaciones; sobre los centros de control, haciendo variar la cantidad de elementos prefijados para comparar; sobre los efectores, haciéndolos responder más o menos rápido.

De esto surge que el organismo puede modificar sus mecanismos homeostáticos de acuerdo a las exigencias del medio externo. Es lo que se denomina "capacidad de adaptación".

Entre estas cuatro estructuras existen mecanismos de correlación que van a establecer la coordinación y el equilibrio entre las distintas partes del organismo, de manera que este actúe como una unidad funcional. Estos mecanismos de correlación o integración se clasifican en:



- a) Humorales
- b) Nerviosos
- c) Mixtos.

a) Humorales: Son factores de correlación a distancia. Entre ellos se citan:

- Secreciones hormonales
- Sustancias nutritivas
- Neurotransmisores
- Desechos metabólicos, como el dióxido de carbono (CO₂) que estimula

la respiración.

Este es un mecanismo lento, ya que todos estos factores son vehiculizados por la sangre.

b) Nerviosos: La regulación nerviosa se caracteriza por su rapidez, precisión y complejidad, actuando a veces en forma continua.

c) Mixtos: Hay veces en que preponderantemente actúa la vía humoral, pero es ayudada por la nerviosa.

CONCEPTO DE RETROALIMENTACION POSITIVA Y NEGATIVA.

RETROALIMENTACION POSITIVA.

Se llama también "Feed-back positivo". Acá la respuesta del sistema se efectúa en la misma dirección del estímulo, por lo que se da también llamarlo "círculo vicioso".

Son mecanismos de retroalimentación positiva el parto, la conducción axónica, el reflejo paradójico de Head (serie de inspiraciones iniciadas por una a la que le sigue otra de mayor intensidad, pero menor que la siguiente); entre los fisiológicos.

Existen otros mecanismos patológicos de retroalimentación positiva, que si no son controlados por los mecanismos de retroalimentación negativa, conducen a la inestabilidad y a la muerte.

Por ejemplo:

Ante una hemorragia de 2 litros, cae la presión arterial, lo que disminuye la irrigación coronaria, con lo que el corazón se debilita y bombea con menor fuerza, lo que hace caer más la tensión arterial, y así, el ciclo se repite hasta la muerte.

Retroalimentación Negativa:

O Feed-back negativo, es la respuesta del sistema siempre opuesta a la del estímulo, para lograr la estabilidad.

Algunos de los sistemas de control homeostático del organismo, que operan por retroalimentación negativa son:

- La regulación del CO₂ en el medio interno: un exceso del CO₂ incentiva la ventilación pulmonar, con lo que este exceso es eliminado. Si la concentración de CO₂ en el medio interno disminuye, se opera una disminución de la ventilación (bradipnea) con lo que la concentración de CO₂ aumenta.

- La regulación de la tensión arterial: Cuando esta sube, se ponen en marcha mecanismos que tienden a bajarla, como vasodilatación. Cuando ésta baja ocurre lo inverso.

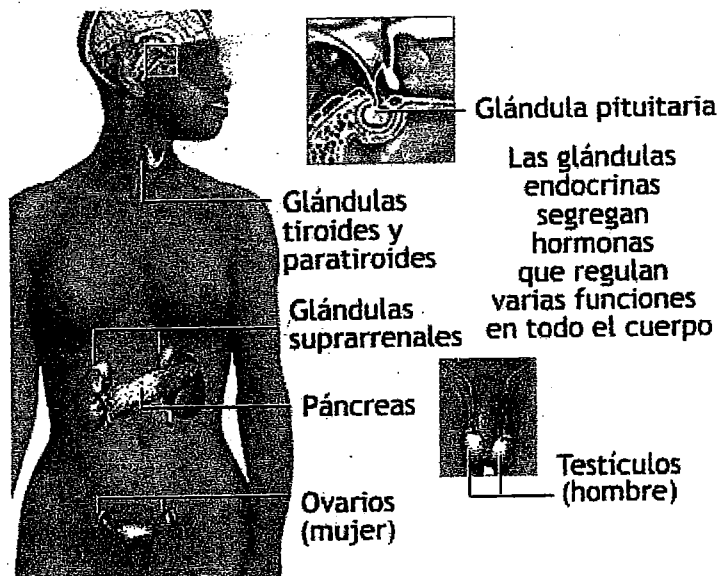
- La regulación de la secreción hormonal: Cuando la concentración de determinada hormona descende en la sangre, se liberan hormonas tróficas de la glándula que la produce o factores liberadores de la reacción, cuando el nivel en plasma sube, se inhibe la secreción de éstos últimos.

En general, la mayoría de los mecanismos del organismo que tienden a la conservación de la homeostasis, actúan por un sistema de retroalimentación negativa.

Endocrino

La Endocrinología es la especialidad médica que estudia las glándulas que producen las hormonas; es decir, las glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas.

Glándulas endocrinas



Las glándulas endocrinas segregan hormonas (mensajeros químicos) en el torrente sanguíneo, para que éste las transporte a diversos órganos y tejidos en todo el cuerpo. Por ejemplo, el páncreas segrega insulina, que le permite al cuerpo regular los niveles de azúcar en la sangre. La glándula tiroidea recibe instrucciones de la pituitaria para segregar hormonas que determinan el ritmo de la actividad química en el cuerpo (a más hormonas en la sangre, más rápida es la actividad química y, a menos hormonas, más lenta es ésta).

Los endocrinólogos estudian los efectos normales de las secreciones de estas glándulas, y los trastornos derivados del mal funcionamiento de las mismas. Las glándulas endocrinas más importantes son:

- la hipófisis y el hipotálamo
- la glándula tiroidea

- las paratiroides
- el páncreas
- las suprarrenales
- los ovarios
- los testículos

El Sistema Endocrino es el conjunto de órganos y tejidos del organismo que liberan un tipo de sustancias llamadas hormonas. Pulsa aquí para ver una animación (flash). Los órganos endocrinos también se denominan glándulas sin conducto o glándulas endocrinas, debido a que sus secreciones se liberan directamente en el torrente sanguíneo, mientras que las glándulas exocrinas liberan sus secreciones sobre la superficie interna o externa de los tejidos cutáneos, la mucosa del estómago o el revestimiento de los conductos pancreáticos. Las hormonas secretadas por las glándulas endocrinas regulan el crecimiento, desarrollo y las funciones de muchos tejidos, y coordinan los procesos metabólicos del organismo.

Los tejidos que producen hormonas se pueden clasificar en tres grupos: glándulas endocrinas, cuya función es la producción exclusiva de hormonas; glándulas endo-exocrinas, que producen también otro tipo de secreciones además de hormonas; y ciertos tejidos no glandulares, como el tejido nervioso del sistema nervioso autónomo, que produce sustancias parecidas a las hormonas.

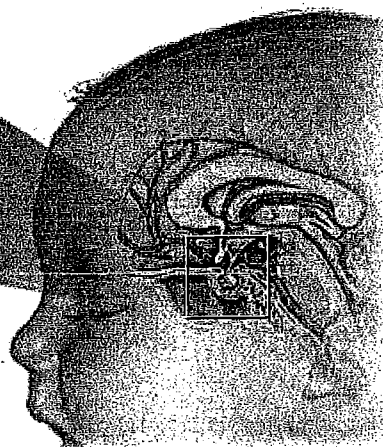
Hipófisis

La hipófisis, también llamada glándula pituitaria, está formada por tres lóbulos: el anterior, el intermedio, que en los primates sólo existe durante un corto periodo de la vida, y el posterior. Se localiza en la base del cerebro y se ha denominado la "glándula principal". Los lóbulos anterior y posterior de la hipófisis segregan hormonas diferentes.

La hipófisis



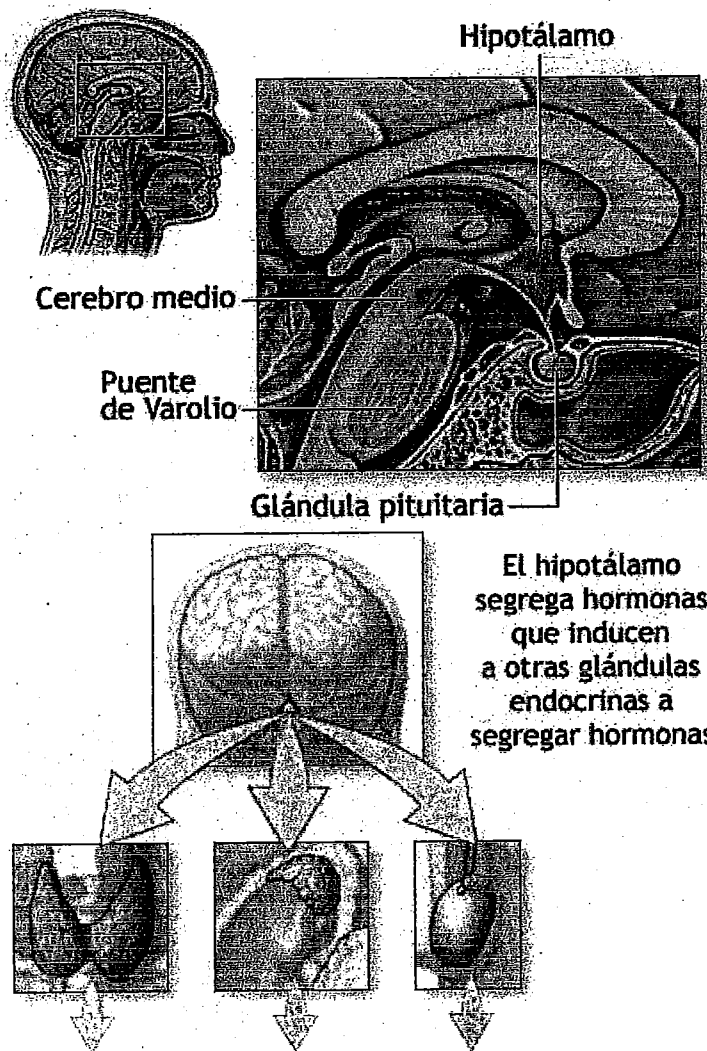
La pituitaria segrega hormonas esenciales para el crecimiento y la reproducción.



La hipófisis es una glándula que está adherida a la base del cerebro y que secreta hormonas que gobiernan el inicio de la pubertad, la evolución sexual y la función reproductiva.

El lóbulo anterior de la hipófisis libera varias hormonas que estimulan la función de otras glándulas endocrinas, por ejemplo, la adrenocorticotropina, hormona adrenocorticotropa o ACTH, que estimula la corteza suprarrenal; la hormona estimulante de la glándula tiroides o tirotrópica (TSH) que controla el tiroides; la hormona estimulante de los folículos o foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que estimulan las glándulas sexuales; y la prolactina, que, al igual que otras hormonas especiales, influye en la producción de leche por las glándulas mamarias. La hipófisis anterior es fuente de producción de la hormona del crecimiento o somatotropina, que favorece

el desarrollo de los tejidos del organismo, en particular la matriz ósea y el músculo, e influye sobre el metabolismo de los hidratos de carbono. La hipófisis anterior también secreta una hormona denominada estimuladora de los melanocitos, que estimula la síntesis de melanina en las células pigmentadas o melanocitos. En la década de 1970, los científicos observaron que la hipófisis anterior también producía sustancias llamadas endorfinas, que son péptidos que actúan sobre el sistema nervioso central y periférico para reducir la sensibilidad al dolor.



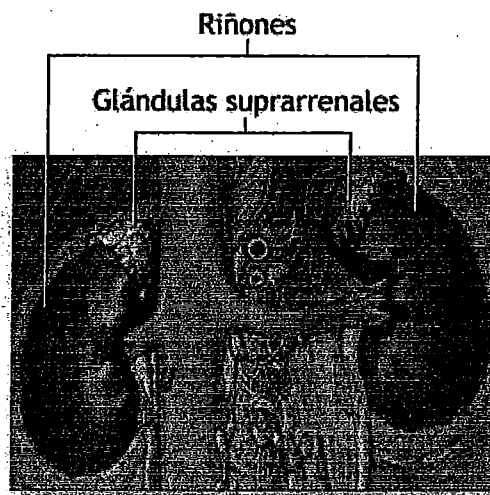
El hipotálamo, porción del cerebro de donde deriva la hipófisis, produce las hormonas "controladoras". Estas hormonas regulan procesos corporales tales como el metabolismo y controlan la liberación de hormonas de glándulas como la tiroides, las suprarrenales y las gónadas (testículos u ovarios). También secreta una hormona antidiurética (que controla la excreción de agua) denominada vasopresina, que circula y se almacena en el lóbulo posterior de la hipófisis. La vasopresina controla la cantidad de agua excretada por los riñones e incrementa la presión sanguínea. El lóbulo posterior de la hipófisis también almacena una hormona fabricada por el hipotálamo llamada oxitocina. Esta hormona estimula las contracciones

musculares, en especial del útero, y la excreción de leche por las glándulas mamarias.

La secreción de tres de las hormonas de la hipófisis anterior está sujeta a control hipotalámico por los factores liberadores: la secreción de tirotropina está estimulada por el factor liberador de tirotropina (TRF), y la de hormona luteinizante, por la hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH). La dopamina elaborada por el hipotálamo suele inhibir la liberación de prolactina por la hipófisis anterior. Además, la liberación de la hormona de crecimiento se inhibe por la somatostatina, sintetizada también en el páncreas. Esto significa que el cerebro también funciona como una glándula.

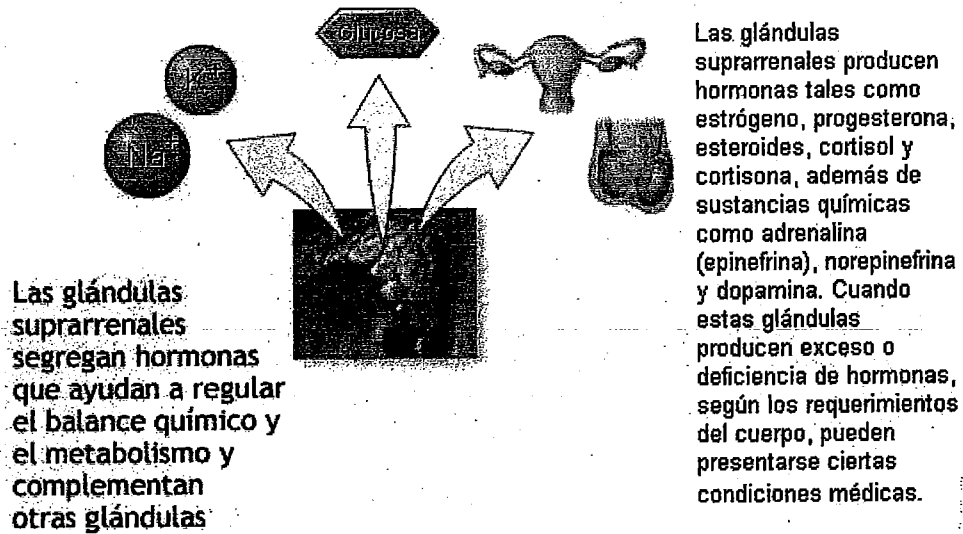
Glándulas suprarrenales

Las dos glándulas se localizan sobre los riñones.



Glándulas de forma triangular, situadas sobre los riñones, que producen hormonas tales como estrógeno, progesterona, esteroides, cortisol y cortisona, además de sustancias químicas como adrenalina (epinefrina), norepinefrina y dopamina.

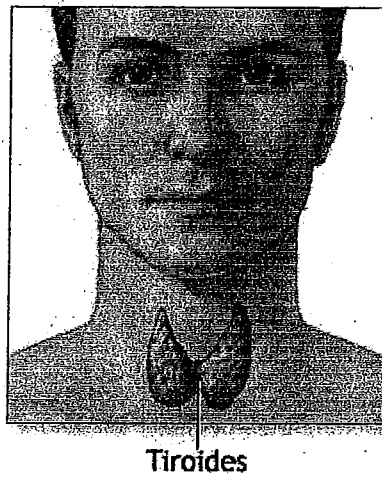
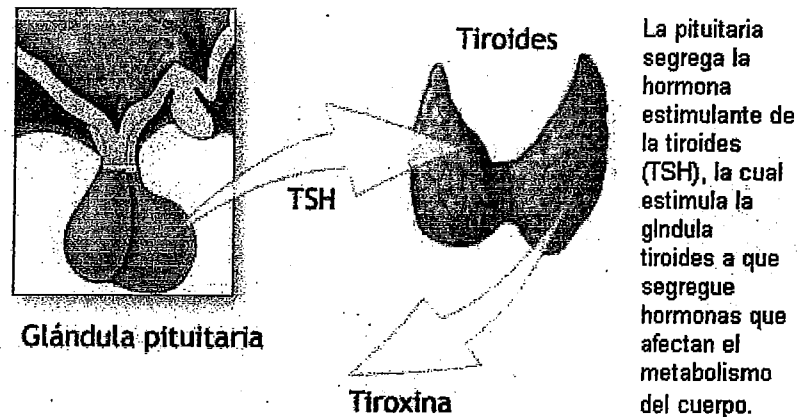
Cada glándula suprarrenal está formada por una zona interna denominada médula y una zona externa que recibe el nombre de corteza.



La médula suprarrenal produce adrenalina, llamada también epinefrina, y noradrenalina, que afecta a un gran número de funciones del organismo. Estas sustancias estimulan la actividad del corazón, aumentan la tensión arterial, y actúan sobre la contracción y dilatación de los vasos sanguíneos y la musculatura. La adrenalina eleva los niveles de glucosa en sangre (glucemia). Todas estas acciones ayudan al organismo a enfrentarse a situaciones de urgencia de forma más eficaz. La corteza suprarrenal elabora un grupo de hormonas denominadas glucocorticoides, que incluyen la corticosterona y el cortisol, y los mineralocorticoides, que incluyen la aldosterona y otras sustancias hormonales esenciales para el mantenimiento de la vida y la adaptación al estrés. Las secreciones suprarrenales regulan el equilibrio de agua y sal del organismo, influyen sobre la tensión arterial, actúan sobre el sistema linfático, influyen sobre los mecanismos del sistema inmunológico y regulan el metabolismo de los glúcidos y de las proteínas. Además, las glándulas suprarrenales también producen pequeñas cantidades de hormonas masculinas y femeninas.

Tiroides

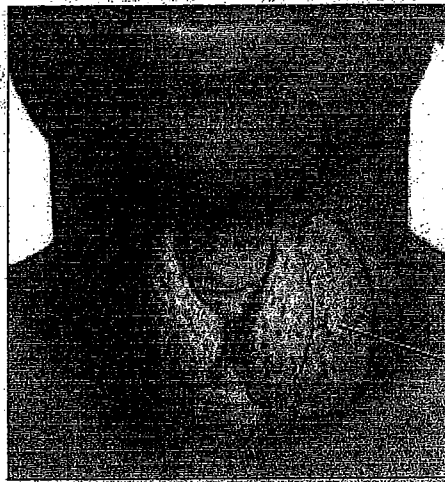
La tiroides (pulsar aquí para ver una foto) es una glándula bilobulada situada en el cuello (ver una imagen microscópica de los folículos tiroideos).



Las hormonas tiroideas, la tiroxina y la triyodotironina aumentan el consumo de oxígeno y estimulan la tasa de actividad metabólica, regulan el crecimiento y la maduración de los tejidos del organismo y actúan sobre el estado de alerta físico y mental. El tiroides también secreta una hormona denominada calcitonina, que disminuye los niveles de calcio en la sangre e inhibe su reabsorción ósea.

Hipertiroidismo

Hipertiroidismo causado por el adenoma tiroideo



Tiroides hipertrófica (bocio)

El hipertiroidismo o tirotoxicosis es el resultado de la presencia de cantidades excesivas de hormona tiroidea en el cuerpo. Las causas de este exceso de hormona pueden ser: tumores de la tiroides o de la pituitaria o los ovarios, siendo estos dos últimos poco comunes; la inflamación de la tiroides o la ingestión de cantidades excesivas de hormona tiroidea o de yodo. Aquellos con niveles altos de hormona tiroidea experimentan intolerancia al calor, aumento de la energía, dificultad para dormir, diarrea y ansiedad.

Glándulas paratiroides

Las glándulas paratiroides se localizan en un área cercana o están inmersas en la glándula tiroides (pulsar aquí para ver una imagen microscópica de esta glándula).



Glándulas paratiroides

Las glándulas paratiroides están ubicadas en la parte frontal de la base del cuello, alrededor de la glándula tiroides, y producen la hormona paratiroidea. Esta hormona regula el balance del magnesio calcio y fósforo en la sangre y en los huesos, manteniendo un equilibrio entre los niveles de minerales en la sangre y en los huesos.

La hormona paratiroidea o parathormona regula los niveles sanguíneos de calcio y fósforo y estimula la reabsorción de hueso.

Ovarios

Los ovarios son los órganos femeninos de la reproducción, o gónadas femeninas. Son estructuras pares con forma de almendra situadas a ambos lados del útero. Los folículos ováricos producen óvulos, o huevos, y también segregan un grupo de hormonas denominadas estrógenos, necesarias para el desarrollo de los órganos reproductores y de las características sexuales secundarias, como distribución de la grasa, amplitud de la pelvis, crecimiento de las mamas y vello púbico y axilar.

AUN CREEES
QUE TE
TRAJO UNA
CIGUENA?

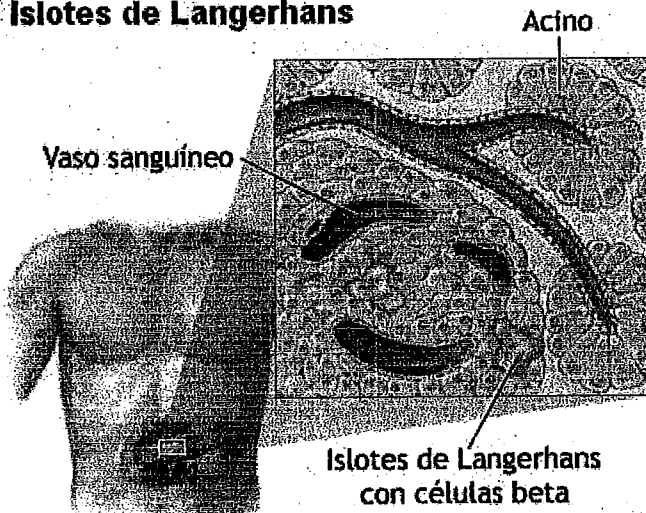
La progesterona ejerce su acción principal sobre la mucosa uterina en el mantenimiento del embarazo. También actúa junto a los estrógenos favoreciendo el crecimiento y la elasticidad de la vagina. Los ovarios también elaboran una hormona llamada relaxina, que actúa sobre los ligamentos de la pelvis y el cuello del útero y provoca su relajación durante el parto, facilitando de esta forma el alumbramiento.

Testículos

Las gónadas masculinas o testículos son cuerpos ovoideos pares que se encuentran suspendidos en el escroto. Las células de Leydig de los testículos producen una o más hormonas masculinas, denominadas andrógenos. La más importante es la testosterona, que estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, influye sobre el crecimiento de la próstata y vesículas seminales, y estimula la actividad secretora de estas estructuras. Los testículos también contienen células que producen gametos masculinos o espermatozoides. Véase Aparato reproductor.

Páncreas

Islotes de Langerhans



Los islotes de Langerhans contienen células beta y se localizan dentro del páncreas. Las células beta producen insulina, necesaria para el metabolismo de la glucosa en el cuerpo.

endocrinas,

denominados islotes de Langerhans, distribuidos por todo el tejido que secretan insulina y glucagón. La insulina actúa sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, aumentando la tasa de utilización de la glucosa y favoreciendo la formación de proteínas y el almacenamiento de grasas. El glucagón aumenta de forma transitoria los niveles de azúcar en la sangre mediante la liberación de glucosa procedente del hígado.

Más información en esta web: Diabetes mellitus

Placenta



La placenta, un órgano formado durante el embarazo a partir de la membrana que rodea al feto, asume diversas funciones endocrinas de la hipófisis y de los ovarios que son importantes en el

embarazo. Secreta la hormona denominada gonadotropina coriónica, sustancia presente en la orina durante la gestación y que constituye la base de las pruebas de embarazo. La placenta produce progesterona y estrógenos, somatotropina coriónica (una hormona con algunas de las características de la hormona del crecimiento), lactógeno placentario y hormonas lactogénicas. Véase Fecundación, embarazo y parto.

Otros órganos

Otros tejidos del organismo producen hormonas o sustancias similares. Los riñones secretan un agente denominado renina que activa la hormona angiotensina elaborada en el hígado. Esta hormona eleva a su vez la tensión arterial, y se cree que es provocada en gran parte por la estimulación de las glándulas suprarrenales. Los riñones también elaboran una hormona llamada eritropoyetina, que estimula la producción de glóbulos rojos por la médula ósea. El tracto gastrointestinal fabrica varias sustancias que regulan las funciones del aparato digestivo, como la gastrina del estómago, que estimula la secreción ácida, y la secretina y colecistoquinina del intestino delgado, que estimulan la secreción de enzimas y hormonas pancreáticas. La colecistoquinina provoca también la contracción de la vesícula biliar. En la década de 1980, se observó que el corazón también segregaba una hormona, llamada factor natriurético auricular, implicada en la regulación de la tensión arterial y del equilibrio hidroelectrolítico del organismo.

La confusión sobre la definición funcional del sistema endocrino se debe al descubrimiento de que muchas hormonas típicas se observan en lugares donde no ejercen una actividad hormonal. La noradrenalina está presente en las terminaciones nerviosas, donde transmite los impulsos nerviosos. Los componentes del sistema renina-angiotensina se han encontrado en el cerebro, donde se desconocen sus funciones. Los péptidos intestinales gastrina, colecistoquinina, péptido intestinal vasoactivo (VIP) y el péptido inhibidor gástrico (GIP) se han localizado también en el cerebro. Las endorfinas están presentes en el intestino, y la hormona del crecimiento aparece en las células de los islotes de Langerhans. En el páncreas, la hormona del crecimiento parece actuar de forma local inhibiendo la liberación de insulina y glucagón a partir de las células endocrinas.

Metabolismo hormonal

Las hormonas conocidas pertenecen a tres grupos químicos: proteínas, esteroides y aminos. Aquellas que pertenecen al grupo de las proteínas o polipéptidos incluyen las hormonas producidas por la hipófisis anterior, paratiroides, placenta y páncreas. En el grupo de esteroides se encuentran las hormonas de la corteza suprarrenal y las gónadas. Las aminos son producidas por la médula suprarrenal y el tiroides. La síntesis de hormonas tiene lugar en el interior de las células y, en la mayoría de los casos, el producto se almacena en su interior hasta que es liberado en la sangre. Sin embargo, el tiroides y los ovarios contienen zonas especiales para el almacenamiento de hormonas.

La liberación de las hormonas depende de los niveles en sangre de otras hormonas y de ciertos productos metabólicos bajo influencia hormonal, así como de la estimulación nerviosa. La producción de las hormonas de la hipófisis anterior se inhibe cuando las producidas por la glándula diana (target) particular, la corteza suprarrenal, el tiroides o las gónadas circulan en la sangre. Por ejemplo, cuando hay una cierta cantidad de hormona tiroidea en el torrente sanguíneo la hipófisis interrumpe la producción de hormona estimulante del tiroides hasta que el nivel de hormona tiroidea descienda. Por lo tanto, los niveles de hormonas circulantes se mantienen en un equilibrio constante. Este mecanismo, que se conoce como homeostasis o realimentación negativa, es similar al sistema de activación de un termostato por la temperatura de una habitación para encender o apagar una caldera.

La administración prolongada procedente del exterior de hormonas adrenocorticales, tiroideas o sexuales interrumpe casi por completo la producción de las correspondientes hormonas estimulantes de la hipófisis, y provoca la atrofia temporal de las glándulas diana. Por el contrario, si la producción de las glándulas diana es muy inferior al nivel normal, la producción continua de hormona estimulante por la hipófisis produce una hipertrofia de la glándula, como en el bocio por déficit de yodo.

La liberación de hormonas está regulada también por la cantidad de sustancias circulantes en sangre, cuya presencia o utilización queda bajo control hormonal. Los altos niveles de glucosa en la sangre estimulan la producción y liberación de insulina (ver diabetes mellitus) mientras que los niveles reducidos estimulan a las glándulas suprarrenales para producir adrenalina y glucagón; así se mantiene el equilibrio en el metabolismo de los hidratos de carbono. De igual manera, un déficit de calcio en la sangre estimula la secreción de hormona paratiroidea, mientras que los niveles elevados estimulan la liberación de calcitonina por el tiroides.

La función endocrina está regulada también por el sistema nervioso, como lo demuestra la respuesta suprarrenal al estrés. Los distintos órganos endocrinos están sometidos a diversas formas de control nervioso. La médula suprarrenal y la hipófisis posterior son glándulas con rica inervación y controladas de modo directo por el sistema nervioso. Sin embargo, la corteza suprarrenal, el tiroides y las gónadas, aunque responden a varios estímulos nerviosos, carecen de inervación específica y mantienen su función cuando se trasplantan a otras partes del organismo. La hipófisis anterior tiene inervación escasa, pero no puede funcionar si se trasplanta.

Se desconoce la forma en que las hormonas ejercen muchos de sus efectos metabólicos y morfológicos. Sin embargo, se piensa que los efectos sobre la función de las células se deben a su acción sobre las membranas celulares o enzimas, mediante la regulación de la expresión de los genes o mediante el control de la liberación de iones u otras moléculas pequeñas. Aunque en

apariciencia no se consumen o se modifican en el proceso metabólico, las hormonas pueden ser destruidas en gran parte por degradación química. Los productos hormonales finales se excretan con rapidez y se encuentran en la orina en grandes cantidades, y también en las heces y el sudor.

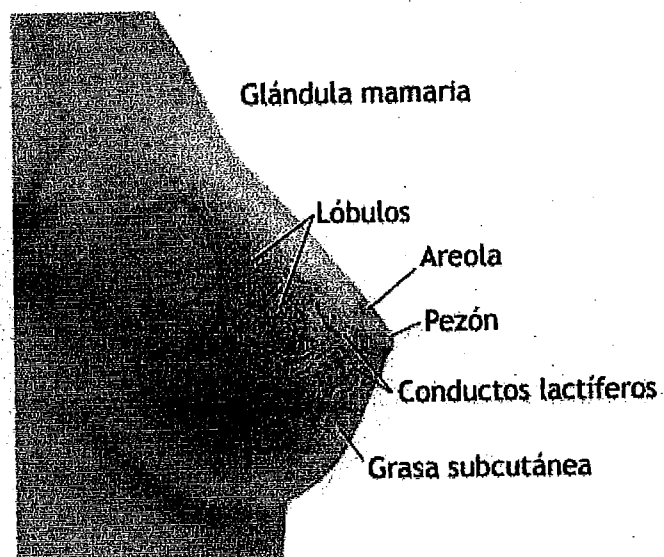
Ciclos endocrinos

El sistema endocrino ejerce un efecto regulador sobre los ciclos de la reproducción, incluyendo el desarrollo de las gónadas, el periodo de madurez funcional y su posterior envejecimiento, así como el ciclo menstrual y el periodo de gestación. El patrón cíclico del estro, que es el periodo durante el cual es posible el apareamiento fértil en los animales, está regulado también por hormonas.

La pubertad, la época de maduración sexual, está determinada por un aumento de la secreción de hormonas hipofisarias estimuladoras de las gónadas o gonadotropinas, que producen la maduración de los testículos u ovarios y aumentan la secreción de hormonas sexuales. A su vez, las hormonas sexuales actúan sobre los órganos sexuales auxiliares y el desarrollo sexual general.

En la mujer, la pubertad está asociada con el inicio de la menstruación y de la ovulación. La ovulación, que es la liberación de un óvulo de un folículo ovárico, se produce aproximadamente cada 28 días, entre el día 10 y el 14 del ciclo menstrual en la mujer. La primera parte del ciclo está marcada por el periodo menstrual, que abarca un promedio de tres a cinco días, y por la maduración del folículo ovárico bajo la influencia de la hormona foliculoestimulante procedente de la hipófisis. Después de la ovulación y bajo la influencia de otra hormona, la llamada luteinizante, el folículo vacío forma un cuerpo endocrino denominado cuerpo lúteo, que secreta progesterona, estrógenos, y es probable que durante el embarazo, relaxina. La progesterona y los estrógenos preparan la mucosa uterina para el embarazo. Si éste no se produce, el cuerpo lúteo involuciona, y la mucosa uterina, privada del estímulo hormonal, se desintegra y descama produciendo la hemorragia menstrual. El patrón rítmico de la menstruación está explicado por la relación recíproca inhibición-estimulación entre los estrógenos y las hormonas hipofisarias estimulantes de las gónadas.

Si se produce el embarazo, la secreción placentaria de gonadotropinas, progesterona y estrógenos mantiene el cuerpo lúteo y la mucosa uterina, y prepara las mamas para la producción de leche o lactancia. La secreción de estrógenos y progesterona es elevada durante el embarazo y alcanza su nivel máximo justo antes del nacimiento. La lactancia se produce poco después del parto, presumiblemente como resultado de los cambios en el



equilibrio hormonal tras la separación de la placenta.

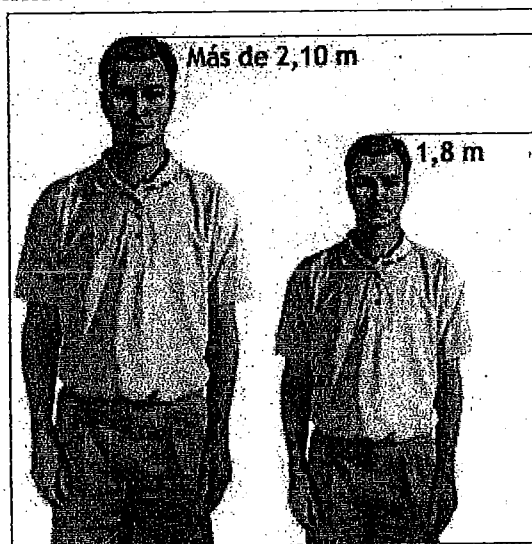
Con el envejecimiento progresivo de los ovarios, y el descenso de su producción de estrógenos, tiene lugar la menopausia. En este periodo la secreción de gonadotropinas aumenta como resultado de la ausencia de inhibición estrogénica. En el hombre el periodo correspondiente está marcado por una reducción gradual de la secreción de andrógenos.

Trastornos de la función endocrina

Las alteraciones en la producción endocrina se pueden clasificar como de hiperfunción (exceso de actividad) o hipofunción (actividad insuficiente). La hiperfunción de una glándula puede estar causada por un tumor productor de hormonas que es benigno o, con menos frecuencia, maligno. La hipofunción puede deberse a defectos congénitos, cáncer, lesiones inflamatorias, degeneración, trastornos de la hipófisis que afectan a los órganos diana, traumatismos, o, en el caso de enfermedad tiroidea, déficit de yodo. La hipofunción puede ser también resultado de la extirpación quirúrgica de una glándula o de la destrucción por radioterapia.

La hiperfunción de la hipófisis anterior con sobreproducción de hormona del crecimiento provoca en ocasiones gigantismo o acromegalia, o si se produce un exceso de producción de hormona estimulante de la corteza suprarrenal, puede resultar un grupo de síntomas conocidos como síndrome de Cushing que incluye hipertensión, debilidad, policitemia, estrías cutáneas purpúreas, y un tipo especial de obesidad. La deficiencia de la hipófisis anterior conduce a enanismo (si aparece al principio de la vida), ausencia de desarrollo sexual, debilidad, y en algunas ocasiones desnutrición grave. Una disminución de la actividad de la corteza suprarrenal origina la enfermedad de Addison, mientras que la actividad excesiva puede provocar el síndrome de Cushing u originar virilismo, aparición de caracteres sexuales secundarios masculinos en mujeres y niños. Las alteraciones de la función de las gónadas afecta sobre todo al desarrollo de los caracteres sexuales primarios y secundarios. Las deficiencias tiroideas producen cretinismo y enanismo en el lactante, y mixedema, caracterizado por rasgos toscos y disminución de las reacciones físicas y mentales, en el adulto. La hiperfunción tiroidea (enfermedad de Graves, bocio tóxico) se caracteriza por abultamiento de los ojos, temblor y sudoración, aumento de la frecuencia del pulso, palpitaciones cardiacas e irritabilidad nerviosa. La diabetes insípida se debe al déficit de

Macrosomía



La macrosomía es la condición que se caracteriza por tener un cuerpo extrañamente grande. El cuerpo está en proporción con las extremidades y la cabeza, que también son grandes. Los trastornos que incluyen esta condición son el gigantismo y la acromegalia.

hormona antidiurética, y la diabetes mellitus, a un defecto en la producción de la hormona pancreática insulina, o puede ser consecuencia de una respuesta inadecuada del organismo.

ANATOMÍA DEL SISTEMA URINARIO Y SISTEMA REPRODUCTOR

SISTEMA URINARIO

LOS RIÑONES

Los riñones son dos glándulas que secretan la orina. Están situados, a ambos lados, en la parte alta de la pared abdominal, en el retroperitoneo, y en contacto con la última costilla, que lo va a cruzar por su cara posterior. Tienen un polo superior y un polo inferior. El riñón derecho está algo más bajo que el izquierdo.

Está recubierto en el exterior por la *CÁPSULA RENAL*, formada por una membrana fibrosa. En su interior se encuentra el *PARÉNQUIMA RENAL*, que se dispone alrededor de un espacio denominado *SENO RENAL*.

En el parénquima renal podemos diferenciar dos zonas, una más oscura formada por las *PIRÁMIDES DE MALPIGHI* que constituyen la *MÉDULA RENAL*, y otra zona más clara que se encuentra entre la pirámides y por fuera de éstas formando la *CORTEZA RENAL*.

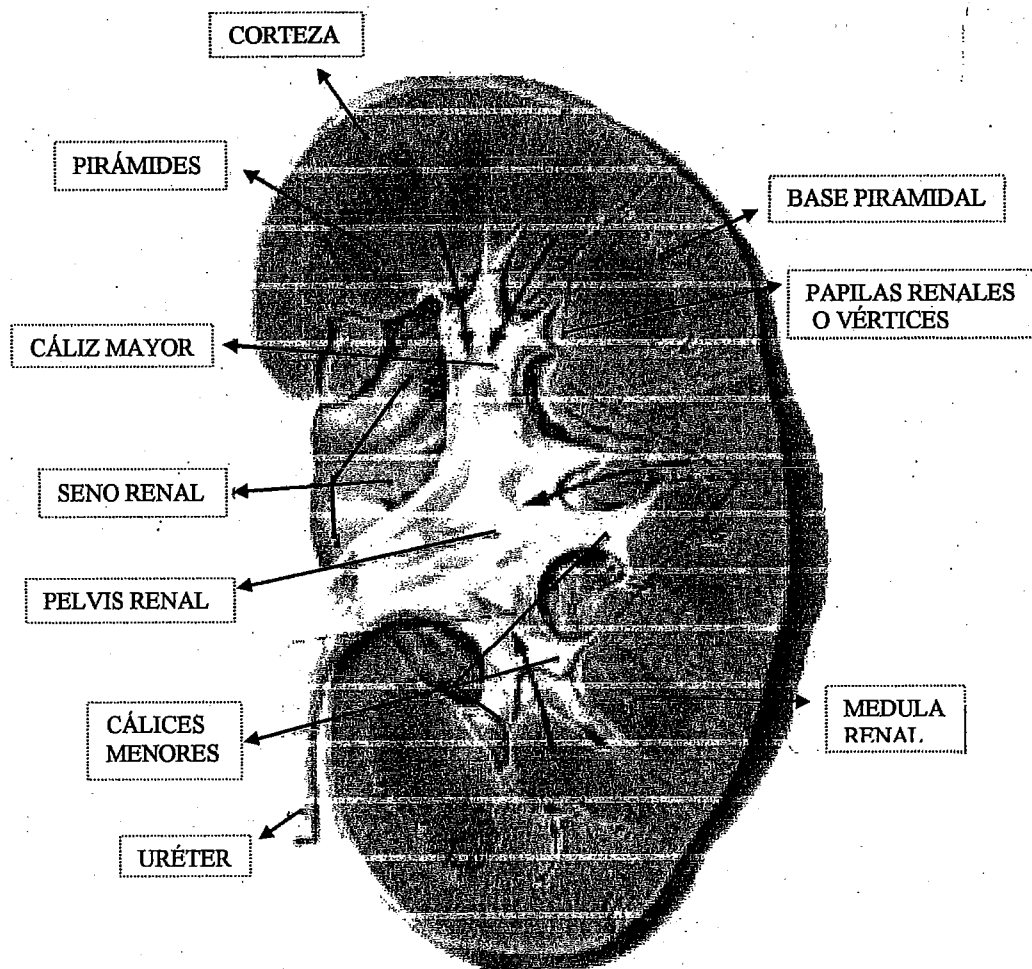
En las pirámides se encuentran unas estructuras llamadas *NEFRONAS*, que componen la unidad estructural del riñón. Es una especie de tubo contorneado donde se produce la formación de la orina por el intercambio de sustancias entre la sangre y el líquido que va por el interior de la nefrona. A su alrededor van a circular arteriolas y vénulas.

El vértice de cada pirámide es la *PAPILA RENAL*, a donde va a desembocar la orina formada en las nefronas. La orina sale de las nefronas a través de unos pequeños conductos llamados *CÁLICES RENALES MENORES* que están situados en el seno renal. Estos conductos se van a ir uniendo de 2 a 3 formando los *CÁLICES RENALES MAYORES*, que a su vez se reúnen en la *PELVIS RENAL* (forma de embudo) para continuarse con el *URÉTER*, saliendo del seno renal.

En el polo superior de cada riñón se encuentra la glándula suprarrenal.

LOS URÉTERES

Son dos conductos de unos 25-30 cm. de largo y 2 cm. de diámetro, uno por cada riñón, que descienden por el retroperitoneo para finalmente desembocar en el interior de la vejiga urinaria por el *MEATO URETRAL*.



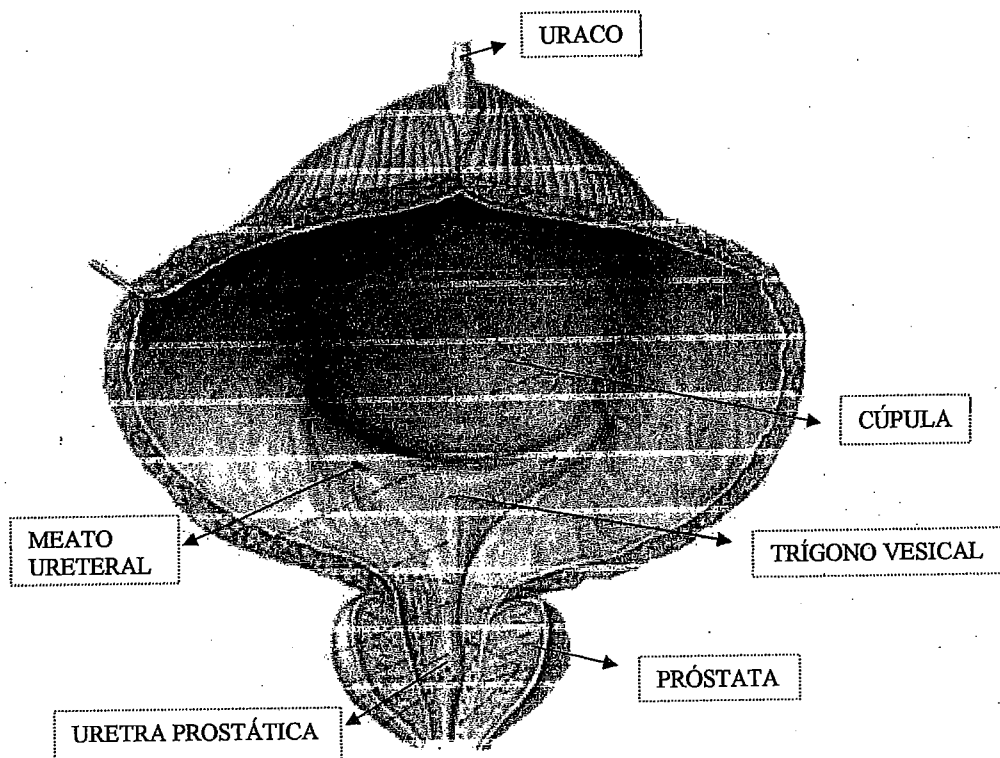
LA VEJIGA URINARIA

Es un órgano que sirve de reservorio para acumular la orina entre una micción y otra, que se realiza de forma voluntaria. Está situada en la parte anterior de la cavidad pélvica, en el hombre delante del recto y en la mujer delante del útero. Cuando está llena, el globo vesical puede ocupar parte de la cavidad abdominal. Tiene una capacidad de 250 cm³ aproximadamente.

Los uréteres desembocan en su pared posterior e inferior.

La parte superior presenta un vértice llamado *URACO*, que es una especie de ligamento que sale de la parte anterior de la vejiga y llega hasta el ombligo de la pared abdominal (es un resto embriológico del cordón umbilical).

En su interior se forma el *TRÍGONO VESICAL O BASE DE LA VEJIGA*, que es una zona más lisa con forma de triángulo que esta delimitada por tres orificios, los dos *MEATOS URETERALES* y el orificio para la *URETRA*. El resto de la vejiga presenta una mucosa más plegada y se conoce como *CÚPULA VESICAL*.



LA URETRA

La uretra femenina es solo urinaria, mientras que la uretra masculina es genitourinaria, porque de ella sale semen y orina, es por ello que estudiaremos esta última con el aparato reproductor masculino.

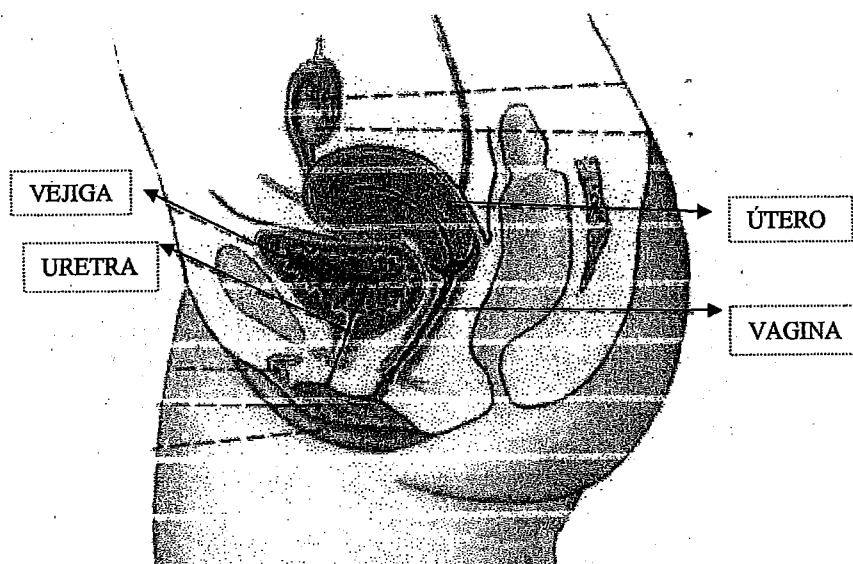
La uretra femenina

Es un conducto de paredes musculares tapizado en su interior por mucosas que presenta una serie de pliegues transversales y longitudinales. Describe una ligera curva de concavidad anterior y mide unos 3 – 4 cm. Se dirige desde la vejiga hasta desembocar en el exterior por el **MEATO URETRAL**, situado en la vulva, unos 2 cm. por detrás del clitoris.

Para controlar la micción se dispone alrededor de la uretra un esfínter interno liso, involuntario, que viene a ser un engrosamiento de las paredes en la zona superior de la uretra y parte inferior de la vejiga, en la inserción de ambas. Alrededor del esfínter liso y del resto de la uretra (parte inferior de ésta) se dispone un esfínter estriado o voluntario formado por un anillo de fibras circulares.

El interior de la uretra tiene unas pequeñas depresiones para que desemboquen las glándulas de la pared uretral.

La uretra atraviesa la musculatura de la pelvis, que forma el **PERINÉ**.



EL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

URETRA

Es un conducto que va desde el cuello de la vejiga urinaria hasta el *MEATO URINARIO*, que desemboca en el *GLANDE DEL PENE*.

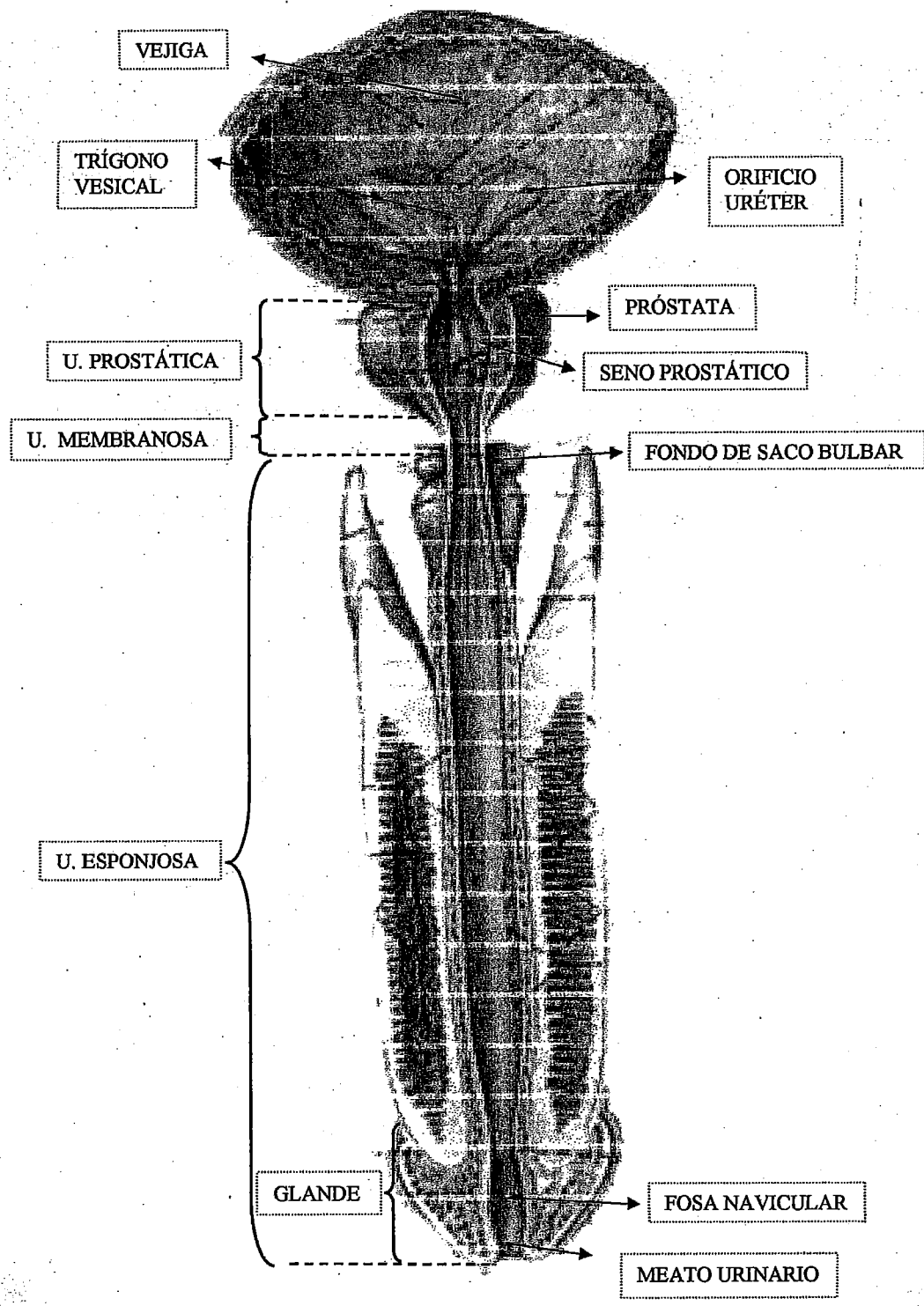
Tiene una porción fija que va desde el cuello de la vejiga urinaria hasta el borde de la sínfisis del pubis, describiendo una curvatura fija que es cóncava hacia delante, y una porción móvil que va desde la sínfisis del pubis hasta el meato urinario.

Cuando el pene está en reposo tiene una curvatura convexa, que desaparece al levantar el pene.

NOTA. Para meter la sonda, se debe levantar el pene.

La uretra atraviesa varias estructuras recibiendo diferentes nombres, *URETRA PROSTÁTICA* al atravesar la próstata, *URETRA MEMBRANOSA* al atravesar el periné (músculo del suelo pelviano) y *URETRA ESPONJOSA* al atravesar el cuerpo esponjoso del pene.

La uretra presenta tres zonas más dilatadas. Hay una zona dilatada en el glande por detrás del meato urinario, *FOSA NAVICULAR*. En la pared anterior de la uretra, en la fosa navicular, existe un repliegue de la mucosa, por eso es mejor apoyar la sonda en la pared posterior, para que no tropiece al entrar. La segunda zona dilatada se encuentra en la entrada al cuerpo esponjoso, *FONDO DE SACO BULBAR*. La tercera dilatación está en la uretra prostática, *SENO PROSTÁTICO*.



TESTÍCULOS

Tienen forma ovalada y son las glándulas seminales del hombre, donde se producen los espermatozoides y se secretan las hormonas masculinas.

Están colocados en la parte anterior del periné, fuera de la cavidad pelviana, aunque su desarrollo en el feto se produce dentro del abdomen, descendiendo luego por el conducto inguinal.

Están recubiertos por varias capas de tejido muscular, tejido membranoso y una capa de piel llamada *ESCROTO*.

En la parte posterior del testículo hay una estructura alargada denominada *EPIDÍDIMO*. Testículos y epidídimo están recubiertos por una capa fibrosa llamada *ALBUGÍNEA TESTICULAR*.

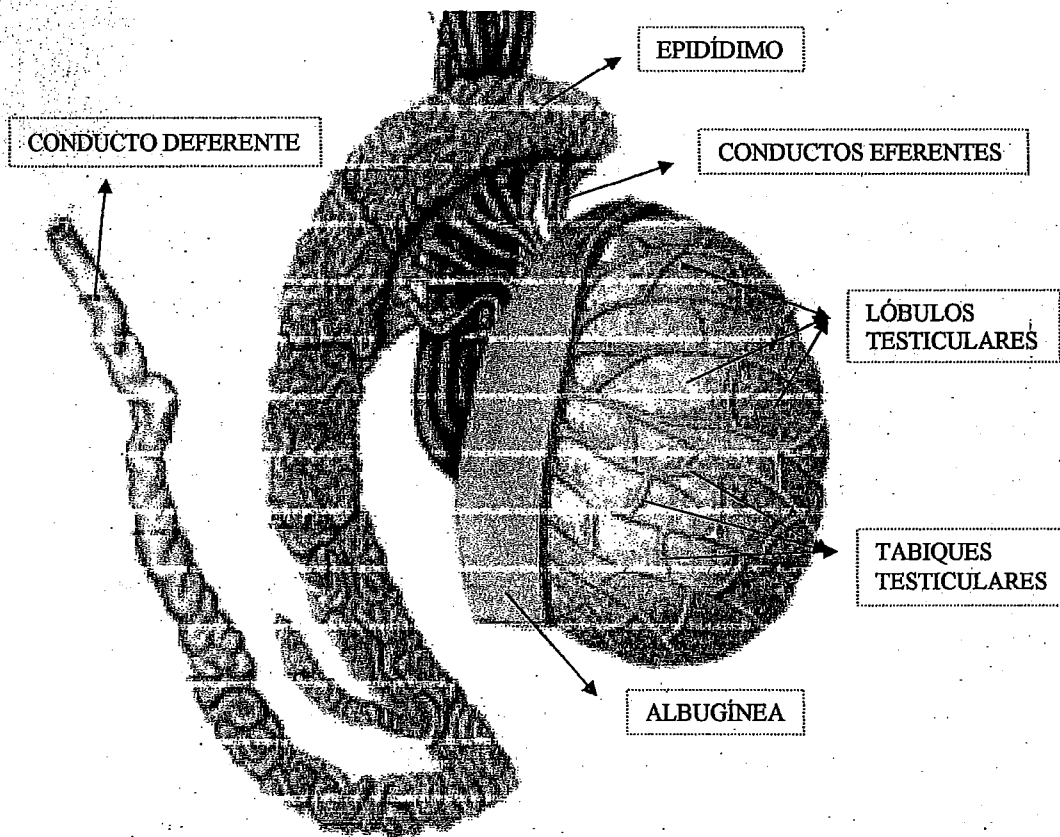
En la parte posterior del testículo la Albugínea se engrosa formando el *CUERPO HIGMORE*, del que parten tabiques fibrosos hacia el interior del testículo, dividiéndolo en muchos *LÓBULOS ESPERMÁTICOS* (200 o 300 lóbulos espermáticos por testículo).

Dentro de los lóbulos espermáticos del testículo se encuentran los *CONDUCTOS SEMINALES*, que son los que producen *ESPERMA*. El resto de conductos sólo lo transportan.

Los conductos seminales se continúan con los *CONDUCTOS RECTOS* que salen, uno de cada lóbulo, para llegar a la *RED DE HALLER*, red de conductos que se encuentra en el cuerpo de Higmore.

La Red de Haller se continúa con los *CONDUCTOS O CONOS EFERENTES*, que salen del testículo formando parte del epidídimo. Luego se continúa con el *CONDUCTO EPIDIDIMARIO* que recorre toda la longitud del epidídimo, cuyo extremo inferior se continúa con el *CONDUCTO DEFERENTE*, localizado entre el epidídimo y la *VESÍCULA SEMINAL*. Mide más de 40 cm. y se dirige hacia la cara posterior de la vejiga.

Todos los vasos y el conducto deferente se agrupan dando lugar al *CORDÓN ESPERMÁTICO*, que entra en la pelvis a través del *CONDUCTO INGUINAL*, por encima del *LIGAMENTO INGUINAL*.



LAS VESÍCULAS SEMINALES

Son dos estructuras alargadas que se encuentran en la parte posterior de la vejiga, por encima de la próstata y por delante del recto. Presentan una superficie rugosa e irregular por encontrarse plegados.

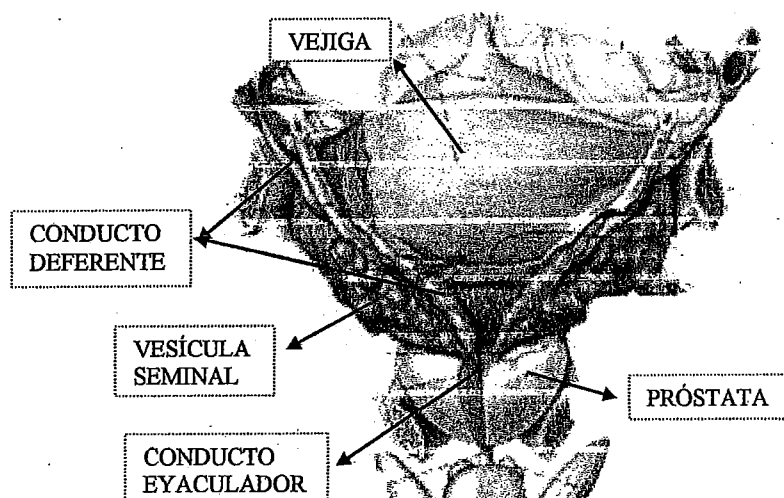
Las vesículas seminales son el reservorio del esperma hasta el momento de la eyaculación. Se unen a los conductos deferentes dando lugar a los **CONDUCTOS EYACULADORES**, que atraviesan la próstata y desembocan en la uretra prostática.

PRÓSTATA

Se halla por debajo de la vejiga y por delante del recto, rodeando a la uretra prostática. Se va desarrollando hasta los 20-25 años quedando estacionada hasta los 40-50, luego puede aumentar de tamaño originando una hipertrofia prostática, que conlleva problemas miccionales por la compresión de la vejiga. Se tiene que controlar el riesgo ya que puede derivarse un cáncer. La prueba exploratoria básica en un estudio de próstata es un tracto rectal.

La próstata está formada por un cúmulo de glándulas que producen un líquido de aspecto lechoso que se une al líquido espermático ayudando a su conservación.

Tiene forma de castaña o de pirámide invertida. La base está alrededor del esfínter liso de la uretra. El esfínter estriado se dispone por fuera de la próstata, por debajo del pico o vértice prostático, cubriendo también parte de la uretra membranosa.



PENE

Es el órgano del aparato reproductor masculino mediante el cual se lleva a cabo la copulación.

Está situado delante de la sínfisis del pubis, justo encima de las bolsas escrotales.

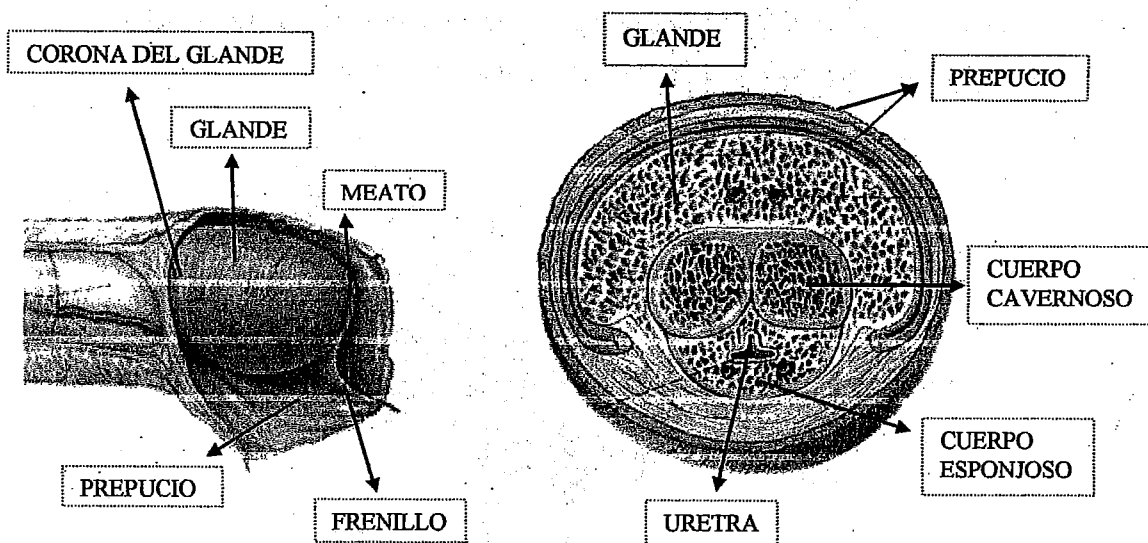
El pene tiene tres cuerpos eréctiles, dos *CAVERNOSOS* y uno *ESPONJOSO*. Tiene una porción posterior denominada *RAÍZ DEL PENE*, y una porción libre que está formada por el resto es el *CUERPO* y el *GLANDE*, (lo más anterior).

Los cuerpos cavernosos están situados uno junto al otro en el plano dorsal del pene, mientras que el cuerpo esponjoso, que recubre totalmente la uretra esponjosa, está situado en parte ventral de los cuerpos cavernosos, en un surco que se forma entre ambos.

El glándula se forma por una expansión del cuerpo esponjoso en su parte más anterior. La parte posterior del glándula es la *BASE O CORONA DEL GLÁNDE* y la parte anterior es donde desemboca el meato urinario.

Alrededor del glándula hay un repliegue de piel en forma de manguito que se llama *PREPUCIO*. Este repliegue es elástico para retraerse dejando al descubierto el glándula en el momento de la erección.

Cuando el prepucio es menor que el glándula no le deja salir, lo que se conoce como fimosis, cuya operación es la circuncisión o extirpación del prepucio.



EL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

EL ÚTERO

Está situado en la pelvis, entre la vejiga urinaria y el recto. Suele estar recostada sobre la vejiga. Sus fibras musculares se disponen en varias direcciones para darle resistencia.

Está formado por tres capas, una externa fibrosa llamada *PERIMETRIO*, la capa muscular llamada *MIOMETRIO*, cuyas contracciones permiten la perfecta expulsión del feto en el momento del parto, y una interior serosa que se llama *ENDOMETRIO*.

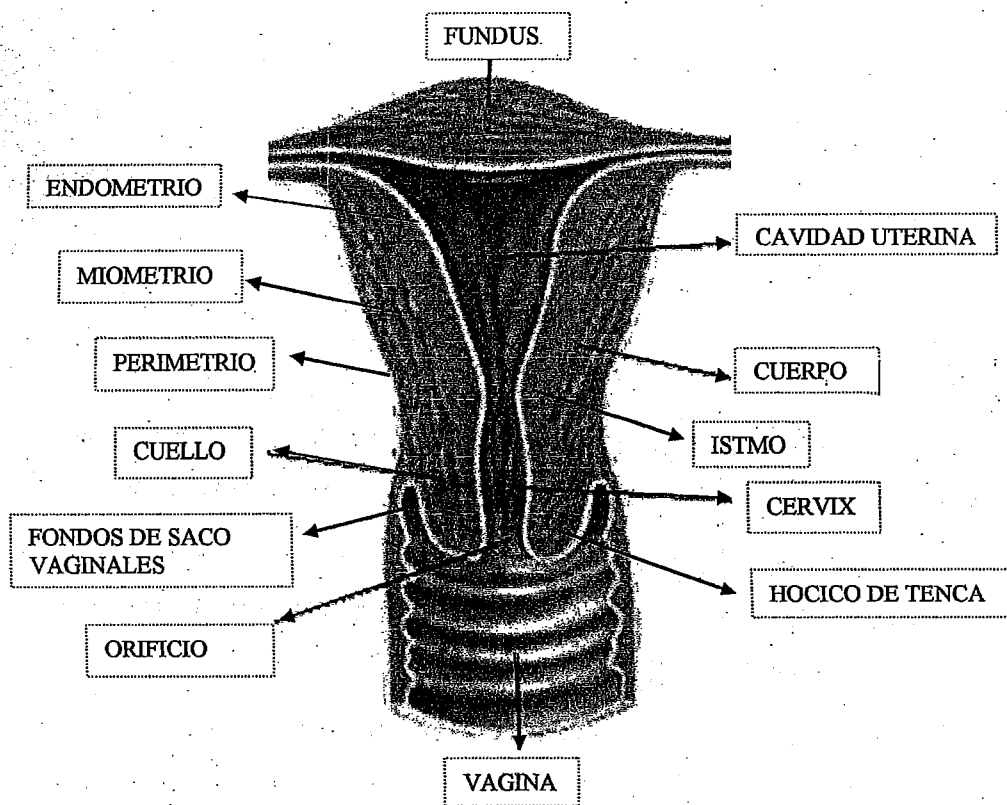
Tiene forma cónica o de pera. El *CUERPO DEL ÚTERO* lo forman los 2/3 superiores y el *CUELLO DEL ÚTERO* el 1/3 inferior. Entre ambas partes hay un estrechamiento o *ISTMO DEL ÚTERO*.

La parte superior del cuerpo se conoce como *FONDO DEL ÚTERO*, por encima de la línea media que une los orificios de salida de las *TROMPAS UTERINAS*, que salen a cada lado del cuerpo uterino. El cuello del útero en su parte inferior se proyecta dentro de la vagina. Esta parte del cuello se conoce como *HOCICO DE TENCA*, y presenta un orificio *UTEROVAGINAL* que comunica la cavidad uterina con la vagina.

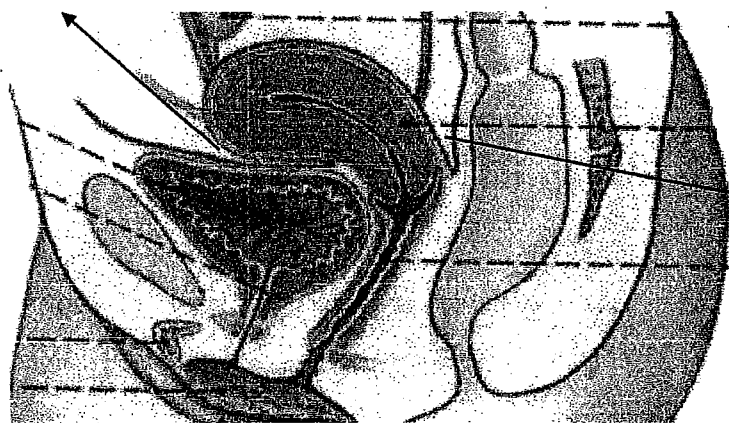
Tiene varios ligamentos que lo unen a los órganos vecinos para mantener su posición. El útero es un órgano subperitoneal. El peritoneo forma un fondo de saco entre la vejiga y el útero llamado *FONDO DE SACO VESICOUTERINO* o *UTEROVESICAL* y otro saco de fondo en su cara posterior que es el *FONDO DE SACO RECTOUTERINO* o *FONDO DE DOUGLAS*, donde se acumulan los líquidos de una peritonitis.

El ligamento ancho es uno de los medios de sujeción del útero. Está formado por peritoneo que queda a los lados del útero, por debajo de las trompas después de cubrirlas y llega a la pared pelviana.

En el interior del útero se lleva a cabo la implantación o anidación del óvulo fecundado y su posterior desarrollo



FONDO DE SACO VESICOUTERINO

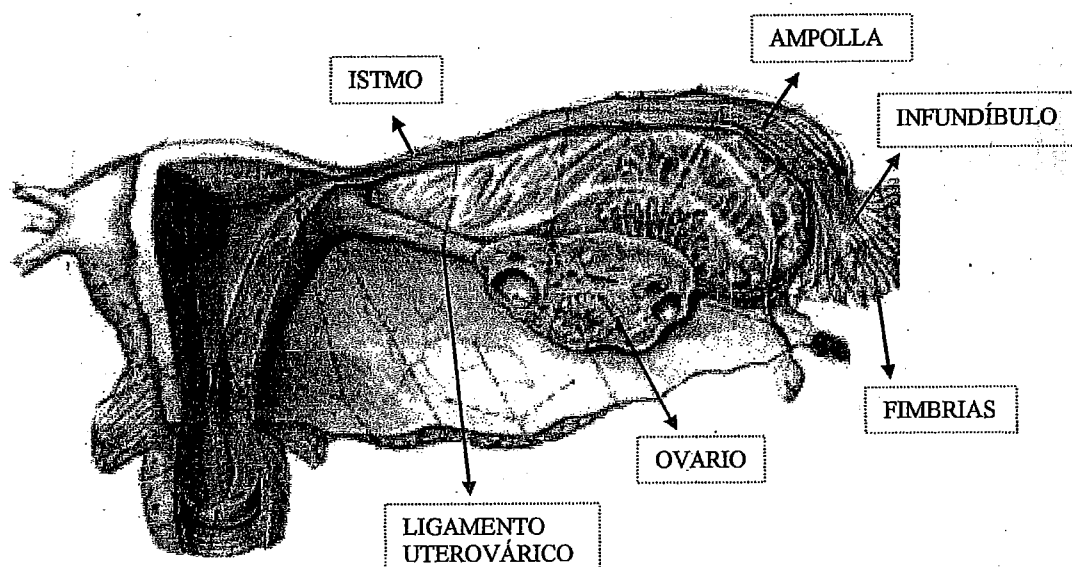


LAS TROMPAS

Son dos conductos por los que se transportan los ovocitos que salen de los ovarios para ser dirigidos hacia el útero. Miden 10 cm. aproximadamente. De fuera hacia dentro encontramos la parte más amplia que se llama el *INFUNDÍBULO O PABELLÓN DE LA TROMPA*, a través de la cual se capta el ovocito (es el orificio abdominal de la trompa). Tiene unos bordes irregulares con unas prolongaciones denominadas *FIMBRIAS* que son succionadoras para transportar los ovocitos hacia la cavidad de la trompa. Se continúa con la *AMPOLLA UTERINA* que es la porción más larga, donde se desarrolla la fecundación del óvulo. A continuación se estrecha con el *ISTMO DE LA TROMPA* y seguidamente se abre al útero a través del *ORIFICIO UTERINO*.

LOS OVARIOS

Son las gónadas femeninas donde se producen los ovocitos, que son las células sexuales, y se secretan las hormonas femeninas. Son estructuras pequeñas de 4 cm. de largo y pesan unos 6 – 8 gramos. Están situadas en la cavidad pélvica, por debajo de las trompas uterinas, y van cambiando de posición. Se relacionan con las trompas mediante una fimbria que es más larga que las demás y que llega hasta éstos. Los ovocitos salen del ovario y se sueltan a la cavidad abdominal siendo recogidos por las fimbrias del pabellón de la trompa. Los ovarios se unen al útero a través del *LIGAMENTO UTEROVÁRICO*.



LA VAGINA

Es un conducto de paredes musculares tapizado por mucosas en su interior. Es elástico y contráctil. Va desde el útero hasta el orificio de la vagina que se encuentra en la vulva. Se sitúa entre el recto y la uretra. Es un cilindro aplanado en sentido antero posterior.

Alrededor del cuello uterino se forman unos fondos de sacos que son los *FONDOS DE SACOS VAGINALES* (ver dibujo útero)

Las mucosas internas presentan unos pliegues transversales y otros longitudinales en la pared anterior y posterior conocidos como las *COLUMNAS DE LA VAGINA*. La mucosa sufre transformaciones similares a las del endometrio durante el ciclo menstrual.

El orificio inferior de la vagina desemboca en la *VULVA* y está tapizado por el *HIMEN* (membrana incompleta) cuando no se han tenido relaciones sexuales.

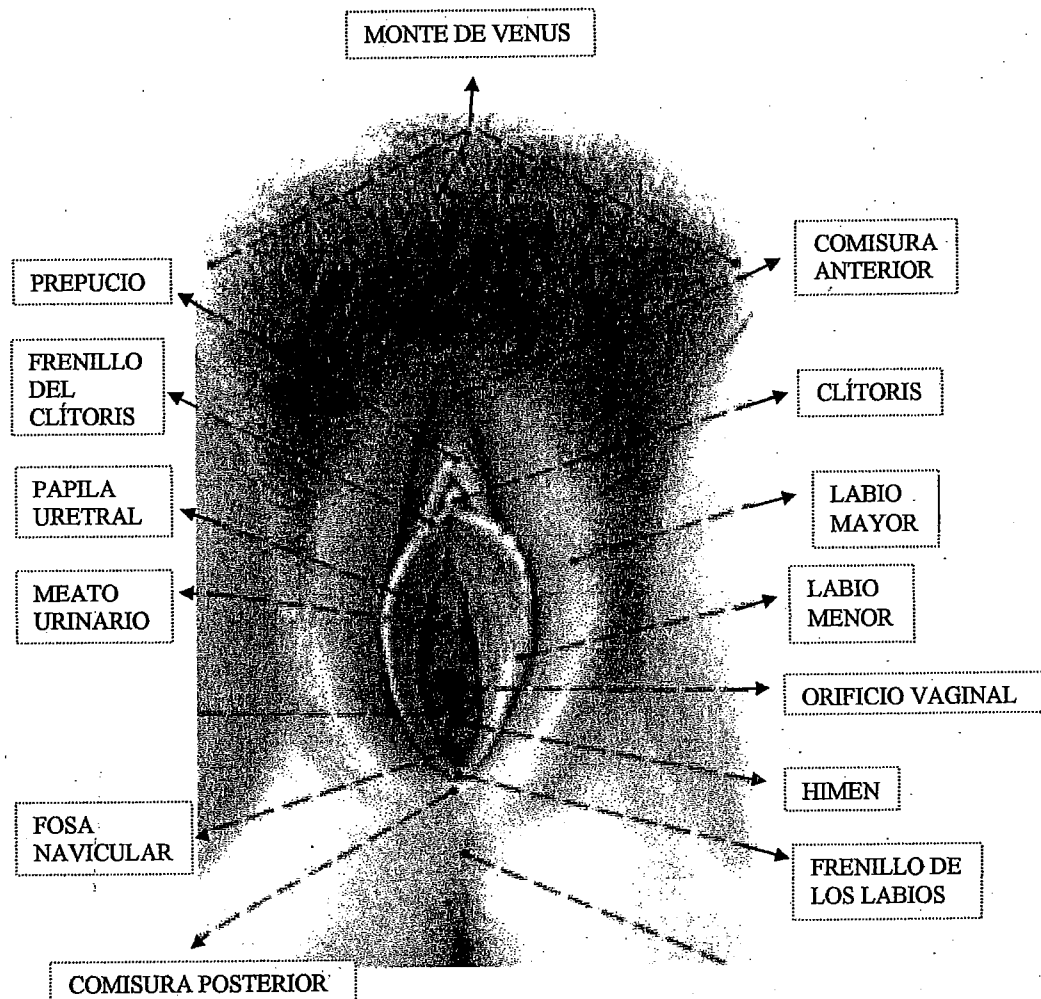
LA VULVA

Es el conjunto de partes blandas que forman los genitales externos femeninos. En ella encontramos lo que se conoce como *MONTE DE VENUS*, que es la prominencia que hay en la parte anterior del pubis y esta recubierta de vello.

Hay dos repliegues de piel que van en sentido antero posterior entre las caras internas de los músculos llamados *LABIOS MAYORES*, que se reúnen en la parte anterior conformando la *COMISURA LABIAL ANTERIOR* y en la parte posterior formando la *COMISURA LABIAL POSTERIOR U HORQUILLA VULVAR*.

Por dentro de los labios mayores se encuentran los *LABIOS MENORES*, dispuestos también de forma longitudinal antero posterior. El extremo posterior junto con la horquilla vulvar forma una zona lisa denominada *FOSA NAVICULAR*. El extremo anterior se desdobra en dos repliegues, uno por delante del clítoris, el *PREPUCIO DEL CLÍTORIS* y uno por detrás, el *FRENILLO DEL CLÍTORIS*.

Entre los labios encontramos el *ESPACIO INTERLABIAL*, donde se encuentra el *MEATO URINARIO*, que está levantado por la *PAPILA URETRAL*, pequeña elevación donde se encuentra el meato urinario, 2 cm. por detrás del clitoris. Hacia atrás encontramos el *ORIFICIO INFERIOR DE LA VAGINA* que es una hendidura ovalada de 3-5 cm. de largo, que está parcialmente cubierto por el *HIMEN* cuando no se han tenido relaciones sexuales. Al tener relaciones sexuales se rompe el himen y quedan unos restos llamados *CARÚNCULAS HIMENEALES*.



LOS ÓRGANOS ERÉCTILES FEMENINOS

Los *CUERPOS CAVERNOSOS* son dos estructuras alargadas que están muy vascularizadas, y durante la excitación sexual aumenta su tamaño. Son dos cilindros que están anclados en el isquion. Hay dos uno derecho y otro izquierdo, que se dirigen hacia delante y se unen en la línea media formando el clitoris.

El *CLÍTORIS* es un órgano eréctil resultante de la unión de los dos cuerpos cavernosos. Se presenta como una pequeña eminencia que se sitúa en la línea media. Parte del clitoris se encuentra tapado por una especie de capuchón formado por los repliegues de los labios menores, que se conoce como *PREPUCIO DEL CLÍTORIS*.

Los *BULBOS VESTIBULARES* son dos estructuras alargadas y cilíndricas situadas a los lados del orificio inferior de la vagina.

Las *GLÁNDULAS DE BARTOLINO* están situadas a ambos lados de la entrada de la vagina y secretan un líquido, principalmente durante el coito, para lubricar la parte inferior de la vagina.

Fisiología del Nefrón (sist. urinario)

Por el Ing. Agr. Carlos A. González

Estructura del Riñón:

El riñón es un órgano exclusivo de los vertebrados. Es la principal unidad excretoria de los vertebrados superiores.

Los riñones humanos se localizan uno en cada lado de la región dorsal de la cavidad abdominal. A grandes rasgos el riñón está dividido en tres regiones: una **corteza externa**, una **médula intermedia** y una cavidad interna o **pelvis** (Fig. 1). La orina acumulada en las dos capas externas se acumulan en la pelvis renal, de donde pasa a la vejiga urinaria a través de los **uréteres** (uno por cada riñón). Por último, la orina es expulsada de la vejiga al exterior a través de la **uretra**.

La producción de orina ocurre realmente en un gran número de **nefronas**, es decir, las unidades funcionales del riñón (Fig. 1). Cada nefrona consta de tres partes:

1. El **glomérulo** es una maciza bola de capilares que filtran la sangre a través de sus paredes, enviando el líquido resultante (filtrado) hacia el segundo componente de la nefrona. Debido a la elevada presión hidrostática que prevalece en el glomérulo, casi todos los componentes de la sangre, excepto las proteínas y los elementos celulares, son expulsados a través de los capilares.
2. El filtrado ingresa en el segundo elemento de la nefrona, llamado **tubo contorneado**, que empieza en la **cápsula de Bowman**, un saco que rodea el glomérulo y recibe el filtrado glomerular a través de sus paredes. El resto del tubo está integrado por un **segmento proximal**, un **asa de Henle intermedia** y un **segmento distal**. Es precisamente a través de las paredes del tubo contorneado por donde se reabsorben y reincorporan al torrente sanguíneo casi todos los iones, las moléculas y buena parte del agua del filtrado.
3. La orina en formación pasa luego al tubo recolector, en el cual se reabsorbe un poco más de agua antes de que el líquido excretorio llegue a la pelvis renal.

El glomérulo, la cápsula de Bowman y los tubos contorneados proximal y distal se localizan en la corteza; el asa de Henle y los tubos recolectores pertenecen en su mayor parte a la médula.

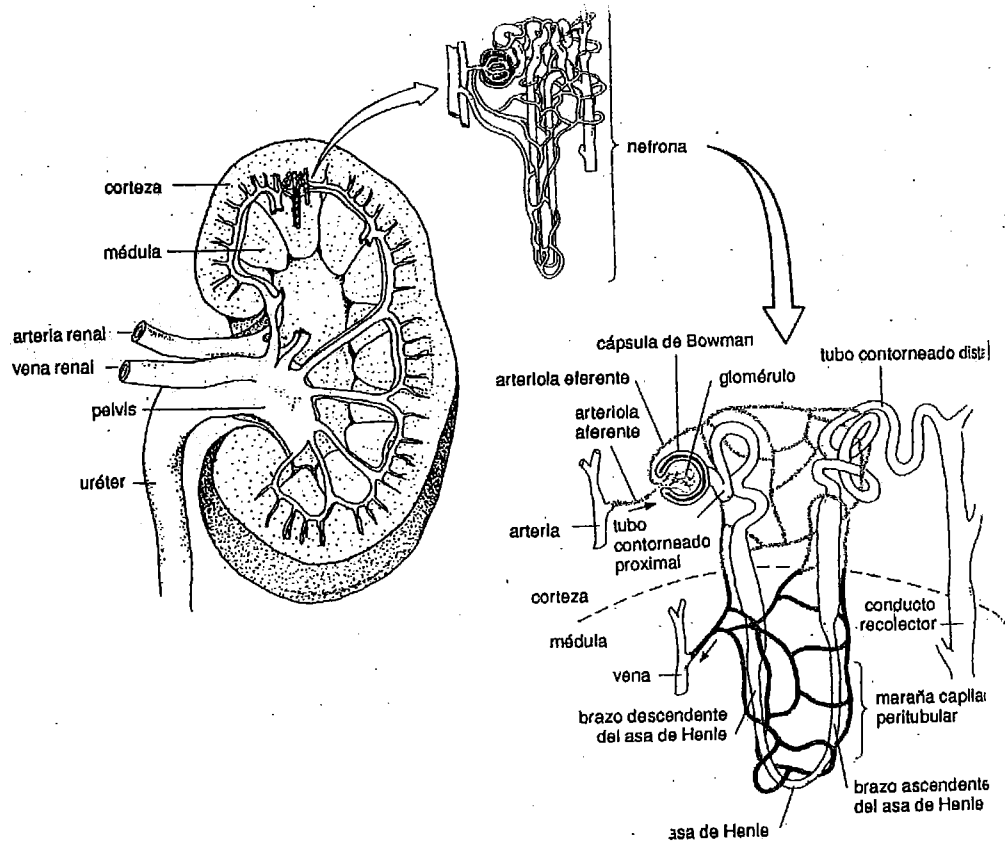


Fig. 1 El riñón humano. Corte con los detalles de la neurona.

La sangre fluye desde la aorta hacia el riñón a través de la **arteria renal**. Dicha arteria se divide dentro del riñón en muchas arteriolas, cada una de las cuales ingresa en una **cápsula de Bowman** y se subdivide en los muchos capilares del **glomérulo**. Estos capilares se reúnen en su extremo distal para formar una delgada arteriola que sale de la cápsula. Sin embargo, dicha arteriola vuelve a dividirse para originar numerosos **capilares peritubulares**, los cuales rodean al tubo contorneado y se encargan de la **reabsorción de los materiales del filtrado**. Poco más adelante, esos capilares se fusionan para integrar una vénula que al unirse a las venulas provenientes de otras nefronas forman la **vena renal**, la cual desemboca a su vez en la vena cava posterior.

Funcionamiento del Riñón:

El filtrado que entra en el **túbulo contorneado proximal** es isotónico con respecto al plasma sanguíneo. Los iones sodio son bombeados desde el túbulo hacia afuera, y los iones cloruro los siguen pasivamente. Así, el filtrado permanece isotónico porque el agua también se mueve hacia afuera por ósmosis (Fig. II). En todos los bombeos o transporte activos, participan ATPasas que catalizan la liberación de la energía.

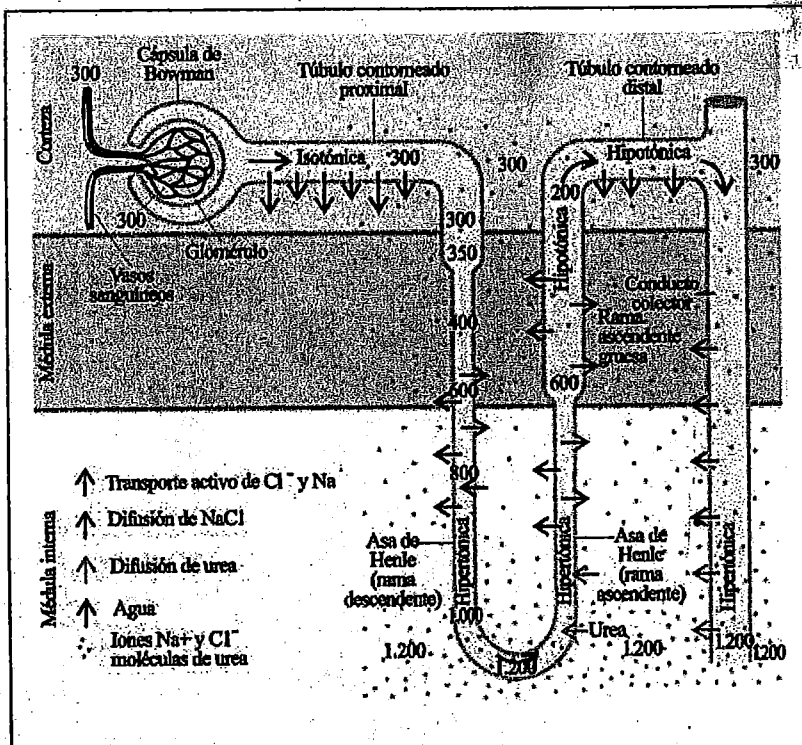
Cuando el filtrado desciende por el **asa de Henle** se va concentrando a medida que el agua se mueve por ósmosis hacia la zona circundante de alta concentración de solutos. Esta

alta concentración se genera por la acción de las células de la pared de la rama ascendente gruesa del asa de Henle, que bombean hacia el intersticio iones sodio y cloruro, y por la difusión de la urea hacia afuera de la porción inferior del conducto colector -fenómeno que se intensifica en presencia de la hormona antidiurética (ADH)-. Dado que la pared de la rama ascendente del asa es impermeable al agua, el filtrado se vuelve cada vez menos concentrado a medida que el cloruro de sodio es bombeado hacia afuera. En el momento en que alcanza el túbulo contorneado distal, es hipotónico con respecto al plasma sanguíneo y permanece hipotónico a lo largo de todo el túbulo distal. Luego el filtrado desciende por el conducto colector, atravesando una vez más la zona de alta concentración de soluto.

Desde este punto en adelante, la concentración de la orina depende de la presencia de ADH. Si no hay ADH presente, la pared del conducto colector no es permeable al agua, no se elimina agua adicional y se excreta una orina menos concentrada. Si hay ADH presente, las células del conducto colector son permeables al agua, que se mueve por ósmosis hacia

el fluido que lo rodea a través de unos poros llamados *acuaporinas*, como se muestra en el diagrama.

En este caso, una orina concentrada (hipertónica) desciende a lo largo del conducto hacia la pelvis renal, el uréter, la vejiga y finalmente hacia afuera, por la uretra. La concentración de 1.200 miliosmoles se produce en una concentración de ADH máxima. La conservación de agua en los mamíferos es posible por la capacidad de excretar una orina que es hipertónica en relación con la sangre. El *asa de Henle* es la porción del nefrón de los mamíferos que hace posible esto.



La función del nefrón es influida por hormonas:

1. principalmente la hormona antidiurética (ADH), producida por el hipotálamo y liberada por la glándula hipófisis;
2. la aldosterona, una hormona de la corteza suprarrenal
3. el factor natriurético atrial liberado por las aurículas del corazón.

La ADH aumenta el retorno de agua a la sangre y disminuye así la pérdida de agua (comentado anteriormente).

La aldosterona incrementa la reabsorción de iones sodio y de agua y la secreción de iones potasio. La producción de aldosterona es controlada por un circuito de retroalimentación negativa complejo que involucra niveles de iones potasio en el torrente sanguíneo y procesos iniciados en los propios riñones. A este circuito se lo

conoce como sistema renina-angiotensina-aldosterona. La disminución en el aporte de sangre al riñón y la caída consecuente de la presión sanguínea a nivel del glomérulo; la disminución de la concentración plasmática de sodio y del contenido de sodio en el túbulo contorneado distal, y la activación del sistema nervioso son todos estímulos que activan este sistema. Se libera entonces el péptido renina por parte del aparato yuxtaglomerular (FIG. III). La renina circulante actúa sobre el angiotensinógeno (de origen hepático) y produce el péptido angiotensina I (A I). La angiotensina I es convertida, a su vez, en angiotensina II (A II), la forma activa, por acción de otra enzima -la enzima de conversión- a nivel renal y pulmonar. Esta hormona -la angiotensina II- es un poderoso vasoconstrictor periférico que, además, estimula la secreción de aldosterona por parte de la corteza de la glándula suprarrenal. Otro importante estímulo para la secreción de esta hormona es un aumento en la concentración plasmática de potasio, que es sensada directamente a nivel suprarrenal.

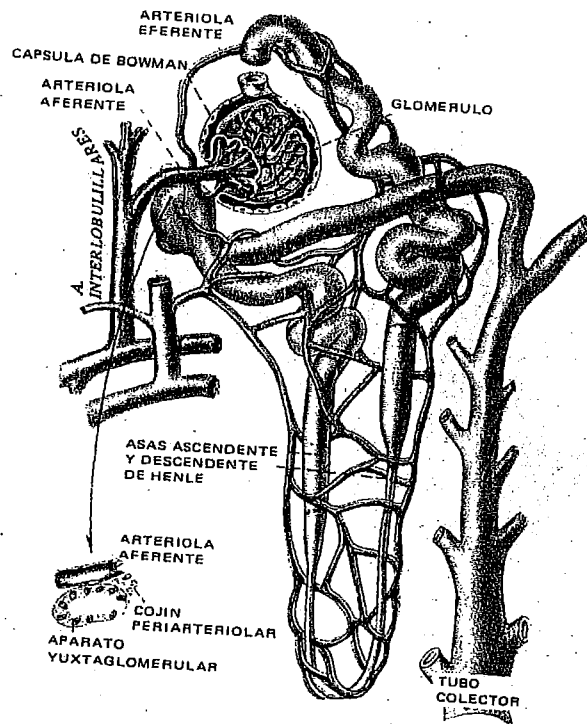


Fig. III el aparato yuxtaglomerular

El factor natriurético atrial inhibe la reabsorción de iones sodio y de agua. Todas estas hormonas desempeñan un papel en la regulación de la presión sanguínea así como del volumen sanguíneo.

SISTEMA EXCRETOR URINARIO

• Enumerar desechos del metabolismo celular.

Los procesos normales del metabolismo celular generan, además de agua y algunas sales minerales (cloruros, fosfatos, bicarbonatos, oxalatos); ciertos productos de desecho, como la urea, el ácido úrico y el amoníaco.

Estas sustancias son recogidas por la sangre porque no sólo no tienen ninguna utilidad sino que, además, resultan tóxicas:

si se acumularan en nuestro cuerpo, podrían llevarnos rápidamente a la muerte.

agua	+ Sales minerales	+ Productos de desecho
	Cloruros	Urea
	Fosfatos	Ácido úrico
	Bicarbonatos	amoníaco
	oxalatos	
Son tóxicas,		
Son recogidas por la sangre		
Si no se eliminan pueden matarnos		

• Enumerar órganos del sistema. Describir características y funciones en cada caso

Los órganos principales del sistema urinario son:

RIÑONES	Cumplen la tarea de FILTRAR las sustancias de desecho de la sangre y formar la orina.
URÉTERES	Son dos conductos que salen de los riñones y conducen la orina hacia la vejiga.
VEJIGA	Órgano que llega a almacenar unos 200 a 400 ml, aproximadamente.
MICCIÓN	Es el reflejo por el cual la orina es expulsada al exterior
URETRA	Conducto por el cual la orina sale de la vejiga al exterior.

• Descripción anatómica del riñón

En cada riñón se distinguen cuatro capas o zonas bien diferenciadas:

CAPSULA RENAL	La mas externa	Es una membrana fina de tejido conjuntivo fibroso muy resistente
----------------------	----------------	---

CORTEZA (Columnas de Bertin)	Debajo de la cápsula renal	Cubierta continua y que a intervalos regulares extiende prolongaciones hacia el interior (col. De Bertin)
MEDULA (Pirámides renales o de Malpighi)	Debajo de la corteza	Está dividida en 9 ó 12 sectores por cada columna de Bertin, llamados pirámides renales o de Malpighi . Los extremos de estas pirámides apuntan hacia el interior del riñón Están compuestos por túbulos de diferente calibre
PELVIS RENAL (cálices renales)	La cavidad más interna	En su parte mas externa se divide en varias cámaras (cálices renales) y coinciden con los extremos de las pirámides de Malpighi

• **Descripción anatómica del nefrón**

Los nefrones es el lugar en el que se forma la orina y se hallan en las cortezas renales.

Cada Nefron está constituido por

GLOMERULO ó CORPÚSCULO DE MALPIGHI	Son ovillos de capilares arteriales por los que circula la sangre
CAPSULA DE BOWMAN	Es una estructura con forma de copa que envuelve al glomérulo
TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL ASA DE HENLE TUBULO CONTORNEADO DISTAL	Son canales por los que circula el líquido filtrado
CONDUCTO COLECTOR	Recibe el contenido de los túbulos contorneados distales de varios nefrones y los vierte en los cálices renales (de la pelvis renal) Todos estos canales estan rodeados pur una compleja red de capilares sanguíneos llamados peritubulares.

• **Orina:**

- **diferenciar proceso de formación, composición y producción diaria**
- **análisis: síntomas y patologías.**

La formación de orina en los nefrones consta de tres procesos. Filtración, Reabsorción y Secreción.

FILTRACIÓN	Comienza cuando la sangre ingresa en el corpúsculo de Malpighi a través de la arteriola aferente.
-------------------	---

	<p>Tiene un calibre mayor que la eferente, lo cual asegura que la sangre circule a gran presión.</p> <p>Por eso, ciertas sustancias se filtran desde los capilares hacia la cápsula de Bowman.</p> <p>El líquido filtrado contiene aminoácidos, glucosa, agua y sales minerales, pero carece de eritrocitos y de proteínas de elevado peso molecular.</p>
REABSORCIÓN	<p>Consiste en la recuperación de sustancias útiles para el organismo, como los aminoácidos, la glucosa y ciertas sales minerales presentes en el filtrado glomerular.</p> <p>Tiene lugar desde los túbulos contorneados y el asa de Henle hacia los capilares peritubulares que los rodean.</p> <p>Las sustancias que se reabsorben (99% de lo filtrado) son sólo las que resultan útiles para el organismo.</p>
SECRECIÓN	<p>Consiste en el pasaje de ciertas sustancias de desecho, que no llegaron a filtrarse, desde los capilares peritubulares hacia la luz de los túbulos renales.</p>

COMPOSICIÓN de la ORINA

Agua

Iones amonio, calcio, cloro, fosfato, potasio, sodio, sulfato

Urea

Creatinina

Acido Urico

Diariamente, los riñones producen en unos 125 l de filtrado glomerular, de los cuales sólo quedan entre 1 y 1.5 l de orina para ser expulsados al exterior.

• Diferencia conceptual de: Insuficiencia urinaria – Cólico renal

La Insuficiencia Urinaria es la capacidad reducida del riñón para desarrollar sus funciones. Afecta incluso al sistema circulatorio llegando a generar en casos agudos, ciertas enfermedades cardiovasculares.

Los cólicos renales o litiasis, son formaciones y precipitación de cristales como si fueran piedras. Están formados por sales de calcio (oxalatos, fosfatos y carbonatos), que si bien son formaciones normales de la orina, precipitan y forman piedras.

• Funciones de Renina y angiotensina

Hipótesis: El riñón interviene en la regulación de la presión arterial.

Observación: Desde 1827 se venía observando que la mayoría de los pacientes con insuficiencia renal tenían una presión arterial muy alta, además de padecer cardiopatías.

Comprobación: Se realizó la siguiente experiencia. Se inyectó extracto crudo de tejido renal a un conejo. Transcurrido algunos minutos se producía un sostenido aumento de presión sanguínea.

A este principio activo se lo llamó RENINA.

En 1934, el argentino Bernardo Houssay, purificó la renina y demostró que ésta reacciona con un componente plasmático para formar otra sustancia: la ANGIOTENSINA.

Cuando la presión arterial desciende, disminuye la circulación sanguínea al riñón entonces éste segrega renina a la sangre para formar la angiotensina, la cual provoca vasoconstricción con lo que aumenta la presión.

En la insuficiencia renal crónica, hay una constante liberación de renina a la sangre por el menor tejido renal funcional y esto ocasiona el incremento de la presión arterial y del flujo sanguíneo al riñón, el corazón trabaja más y produce enfermedades cardiovasculares.

SISTEMA RENAL

Capítulo 23

Los diferentes tejidos y órganos del cuerpo funcionan de manera equilibrada, gracias al mecanismo de **Homeostasis**, que es el mantenimiento de la composición relativamente constante del fluido extracelular (medio interno). Este mecanismo involucra la función renal de excreción, es decir, eliminación de sustancias que ya no serán utilizadas o que fueron ingeridas en exceso y la retención de otras que aún son útiles para el buen funcionamiento celular.

El riñón, por la función que cumple, es un elemento importante dentro del **sistema excretor**, aunque no su único componente.

ANATOMÍA DEL SISTEMA NEFROURINARIO

Este sistema está constituido por los dos riñones, los dos uréteres, la vejiga urinaria y la uretra.

RIÑONES

El riñón es un órgano par con un peso aproximado de 125 a 155 gramos cada uno, en la especie humana. Se encuentra adosado a la pared posterior de la cavidad abdominal, en la zona lumbar.

Sobre el polo superior descansan las **glándulas suprarrenales**.

ANATOMÍA INTERNA

Al seccionar un riñón en forma longitudinal, de modo de

separarlo en una mitad anterior y otra posterior, se puede observar en la superficie de corte una disposición muy especial de los tejidos.

- o **Corteza:** Es la zona más externa del riñón. Presenta un color rojo pálido y una apariencia granular, debido a que en esta zona se ubican los **Corpúsculos de Malpighi** o **Renales** y el tubo distal de los nefrones.
- o **Médula:** es la zona más interna del riñón. Presenta un color rojizo oscuro y está formada por 10 a 12 estructuras cónicas estriadas llamadas **Pirámides de Malpighi** o **Renales** y que deben su apariencia antes mencionada a la ubicación de las **asas de Henle** y **túbulo colector** de los nefrones en el riñón.

El vértice de esta pirámide constituye la **Papila Renal** las cuales confluyen hacia los cálices renales que en número de 3 a 4 desembocan finalmente en la **Pelvis Renal**.

EL NEFRÓN: Microscópicamente, la unidad anátomo-funcional del riñón es el Nefrón. Los nefrones son pequeños túbulos distribuidos en las zonas medular y cortical, muy bien irrigados. Existen aproximadamente 1.300.000 nefrones en cada riñón y cada uno de ellos realiza su función en forma independiente.

Cada nefrón se compone de dos partes fundamentales:

Glomérulo: estructura especializada en la función de filtración. Está constituido por un **Ovillo de Capilares**, los que están rodeados por el primer segmento del túbulo renal, la **cápsula de Bowman**. A este conjunto de los capilares más la cápsula de Bowman se le denomina **Corpúsculo de Malpighi**.

La región interna del corpúsculo, vale decir el glomérulo, resulta de la ramificación de la arteria renal que irriga al riñón, y que forma la **arteriola aferente**, que penetra en la cápsula de Bowman y se ramifica en múltiples capilares. Estos luego se reúnen en una arteriola de salida **arteriola eferente**. Esta arteriola (que sale del glomérulo) se ramifica en una red en torno al túbulo renal, llamados **capilares peritubulares**. Estos vasos confluyen en venas, que se unen a otras mayores hasta terminar en la vena renal que sale del riñón y que desemboca en la vena cava inferior.

Túbulos renales: la cavidad de la cápsula de Bowman se continúa en un largo y sinuoso túbulo. Este se divide en:

Túbulo contorneado proximal: es la continuación de la cápsula de Bowman. Como su nombre lo indica, sigue un trayecto tortuoso en la zona cortical para introducirse luego en forma rectilínea en la médula.

Asa de Henle: es el segmento intermedio entre el túbulo proximal y el distal. Consta de una rama descendente y otra ascendente. La rama descendente del asa de Henle baja a la médula, y la rama ascendente retorna luego hacia la corteza, continuándose en el túbulo distal.

Túbulo contorneado distal y colector: el túbulo distal se encuentra en la corteza y siguiendo un trayecto tortuoso desemboca finalmente en el túbulo colector. Este último reúne el filtrado de varios nefrones, desembocando junto a otros en la Papila Renal.

FORMACIÓN DE ORINA

El objetivo fundamental de la formación de la orina es la eliminación de los desechos metabólicos circulantes, tales como ácido úrico, urea, creatinina, etc., conservando los componentes útiles de la sangre. Para lograrlo, el riñón se vale de tres importantes procesos:

o Filtración Glomerular

La cantidad de sangre que pasa por el riñón en un minuto es de 1.250 cc, esto es la cuarta parte del gasto cardíaco (cantidad de sangre expulsada por el corazón en un minuto). Esta sangre llega al glomérulo por la **arteriola aferente**, ésta se ramifica en capilares y sale por la **arteriola eferente**. El flujo sanguíneo encuentra una gran resistencia a nivel de glomérulo, por lo mismo, la sangre tiende a **Filtrarse** a medida que avanza por el glomérulo y un gran número de sustancias tales como la úrea, glucosa, aminoácidos, proteínas pequeñas, sales y agua, caen a la cápsula de Bowman, pasando a constituir el **filtrado glomerular**. Este es un proceso totalmente pasivo.

Se puede decir entonces, que el filtrado glomerular está compuesto por plasma con pequeñas cantidades de proteínas y solutos. Sin elementos figurados ni lípidos.

o Reabsorción Tubular

Durante la filtración la sangre ha sido depurada de sus residuos tóxicos. Pero también ha sido despojada de muchos nutrientes

y sales esenciales para el organismo. De esta manera, se comprende la importancia del proceso de REABSORCION TUBULAR, que se encarga de recuperar las sustancias útiles que vuelven a la circulación, dejando que las tóxicas continúen su trayecto a través del riñón (**Reabsorción Selectiva**).

Este proceso se cumple a través de **transporte activo** o por simple **difusión pasiva** a favor de gradientes de concentración.

La capacidad de transporte activo de los túbulos es limitada y cuando la cantidad de una sustancia por reabsorber sobrepasa esa capacidad, el exceso es eliminado por la orina. A este fenómeno se le llama **transporte máximo**. Este depende directamente del **umbral plasmático renal**, que es la máxima cantidad permitida de una sustancia en la sangre, para que ésta no aparezca en la orina.

o **Secreción tubular y equilibrio ácido base.**

Los riñones desempeñan dos funciones principales en la conservación del equilibrio acidobásico normal: **reabsorción de bicarbonato filtrado y excreción de protones**.

Dentro de las sustancias secretadas (especialmente en el túbulo distal), vale decir las que pasan de las células epiteliales al lumen tubular, se encuentran el ion K^+ , H^+ (ambos a través de transporte activo) y ión amonio NH_4^+ (difusión pasiva).

La excreción de H^+ y K^+ está asociada a movimientos inversos al Sodio. La excreción de H^+ es importante en la regulación del pH de la orina (4-7.5), que a la vez mantiene el equilibrio ácido-base en el medio interno. Modificaciones breves en la concentración de H^+ pueden ocasionar graves trastornos en el organismo, inclusive la muerte del individuo.

COMPOSICIÓN DE LA ORINA

El riñón filtra 170 litros de plasma en 24 horas. El proceso de reabsorción recupera 168,5 lt., es decir, queda un excedente de 1,5 litros de orina (diuresis normal). Esto pone de manifiesto la importancia de la reabsorción tubular. Sin ella, aproximadamente en 30 min nos deshidrataríamos.

La orina es un líquido transparente, que lleva varias sustancias disueltas. Es de color amarillento por la presencia de un pigmento, el **Urocromo** (producto de la degradación de la Hemoglobina).

Los 1.200 a 1.500 ml. de orina excretada diariamente contienen unos 60 g de sólidos. La **urea**, proveniente de la desaminación de proteínas, constituye la mitad de esta cantidad.

Otros solutos son el **ácido úrico** que proviene de la degradación de los ácidos nucleicos, y la **creatinina**, proveniente del metabolismo muscular.

Dentro de las sales presentes en la orina la más importante es el cloruro de sodio (NaCl) también hay pequeñas cantidades de sulfato, fosfato, carbonato de potasio, calcio, magnesio y amonio.

PRINCIPALES COMPONENTES DE LA ORINA			
Componentes inorgánicos		Componentes orgánicos	
Cloruro de sodio	10-15 g	Urea	20 - 30 g
Potasio	2 - 4 g	Creatinina	0.8 -1.2 g
Ácido sulfúrico	2 - 3 g	Ácido úrico	0.6 - 0.8 g
Ácido fosfórico	2 - 3 g	Cuerpos cetónicos	0,04 g
Amoníaco	0.5 -1 g		
Magnesio	0.1 - 0.2 g		

Calcio	0.3 - 0.4 g
Otras sustancias	0.2 - 0.3 g

REGULACIÓN HORMONAL

El volumen de orina es regulado por la ADH (Hormona Antidiurética). Cuando la ingestión de líquido es escasa, el organismo comienza a deshidratarse. Disminuye su volumen sanguíneo y aumenta la osmolaridad (aumento de solutos).

La ADH actúa en el tubo colector aumentando la reabsorción de agua desde la orina. Una falta de esta hormona produce aumento de la eliminación de agua por la orina (poliuria). Lo que se conoce como **diabetes insípida**.

Otra hormona que actúa a nivel renal, es la **aldosterona**, que estimula la reabsorción de Na^+ en forma directa y de agua en forma indirecta.

VÍAS URINARIAS

La orina es conducida por los túbulos colectores hacia los cálices renales, que confluyen para formar un saco en forma de embudo: la **Pelvis Renal**.

Uréteres: Son dos tubos musculares que conectan la pelvis renal con la vejiga. Recorren un trayecto de 25 a 30 cms. en el ser humano.

Vejiga: Es un órgano muscular liso, en forma de esfera hueca. Su función es almacenar orina debido a su capacidad para

adaptarse a los cambios de volumen.

Estructuralmente está formada solamente por un músculo, el **detrusor** de la vejiga. En ella desembocan los dos uréteres, y, además, se origina otro conducto, la **uretra**, que lleva la orina al exterior.

Uretra: Conducto que se origina en la cara inferior de la vejiga. Su misión es llevar la orina hacia el exterior, el orificio externo de la uretra se denomina **meato urinario**.

REFLEJO DE MICCIÓN

Es el proceso evacuador de la vejiga. El músculo liso que forma la vejiga urinaria tiene la propiedad de "acomodarse" a la distensión. De esta manera, aunque la vejiga aumenta de volumen va acumulando orina y la presión intravesical aumenta muy poco, porque sus fibras musculares se relajan pasivamente. Sin embargo, esta capacidad de acomodación tiene un límite: 400-500 ml. A partir de este volumen la entrada de nuevas cantidades de orina determina incrementos considerables de presión.

En consecuencia la contracción vesical se produce por mecanismos reflejos inducidos por distensión de las paredes por efecto del sistema nervioso parasimpático.

Pero la orina no puede salir porque se lo impide el esfínter externo que es un anillo muscular que se encuentra alrededor de la uretra por debajo de la vejiga. Este se encuentra subordinado a la voluntad y no se efectúa la micción hasta que voluntariamente no se relaje dicho esfínter, lo cual se realiza en respuesta al deseo de orinar.

que regula, no la cantidad de agua perdida (esto lo realizan los riñones) sino la temperatura corporal. El sudor depende de la diferencia entre las temperaturas interna y externa, el promedio de producción de calor en el metabolismo y la humedad del aire que puede ser un serio factor de limitación si la evaporación de líquido por medio del sudor no es posible. Un mínimo aumento de la temperatura corporal (en $1/3$ o medio grado) hace que este mecanismo entre en acción. Por raro que parezca, las palmas de las manos y de los pies no se estimulan, aunque están muy afectadas por el estado emocional —el denominado "sudor psíquico".

LA PIEL Y LA REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA

La piel

La piel ofrece tanto protección como sensibilidad, pero en los mamíferos también es esencial para la regulación de la temperatura corporal, ya que la pérdida de calor se produce casi por completo en la superficie de la piel.

El agua de la piel se pierde por la transpiración y el sudor. La transpiración es una pérdida insensible de vapor de agua: es continua, utiliza el calor latente de la vaporización, que produce una pérdida de peso de casi 0,5 kg en 24 horas. La vaporización es simple transpiración física, no una función de las glándulas sudoríparas.

El sudor es una secreción acrí, una solución débil de cloruro sódico. La cantidad de sal perdida en un día en una sudoración abundante puede ser casi 113 g y es importante en la situación conocida como agotamiento por calor, en la que existe un colapso con una temperatura corporal normal o anormal. El proceso puede prevenirse añadiendo sal al agua que bebemos. Esta situación es bastante diferente del llamado golpe de calor (ver pág. 289).

Las glándulas sudoríparas están controladas por el sistema nervioso,

La temperatura corporal promedio es $37,5^{\circ}\text{C}$ en el recto, $36,5^{\circ}\text{C}$ en la boca y $35,5^{\circ}\text{C}$ en la axila. Pero existe una fluctuación diaria alrededor de $0,2^{\circ}\text{C}$ siendo más alta al principio de la tarde y más baja en las primeras horas. Esta fluctuación se añade, en las mujeres, a variaciones en momentos diferentes del ciclo menstrual. Algunos órganos, al igual que los músculos activos, son más calientes que otros, como la piel: existe un gradiente de temperatura desde la superficie hacia el interior de varios grados.

La regulación de la temperatura corporal puede efectuarse por cambios en la producción de calor o por la pérdida de éste; ambos son simultáneos.

Regulación de la producción de calor

Todos los tejidos producen calor, pero sobre todo los músculos; el hígado también es un importante órgano formador de calor como resultado de su actividad metabólica. Con cualquier cambio en la temperatura del entorno, la producción de calor se incrementa o disminuye para compensarlo. En respuesta al frío, existe actividad muscular concentrándose en temblores; al mismo tiempo, la liberación de adrenalina estimula el metabolismo. El calor exterior invierte estos cambios.

Estas modificaciones se deben al sistema nervioso, que juega un papel importante en los músculos, y a ciertos mensajeros químicos, como, por ejemplo, la adrenalina. Abandonados a sí mismos, los tejidos funcionarían como los animales de sangre fría,

produciendo más calor cuando las temperaturas exteriores aumentan. Esto es lo que normalmente sucede cuando fallan los mecanismos de regulación, como en el caso de un golpe de calor.

Regulación de la pérdida de calor

El calor puede perderse por convección, convección o radiación, o bien por evaporación desde la superficie corporal. La convección tiene poca importancia, puesto que la piel y la grasa subcutánea son aislantes. La convección es más importante: el aire adyacente a la piel se calienta y aumenta su temperatura, y cada capa calentada es reemplazada por capas más frías que se calientan progresivamente. La radiación también es importante porque la superficie corporal funciona como un radiador muy eficaz.

La evaporación varía enormemente según las circunstancias. A temperaturas bajas, sólo se produce una pérdida insensible de vapor. El sudor comienza a una temperatura del aire de $29-30^{\circ}\text{C}$. A la temperatura corporal, el sudor y la evaporación son las únicas formas de perder calor, dado que la convección y la radiación cesan cuando no existe un gradiente de temperatura entre la piel y el entorno. El efecto de enfriamiento de la evaporación se debe al hecho de que la energía es necesaria para convertir el agua del sudor en vapor de agua, y esta energía se extrae del cuerpo.

Alrededor de dos tercios de la pérdida de calor de un adulto vestido se debe a la convección y a la conduc-

ción, y un poco menos de un tercio, a la evaporación. Estas consideraciones son físicas, pero la pérdida de calor también se controla por actividades fisiológicas. La más importante es la fluctuación del calibre de los pequeños capilares de la piel, que se pueden abrir para producir una limpieza, o *vasodilatación*, que aumenta la temperatura superficial, acelerando la pérdida de calor, o bien pueden cerrarse para enfriar la superficie de la piel -*vasoconstricción*- con una pérdida de calor reducida. Una irrigación sanguínea máxima a una zona de la piel puede representar 50 veces el mínimo. Estos cambios se encuentran bajo el control remoto del sistema nervioso central, a través de los nervios simpáticos y parasimpáticos.

Este mecanismo deja de operar cuando la temperatura exterior alcanza el nivel en el cual el sudor y la evaporación se vuelven más significativos. Son tan eficaces que un hombre puede tolerar temperaturas que cocinarían un trozo de carne en pocos minutos, provocando que la atmósfera sea seca, de forma que nada dificulte la evaporación. Si el aire está saturado, la temperatura aumentará rápidamente con una posible muerte por un golpe de calor. En esta situación, se dañan los centros vitales del cerebro: los mecanismos de regulación se alteran y la temperatura corporal aumenta hasta que acontece la muerte.

Aunque el sudor y la irrigación sanguínea de la piel se controlan lógicamente por el sistema nervioso autónomo, el control final lo llevan a cabo centros especiales en el cerebro. Estos son muy sensibles a pequeños cambios en la temperatura de la sangre y reaccionan para restaurarlos a su nivel previo. Son también sensibles a la estimulación nerviosa que produce el calor o el frío sobre la superficie corporal, ya que la piel está provista de receptores especiales para el calor y el frío.

Los centros reguladores del calor trabajan tal como hemos expuesto: produciendo temblores, sudores, más o menos producción de calor y actividad muscular; cambios en el metabolismo, vasoconstricción o vasodilatación. El mecanismo normalmente se sitúa en un cierto nivel y reacciona para mantener el mismo sea cual sea la situación; pero si se produce algún contratiempo, esto puede cambiar, como sucede en el caso de fiebres, cuando este nivel aumenta.

Los vestidos protegen de temperaturas externas proporcionando una buena capa de aislamiento, al tiempo que reducen el poder de radiación del cuerpo, y su permeabilidad, en clima húmedo, es responsable de los escalofríos en caso de ambiente frío. Las diferentes razas resuelven sus problemas de calor en virtud de su formación y de su conducta social.

EL RIÑÓN Y LA REGULACION DEL EQUILIBRIO HIDROELECTROLITICO

1) REGULACION DE LA VOLEMIA: Ya hemos estudiado los mecanismos que rigen la eliminación de los excesos de agua en caso de una hidratación excesiva y la retención de líquidos en la deshidratación. La diuresis varía notablemente, aumenta mucho cuando hay exceso de líquidos y se reduce al mínimo necesario para disolver los solutos cuya eliminación es imprescindible cuando hay deshidratación.

2) REGULACION ELECTROLITICA En el siguiente cuadro vemos las modificaciones que los distintos túbulos introducen en la cantidad de electrolitos y otros solutos que se eliminan por orina, esto ya se trató al estudiar la excreción y reabsorción tubular.

PROXIMAL:

Absorción activa: Na, glucosa, aminoácidos, ácido úrico, láctico y torintós.

Absorción pasiva: agua, cloruros, potasio, urea, CO₂

Secreción activa: Hidrogeniones y creatinina.

Secreción pasiva: amoníaco.

ASA DE HENLE:

Absorción activa: Na (solo en la rama ascendente).

Absorción pasiva: Urea, Cl y agua (en la rama descendente).

Secreción activa: —————

Secreción pasiva: Cl y Na (solo en la rama descendente).

DISTAL:

Absorción activa: Na, Ca, Hg.

Absorción pasiva: Agua, CO₂

Secreción activa: Hidrogeniones y K.

Secreción pasiva: amoníaco.

COLECTOR:

Absorción activa: Sodio

Absorción pasiva: Agua, Urea, CO₂

Secreción activa: Hidrogeniones

Secreción pasiva: Amoníaco.

REGULACION DE LA EXCRECION DE SODIO

El sodio es el principal catión extracelular y es el principal responsable de la osmolaridad del líquido extracelular y en consecuencia de su volumen, una pérdida excesiva de sodio provoca tal pérdida de agua que lleva a la deshidratación, una retención excesiva de sodio provoca demás y sobrecarga circulatoria (por aumento de la volemia).

El 80% del sodio ultrafiltrado se reabsorbe en el proximal, esta cantidad varía poco en la práctica.

La regulación de la excreción de sodio se hace fundamentalmente a nivel de túbulo contorneado distal en un mecanismo regulado por la ALDOSTERONA (hormona mineralocorticoide). Esta hormona tiene por acción favorecer la reabsorción activa de sodio a nivel del túbulo distal, donde es intercambiado en parte por POTASIO y en parte por HIDROGENIONES.

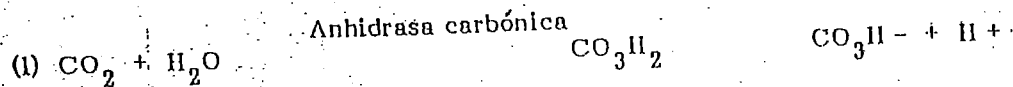
El potasio en cambio, se reabsorbe casi totalmente en el proximal y asa de Henle, pero luego en el túbulo distal es segregado activamente intercambiándose con el sodio; si el sodio no se reabsorbe en el distal (por no haber aldosterona o estar inhibida) el potasio no se puede excretar.

REGULACION DEL EQUILIBRIO ACIDO-BASE.

El riñón tiene importancia fundamental en el equilibrio ácido-base e interviene en su regulación por 3 mecanismos: retención de sodio, excreción de hidrogeniones (esto acidifica la orina) y por la excreción de amoníaco.

ACIDIFICACION DE LA ORINA: El filtrado glomerular tiene el mismo pH que el plasma, de modo que la acidificación de la orina se hace por la "secreción de hidrógeno".

En las células del túbulo renal hay una enzima llamada "anhidrasa carbónica" que cataliza la reacción reversible en la cual el CO₂ más agua origina ácido carbónico. El ácido carbónico se disocia posteriormente en "bicarbonato" e "hidrogenión".

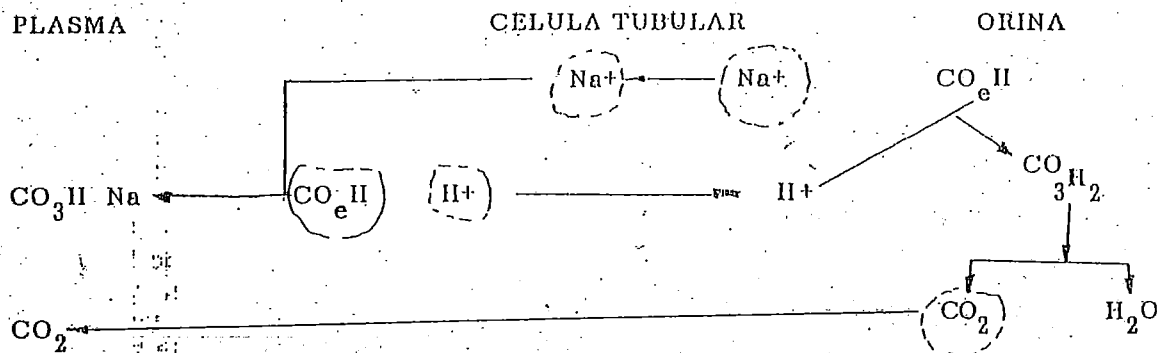


El hidrogenión así liberado en la célula tubular pasa a la luz del mismo, allí hay "bicarbonato de sodio", el hidrogenión es intercambiado con el sodio y se forma ácido carbónico en el túbulo que por la enzima anhidrasa carbónica vuelve a dar CO₂ y agua, el CO₂ es reabsorbido y va a la sangre para luego eliminarse con la respiración.

El sodio que fué reabsorbido se une con el "bicarbonato" de la reacción (1) y también pasa a la circulación. En esta forma se ha ahorrado base (el sodio y el bicarbonato) y se ha eliminado ácido (el hidrogenión).

El sodio que se intercambia con el hidrogenión puede provenir de otros buffers del ultrafiltrado como por ejemplo el fosfato disódico o del ClNa.

FORMACION DE AMONIO: El ión amonio se forma al unirse el amoníaco (NH₃) con un hidrogenión. El amoníaco se forma en la célula tubular y proviene del metabolismo de aminoácidos como glutamina, glicocola, alanina, leucina, etc.; difunde pasivamente hacia la luz tubular y allí se une con un hidrogenión formando el ión amonio (NH₄⁺) que por estar ionizado no pasa nuevamente a la célula.



El ión amonio se une al cloro formando "cloruro de amonio", el cloro estaba unido al sodio que fue intercambiado por el hidrogenión; el sodio se unirá luego al bicarbonato. Notar que la unión entre el amoniaco y el hidrogenión se hace a la luz del túbulo y no en las células.

Por este mecanismo se logra eliminar ácidos y retener bases sin acidificar la orina, sin bajar el pH de la misma.

FUNCION ENDOCRINA RENAL.

1) Sistema Renina-Angiotensina:

En el aparato yuxtaglomerular se sintetiza una sustancia llamada RENINA que es una enzima capaz de hidrolizar un polipéptido del plasma llamado ANGIOTENSINOGENO y se forma un decapeptido (formado por 10 aminoácidos) llamado ANGIOTENSINA I.

En el plasma hay otras enzimas capaces de hidrolizar la ANGIOTENSINA I y convertirlo en ANGIOTENSINA II que sólo tiene 8 aminoácidos; la angiotensina II es una sustancia vasopresora muy activa que produce franca elevación de la presión arterial.

Otra función de la angiotensina II se realiza en la glándula suprarrenal; este péptido tiene capacidad de estimular la secreción de "aldosterona" que como vimos es importante en los mecanismos de retención de sodio.

La secreción de renina aumenta al disminuir la circulación renal, la isquemia renal provoca una liberación rápida de renina.

Cuando hay una hemorragia o una caída tensional las arterias renales se contraen y esto provoca la isquemia que produce a su vez la liberación de renina que luego al formar angiotensina II tratará de restaurar la presión sanguínea.

2) ERITROPOYETINA: La eritropoyetina es otra hormona, probablemente producida por las células de los túbulos colectores y que actúa sobre la médula ósea estimulando la eritropoyesis. La liberación de eritropoyetina se estimula con la hipoxia (falta de O₂).

6- ORINA Y MICCION

1) Composición y propiedades: Como el riñón tiene por función (entre otras) regular el equilibrio hidroelectrolítico la cantidad de sales y sustancias orgánicas que elimina varían mucho y dependen en gran parte del aporte alimentario ya que el riñón elimina todos los elementos que están en exceso.

A continuación resumimos brevemente la cantidad que se encuentra en orina con una dieta mixta habitual entre nosotros, de aquellos elementos más importantes de la orina.

Sodio: Se elimina unos 150 mEq por día, pero esta cantidad varía con la dieta

y con las variaciones de pH ya que cuando hay acidosis se retiene sodio y si hay alcalosis se elimina sodio y retiene hidrogeniones.

Potasio: Se elimina unos 50 mEq.

Aniones: El cloro se elimina en una cantidad de 8 gr. por día, los sulfatos en unos 2 gramos, la cantidad de fosfatos eliminada no es mayor de 5 gr. diarios, y varía con la ingestión de proteínas (sobre todo nucleoproteínas y fosfolípidos).

Amoniaco: Se eliminan unos 30-40 mEq por día.

Urea: Normalmente se eliminan unos 30 gr. diarios, pero esta cifra varía mucho con la dieta, aumenta al incrementarse la ingestión proteica.

El pH de la orina varía mucho, el mínimo que puede tener es de 4, y el máximo 8,2 normalmente tiene un pH de 6, la densidad oscila entre 1.002 que es la máxima dilución que se logra cuando es necesario eliminar mucho líquido y 1.030 cuando la orina es concentrada por la necesidad de retener líquidos.

La orina es de color amarillo ambar dado por pigmentos (urobilina fundamentalmente). Tiene un olor sul-génico que también varía con la alimentación.

2) **Lleno de la vejiga:** La orina que se forma en el riñón fluye de los túbulos colectores a nivel de la papila renal y pasa a los cálices menores, de estos a los cálices mayores, pelvis renal y uréter para llegar a la vejiga.

La pelvis renal y el uréter tienen dos capas de fibras musculares lisas: longitudinal interna y circular externa, en la parte terminal del uréter se agrega una tercera capa de fibras circulares externas. Merced a estas fibras musculares el uréter presenta movimientos peristálticos autónomos (se produce aún en ausencia de inervación), que hacen desplazar la orina hacia la vejiga, se producen cada uno a cinco minutos. Al ir entrando la orina en la vejiga ésta se va distendiendo y acumulando la orina.

En la pared de la vejiga hay fibras musculares lisas dispuestas en tres capas: una interna con fibras que se disponen semejando un plexo, una capa media de fibras circulares y una externa de fibras longitudinales que van desde el fondo de la vejiga hacia la base y luego se insertan en el pubis y en la próstata.

Las fibras musculares de la vejiga tienen un cierto tono, al ir llegando la orina se aumenta un poco la tensión intravesical, pero en seguida las fibras se adaptan al nuevo volumen y la tensión se reduce nuevamente.

Cuando el contenido vesical llega a unos 400 ml. todavía la tensión es baja, pero al seguir aumentando el volumen urinario la vejiga aumenta su tensión lo que produce contracciones del músculo (detrusor urinae).

El reflujo hacia el uréter se evita por un repliegue que hay en los meatos que sirve de válvula; la salida hacia la uretra se evita por la contracción del "esfínter interno" formado por fibras lisas y involuntario por el "esfínter externo" de fibras estriadas y voluntario.

Cuando la presión intravesical supera los 100 cm. de agua no puede retenerse más la orina y ésta fluye hacia la uretra aún contra la voluntad del individuo.

3) **Micción:** La micción es un acto reflejo por el cual se evacúa el contenido vesical hacia el exterior.

Voluntariamente se puede evitar la micción contrayendo el esfínter externo, pero solo hasta que la vejiga contiene unos 700 ml; si el esfínter externo se relaja (voluntariamente) se inicia un fenómeno reflejo que hace contraer al músculo de la pared vesical (detrusor urinae) y también se relaja el esfínter interno, esto hace que

la orina sea impulsada hacia la uretra y por ésta conducida al exterior.

En la mujer la micción termina bruscamente, pero en el hombre se produce una contracción brusca del esfínter externo y del músculo bulbocavernoso lo que elimina la orina contenida en la uretra.

Los reflejos que producen la micción se integran a nivel de la médula sacra y se integran por fibras del parasimpático; sin embargo estos centros están influenciados por otros superiores y también por la voluntad.

EQUILIBRIO ACIDO-BASE

Durante el metabolismo normal de un sujeto se producen gran cantidad de ácidos; lo que obliga al organismo a poner en juego mecanismos adecuados para neutralizarlos y mantener así un equilibrio entre los ácidos y las bases.

En ciertos casos (vómito ácidos por ejemplo), la pérdida de ácidos es muy grande y entonces hay un predominio de las bases, también entonces el organismo debe luchar para mantener el equilibrio pues, ambas situaciones (acidez o alcalinidad excesivas), son sumamente perjudiciales e incluso incompatibles con la vida.

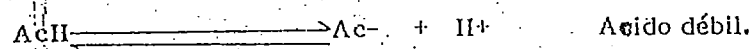
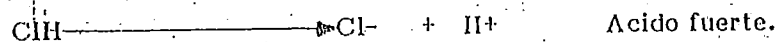
CONCEPTO DE pH Y SISTEMA BUFFER

Concepto de pH: Según Arrhenius, ácidos son aquellas sustancias que cuando están en solución, liberan iones hidrógenos (H^+ o hidrogenión); esta es una característica general para todos los ácidos; este fenómeno solo ocurre en soluciones acuosas que son las que nos interesan desde el punto de vista biológico. Bases son aquellas sustancias que en solución acuosa liberan oxidriliones (OH^-).

Ciertas sustancias cuando están en solución acuosa se disocian en "iones" (átomos con carga), uno es positivo (catión) y el otro es negativo (anión). Los ácidos por ejemplo se disocian en un radical negativo y un protón positivo.

Un átomo de hidrógeno está formado por un protón y un electrón, por tanto el hidrogenión (H^+) es un protón.

El ácido clorhídrico por ejemplo se disocia en "cloruro" o "hidrogenión"; el ácido acético en "acetato" o "hidrogenión":



Hay ácidos fuertes y ácidos débiles; la diferencia reside en que los ácidos fuertes (clorhídrico, por ejemplo), cuando están en solución se disocian completamente, todas sus moléculas están como "cloruro e hidrogenión" y ninguna como ácido clorhídrico; los ácidos débiles en cambio se disocian parcialmente, ciertas moléculas están disociadas en "acetato e hidrogenión" pero hay otras que están como ácido acético.

Llega un momento en el que la velocidad con que las moléculas se disocian es igual a la velocidad con que se unen sus iones para formar otra vez la molécula, se ha llegado a un equilibrio.

La proporción de moléculas disociadas y sin disociar es constante por cada ácido y se conoce como CONSTANTE DE DISOCIACIÓN y su valor surge de relacionar el producto de la concentración de iones disociados sobre la concentración de las moléculas sin disociar.

El valor de la constante K de disociación depende del ácido de que se trate, en el caso del ácido acético sería:

$$K = \frac{[Ac-][H+]}{[AcH]}$$

Los corchetes indican concentración.

En el caso del ácido clorhídrico sería: $K = \frac{[Cl-][H+]}{[HCl]}$; como en este caso no hay moléculas sin disociar el valor de la constante es muy alto.

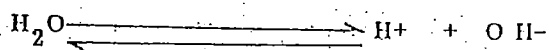
Los ácidos con K (léase constante) de disociación elevada son fuertes; los que tienen K de disociación baja son débiles.

La concentración de iones disociados nos indica la "acidez real" del ácido; la concentración de ácido (disociado y sin disociar) es la "acidez total" y la de las moléculas sin disociar es la "acidez potencial".

La acidez real de un ácido depende de la concentración de hidrogeniones que logre liberar, a mayor concentración de H^+ más fuerte el ácido; para medir esa concentración se la compara con una sustancia neutra, por ejemplo el agua.

CONSTANTE DE DISOCIACION DEL AGUA.

El agua puede ser considerada un electrolito sumamente débil, que se disocia según la ecuación siguiente:



Si es un electrólito débil debe tener una constante K de disociación cuyo valor será la relación existente entre los iones asociados y el agua sin disociar:

$$K = \frac{[OH-][H+]}{[H_2O]}$$

Como la cantidad de moléculas sin disociar es enorme, puede considerársela constante, entonces pasa a formar parte de la primera constante y obtenemos otra constante que se llama "constante del agua", cuyo valor es igual al producto de la concentración de los iones disociados.

$$K_w = [OH-][H+]$$

$$K_w = K_{\text{water}}$$

La concentración de OH^- o H^+ disociados en el agua es muy baja, a 25 grados C es de 1×10^{-14} , y como el agua es exactamente neutra significa que tiene la misma concentración de oxidrillones que de hidrogeniones, si el total es 1×10^{-14} habrá 1×10^{-7} oxidrillones y 1×10^{-7} hidrogeniones.

Entonces la concentración de hidrogeniones en el agua es igual a 1×10^{-7} pero como resulta muy engorroso trabajar con exponentes negativos se obtuvo logaritmos:

$$[H^+] = 1 \times 10^{-7}$$

$$\text{Log } [H^+] = \text{Log } 1 \times 10^{-7} = -7 \text{ log. } 10$$

Como $\text{log. } 10 = 1$; tenemos:

$$\text{Log } [H^+] = \boxed{-7} \quad \text{Para no trabajar con números negativos se multiplica ambos miembros por -1.}$$

$$\text{Log } [H^+] = \boxed{+7} \text{ y}$$

$$\text{Log } [H^+]$$

Es decir el logaritmo negativo de la concentración de protones es lo que comúnmente se llama pH.

Soerensen que desarrolló este planteo matemático llamó "potencial de hidrogeniones", al logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones y su sigla es pH.

El potencial de hidrogeniones (o sea el pH) del agua es igual a 7, y este valor indica neutralidad.

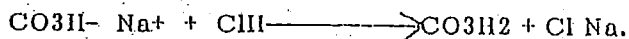
Si la concentración de hidrogeniones aumenta (porque agregamos un ácido), disminuye paralelamente la concentración de oxidriliones; si obtenemos el potencial de hidrogeniones ahora veremos que ha descendido, entonces: toda sustancia cuyo pH sea inferior a 7 (de 0 a 6,99), es ácida; recíprocamente: toda sustancia cuyo pH sea superior a 7 (de 7,1 a 14) es básica; el pH 7 indica neutralidad.

pH es el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones.

SISTEMA BUFFER.

BUFFERS O AMORTIGUADORES, son sustancias que evitan las variaciones bruscas del pH de una solución al agregarse a esta un ácido o una base, están formados por un ácido débil y su sal de base fuerte o por una base débil y su sal de ácido fuerte.

El mecanismo por el cual los buffers evitan el cambio brusco de pH es el siguiente: supongamos el buffer formado por "ácido carbónico/bicarbonato de sodio"; si agregamos un ácido fuerte como el HCl ocurre la siguiente reacción.

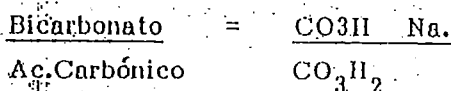


El bicarbonato se une al hidrógeno y forma ácido carbónico cuya acidez es mucho menor que la del HCl, el cloro se une con el sodio y forma el cloruro de sodio, ocurre:

El sodio se une al bicarbonato formando bicarbonato de sodio (base mucho más débil que el NaOH), y el hidrógeno del ácido se une con el oxidrilo de la base para formar agua (que es neutra).

PRINCIPALES BUFFERS DEL ORGANISMO

El principal sistema buffer del plasma y del líquido intersticial es el que está formado por bicarbonatos y el ácido carbónico:



Otro sistema buffer de importancia en la sangre, es el formado por las proteínas debido a su punto isoelectrico, las proteínas se comportan como aniones (con carga negativa) al pH de la sangre, pueden unirse entonces a ciertas bases constituyendo sistemas buffers; de todas ellas la más importante como buffer es la hemoglobina.

Los fosfatos forman un sistema buffer (fosfato disódico/fosfato monosódico), que en la sangre tiene poca importancia por su baja concentración no así en la orina donde interviene en gran medida para que el pH de aquella no descienda demasiado.

ECUACION DE HENDERSON-HASSELBACH.

Henderson y Hasselbach desarrollaron la siguiente ecuación, a la cual se llega por varios pasos matemáticos que se verán en química biológica:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log. \frac{\text{sal}}{\text{ácido.}}$$

Según esta ecuación, el pH de una solución que contenga un sistema buffer es igual al pK más el logaritmo de la concentración de sal sobre la concentración de ácido; el pK es el logaritmo negativo de la constante K de disociación del sistema.

Aplicando esta ecuación, es posible conocer el pH de la sangre, si se conoce la concentración de la sal y del ácido de alguno de sus sistemas buffer y el pK del mismo; por ejemplo considerando el buffer "bicarbonato de sodio" y ácido carbónico cuyo pK es de 6,10; el bicarbonato presenta 56,2 y el ácido carbónico 2,8 (ambos expresados en volúmenes de CO₂%) reemplazando en la ecuación de H₂H tenemos:

$$\text{pH} = 6,10 + \log. \frac{56,2}{2,8}$$

El cociente 56,2/2 es igual a 20,07 que por aproximación podemos considerarlo de 20; el Log. de 20 es igual a 1,3 entonces:

$$\text{pH} = 6,10 + 1,3$$

$$\text{pH} = 7,4$$

PH DE LA SANGRE: ACIDOSIS Y ALCALOSIS

El pH de la sangre es de 7,4 (oscila entre 7,34 y 7,44) por debajo de 7 y por encima de 8 es imposible la vida para el ser humano; es tan importante para el organismo mantener su equilibrio ácido base que dispone de múltiples mecanismos para lograrlo.

Hay mecanismos fisiológicos (que se llevan a cabo en el riñón y en el pulmón) y mecanismos amortiguadores (en los que intervienen los buffers). Si el pH es inferior a 7,3 se habla de acidosis, si es superior a 7,4 de alcalosis.

RESERVA ALCALINA: la reserva alcalina es la cantidad de bases de que el organismo dispone para la neutralización de ácidos; el más importante constituyente de esta reserva es el bicarbonato.

En la práctica se acostumbra determinar la concentración de bicarbonatos solamente, puesto que es reflejo fiel de la situación en que se encuentra la reserva alcalina.

Normalmente hay unos 50-70 vol. CO₂% fijados como bicarbonatos en el plasma. Toda disminución de la reserva alcalina lleva a la acidosis y todo aumento a la alcalosis.

ACIDOSIS: Es la disminución de la reserva alcalina. La relación entre los bicarbonatos y el ácido carbónico a pH normal (7,3 o 7,4) es de 20 a 1 (20 partes de bicarbonatos por una de ácido carbónico).

Si la relación bicarbonatos/ácido carbónico es de 20 a 2 significa que aumentó el CO₂ (por deficiencia de la eliminación de este por el pulmón, esto se conoce como ACIDOSIS RESPIRATORIA puesto que la causa de ella está en el pulmón, hay un aumento primario de CO₂).

En cambio si la relación es de 10/1 significa que se han reducido los bicarbonatos; esto es ACIDOSIS METABOLICA porque se debe a un déficit primitivo de álcalis; se observa en casos de insuficiencia renal o pérdida de bases por fistula pancreática.

En el primer caso (acidosis respiratoria) el aumento de CO₂ estimula el centro respiratorio; el sujeto hiperventila y se elimina el exceso de gas llevando la relación a 20/1.

En el segundo caso, en un primer momento ocurre lo mismo, se elimina el exceso relativo de CO_2 llevando la relación a 10/0,5; el pH entonces se normaliza, pero el sujeto está en acidosis puesto que la reserva alcalina está disminuida; esto se llama ACIDOSIS COMPENSADA.

El ajuste final lo hará el riñón reteniendo bases y llevando la relación otra vez a 20/1

ALCALOSIS: Es el aumento de la reserva alcalina, si la relación es de 20/0,5 significa que hay déficit de CO_2 (se produce por hiperventilación que ocurre en anemias, encefalitis, fiebre, etc.) esto se conoce como ALCALOSIS RESPIRATORIA porque hay un déficit primitivo de CO_2 .

Si la relación de 30/1 estamos frente a una ALCALOSIS METABOLICA puesto que hay un exceso primitivo de bicarbonatos, esto puede deberse a ingesta exagerada de bicarbonato o a vómitos ácidos por ejemplo.

En la alcalosis hay una depresión del centro respiratorio, esto produce hipoventilación y así se retiene el CO_2 necesario logrando vencer la alcalosis si ésta era respiratoria al aumentar el CO_2 se restablece la relación 20/1 pero si ésta era metabólica al acumularse CO_2 se lleva la relación a 30/1,5, esto se conoce como ALCALOSIS COMPENSADA, puesto que está aumentada la reserva alcalina.

El ajuste definitivo lo da el riñón eliminando bases.

REGULACION DEL EQUILIBRIO ACIDO-BASE

La regulación del equilibrio ácido-base se hace por mecanismos amortiguadores, (por intermedio de los buffers sanguíneos y tisulares), y por mecanismos fisiológicos (renales y pulmonares)

1) **MECANISMOS SANGUINEOS:** El organismo en su función metabólica produce sustancias ácidas y básicas, sin embargo la cantidad de ácidos producida es muy grande; diariamente se eliminan unos 300 litros de CO_2 con la respiración, y además se producen ácidos orgánicos; la cantidad de bases producidas es menor, sin embargo el pH de la sangre y de los tejidos no se alteran.

Los buffers de la sangre cumplen un papel importantísimo en la regulación del equilibrio ácido base.

El principal buffer del plasma es el sistema "bicarbonatos ácido carbónico" en segundo lugar figura el sistema "proteína II proteína B" y entre ellas la más importante es la hemoglobina.

Los fosfatos ya vimos, tienen menor importancia en la sangre.

2) **MECANISMOS TISULARES:** En el líquido intersticial la capacidad buffer de las proteínas es mínima, allí el buffer más importante es el sistema "bicarbonato/ácido carbónico" que modificando la relación normal que tienen (20/1) evitan (inmediatamente de originarse los ácidos), los cambios excesivos del pH.

También hay buffers (cuya capacidad amortiguadora es muy importante en las células y en los sólidos extracelulares cuyo principal exponente es el hueso).

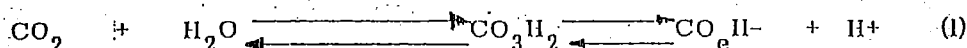
3) **MECANISMOS RESPIRATORIOS:** El pulmón es un mecanismo regulador del equilibrio ácido base que si bien actúa después de los buffers sanguíneos y tisulares lo hace antes que el riñón.

Si el organismo se encuentra en acidosis, ya sea por aumento primitivo de CO_2 o por pérdida de bases, el pulmón aumenta la ventilación eliminando anhídrido carbónico luchando para que la relación bicarbonatos/ácido carbónico se mantenga; en esta forma puede descomponerse el 80% del bicarbonato plasmático y aún así el pH no baja de 7.

En caso de que el organismo esté en alcalosis, ya sea por disminución primitiva de CO_2 o por aumento de los bicarbonatos, los centros respiratorios determinan una hipoventilación lo que hace retener CO_2 manteniéndose la relación normal.

4) **MECANISMOS RENALES:** El pulmón se encarga de regular la concentración de CO_2 y el riñón se encarga de los bicarbonatos; ésta constituye la tercera línea de defensa puesto que actúa con mayor lentitud. La regulación se hace por dos mecanismos: por acidificación de la orina y por formación de amoníaco.

-Acidificación de la orina: La orina se acidifica excretando iones H^+ que son intercambiados por sodio. Los H^+ provienen del ácido carbónico que se forma por acción de la anhidrasa carbónica que cataliza la reacción: agua más CO_2 produce ácido carbónico, éste luego se disocia en bicarbonato e hidrogenión:



El hidrogenión que pasa a la orina reacciona con el bicarbonato de sodio, que hay en ella, y se forma ácido carbónico; el sodio es reabsorbido y se une con el bicarbonato de la reacción (1). En esta forma se eliminan ácidos (hidrogeniones) y se retienen bases (bicarbonato de sodio).

El pH normal de la orina es de 6, pero puede variar de 4,4 que es el pH mínimo, hasta 7,8 como máximo.

En la orina tiene mucha importancia el buffer formado por el sistema "fosfato disódico/fosfato monosódico", puesto que, si todo el ácido que se elimina no fuera amortiguado, el pH urinario sería tan bajo que dañaría las células.

[Cuando el organismo está en alcalosis, el mecanismo anterior de acidificación de la orina disminuye; se eliminan bicarbonatos y se retiene hidrogeniones; si el pH urinario llega a 5,6 ya no se elimina bicarbonato por orina; en cambio con orinas alcalinas (pH superior a 7) la cantidad de bicarbonatos excretada es grande.

-Formación de amoníaco: En el riñón se forma amoníaco como resultado del metabolismo de aminoácidos (fundamentalmente glutamina); este amoníaco es excretado a la orina y allí se une con los hidrogeniones provenientes de la reacción (1) que vimos más arriba, se forma así el ión amonio (NH_4^+) que puede unirse con el cloro formando "cloruro de amonio"; el cloro estaba unido al sodio (como cloruro de sodio); el cual es absorbido y va a unirse al bicarbonato de la reacción (1); en esta forma también se retienen bases (bicarbonato de sodio) y se eliminan ácidos (hidrogeniones).

Si el organismo está en alcalosis esto no ocurre, pero si está en acidosis ocurre con máxima intensidad; pero es un proceso lento puesto que deben sintetizarse las enzimas que catalizan las reacciones de formación de amoníaco, pero a pesar de esto la capacidad de este último mecanismo para combatir la acidosis es muy grande.

ANATOMÍA Y FUNCIÓN DE SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO

Capítulo 9

Está formado por una serie de órganos que se encuentran en su mayoría dentro de la pelvis. Forman parte de este aparato genital femenino los genitales externos e internos.

FISIOLOGÍA DEL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

Su funcionamiento está regulado por complejos mecanismos hormonales. La mujer es cíclica, y en su aparato genital ocurren cambios periódicos, mediados por hormonas, que se suceden en promedio, cada 28 días (con un rango normal de 21 a 35 días).

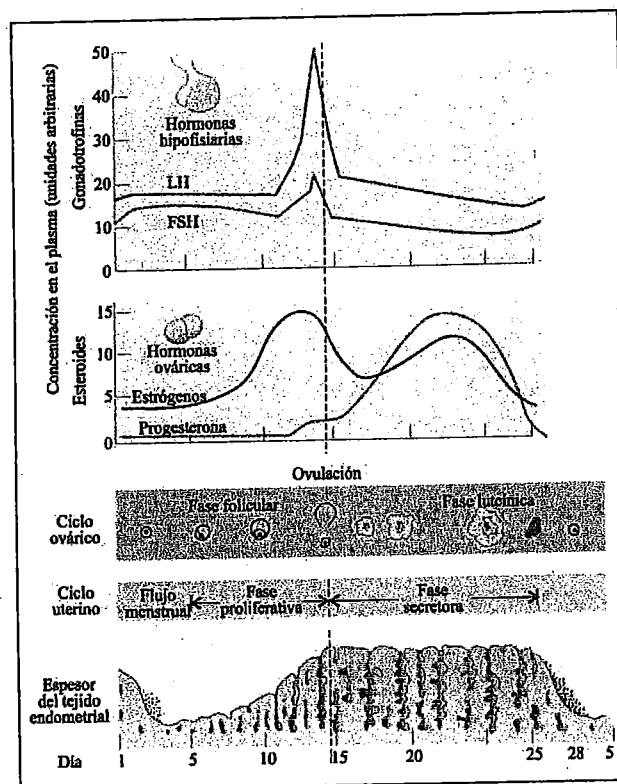
Durante la vida intrauterina las células germinales migran hacia las gónadas indiferenciadas, y las colonizan. Luego comienzan a diferenciarse, transformándose en ovocitos I. Después del nacimiento, la niña queda con sus ovocitos I detenidos en primera profase dentro del folículo primordial, hasta que llega el momento de la pubertad.

El comienzo de la maduración sexual en la niña está marcado, al igual que en el varón, por una serie de cambios físicos y psíquicos, determinados por un aumento en el nivel de hormonas sexuales. El primer cambio está dado por la aparición del botón mamario, denominado **telarquia**, luego aparece el vello pubiano, y, por último

sobreviene la **menarquia** o primera menstruación.

A la edad de 12 años, aproximadamente, se produce un incremento en el nivel de gonadotrofinas hipofisarias. Estas gonadotrofinas actúan sobre el ovario, y éste comienza a producir estrógenos (hormona sexual femenina) que serán los responsables directos de la maduración sexual.

Así comienzan los ciclos sexuales o ciclos ováricos propios de toda mujer en edad fértil, que durarán hasta la **menopausia** (última menstruación).



CICLO OVÁRICO

En la mujer, el nivel de gonadotrofinas hipofisarias varía en forma cíclica. La finalidad de todos estos mecanismos es una sola: posibilitar el desarrollo de un nuevo ser. El ovocito queda rodeado de una capa de células y es rechazado hacia uno de los polos del folículo,

constituyendo el **cúmulo ovígero**. Por otro lado, la FSH estimula a las células periféricas del folículo (teca interna y externa), a producir estrógenos.

El peak de estrógenos estimula a la hipófisis anterior a secretar hormona luteinizante (Feed-back **Positivo**), y se produce una descarga brusca de LH. Esta descarga actúa a nivel del folículo y produce la expulsión del ovocito que, durante la maduración, se transformó en ovocito II (es decir completó su primera división meiótica). La liberación del ovocito II se denomina **ovulación**. Este ovocito II está detenido en la metafase de la segunda división meiótica, la cual sólo se completa en caso de fecundación.

Si llegado el término del ciclo ovárico no se produce fecundación, disminuye el nivel de gonadotrofinas, y el cuerpo lúteo involuciona y se transforma en **cuerpo albicans**, el que permanece como cicatriz en el ovario.

Si hay fecundación, comienza a secretarse (por parte de un grupo de células del cigoto) una hormona llamada **gonadotrofina coriónica**, que mantiene la función del cuerpo lúteo hasta el tercer mes de embarazo, fecha en que es reemplazado por la placenta en la producción de hormonas (especialmente progesterona).

CICLO MENSTRUAL

Paralelamente al ciclo ovárico, están ocurriendo una serie de cambios en la mucosa uterina o endometrio, también mediados por hormonas.

Desde el día 1 al 5 del ciclo, la mucosa uterina se desprende y sale al exterior con sus vasos, en un fenómeno llamado **menstruación**.

Entre el día 5 y el día 14, los niveles de estrógenos van aumentando y actúan en el endometrio; la mucosa uterina aumenta su grosor, y aumenta el número de glándulas y vasos sanguíneos. Esta etapa se denomina **fase proliferativa**.

Después de la ovulación, la progesterona secretada por el cuerpo lúteo (estimulado por la LH), actúa sobre las glándulas uterinas, aumentando su tamaño y haciéndolas

más tortuosas y gruesas. Esto es la **fase secretora**.

Al final del ciclo, el endometrio está congestivo, grueso, y con gran número de glándulas. Es decir, está preparado para la posible implantación del cigoto. Si esto no ocurre, al caer el nivel de gonadotrofinas, el cuerpo lúteo cesa su función. Al no producirse más progesterona y estrógenos, cesa la acción que sostenía el endometrio, y éste se desprende junto con sus vasos. Se produce la menstruación, y comienza así un nuevo ciclo.

HORMONAS OVÁRICAS.

Estrógenos: en la mujer no embarazada son producidas por el ovario y durante el embarazo, por la placenta. Se sintetizan a partir del colesterol.

Funciones:

- o Desarrollo de los órganos genitales (caracteres sexuales primarios): trompas, útero, vagina, genitales externos.
- o Desarrollo de los conductos y parénquima de las mamas (que tienen a su cargo la lactancia).
- o Desarrollo de los caracteres sexuales secundarios: distribución del vello, voz más suave, concentración del tejido graso en ciertas zonas como las caderas, muslos, glándulas mamarias. Además, estimulan el crecimiento de la mama.
- o En el hueso, estimulan su crecimiento en longitud, pero rápidamente producen el cierre de los cartílagos de crecimiento.
- o En el útero inducen proliferación del endometrio.

• **Progesterona:** en la mujer no embarazada, la produce el cuerpo lúteo durante la segunda mitad del ciclo. En la embarazada, es producida también por el cuerpo lúteo hasta el tercer mes, y después por la placenta.

Funciones

- o Actúa sobre el endometrio haciendo que se transforme en un tejido secretor, preparado para la implantación.
- o Produce cambios secretores en las trompas de Falopio, los que permiten la alimentación del cigoto durante su trayectoria al útero.
- o Estimula el desarrollo de la glándula mamaria.

ANATOMÍA Y FUNCIÓN DE SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO

Capítulo 10

En líneas generales, está formado por dos gónadas llamadas testículos, un sistema de conductos que transportan a los espermios producidos por el testículo hacia el exterior y un órgano copulador (pene) que permite depositar el semen en el aparato genital femenino.

En algunos casos el testículo no migra hacia el escroto. De permanecer en el abdomen a la temperatura corporal (37° C), se inhibirá la formación de espermatozoides y el individuo será por lo tanto estéril. A este fenómeno de no descenso del testículo se le denomina **Criptorquídea**.

El testículo tiene dos funciones:

- ❖ Espermatogénica; productora de espermios.
- ❖ Androgénica: producción de testosterona.

En este sentido, se puede hablar de la gónada masculina como de una glándula mixta o **anfícrina** (es decir, exocrina y endocrina a la vez).

Es endocrina, puesto que produce una hormona que pasa directamente a la sangre (**Testosterona**) mediante las células de Leydig. Es, además, una glándula exocrina, porque en ella se forma otro producto de secreción

Capítulo 25

(semen), que es vertido al exterior mediante un sistema de conductos, los cuales, en conjunto, se denominan vías espermáticas.

FISIOLOGÍA DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

La espermatogénesis está sujeta a un estrecho y complejo control hormonal. Estos mecanismos están regulados por la adenohipófisis, que produce dos hormonas llamadas **Gonadotrofinas** (son las mismas para el hombre y la mujer, pero sus efectos son diferentes en uno y otro sexo). Estas son la **FSH** (Hormona Folículo-Estimulante) y **LH** (Hormona Luteinizante).

La hormona luteinizante actúa sobre las células de Leydig, estimulando la producción de testosterona, hormona masculina indispensable en la diferenciación sexual y la actividad reproductiva.

Por su parte, la hormona folículo - estimulante regula la espermatogénesis, junto a la testosterona. Al parecer, la FSH induciría el inicio de la etapa de maduración, y la testosterona entraría en juego en etapas posteriores para estimular la espermatogénesis.

TESTOSTERONA: Es la hormona sexual masculina por excelencia. Se produce en las células de Leydig del testículo, y en un pequeño porcentaje en la capa reticular de la corteza suprarrenal. Desde el nacimiento, hasta los 10-12 años, el testículo produce hormona masculina, aunque en cantidades ínfimas. Posteriormente, llegado el momento de la pubertad, se desencadenan complejos mecanismos neurohormonales, y la producción de testosterona se eleva notablemente, hasta acercarse a la del

hombre adulto. Esto produce diversos cambios psíquicos y físicos, propios del sexo masculino.

La **testosterona** tiene a su cargo, el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

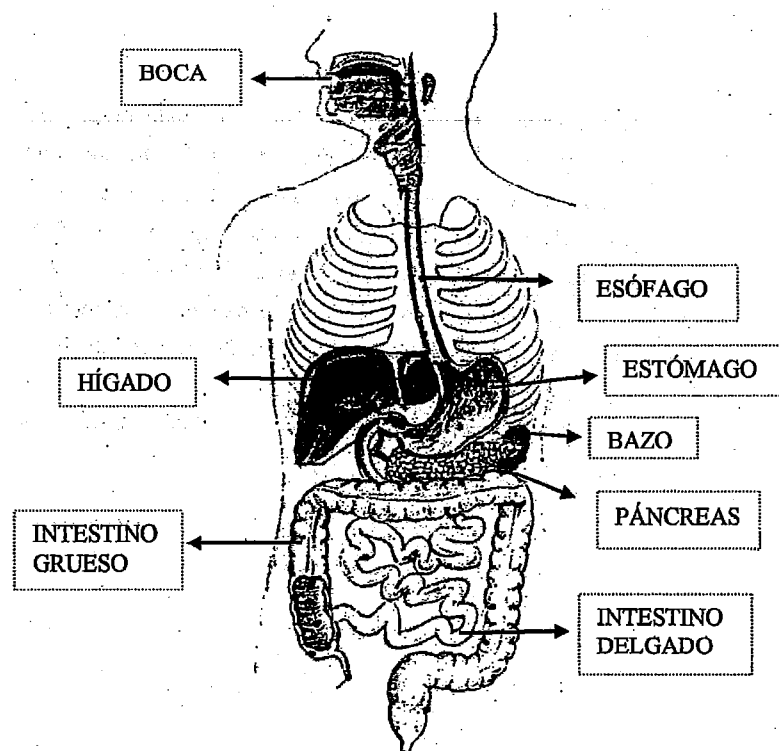
Como por ejemplo:

- ✓ **Función Anabólica.** En general la principal función de la testosterona es estimular la síntesis proteica (anabolismo).
- ✓ **Redistribución del vello corporal:** comienza a aparecer vello en la pubertad en cara, tórax, espalda, miembros superiores e inferiores.
- ✓ **Cambios en la voz:** se producen cambios y engrosamiento de las cuerdas vocales y laringe, con lo cual la voz se hace más gruesa y ronca.
- ✓ **Cierre de la epífisis de los huesos:** se produce osificación del cartilago de crecimiento, con lo cual el hueso no puede seguir creciendo en longitud, y la velocidad de crecimiento disminuye mucho.
- ✓ **Aumento del metabolismo basal:** esto lleva a que el hombre, de por sí, tenga una menor cantidad de tejido graso que la mujer.
- ✓ **Diferenciación de genitales.** Durante el período fetal la testosterona es específicamente necesaria para la diferenciación del pene, el escroto, la uretra peneana y la próstata del feto. Finalmente, se producen también cambios psíquicos: la conducta se hace más agresiva en

general.

Las consecuencias clínicas de la deficiencia de **andrógenos** en el varón dependen del momento del comienzo de la deficiencia. La ausencia intrauterina condiciona una feminización de los genitales externos. Si la deficiencia es durante la pubertad no aumenta de tamaño el pene, no hay crecimiento de la barba y del vello sexual y no se generan espermatozoides. También son de talla baja. El resultado final es un **eunuco**. En los adultos la deficiencia provoca infertilidad con pérdida de la libido y potencia.

ANATOMÍA DEL APARATO DIGESTIVO



BOCA

ESÓFAGO

GLÁNDULAS SALIVARES

ESTÓMAGO

INTESTINO DELGADO

PÁNCREAS

HÍGADO

BAZO

INTESTINO GRUESO

LA BOCA

La boca se divide en dos partes, el *VESTÍBULO DE LA BOCA* que es el espacio que queda entre la parte interna de los labios y la cara externa de los dientes, y *LA CAVIDAD BUCAL O BOCA* propiamente dicha, que va desde la cara interna de los dientes hasta la entrada de la faringe

El techo de la boca esta formado por el *PALADAR ÓSEO* y el *PALADAR BLANDO*, que está formado por músculos y recubierto por mucosas.

En la línea media del paladar blando se proyecta hacia abajo una pequeña masa llamada *ÚVULA O CAMPANILLA*.

La boca se comunica con la faringe a través de *LAS FAUCES*, que se encuentra en la parte posterior de la cavidad bucal.

Bordeando las fauces se encuentran cuatro *PLIEGUES O PILARES DEL PALADAR* que parten desde la úvula hacia los lados formando dos arcos, entre los cuales están situadas las *AMÍGDALAS PALATINAS*.

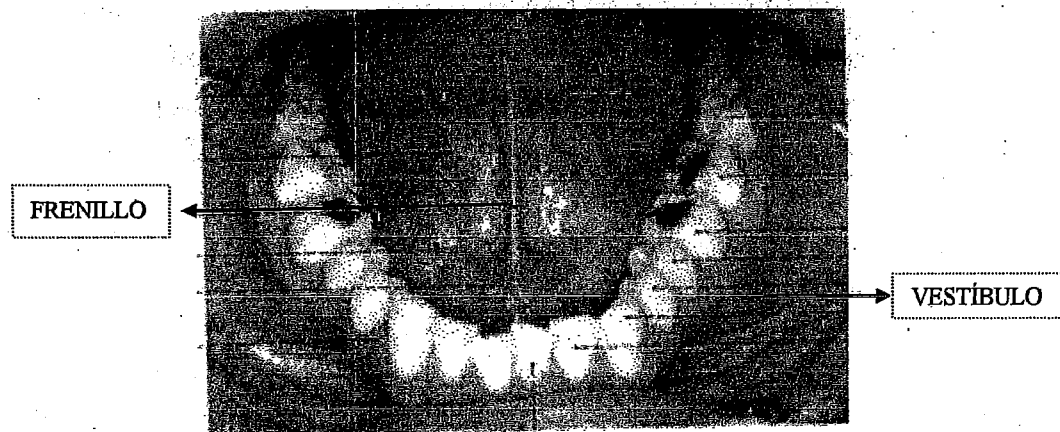
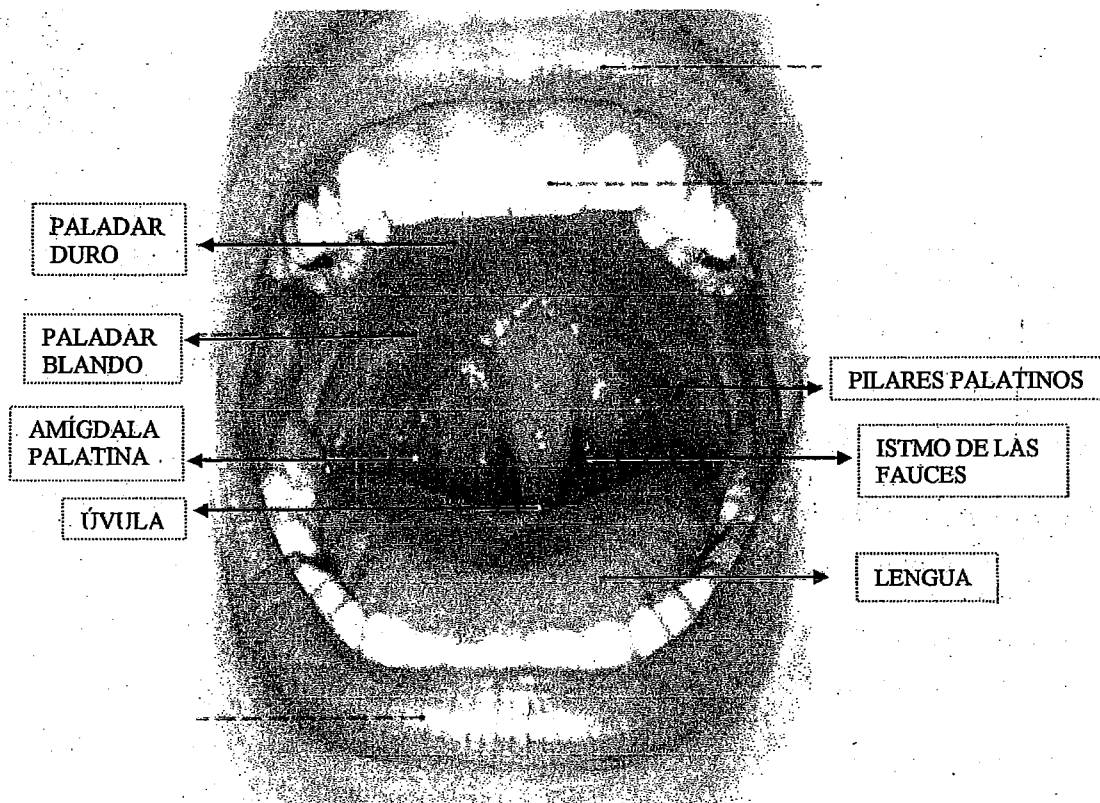
El suelo de la boca está formado por *LA LENGUA*, que esta formada por una masa de músculo esquelético.

En su superficie se encuentran unas papilas que son las *papilas gustativas*, que se encargan de captar los diferentes sabores.

Los $\frac{2}{3}$ anteriores de la lengua están dentro de la boca y $\frac{1}{3}$ se encuentra en la faringe. Entre ambas zonas hay una especie de V que está formada por papilas gustativas más grandes de lo normal.

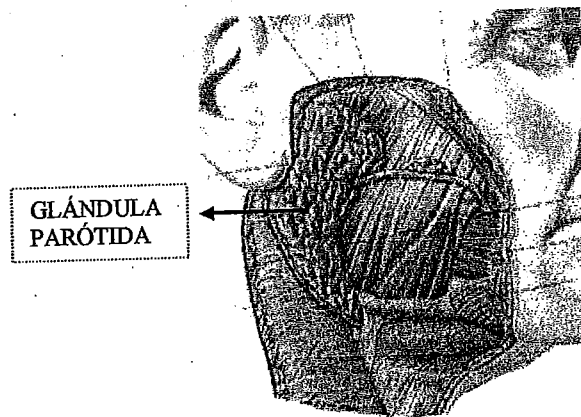
En la cara inferior de la lengua nos encontramos con el *frenillo lingual*, que es un repliegue que une la lengua con el suelo.

Al interior de la boca desembocan los productos de las glándulas salivares.

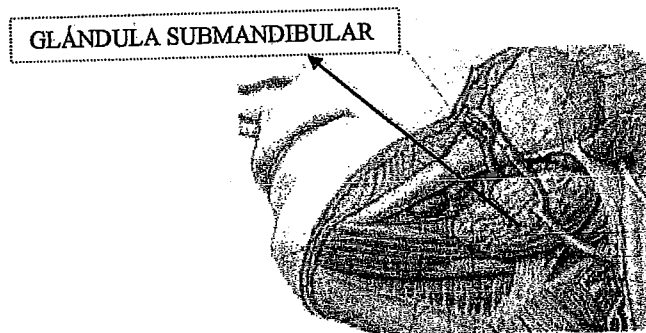


LAS GLÁNDULAS SALIVARES

Las **GLÁNDULAS PARÓTIDAS** son las más grandes. Están situadas delante del CAE (conducto auditivo externo) y por fuera de la rama ascendente de la mandíbula. El conducto de la glándula que desemboca en la boca se encuentra en contraposición con la cara externa del 2º molar (por dentro de la mejilla). La inflamación de estas glándulas da lugar a la parotiditis o paperas.



Las **GLÁNDULAS SUBMANDIBULARES** están situadas por dentro de la mandíbula cerca del ángulo mandibular. También tiene conductos que desembocan en el suelo de la boca.

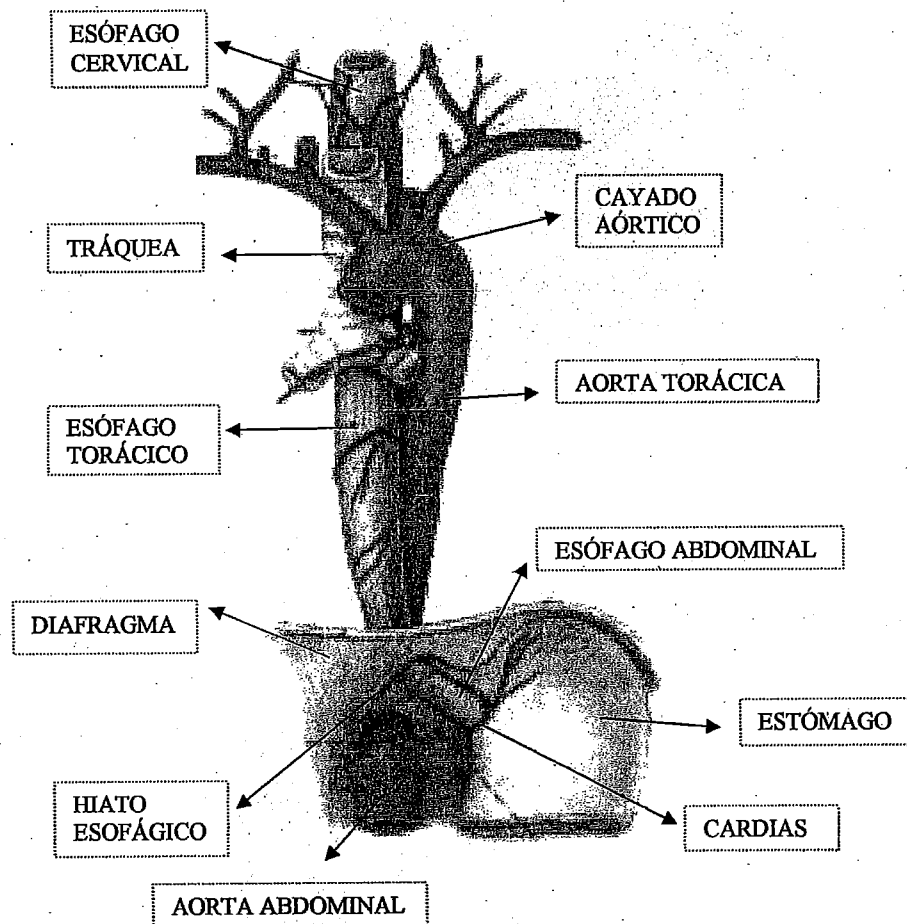


Las **GLÁNDULAS SUBLINGUALES** están debajo de la lengua a cada lado del frenillo.

EL ESÓFAGO

Es un tubo de paredes musculares lisas que se encuentra cerrado normalmente y se abre con el paso de alimentos.

Tiene una porción cervical que pasa por detrás de la tráquea, luego baja por el mediastino pasando por detrás del corazón y atraviesa el diafragma por un orificio llamado *HIATO ESOFÁGICO* para entrar en el abdomen hasta comunicarse con el estómago a través del *CARDIAS*. (*ESÓFAGO CERVICAL, ESÓFAGO TORÁCICO Y ESÓFAGO ABDOMINAL*)



EL ESTÓMAGO

Esta localizado debajo del diafragma en la parte superior izquierda de la cavidad abdominal, por delante del páncreas.

Es una porción dilatada del tubo digestivo con forma de J o de calcetín que varía de una persona a otra y según la postura. Tiene unas paredes musculares con fibras que están dispuestas en múltiples direcciones para darle mayor resistencia. Su interior está tapizado por mucosas con muchos pliegues. Su exterior está recubierto por una membrana denominada *PERITONEO*.

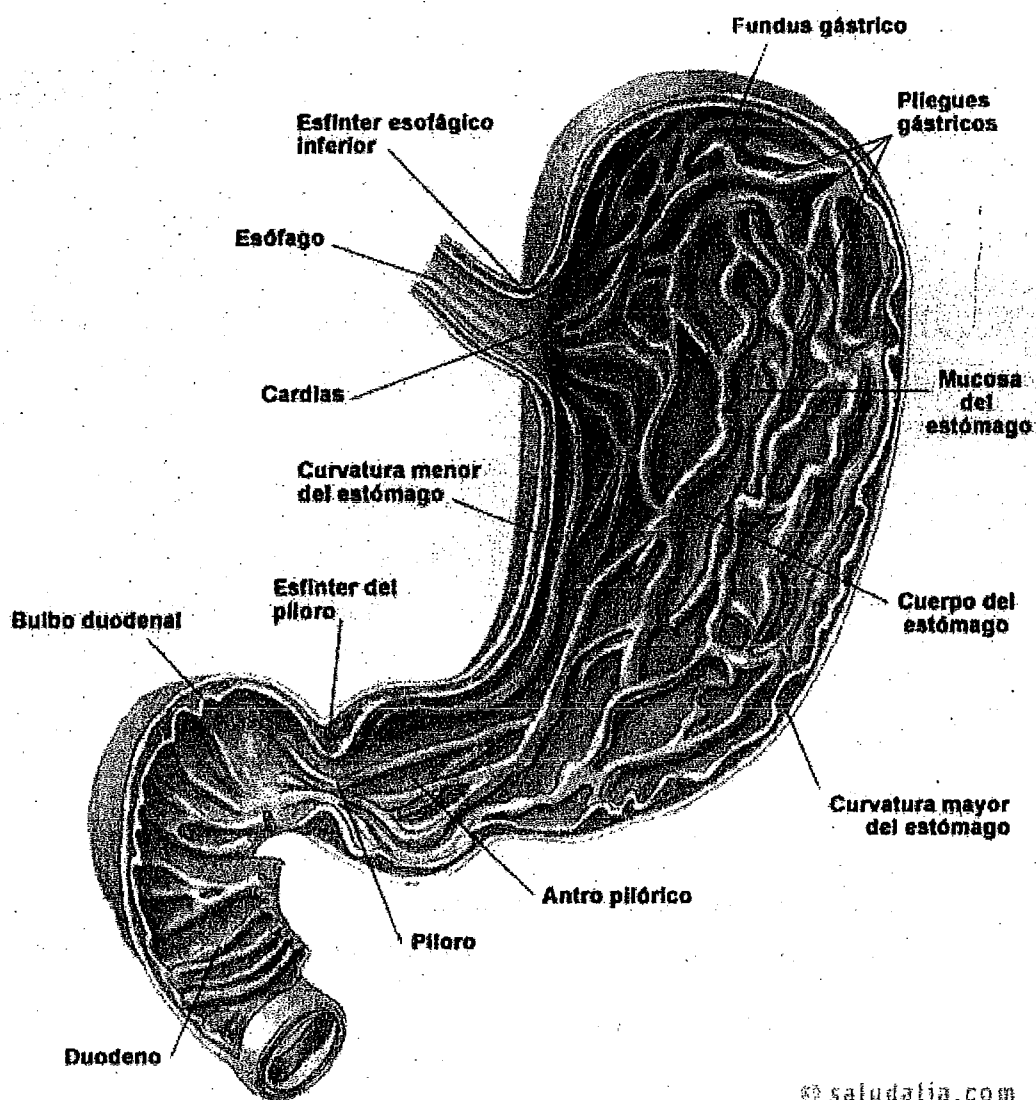
El estómago tiene varias partes:

1. El *CARDIAS*: es un esfínter* que comunica el esófago con el estómago y que regula la entrada de alimentos e impide que haya reflujo en su normal funcionamiento. (que la comida vuelva atrás).

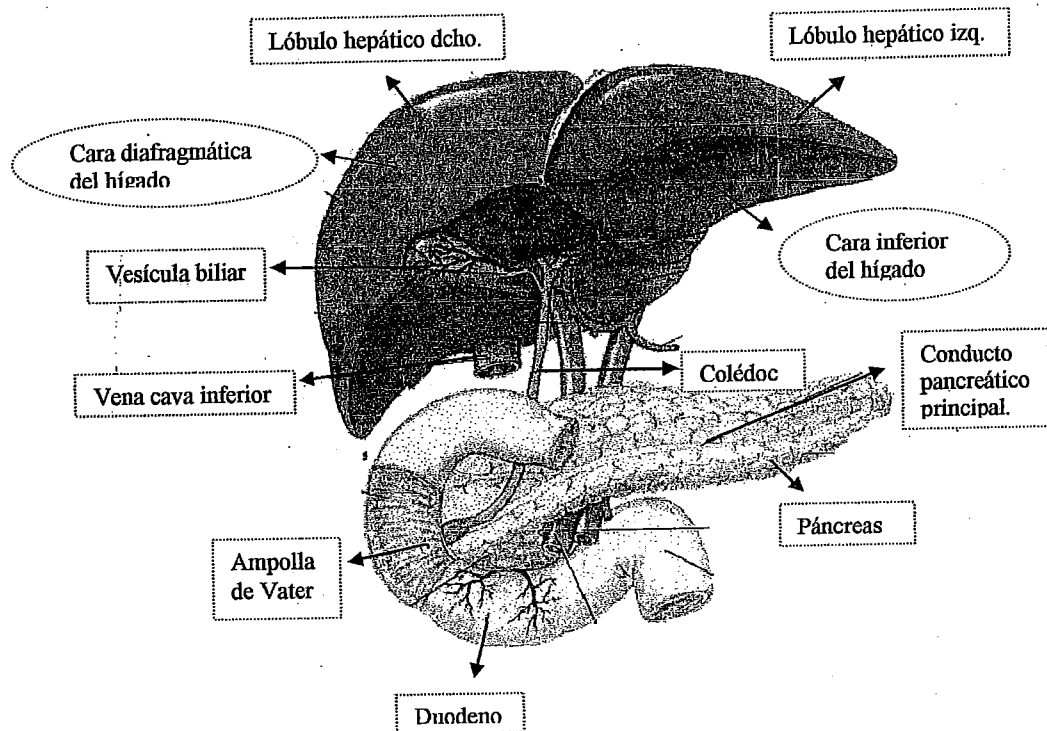
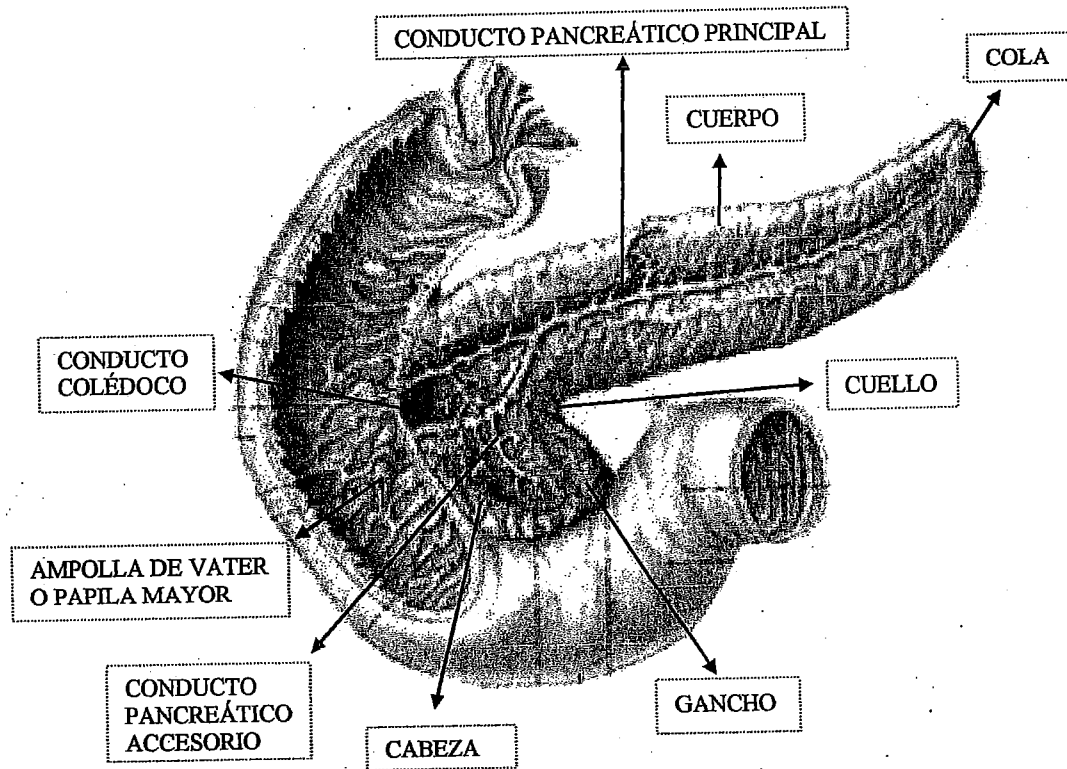
*esfínter: anillo de fibras musculares circulares que se disponen alrededor de un orificio

2. El *FUNDUS* es la porción superior del estómago. Es donde se produce la acumulación de los gases, que se puede apreciar en una radiografía de abdomen en bipedestación (de pie). El signo radiológico se conoce como cámara de gases.
3. El *CUERPO* es la parte que ocupa la mayor parte del estómago.
4. El *ANTRO* es una zona de estrechamiento que sirve de antesala al píloro.
5. El *PÍLORO O ESFÍNTER PILÓRICO* une el final del estómago con la 1ª porción del intestino delgado, el duodeno.

El estómago presenta dos curvaturas, una mayor dirigida hacia la izquierda y otra menor dirigida hacia la derecha.



© saludalia.com



DUODENO

Es la 1ª porción del intestino delgado. Está formado por fibras musculares. Tiene forma de C y en su cara concava se encaja el páncreas.

Tiene cuatro porciones: la 1ª horizontal, la 2ª descendente, en cuyo interior se encuentra la Ampolla de Vater donde van a desembocar la bilis del hígado y el jugo pancreático del páncreas, la 3ª horizontal y la 4ª ascendente.

NOTA: Al duodeno lo estudiamos junto con el páncreas.

EL PÁNCREAS

El páncreas es una estructura con forma alargada que está situada por delante de la columna vertebral y posterior al estómago y al hígado. Se encuentra encajado en el duodeno y dispuesto de forma horizontal a la zona alta de la cavidad abdominal.

La **CABEZA DEL PÁNCREAS** es la parte que se encaja en el duodeno. Tiene una prolongación hacia abajo conocida como el **GANCHO DEL PÁNCREAS O APÓFISIS UNCIFORME**. De la cabeza hacia arriba tenemos un estrechamiento denominado istmo o **CUELLO DEL PÁNCREAS** y luego se continúa en la horizontal con el **CUERPO DEL PÁNCREAS** para terminar a la izquierda con la **COLA DEL PÁNCREAS**.

Hay un conducto denominado **CONDUCTO PANCREÁTICO PRINCIPAL** que recorre todo el páncreas para desembocar en la **AMPOLLA DE VATER** ubicada en el duodeno.

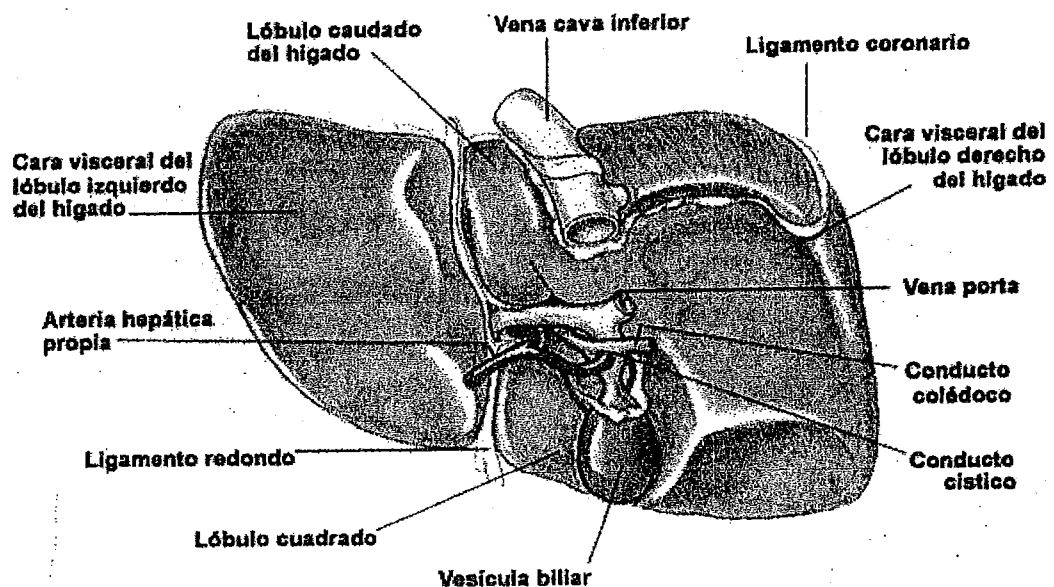
Hay un **CONDUCTO PANCREÁTICO ACCESORIO** que solo recorre la cabeza del páncreas y también desemboca en la ampolla de vater.

Ambos conductos vierten el jugo pancreático al duodeno. El jugo pancreático contiene enzimas que intervienen en la digestión de las grasas.

Los **CANALÍCULOS BILIARES** son unos conductos finitos que recogen la **BILIS** segregada por los hepatocitos. Los canalículos se van uniendo hasta formar los **CONDUCTOS BILIARES DERECHO E IZQUIERDO** que llevarán la bilis hasta el **CONDUCTO HEPÁTICO** continuándose con el **CONDUCTO CÍSTICO** de la vesícula y desembocando finalmente en la **VESÍCULA BILIAR** donde queda almacenada.

En el momento de la digestión, la bilis sales de la vesícula a través del conducto cístico que al unirse con el conducto hepático originan el CONDUCTO COLÉDOCO, por donde se dirige hasta desembocar en el duodeno, en la **AMPOLLA DE VATER**.

¡Cara inferior del hígado



EL HÍGADO

El hígado es el órgano más grande del organismo, pesa más de dos kilos. Está situado debajo del diafragma en la parte superior derecha de la cavidad abdominal y sobrepasando la línea media, colocándose en este extremo por delante del estómago. En condiciones normales no debe sobrepasar el reborde costal. (En caso de patologías se puede palpar por debajo del reborde costal).

El hígado se divide en cuatro lóbulos. El *LÓBULO DERECHO* es el más grande. La prolongación del hígado hacia la izquierda es el *LÓBULO IZQUIERDO*. Los otros dos lóbulos están en la cara inferior y se llaman *LÓBULO CUADRADO*, antero inferior, y *LÓBULO CAUDADO*, postero inferior.

La cara superior anterior o diafragmática tiene una superficie lisa que se acopla perfectamente al diafragma.

En la cara inferior se puede ver el *HILIO HEPÁTICO* entre los cuatro lóbulos, por donde entran y salen todas las estructuras: *ARTERIA HEPÁTICA*, *VENA PORTA*, *VÍAS BILIARES*. Entre el lóbulo cuadrado y el lóbulo derecho queda encajada la *VESÍCULA BILIAR* que es una estructura con forma de saco que sirve de reservorio para el almacenaje de la bilis formada en el hígado, sobresaliendo un poco por el borde anterior del hígado.

En la cara posterior tenemos la *VENA CAVA INFERIOR*, a donde van a desembocar las venas hepáticas. En la parte superior de esta cara tenemos el *HILIO SUPRAHEPÁTICO O SUPERIOR*, por donde salen las venas hepáticas para desembocar en la vena cava inferior.

El hígado lo forman unas unidades anatómicas pequeñas de forma hexagonal que se llaman *LOBULILLOS HEPÁTICOS*. En el centro de cada uno está la *VENA CENTRAL DEL LOBULILLO*, que va a desembocar en las venas hepáticas. Los lobulillos están formados por un conjunto de *CÉLULAS HEPATOCITOS* que se disponen alrededor de la vena central. En cada esquina del hexágono hay un conjunto de estructuras que son ramas de la arteria hepática, de la vena porta y de los conductos biliares.

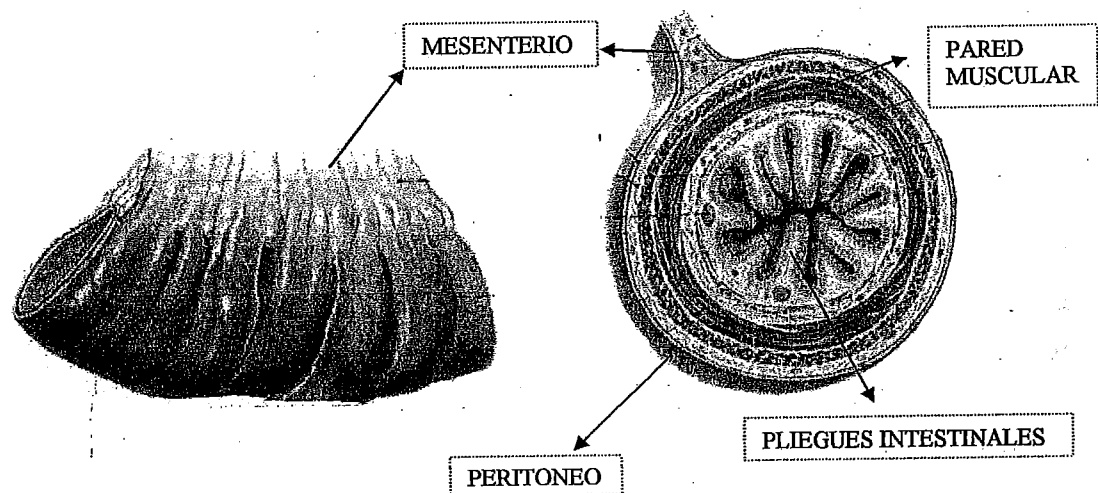
La sangre que llega de la *ARTERIA HEPÁTICA* oxigena las células hepáticas. La sangre que llega de la *VENA PORTA* es metabolizada por el hígado para eliminar las toxinas. Ambas sangres se dirigen entre los hepatocitos por los *SINUSOIDES HEPÁTICOS* (canalitos) hasta llegar a la vena central.

El *DUODENO* se continúa con el *YEYUNO* y el *ÍLEON*.

El yeyuno y el íleon forman la 2ª y 3ª porción del intestino delgado. Va desde el duodeno hasta introducirse en el *CIEGO CÓLICO*. Mide unos 5-6 m y para caber en la cavidad abdominal se encuentra plegado.

Es un tubo de paredes musculares cuyo interior está tapizado por mucosas que presentan numerosos pliegues para una mejor absorción. En el exterior están recubiertas por peritoneo, y se sujetan a la pared posterior abdominal mediante el *MESENTERIO*, que se forma de la unión de las dos hojas del peritoneo que abrazan y envuelven a las asas intestinales antes de incorporarse a la pared abdominal posterior. La raíz del mesenterio se va abriendo hacia delante, en forma de abanico, para acoger a toda la longitud intestinal, que se encuentra plegada.

La parte del íleon que se introduce en el ciego es el *ÍLEON TERMINAL*. La unión de ambos se hace a través de la *VÁLVULA ILEOCECAL*.

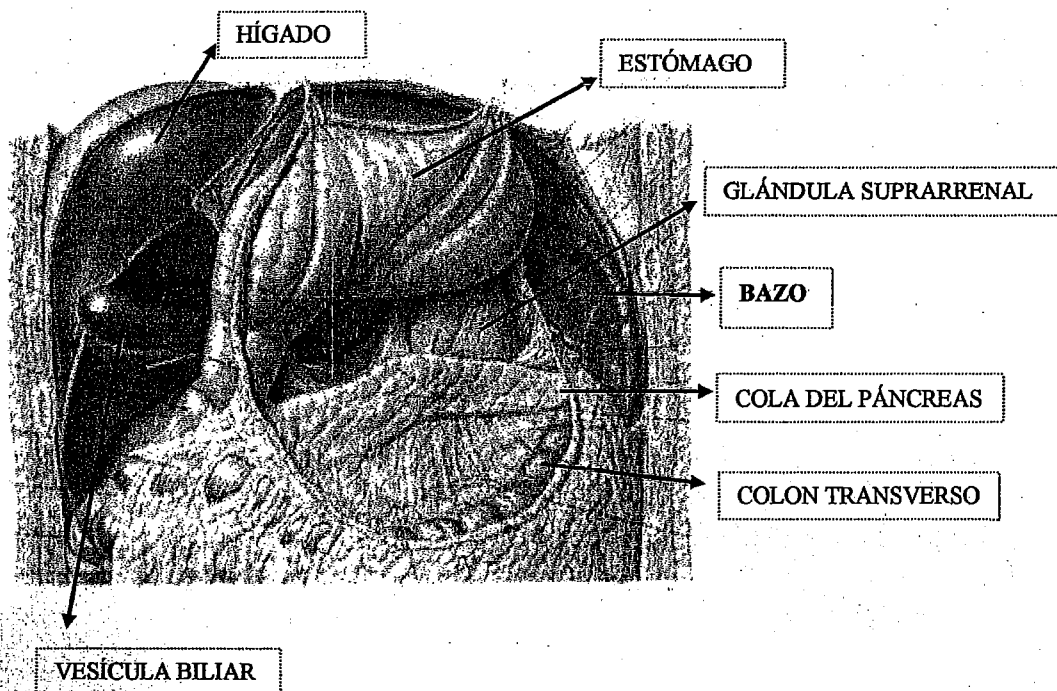


EL BAZO

Es un pequeño órgano situado por debajo del diafragma izquierdo, detrás del estómago, por delante del riñón izquierdo, por encima del colon descendente, del reborde costal hacia arriba. El bazo está relacionado con la cola del páncreas.

Está cubierto por la parrilla costal izquierda, que le proporciona una protección importante. En su interior tiene mucha sangre y se encarga de producir linfocitos, eliminar eritrocitos, etc. En su interior se destruyen los hematíes viejos (glóbulos rojos).

Al ser un órgano pequeño presenta gran facilidad para romperse en caso de fracturas costales, dando lugar a hemorragias graves, siendo la única solución quitar el bazo (esplenectomía).



EL PERITONEO

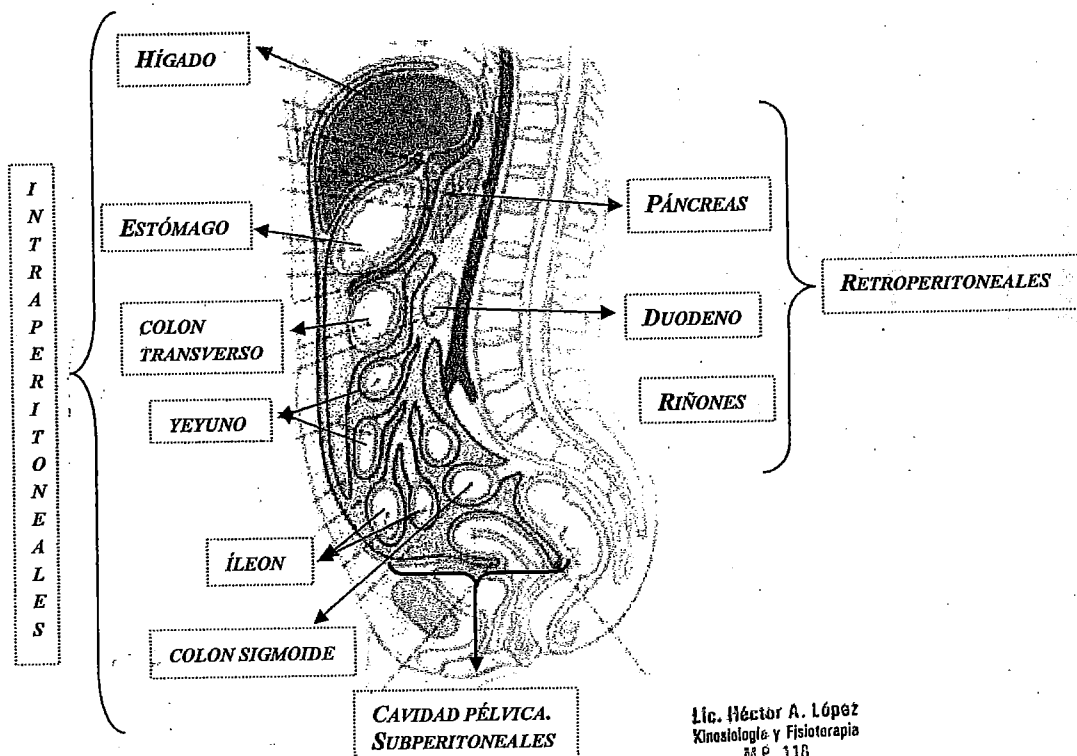
Es una membrana serosa dispuesta como un saco de doble pared que recubre gran parte de las vísceras abdominales total o parcialmente (dentro del globo varias vísceras).

Las vísceras que se encuentran recubiertas por el peritoneo se llaman **VÍSCERAS INTRAPERITONEALES**. Son el estómago, el hígado, parte del intestino...

Otras vísceras quedan por detrás del peritoneo denominándose **RETROPERITONEALES**, no están totalmente recubiertas por esta membrana. Son los riñones, el páncreas...

Algunas vísceras se quedan por debajo del peritoneo, en la cavidad pélvica. Son las vísceras **SUPERITONEALES**.

La hoja externa o parietal tapiza el diafragma y las paredes del abdomen. La hoja interna o visceral está en íntimo contacto con las vísceras. Entre ambas encontramos una cavidad virtual que se llama **CAVIDAD PERITONEAL** (igual que la cavidad pleural), en cuyo interior hay una cantidad de **LÍQUIDO PERITONEAL** para facilitar el movimiento de las vísceras. Una inflamación del peritoneo o peritonitis puede desencadenar en la muerte.

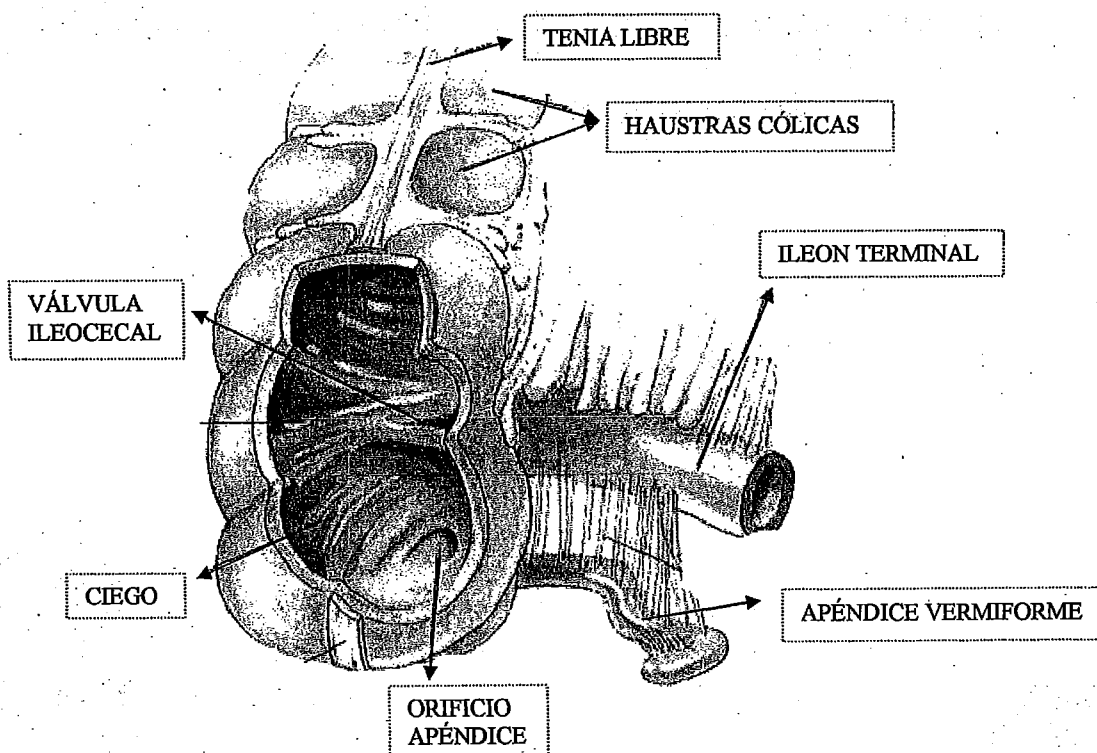


Lic. Héctor A. López
Kinesióloga y Fisioterapia
M.P. 118

EL INTESTINO GRUESO

Se dispone enmarcando a las asas del intestino delgado. En su exterior presenta unas zonas dilatadas que se llaman *HAUSTRAS CÓLICAS*. Tienen tres cintillas longitudinales formadas por fibras musculares lisas que lo recorren. Se llaman *TENIAS CÓLICAS*, de las que cuelgan unas bolitas de grasa que se llaman *APÉNDICES EPICLOICOS*.

1. **CIEGO:** Se encuentra en el ángulo inferior derecho de la cavidad abdominal, en la *FOSA ILLICA DERECHA*. En su parte inferior presenta una especie de divertículo denominado *APÉNDICE VERMIFORME O VERMICULAR*. Es una estructura de pocos mm de diámetro y varios cm. de largo, que debido a su corto diámetro se puede inflamar por la acumulación de alimento. Al estar recubierto de peritoneo, si se perfora da lugar a una peritonitis. Puede ocupar distintas posiciones según la persona. El ciego se continúa hacia arriba con el colon ascendente.



- *
2. **COLON ASCENDENTE:** Sube por la parte derecha de la cavidad abdominal. Al llegar al hígado se incurva hacia la izquierda originando la *FLEXURA HEPÁTICA O FLEXURA CÓLICA DERECHA*. Se continúa con el colon transverso.
 3. **COLON TRANSVERSO:** Se dispone en la parte alta de la cavidad abdominal, de derecha a izquierda. Al llegar aquí vuelve a incurvarse originando la *FLEXURA ESPLÉNICA O FLEXURA CÓLICA IZQUIERDA*. Se continúa hacia abajo con el colon descendente.
 4. **COLON DESCENDENTE:** desciende por la parte izquierda de la cavidad abdominal.
 5. **COLON SIGMOIDE O SIGMA:** El colon descendente forma una especie de S en su porción terminal que se llama sigma. Se continúa con el recto y el ano.
 6. **RECTO:** Está situado por delante del sacro y cóccix. Tiene una porción craneal más dilatada que es la *AMPOLLA RECTAL*, con una gran capacidad de distensión, una porción más caudal y más estrecha que se denomina *CONDUCTO ANAL*. En su interior se acumulan las heces.

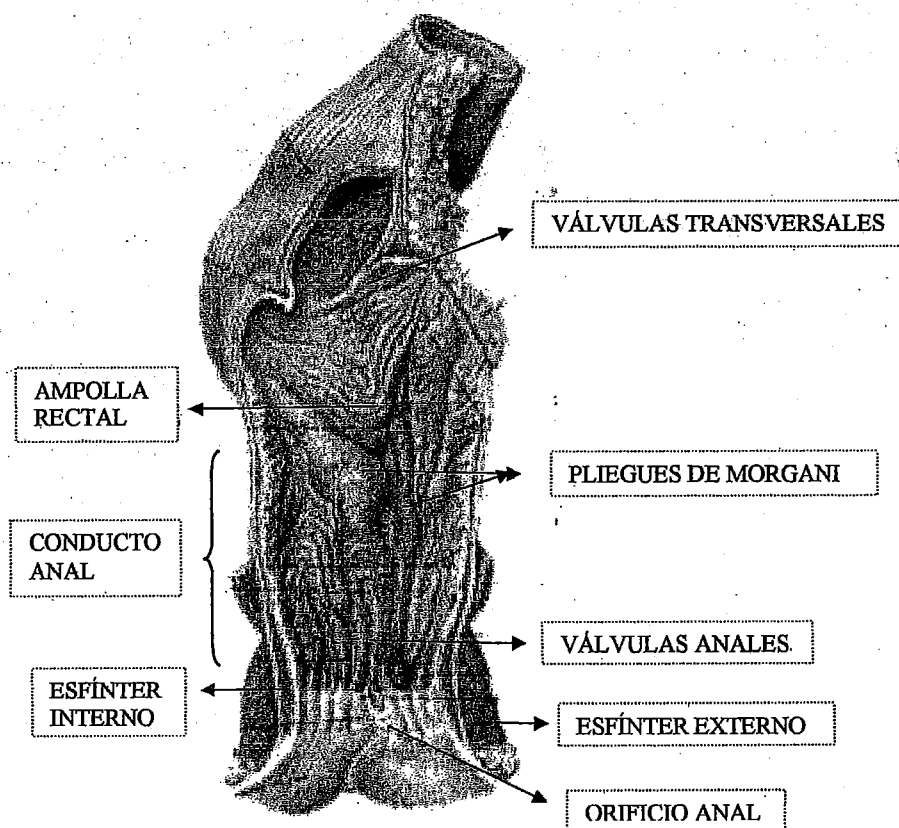
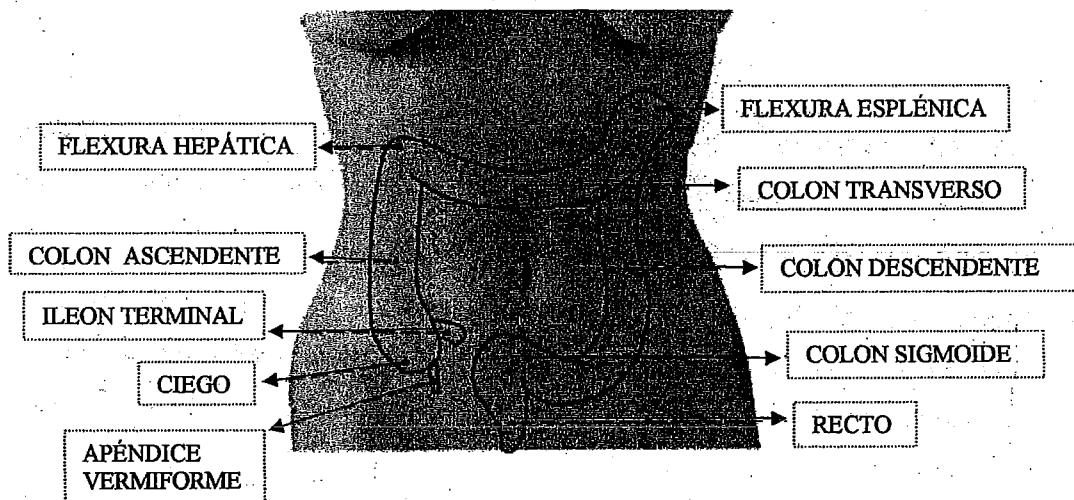
En la ampolla rectal se disponen unos pliegues transversales denominados *VÁLVULAS TRANSVERSALES DEL RECTO*, que no desaparecen aunque se distienda el colon.

En el conducto anal encontramos unos pliegues longitudinales o *PLIEGUES DE MORGHANI* que surgen en la parte superior del conducto y se van uniendo hacia abajo formando las *VÁLVULAS ANALES*. En la mitad inferior del conducto la pared es más lisa y tiene unos pliegues longitudinales que desaparecen con la distensión. Desemboca en el exterior mediante el *ORIFICIO ANAL*.

Rodeando el recto hay un esfínter involuntario de fibras musculares lisas que forma el *ESFÍNTER INTERNO DEL ANO*. Es un engrosamiento de la pared muscular que ocupa el tramo del recto.

Por fuera del interno hay un *ESFÍNTER EXTERNO DEL ANO* de fibras musculares estriadas que podemos controlar. Ambos esfínteres sirven para controlar la defecación.

Todo el intestino está vascularizado. Las venas que recogen la sangre del recto se unen formando plexos venosos importantes alrededor del mismo. Suelen encontrarse debajo de la mucosa interna, y se denominan *VENAS HEMORROIDALES*, cuya dilatación produce las hemorroides.



SEGUNDA PARTE

FISIOLOGIA ESPECIAL

Esta ciencia estudia en particular las funciones de los diversos aparatos y sistemas que forman al hombre y los seres de organización elevada. Las funciones del organismo humano constituirán nuestro principal objeto.

En la fisiología especial estudiaremos los fenómenos referentes a la conservación del individuo, los que se refieren a sus relaciones con el mundo exterior y a la conservación de la especie. Ese estudio comprenderá tres libros.

1º *Funciones de nutrición.*

2º *Funciones de relación.*

3º *Funciones de generación.*

LIBRO PRIMERO

FUNCIONES DE NUTRICIÓN

La nutrición abarca un conjunto de funciones, por las cuales el organismo transforma y aprovecha las materias alimenticias, y elimina sus residuos.

Dichas funciones comprenden: la *digestión*, la *absorción*, la *circulación*, la *respiración*, la *nutrición* (asimilación y desasimilación), las *secreciones*, y el *cálculo animal*.

CAPÍTULO PRIMERO

DIGESTIÓN

La digestión es la función que tiene por objeto transformar los alimentos a fin de hacerlos aptos para ser absorbidos y conducidos al torrente circulatorio.

Las sustancias alimenticias introducidas en el tubo digestivo sufren profundas modificaciones fisicoquímicas, necesarias para que se conviertan en sustancias nutritivas de las células de los tejidos.

Los alimentos en sí no pueden ser utilizados por el organismo. Las partículas nutritivas deben ser transformadas y liberadas en la cavidad del tubo digestivo, por la acción de los jugos digestivos, de modo que puedan ser absorbidas por el capilar y la sangre (asimilación), encargándose esta de su distribución entre todos los órganos, y el excedente es destruido (desasimilación) o almacenado como reserva en ciertos lugares de depósito (tejido adiposo, hígado, etc.).

Estudiaremos sucesivamente los alimentos, y los efectos que surgen de su privación, así como los fenómenos químicos (acción de la saliva, del jugo gástrico, del pancreático, de la bilis y del jugo intestinal), y mecánicos (masticación, deglución, y los movimientos del estómago y de los intestinos) de la digestión.

Artículo Primero

ALIMENTOS

Los alimentos son los combustibles necesarios para el funcionamiento de la máquina animal y la producción de calor y energía.

Los elementos que el organismo necesita para su alimentación, deben tener una construcción análoga a la de sus mismos tejidos: el reino mineral suministra el agua; algunos cuerpos simples y las sales (inorgánicos); los demás elementos son extraídos de los reinos vegetal y animal (orgánicos).

1.º Clasificación de los alimentos. — Según su composición química, pueden dividirse los alimentos en: *ternarios* (agua, hidrógeno, oxígeno), *cuaternarios* o *nitrogenados*, *sales minerales* y *bebidas*.

Algunos autores, dividen sencillamente los alimentos en *orgánicos* e *inorgánicos*. A los primeros de esta división corres-

pondrán los ternarios, los cuaternarios y las bebidas, a los inorgánicos la segunda categoría restará (sales minerales). Los alimentos contienen, dentro de ciertos cuerpos denominados *nutrientes*.

1.º **Alimentos ternarios** o **nitrogenados**. — Están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno en proporciones variables, comprenden:

a) *Los hidratos de carbono o glúcidos*. — Carbohidratos que producen casi exclusivamente de los vegetales y son el almidón, la glucosa (azúcar de uva), la levadura, la sacarosa (azúcar de caña). En los animales existen también azúcares como el piroglicerol (en el hígado) y la lactosa (azúcar de leche) en la leche de los mamíferos.

b) *Los alimentos grasos o lípidos*, que son producidos de agua y de calor, se encuentran en todos los alimentos tanto animales (carne, leche, yema de huevo, manteca, queso) como vegetales (leguminosas, almendras, avellanas, etc.) de los que se extraen el aceite de nuez, el aceite de oliva, etc.

B. **Alimentos cuaternarios** o **nitrogenados** o **proteicos**. Son los formados por cuatro cuerpos simples fundamentales: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (azoe). Contienen además azufre y fósforo. El tipo de estos alimentos es la *albúmina*.

Los *albuminoides* son los alimentos por excelencia (de parte esencial del protoplasma) está constituida por albúmina, cuyo tipo puede ser animal o vegetal.

Los principales son: la albúmina del huevo, la caseína de la leche, la gelatina, la fibrina, la vitelina, la leguminosa o proteína vegetal, el gluten (materia azoada del pan) y la albúmina vegetal.

Estos albuminoides o materias proteicas, se encuentran en las carnes y ciertos alimentos vegetales (granos, lentejas, porotos, etc.).

C. **Alimentos minerales**. — En primer término, el agua, constituye un elemento primordial que entra en la constitución del organismo en proporción del 66 %, siendo necesario reemplazarla incesantemente, debido a la importancia de su pérdida por la piel (sudores), mucosas, riñones (orina), y exhaladas. Estas pérdidas se compensan por el agua ingerida, y por la contenida en las bebidas usuales y en el resto de los alimentos sólidos.

La mayoría de las sales necesarias para la alimentación existen en los alimentos y en las bebidas, con excepción del clo-

rumo de sangre (el *marma*), que es adicionada a los alimentos. La experiencia ha demostrado su imprescindible necesidad, como lo demuestran en esta oca algunas corporaciones, tales como que han intentado suministrar el suministro de su alimentación. La vitamina que se encuentra en la mayoría de los tejidos y en el suero, interviene en la elaboración del hueso, es decir, como en la formación de la bilis, de otras secreciones.

A la economía son indispensables, también, los minerales, en especial los carbonatos, que constituyen el elemento fundamental de los huesos y de los dientes.

Por último, el azúcar, el fósforo que se encuentra en casi toda las células en forma de fosfina y el hierro, que entra en la composición de la hemoglobina de la sangre, son elementos necesarios a cada célula de nuestros órganos.

D) Bebidas. — Son sustancias orgánicas que entran en la alimentación. Estas constituidas por las bebidas alcohólicas (vino, cerveza, sidras, perdas) y las bebidas aromáticas (café, mate, coca). Aunque todas estas sustancias no son indispensables al organismo, poseen propiedades estimulantes o tónicas, activan las funciones y son útiles como elementos de nutrición.

El alcohol ha sido considerado después de múltiples experiencias (Arvauer y Benxion, Lirney y otros) como un verdadero alimento a condición de su uso moderado (70 a 80 gramos diarios (cantidad equivalente a 1.000 grs. de vino común de graduación alcohólica término medio, del 10%), ingerido a dosis más altas y frecuentes es tóxico, provocando trastornos (perdida de calor, fenómenos nerviosos), que lo hacen inferior a los glucidos y lípidos. Su valor energético es de 7 calorias por gramo.

Las bebidas aromáticas no son alimentos, son excitantes del sistema nervioso, debido a los principios activos que contienen (teína, cafeína, cocaína, etc.).

E) Vitaminas. — Después de los notables experimentos de ERLANKIN (1897), se ha constatado que los alimentos para llenar sus modalidades, deben contener ciertos cuerpos que el organismo animal es incapaz de elaborar, llamados, por ERLANKIN, *vitaminas*.

Estas sustancias contenidas en todos los alimentos naturales son tan indispensables a la vida, que sin ellas, el organismo muere de agotamiento. No basta, pues, para alimentarse abundante cualquier alimento, es preciso que dicho abun-

medio, con otras vitaminas para que pueda satisfacer a las necesidades de la vida.

Las vitaminas se destruyen o pueden ser destruidas, soportando las vicisitudes de la vida con poca capacidad de conservación y esterilización. El arroz, por ejemplo, como se veía general, queda privado de todas sus vitaminas, puesto que todas ellas están contenidas en la cutícula exterior, que se le cae con la molienda; por este motivo, los animales alimentados solamente con arroz acribillado, mueren de agotamiento dentro de corto tiempo.

Las primeras enfermedades debidas a una alimentación sin vitaminas (*avitaminosis*) son: el beriberi, la pelagra, el raquitismo, la carencia de vitaminas variables del esqueleto, el escorbuto, algunas enfermedades cutáneas y ciertas formas de agotamiento orgánico de la infancia.

En cuanto al modo de actuar de estas sustancias —muchas de las cuales ejercen su acción en proporciones infinitesimales—, parece casi probable que su existencia es *vita que non para*, que se refieren las reacciones bioquímicas indispensables del metabolismo. Se las relaciona con las enzimas y las hormonas.

Los estudios y pesquisas biológicas, se suceden, poniendo a la luz la importancia de las vitaminas, respecto a la nutrición y al modo de crecer y desarrollarse del organismo. Se ha conseguido descubrir cinco vitaminas distintas y que actualmente son las más importantes. Estas, designadas por letras, han sido divididas en dos clases: unas solubles en las grasas (*liposolubles*) y otras en el agua (*hidrosolubles*).

a) Liposolubles. — Pertenecen a esta clase: la *vitamina A*, que es indispensable para el crecimiento y ejerce una acción protectora de los epitelios; se encuentra en abundancia en los alimentos grasos (manteca, quesos, yema de huevo), y en aceites animales (de hígado de bacalao, halibut, hippoglossus etc.); seaó menos abundante en los aceites vegetales (de zanahorias, palma); — la *vitamina D*, es factor importante de la calcificación ósea; su falta en la alimentación produce el *raquitismo*; está repartida en las grasas animales y sobre todo en los aceites de pescados, especialmente en el de hígado de bacalao.

b) Hidrosolubles. — Forman parte de esta segunda clase: la *vitamina B*, cuya ausencia en la alimentación produce en el hombre el *beriberi* y en las palomas la *polineuritis*; se encuentra en la levadura de cerveza, en los cereales, legumbres, zanahoria y yema de huevo; esta sustancia influye sobre el metabolismo; — la *vitamina C*, diferente de la anterior, se halla en la le-

El cuerpo humano necesita para su vida una gran cantidad de alimentos. Los alimentos que ingerimos son los que nos proporcionan la energía necesaria para vivir. Los alimentos se clasifican en dos grandes grupos: alimentos vegetales y alimentos animales. Los alimentos vegetales son aquellos que provienen de las plantas, como el trigo, el maíz, la soja, etc. Los alimentos animales son aquellos que provienen de los animales, como la carne, el pescado, los huevos, etc.

Se ha establecido que las partes de los vegetales que nos proporcionan más vitaminas son las hojas verdes. En la vitamina P, poco conocida, entra la *placenta*, se halla en la carne, leche y levadura de cerveza.

2. Necesidad de una alimentación mixta. Alimentos completos e incompletos. Ninguno de los alimentos *simples* que hemos enumerado, puede por sí solo sostener la vida, no sucede lo mismo con las *sustancias alimenticias*, como la leche, la carne, que por estar compuestas por una cantidad de alimentos simples, pueden bastar por sí solas como sustancias nutritivas. Muchas de estas sustancias han sido llamadas *alimentos completos* por entrar en su constitución diversos alimentos simples en proporciones adecuadas; tal es la leche que es el alimento del recién nacido (pag. 108) en el primer período de su vida. Incompletamente son *alimentos incompletos* aquellos cuyos componentes carecen de la proporción necesaria exigible para la vida, así en la composición de la carne, huevos y pan en los dos primeros de estos alimentos, la cantidad de glucidos contenida no es suficiente, mientras que en el último no lo es la de lípidos. Pero en sentido estricto, con excepción de la leche, los alimentos completos no existen. Es necesario, a la vez, un régimen alimenticio formado por glucidos (hidratos de carbono), lípidos (grasas), proteínas (materias proteicas), sales minerales y agua, pues cada uno de estos elementos tiene una acción especial con respecto a la nutrición.

Se llama *ración de sostenimiento*, la proporción necesaria de los diferentes alimentos para equilibrar el peso entre los ingresos y los gastos, de cuya armonía depende la buena salud.

Existen, no obstante, animales exclusivamente herbívoros o exclusivamente carnívoros; pero en el hombre, producción graves inconvenientes, la adopción de un régimen exclusivo, vegetariano o carnívoro.

RACIÓN ALIMENTICIA. — Una alimentación racional, debe basarse de acuerdo con las exigencias del organismo, las que varían según la edad, sexo, clima, estado, clase de actividad, etc. Es sabido que en época de crecimiento — niño y adolescente — el alimento llena dos requisitos: el de renovar las pérdidas y el de proporcionar los materiales destinados al crecimiento.

El niño no necesita sino reparar las pérdidas de materia que sufre. El organismo humano es capaz de crear un alimento que contenga el peso mínimo medio diario, 110 gramos de alimento, 70 grs. de cuerpos grasos, 400 grs. de hidratos de carbono, 30 grs. de sales y 25 a 30 litros de agua, lo que se consigue en general con las combinaciones habituales de un menú alimenticio mixto. Esta ración se repete a cada 24 horas.

El hombre, ante la falta de materia, debe de tener un alimento que contenga el peso mínimo medio diario, 110 gramos de alimento, 70 grs. de cuerpos grasos, 400 grs. de hidratos de carbono, 30 grs. de sales y 25 a 30 litros de agua, lo que se consigue en general con las combinaciones habituales de un menú alimenticio mixto. Esta ración se repete a cada 24 horas. El organismo pierde aproximadamente 1/20 de su energía por cada kilo de peso en 40 calorías en las 24 horas, lo que hace un total aproximado de 1600 calorías. Cuando hay una absorción de alimentos, trabajo muscular y la temperatura se eleva, aumenta el gasto de energía y para equilibrarlo debe elevarse la ración alimenticia. Esta aporta a las calorías necesarias no aumento de los diversos principios inmediatos contenidos en los alimentos. Así los hidratos de carbono — que para el cuerpo representan los alimentos de fuerza — son los apropiados para las personas que efectúan trabajos musculares, obreros, lo que los provee para los que realizan trabajos intelectuales (profesiones liberales).

El valor energético que corresponde al consumo de un gramo de proteínas, glucidos y lípidos en el organismo es de 4 calorías para los dos primeros y de 9 calorías para el último, de estos principios inmediatos.

En un sujeto que efectúa un trabajo mediano, la ración de reposo más el suplemento de calorías necesario le corresponde un valor energético de 3750 calorías para establecer el equilibrio nutritivo (experimentos de Atwater).

El cuadro (de E. HENON) que sigue a continuación expresa los principios inmediatos contenidos en la ración diaria de un adulto en los alimentos que cotidianamente utilizamos. Estos, además, ofrecen el menor consumo de sales minerales, con excepción del cloruro de sodio, que adicionamos a los alimentos (ver menú medio 10 grs.).

Alimento (en estado natural)	Peso en gramo	Porcentajes inmediatos en el alimento	
		Glúcidos	Lípidos
Cebada	100	4	4
Cerveza	150	0	10
Pan	400	200	4
Huevo	100	0	12
Patatas	200	40	0
Legumbres verdes	200	15	2
Grasas (manteca, aceite)	40	0	35
Legumbres secas	50	30	1
Alfalfa	30	29	0
Patatas	200	15	1
Vino (alcohol considerado como glucógeno)	500	80	1
Total		413	70

Como vemos, los principios inmediatos no se encuentran en tal o cual alimento en cantidad suficiente, vale decir que no existen alimentos completos, de ello se deduce la necesidad de una alimentación mixta.

La privación de alimentos lleva a la inanición (pág. 93)

ARTÍCULO SEPTIMO

HAMBRE SED

Son sensaciones especiales, llamadas *internas* o *generales*, que se presentan en el hombre y en los animales, a intervalos regulares, cuando el organismo necesita ingerir alimentos sólidos o líquidos, para reparar sus pérdidas.

1º **Hambre**. — Esta sensación en un principio agradable, no tarda en hacerse dolorosa si no es satisfecha. — El apetito constituye el primer grado del hambre.

El sitio de la sensación del hambre es aun dudoso, habiéndose intentado localizarle en el tubo digestivo; pero es imposible relegarle exclusivamente a órganos o nervios particulares. Su causa principal, según toda probabilidad radica en un empobrecimiento de la composición nutritiva de la sangre; sin embargo la introducción de sustancias inertes en el estómago, le calma sensiblemente, ello lo explica el sistema nervioso, una sensación penitencia puede aminorar o anular una central.

2º **Sed**. — La sensación de sed se origina por la disminución del agua de la sangre y de los tejidos; es acompañada de

secreción de las mucosas de la boca y de la faringe, la absorción de agua, una sobreexcitación, aunque débil, la sed no la suprime; un animal con una fistula estomacal abierta, no apaga su sed por más que beba, a causa de la salida de agua por la misma fistula.

Todo lo que de líquido se pierde de agua del organismo, por las transpiraciones, sudores profusos, etc.; produce la sensación de sed, que desaparece por la restitución del agua disminuida.

La sensación de sed, es más urgente que la de hambre, así se explica que cualquier animal resista más esta que aquella.

ARTÍCULO TERCERO

FENÓMENOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS DE LA DIGESTIÓN

Las transformaciones que experimentan en el tubo digestivo los alimentos ingeridos, se deben especialmente a fenómenos químicos, desempeñando los fenómenos mecánicos un papel secundario.

Estudiaremos sucesivamente en los distintos segmentos del aparato digestivo, dichas transformaciones.

§ 1. — DIGESTIÓN BUCAL

En la cavidad bucal, los alimentos son masticados e ingeridos por la saliva, para formar una masa blanda — el bolo alimenticio —, que la deglución se encarga de llevar al estómago.

1º **Masticación**. — Tiene por objeto dividir los alimentos sólidos, a fin de que puedan ser atacados más fácilmente por los líquidos del tubo digestivo.

El estómago digiere con más facilidad cuando la masticación ha sido completa; por el contrario, una masticación incompleta, origina trastornos del aparato digestivo, los cuales repercuten en dicho órgano y en la nutrición.

La masticación se verifica con los dientes: los molares trituran los alimentos, los incisivos los cortan, y los caninos los rasgan. Dicha función se ejecuta por los movimientos de la maxilar inferior — el superior es inmóvil — a expensas de la acción de los músculos masticadores (elevación, descenso y movimientos de lateralidad). Los labios, los carrillos y la lengua desempeñan también un papel importante: por sus movimientos, colocan los alimentos, entre los arcos dentarios.

La manifestación es un acto voluntario, pero, también puede ser un acto reflejo. Su centro está situado en el bulbo de la médula y las innervaciones motoras que llegan a los músculos de la mandíbula por la rama motora del trigémino (nervio V).

Salivación.—Numerosas glándulas segregan la saliva, líquido que impregna los alimentos durante la masticación. La saliva es segregada no solamente por las glándulas parótidas, submaxilares y sublinguales (glándulas salivales principales), sino también por todas las pequeñas glándulas distribuidas en la mucosa bucal.

4. **Compostición y propiedades de la saliva.**—La mezcla constituye la saliva mixta que, de origen variado, tiene caracteres propios para la segregada de cada glándula (salivas parciales).

a) *Saliva parótida.*—Es un líquido incoloro, moderadamente viscoso, filante, muy acuoso; su densidad es de 1.002 a 1.006. La cantidad de saliva segregada por el hombre en 24 horas se calcula en 800 a 1.300 gramos, aproximadamente.

En su composición, entra el agua en una proporción de 904 por mil, mientras que solo contiene un 5 por mil de materias sólidas, de estas un 1.50 son minerales (cloruros de sodio y de potasio, fosfatos y bicarbonatos alcalinos, fosfato de cal) y un 3.50 son sustancias orgánicas (mucina, albumina, pirulina). Contiene, también, gases (anhídrido carbonico, oxígeno, nitrógeno).

El principio activo de la saliva es un fermento soluble, la *ptialina*, al cual debe la propiedad de digerir parcialmente los alimentos feculentos (almidón y glucógeno).

b) *Salivas parciales.*—Las secreciones de las glándulas parótidas, submaxilares y sublinguales difieren en su composición química.

c) *La saliva parótida*, que se obtiene en los animales por una fístula del conducto de Sténor, y en el hombre por el cateterismo del mismo, es fluida y clara, no viscosa por la ausencia de mucina. — b) *La saliva submaxilar* (se obtiene por una fístula del conducto de Warthon), es filante y viscosa por su riqueza en mucina. — c) *La saliva sublingual*, tiene idénticos caracteres que la anterior, aunque es más espesa y es de las tres, la más rica en elementos sólidos.

2. **Secreción salival.**—La salivación constituye un acto reflejo, y las glándulas salivales segrega por la acción de las puestas sensoriales que actúan sobre los centros nerviosos. Estas impresiones son reflejadas por los nervios motores de dichas glándulas.

El reflejo se produce generalmente en la boca, las excitaciones de las terminaciones de los nervios gustativos (gusto) y táctiles bucales, por sustancias sapidas de la mucosa bucal, originan la secreción salival.

El reflejo también puede partir del estómago (náuseas), lo mismo que del cerebro (vístia, vómito o recuerdo de sensaciones penosas).

Existen, por el contrario, otras impresiones (emociones fuertes), que suspenden la secreción salival (fenómeno de *anhi-* *stesia*), manifestándose por gran sequedad bucal.

El centro de la secreción salival está situado en el bulbo, que es el receptor de todas las impresiones y del cual parten los filetes nerviosos secretores y vasomotores (nervios centrífugos), que

estiman la excreción salival (cuerva del timpano, rama del facial, para las glándulas submaxilar y sublingual; nervio auriculotemporal para la parótida).

6. **Función de la saliva.**—Fisiológicamente, facilita la masticación y la deglución, imbibiendo y reblandeciendo los alimentos secos y contribuyendo a la formación del bolo alimenticio.

Químicamente, por su elemento esencial, la *ptialina*, transforma el almidón en dextrina y luego en maltosa. Es fácil demostrar esta acción sobre el engrudo de almidón, mascando un poco de éste, se obtiene un azúcar de poder reductor inferior al de la glucosa.

Las secreciones de las glándulas salivales principales (salivas parciales) difieren, según Claudio BERNARD, en sus usos a) La

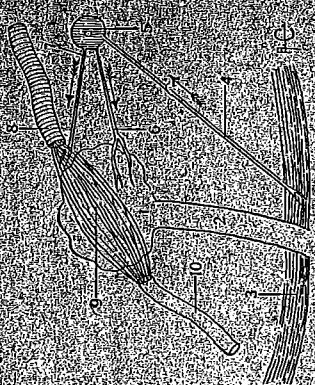


Fig. 1.—Esquema de la innervación de una glándula salival. (Las flechas indican la dirección de la corriente nerviosa centrípeta y centrífuga).

1. Glándula parótida. 2. Glándula submaxilar. 3. Glándula sublingual. 4. Nervio facial. 5. Nervio auriculotemporal. 6. Nervio submaxilar. 7. Nervio sublingual. 8. Bulbo. 9. Ganglio. 10. Vena.

saliva parótida es la *saliva de la masticación*, y su secreción aumenta durante este acto. b) La saliva sublingual, se relaciona con la *gustación (saliva de la gustación)*, y su cantidad aumenta sensiblemente cuando se deposita sobre la lengua una sustancia sólida, hecho que puede ponerse de manifiesto experimentalmente con un animal al que se le practicó una fistula en el canal de Warthon, colocando un cuerpo sapido sobre su lengua o mostrándole un pedazo de carne; se observa que tiñe la saliva en abundancia. c) La saliva sublingual es la *saliva de la deglución*, que aglutina por su viscosidad las partículas del bolo alimenticio y facilita su desplazamiento.

Las funciones química y mecánica de la saliva, no son indispensables, lo que se comprueba por la extirpación de todas las glándulas salivales de un perro; la que no es seguida de perturbaciones digestivas.

§ II. — Deglución

La deglución es el acto mecánico, por el cual los alimentos son conducidos desde la boca al estómago.

Los diversos movimientos en virtud de los cuales el alimento es ingerido, pueden ser agrupados en tres tiempos: bucal, faríngeo y esofágico.

1º **Tiempo bucal.** — El bolo alimenticio, es comprimido entre la cara dorsal de la lengua y la bóveda palatina, por la contracción de los músculos milohioideos y empujado de adelante hacia atrás, deslizándose hasta el istmo de las fauces. Estos movimientos están sometidos a la influencia de la voluntad, la que cesa de inmediato, una vez que el bolo traspasa los pilares anteriores del velo del paladar; desde este punto, el resto de la deglución se convierte en un fenómeno reflejo.

2º **Tiempo faríngeo.** — El bolo alimenticio atraviesa el istmo de las fauces; la faringe se eleva, como si fuera al encuentro del bolo; la laringe también asciende, lo que se percibe poniendo un dedo sobre la manzana de Adán. Recorrido el bolo en la faringe, es empujado rápidamente hacia el esófago por la acción de los músculos constrictores de aquel órgano.

Las aberturas de comunicación de la faringe con las vías respiratorias (fosas nasales y laringe), y con la cavidad bucal, se encuentran interceptadas durante este tiempo, a fin de evitar la penetración del bolo en ellas.

a) La oclusión de la cavidad bucal (*istmo de las fauces*), se hace por la contracción de los músculos de los pilares anteriores (glosostafinos), y por la elevación de la base de la lengua.

b) La oclusión de las fosas nasales (*istmo nasofaríngeo*), se efectúa por el velo del paladar, el que se levanta por la contracción de los peristafinos internos, y colocándose casi horizontalmente, se apoya sobre la pared posterior de la faringe, pero sobre todo desempeñan un papel más importante los pilares posteriores del velo del paladar, los que se contraen y se aproximan, obliterando el orificio que queda de cada lado de la vula.

Al elevarse el velo del paladar, se abre la trompa de Eustaquio.

c) La oclusión del *orificio laringeo*, se consigue por medio de la epiglotis, que por su constitución (tejido elástico), se dobla al pasar el bolo alimenticio. Sin embargo, la epiglotis no es indispensable; en el momento de ascensión de la faringe, la laringe que la acompaña, se comprime contra la base de la lengua, que oculta su abertura superior; dicha abertura se empujando la epiglotis, da lugar a la inversión de esta sobre el orificio laringeo. La resección de los líquidos (Lewy). Sin embargo, los resultados experimentales y las observaciones clínicas, no están de acuerdo, a veces, sobre este particular.

Como última medida preventiva, la glotis se cierra en cada deglución, aunque esta oclusión no sea necesaria; pues la deglución se verifica normalmente en el caso de separación de las cuerdas vocales.

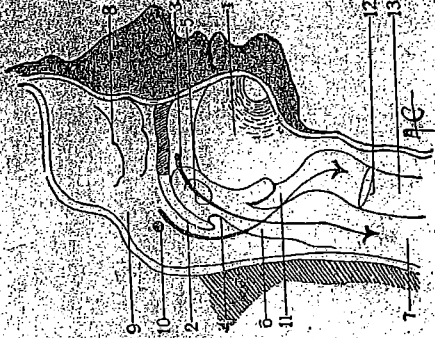


Fig. 2.—Corte sagital de la cara y del cuello, que demuestra el cruzamiento de las vías digestivas y respiratorias (esquemática).

1. lengua.—2. velo del paladar.—3. pilares anteriores. y 4. pilares posteriores del velo del paladar.—5. amígdala.—6. faringe.—7. esófago.—8. fosas nasales.—9. istmo nasofaríngeo.—10. trompa de Eustaquio.—11. epiglotis.—12. glotis.—13. tráquea.

5.º Tiempo estomágo. — El bolo alimenticio, llegado al principio del estomago, lo recibe por la contracción de sus fibras musculares.

Este órgano obra de distinta manera según se trate de deglución de sólidos o de líquidos. La contracción del esfago se manifiesta en la progresión de los bolos sólidos, es una contracción anárquica que se propaga de arriba abajo a manera de onda (*onda peristáltica*). La gravedad no interviene en esta profesión, puesto que es posible deglutir cabeza abajo.

Los líquidos son deglutidos con mayor rapidez; un trazo de agua atraviesa el esfago llegando al cardias en menos de un segundo. El esfago funciona en la deglución de aquellos como un tubo inerte, hasta que no pasan las últimas gotas de líquido sus fibras circulares no entran en actividad y entonces, bajo la influencia de las contracciones de la faringe, los líquidos deglutidos llegan rápidamente al estomago.

6.º Mecanismo nervioso de la deglución. — La deglución es un acto reflejo; se inicia en cuanto se produce una extracción de las terminaciones de los nervios sensitivos, debida al bolo alimenticio o a la saliva en la base de la lengua, los pilares anteriores del velo del paladar o la faringe.

El centro de reflexión y coordinador de los movimientos de deglución, está situado en la región bulbofaringeal, cuyas vías centropetas (sensitivas) son: el trigémino, neumogástrico y glosofaríngeo, y las vías centrifugas (motoras) el hipogloso, trigémino, neumogástrico, facial y glosofaríngeo que siguen las innervaciones procedentes del bulbo. Si se practica una sección por encima o por debajo de este órgano, el reflejo persiste.

La contracción del esfago se efectúa conjuntamente con la contracción faríngea, pues no se verifica aquella sin precedida de una contracción espontánea o provocada de la faringe.

§ III. — DIGESTIÓN ESTOMACAL

Los alimentos después de deglutidos, llegan al estomago donde permanecen un cierto tiempo, para sufrir transformaciones profundas (acciones químicas) y recibir acciones mecánicas de su elemento motor.

A. — FENÓMENOS QUÍMICOS

Recibe el nombre de *jugo gástrico*, el líquido segregado por las glándulas gástricas (de la gran curvatura y de la tuberosi-

cardíaca). Este líquido que es idéntico a la emulsión con sustancia blanca de los fenómenos químicos.

El *jugo gástrico*. — Recibe también sus propiedades y composición de su elemento activo, por el *factor gástrico* (factor chimico) de elección.

Dichas fibras que ponen en comunicación al estomago con el exterior, se practican en los animales especialmente en los nuevos. Consisten en una invasión placada en el estomago, cuyos bordes han sido suturados a la pared abdominal y en la que se introduce una sonda para recoger el jugo gástrico. Estas fibras tienen como grave inconveniente el de proporcionar un jugo impuro por la saliva y restos alimentarios que se substraen practicando adénos de la misma zona, una estiría esofágica.

En el hombre normalmente puede conseguirse jugo gástrico por medio de una sonda que se introduce por el esfago.

Composición y propiedades del jugo gástrico. — Es un líquido incoloro con olor a *gaza* de materias volátiles. Tiene fuertemente ácido y de sabor agrio; su densidad es de 1.001 a 1.010, su cantidad en el hombre para unos alcanza de 4 a 5 litros para otros es de 1 a 2 litros en 24 horas. Se conserva largo tiempo sin alterarse y es antiséptico.

Se compone de un 4 por 1.000 de materias orgánicas y de un 9 por 1.000 de materias minerales.

Entre estos últimos elementos existen el *ácido clorhídrico* (1 a 3 por 1.000) y sales (2 por 1.000) sobre todo cloruros de sodio y de potasio y en menor cantidad fosfatos de calcio y magnesio; entre las orgánicas se encuentran los fermentos solubles: la *pepsina* y el *cuaro* o *lab* (3 por 1.000).

a) *Acidez*. — El ácido del jugo gástrico es el ácido clorhídrico que se encuentra en su mayor parte en estado de combinación con la pepsina u otras materias orgánicas y que no obstante, tiene una parte libre en estado de solución.

En el trabajo digestivo se originan otros ácidos orgánicos por fermentaciones de los alimentos (ácidos láctico y butírico).

La cantidad de ácido clorhídrico varía mucho, siendo más abundante en el período de la digestión.

b) *Pepsina*. — Este fermento soluble descubierto por SIEHWANN (1836), desdobla en un medio ácido las materias albuminoides o prótidos.

(1) N. Brownlor (1843).

Es un compuesto blando y soluble en el agua, insoluble en el alcohol; desecado puede ser en estado pastoso, conservando sus propiedades. Una temperatura de 37° favorece su acción, la que decrece a medida que aquella se eleva, para perder sus propiedades a los 60°.

3.° Cuaño o lab. — Es la *gumosa* de Pavlov y *membrana* de los autores flamencos. A ella debe el jugo gástrico la propiedad de coagular la leche. Se encuentra, sobre todo, en los animales jóvenes y en el cuajar de los rumiantes (ternera, cabrito). El cuajo en *bruto* se utiliza en las queserías para obtener la coagulación de la leche.

El epitelio de la mucosa gástrica por sus células de mucus, secreta el *mucus estomacal*, rico en miltina y de reacción alcalina.

2.° Secreción del jugo gástrico. — Por la presencia de al menos en el estómago, su mucosa se congestiona y se atribula de artillos (orificios glandulares), las venas se inyectan de sangre roja y comienza una secreción abundante de jugo gástrico.

La secreción se efectúa por un acto reflejo. Este puede originarse por dos clases de excitantes (de las glándulas estomacales) *químico* y *psíquico*.

Constituyen los primeros los alimentos que, por contacto con la mucosa, hacen segregar, en el punto excitado, jugo gástrico. Cuando estas excitaciones son producidas por cuerpos inertes (cenizas de carne, etc.) introducidos mediante una fistula, la secreción no se produce; es necesario, pues, que el excitante tenga ciertas propiedades químicas.

Los excitantes psíquicos (la vista, el olfato), ejercen su acción directamente sobre los filotes secretorios de los neurogástricos (nervios sensitivos del estómago). Basta mostrar alimentos a un perro con una fistula estomacal, para obtener la secreción del jugo gástrico (experiencias de Broder y Schmidt).

Los experimentos de Pavlov, demuestran asimismo, la acción poderosa del excitante psíquico. A un perro con fistula gástrica y esofagotomía, se le dan alimentos que deglute, estos escapanse junto con la saliva por la fistula esofágica, no llegan al estómago (*comida ficticia*); después de empujada la comida 5 a 6 minutos se establece la secreción del jugo gástrico, que dura de 1 a 3 horas; este reflejo, tiene como causa las ganas de comer y el sentimiento de goce que acompaña a este acto (Gley).

El jugo así segregado, recibe el nombre de *jugo gástrico* (*jugo de cuajo*), y posee un gran poder péptico. Cuando dicho jugo no es segregado (falta de apetito), la digestión de los alimentos que llegan al estómago se inicia débilmente.

El excitante de los nervios secretores en las comidas, lo constituye un fenómeno psíquico.

ORIGEN DE LOS COMPONENTES ESSENCIALES DEL JUGO GÁSTRICO.

El jugo gástrico es segregado por una ininidad de glándulas de la gran curvatura y de la tuberosidad mayor de la fíbula, que se encuentran diseminadas en el espesor de la mucosa del estómago.

1.° Acto de reflexión. — Se forma exclusivamente en las vellosidades del revestimiento de las glándulas de la tuberosidad mayor del estómago.

El ácido clorhídrico es producido por la descomposición de los alimentos ingeridos en la alimentación.

2.° Pepsina. — No se elabora inmediatamente en las células, las que poseen una sustancia, la *propepsina*, que se transforma en pepsina en el momento de la secreción.

Las glándulas del fondo mayor, son las que mas intervienen en la formación de ese fermento; no obstante, las glándulas pilóricas lo segregar aunque en menor cantidad.

3.° Cuaño o lab. — Este principio se encuentra ya preparado en el estómago del lactante desde las primeras horas del nacimiento, y en el estómago de los rumiantes (ternera, cabrito, cordero).

Jugo pilórico. — Así se denomina el jugo segregado por las glándulas de la región pilórica; es diferente del jugo gástrico por su reacción alcalina (HEIDENHAIN). Es rico en pepsina y lab.

3.° Acción del jugo gástrico sobre los alimentos. — En el estómago, las sustancias albuminóideas son en parte disueltas y transformadas en *peptonas*. Estudiaremos este fenómeno digestivo *in vitro* e *in vivo*.

4.° Digestión in vitro. — Para conocer la influencia ejercida por el jugo gástrico sobre los alimentos, se emplea comúnmente el procedimiento de las *digestiones artificiales*. Su autor STALLANZANI, hacia obrar *in vitro*, el jugo gástrico, natural o artificial, sobre una cantidad de alimentos simples previamente pesados. La temperatura favorable para una digestión artificial debe oscilar de 37° a 40°.

Los alimentos que sufren modificaciones son los albuminóides o *protidos* — fibrina, albúmina, caseína, etc. —, que el jugo

estático, distiende transformándose en combinaciones más sencillas, primero en *albumosa* o *albumina*, después en *albúmina* o *proteína*, y finalmente en *peptones* o *peptonas*.

Estas sustancias albuminoides poseen propiedades viscosas y diferentes de las albuminas que les han dado origen. Las peptonas son solubles en el agua y *albuminas* (propiedad que facilita su absorción) no precipitan por el calor, como tampoco por los ácidos minerales.

Fisiológicamente, las peptonas no son utilizadas por los tejidos directamente; la peptonización solubiliza los albuminoides, que se transforman en el intestino.

El jugo gástrico *exatamente neutralizado*, pierde todo su poder digestivo; si el fermento soluble (la pepsina, sólo es activa en un medio ácido).

La acción más probable actualmente, de la digestión péptica (peptonización), es que consiste en numerosos desdoblamiento resultantes de procesos de hidratación.

B. Digestión estomacal *in vivo*. — Los alimentos llegan al estómago después de haber sufrido en parte la acción de la saliva; las materias amiláceas (transformación en dextrinas y en maltosa) acción que puede continuarse en el estómago.

En este órgano la digestión es favorecida por tres condiciones: temperatura óptima, incesante producción de jugo gástrico, y desaparición de los productos de digestión por evacuación en el intestino.

Las sustancias albuminoides son las principalmente modificadas por el jugo gástrico, cuya acción es conocida. Los albuminoides así modificados, forman con el resto del contenido gástrico, una pasta semilíquida, llamada *quimo*.

El contenido estomacal o quimo, ácido y muy complejo, se compone de: a) alimentos feculentos, que por acción de la saliva deglutida, pueden continuar su sacarificación iniciada en gran parte en la boca; b) grasas; c) productos de la digestión gástrica (albuminoides) y jugo gástrico; d) agua, sales, azúcares y ácido láctico; e) gases (nitrógeno, anhídrido carbónico y oxígeno en muy débil proporción), procedentes del aire deglutido con la saliva, y acaso también de las fermentaciones intraestomacales.

El tiempo de permanencia de los alimentos en el estómago varía de una a seis horas, y depende de varios factores: masticación, procedimientos culinarios, y en gran parte, de su digestibilidad. Su duración mínima, la ofrece la leche que desaparece del estómago en menos de una hora. Otras materias

resisten largo tiempo a la acción del jugo gástrico (celuloza, fibra de los misriles etc.). Algunas, como la celulosa de las plantas, se son casi refractorias.

Las glándulas salivares proporcionan el jugo salivario necesario, de acuerdo con el trabajo digestivo a desempeñar; la secreción fluctúa en cantidad y calidad, está en relación directa con la cantidad y naturaleza del alimento a digerir.

Partes de un animal leche, paco carne se observan que la cantidad de jugo es menor para la primera y mayor para la última; en cambio el poder digestivo es más rico en pepsina el jugo secretado para el paco que para la carne y para la leche (el mismo, rico).

Absorción del estómago. — El jugo gástrico digiere como sabemos los albuminoides, pero las paredes del estómago consisten por materiales de la misma clase, resistentes a su acción. *Poco importa*, a una temperatura de 35° a 40° el estómago es digno. De las numerosas explicaciones propuestas para dilucidar este fenómeno, la más aceptable es la de que el epitelio de la mucosa gástrica posee una acción antipeptica, esta inmunidad del epitelio vivo se atribuye a la producción de sustancias antagónicas a la de los fermentos; vale decir, que se detiene de la pepsina segregando un *antipéptico*. Se ha atribuido, también, al mucus estomacal, esa acción protectora, contra los fermentos digestivos, habiéndose demostrado que la mucina en polvo, suspende *in vitro* la digestión péptica.

B. — FENÓMENOS MECÁNICOS

La túnica muscular del estómago tiene una estructura especial. Sus fibras están dispuestas en tres planos: en el superficial son longitudinales, en el medio circulares, y en el profundo oblicuas.

Las paredes del estómago, debido a esa estructura, presentan movimientos que ponen en contacto las diferentes porciones de la masa alimenticia, con las paredes secretoras del órgano.

1. Movimientos del estómago. — Son de los órganos de valen y de evacuación.

a) Los primetos comunican a las materias alimenticias una especie de balanceo que las mezcla perfectamente con el jugo gástrico, llevándolas desde la superficie al centro y viceversa.

b) Los movimientos de evacuación, peristálticos, conducen las materias alimenticias del cardíaco al píloro.

Las contracciones peristálticas del antro pilórico no son suficientes para vencer la resistencia que el anillo pilórico ofrece al paso del quimo estomacal. El paso de este al duodeno se hace por pequeñas porciones y se verifica por una acción intermitente del piloro.

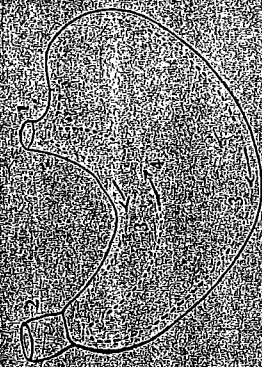


Fig. 3.—Esquema de los movimientos del estómago.

1. Cardias, 2. Piloro, 3. Nervios, 4. Músculos. Las flechas indican la dirección de la motilidad gástrica y la conexión con el sistema nervioso.

2. Inervación del estómago.—Es muy importante intervenir en ella dos clases de nervios: unos cuya excitación produce movimientos y otros cuya excitación los suspende.

Las impresiones recibidas por la mucosa del estómago provocan, por acto reflejo, contracciones de dicho órgano y del piloro.

El neumogástrico—nervio sensitivo del estómago—posee también fibras motoras y secretoras. La excitación de su cabo periférico exagera los movimientos peristálticos, por contracción de las fibras longitudinales y luego de las circulares y produce relajamiento del piloro. Por el contrario, la excitación del gran simpático, que posee fibras inhibitorias, hace más lentos o suspende esos movimientos y obrando en sentido opuesto, hace contraer el esfínter pilórico.

El estómago persiste en sus movimientos después de la sección de todos sus nervios extrínsecos. Admitase que aquellos están bajo la dependencia de ganglios nerviosos (plexos de Auerbach y de Meissner), diseminados en las tunas gástricas. De donde puede deducirse que los nervios extrínsecos son únicamente modificadores de los movimientos.

La dilatación sucesiva del piloro y su constricción, que dan lugar al paso del quimo estomacal al duodeno, obedecen a los reflejos pilóricos, los que dependen principalmente de la acción del quimo.

C.—TALPORA. 3. MOVIMIENTOS DE LA DIGESTIÓN ESTOMACAL. Modifican el curso normal de las materias contenidas en el tubo digestivo.

El *vómito* es la expulsión violenta del contenido gástrico y a veces también del duodenal hacia la boca. Es un movimiento reflejo provocado por la distensión exagerada del estómago o por excitaciones ya del sistema nervioso (pequeños gustativos, olatorios, neumogástricos, etc.) ya de otras vísceras (intestino, hígado, riñón, etc.). Se inicia con la contracción del estómago estando cerrado el piloro y abierto el cardias. Con frecuencia el contenido del intestino refluye al estómago cuando ondas anperistálticas de aquel preceden a la contracción de éste, sorprendiendo, referido al piloro. El principal factor de la evacuación es la contracción de los músculos del abdomen y del diafragma.

Hay sustancias (*vómitivos*) que producen el vómito: unas irritando al estómago (ipecahuana, mostaza, etc.), otras directamente los centros bulbares (apomorfina, tartaro emético, etc.). En el momento del vómito las fosas nasales y la laringe se ocluyen como en el acto de la deglución.

La *rumiación* (propia de los animales ruminantes) se considera análoga a un vómito normal, pero, se efectúa sin esfuerzos. Consiste en masticar de nuevo, volviéndolo a la boca, el alimento que ya estuvo en el depósito que a tal efecto poseen dichos animales.

El *mericismo* en el ser humano es un fenómeno patológico, bastante raro, análogo a la rumiación. Es originado por una contracción del estómago que da lugar a la regurgitación de los alimentos ingeridos a la boca.

§ IV.—DIGESTIÓN EN EL INTESTINO DELGADO

El intestino delgado es el verdadero laboratorio, pues en él se operan los actos digestivos más importantes. Todos los alimentos, sufren transformaciones digestivas (acciones químicas) y acciones mecánicas (movimientos peristálticos).

A.—FENÓMENOS QUÍMICOS

El intestino delgado recibe el contenido gástrico; en él continúan, por la acción del jugo pancreático, de la bilis y del jugo intestinal, los fenómenos químicos que completan la digestión de los protidos, de los glúcidos, y de los lípidos.

Estudiaremos, sucesivamente, los tres jugos digestivos.

1.º Jugo pancreático.—Segregado por el páncreas, se vierte en la segunda porción del duodeno por dos canales: conducto principal o de Winslow y conducto accesorio; el primero va a abrirse como el conducto coledoco, en la ampolla de Vater, el accesorio, desemboca en el duodeno a 2-6-3 cm. por arriba de dicha ampolla.

Para estudiar las propiedades y componentes del jugo pancreático, se le obtiene por medio de *fistulas pancreáticas* (Fig. 4). Estas consisten en la abertura del conducto de Winslow previamente diseccionado, y en el cual se introduce una cánula, que se fija en los bordes de la herida abdominal; el extremo libre de la cánula se hace comunicar con una vejiga, destinada a recibir el producto de la secreción del páncreas.

4. COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DEL JUGO PANCREÁTICO.—Es un líquido incoloro, inodoro, de sabor ligeramente salado, muy putrescible, y de reacción alcalina; es coagulable por el calor, por los ácidos minerales, y por el alcohol.

El jugo pancreático está compuesto, en gran parte, de agua y sales, entre las cuales predomina el cloruro de sodio (7 por 1.000); las otras son carbonato sódico y fosfato de cal. Es muy rico en sustancias orgánicas (9 por 100), las que consisten en albúmina y sobre todo tres fermentos diferentes, que se caracterizan por su acción sobre los alimentos.

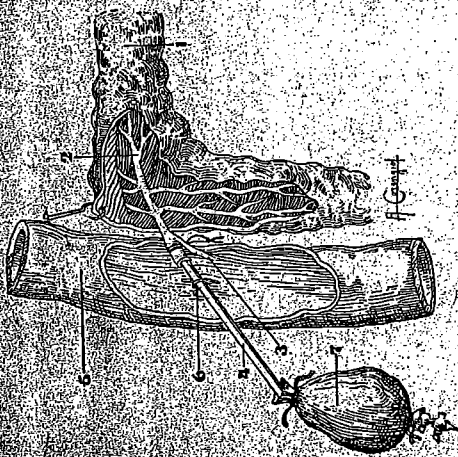


Fig. 4.—Fistula pancreática, practicada en un perro.

1. páncreas.—2. conducto de Winslow.—3. su desembocadura en el duodeno.—4. cánula introducida en el conducto de Winslow.—5. nudo que fija la cánula al intestino.—6. vejiga receptora.

2. Acción del jugo pancreático.—Para conocer la influencia ejercida por el jugo pancreático se puede emplear el mismo que con el jugo gástrico: el procedimiento de las *digestiones artificiales*.

El jugo pancreático mezclándose con el quimo, actúa sobre los alimentos albuminoides, los feculentos y las grasas. *a) Acción sobre los almidones o protidos.*—Estos son azúcares transformados en peptonas. Esta acción es debida a un fermento soluble, la *tripsina*, que no se encuentra pura, sino en el jugo pancreático puro. Este, en efecto, contiene un profermento, el *tripsinógeno*, inactivo sobre los protidos, pero que se transforma en tripsina activa por la acción de un fermento contenido en el jugo intestinal, descubierto por P. Wlow que le llamó *enterogénasa*. Esta sustancia de naturaleza proteica, sin acción digestiva por sí misma sobre las materias proteicas, confiere al jugo pancreático rápidamente un energético poder proteolítico.

La presencia de sales de calcio en el jugo pancreático lo activa, parece deberse a ellas, en ciertos casos, la formación de tripsina.

La acción de la tripsina se produce en un medio neutro o alcalino, carácter diferencial con la pepsina, que requiere un medio ácido. La tripsina actúa además sobre parte de las peptonas formadas, las que por su desdoblamiento, dan lugar a la producción de *ácidos aminados* (productos mas sencillos y perfectamente cristalizables), siendo dos los principales: leucina y tirosina.

b) Acción sobre los hidratos de carbono o glucidos.—El jugo pancreático, sacrifica los feculentos; a la temperatura del cuerpo, transforma casi instantáneamente, el almidón cocido, en maltosa. Esta acción semejante a la de la saliva, pero mas intensa, se debe a un fermento denominado *amilopsina* o *amylasa pancreática*.

c) Acción sobre las grasas o lípidos.—La acción ejercida en la digestión de las grasas es doble: *emulsión y saponificación*.

La primera consiste en la división de la grasa en una multitud de gotitas grasosas, análogas a las que existen en la leche fresca. La saponificación es la descomposición de las grasas neutras en *glicerina* y *ácidos grasos*. Una parte de estos últimos se emulsiona; la otra se combina con las sales de soda del jugo pancreático y de la bilis, dando lugar a la formación de los *jábones*. Estas transformaciones son originadas por un fermento soluble, la *esteapsina* o *lipasa*.

FUNCIÓN DIGESTIVA DEL PÁNCREAS Y EFECTOS DE SU SECRECIÓN. — Las propiedades de la secreción del páncreas, órgano que, además de su acción sobre los lípidos, tiene una acción absolutamente preponderante en la digestión de los glúcidos y de los lípidos, demuestran la importancia capital de la digestión pancreática.

La supresión de la secreción pancreática, que se hace ya inyectando grasa en sus conductos (C. BRANARD) o ya extrayendo el órgano, provoca desórdenes digestivos de notable importancia. La asimilación de los alimentos es incompleta, el animal evacúa carne y almidón no digeridos, pero, sobre todo, la mayor parte de las grasas. Estas perturbaciones digestivas provocan el emflaqueamiento rápido, y la denutrición de los animales sometidos a esa experiencia, a pesar de la sobrealimentación, la que no basta para satisfacer el hambre intenso, que se despierta en el animal durante la supresión de su función digestiva pancreática. Aparecen además los síntomas de la *diabetes pancreática* (véase pág. 115).

C. MECANISMO DE LA SECRECIÓN PANCREÁTICA. — La secreción del jugo pancreático es intermitente. Los nervios neumogástricos, contienen filetes secretores centrifugos, fibras inhibitorias y nervios vasodilatadores, que llevan su acción sobre el páncreas. La excitación del cabo periférico del neumogástrico origina la secreción; mientras que la de su cabo central (excitación sensitiva), la suspende; la glándula en estado de actividad se vasculariza, por vasodilatación.

Fisiológicamente, la secreción se efectúa por un acto reflejo, el que se origina por las excitaciones ejercidas, por el quimo ácido principalmente, y por los cuerpos grasos sobre la mucosa intestinal.

Estas impresiones son transmitidas a los centros nerviosos, que están en el bulbo, y aquéllos las convierten en excitaciones secretoras, por vía centrifuga. Los ganglios semilunares del simpático torácico (plexo solar), pueden también actuar como centros reflejos.

En el duodeno, el ácido no sólo actúa por acción refleja, sino que a ésta se agrega otra acción originada por el mismo. Su contacto con la mucosa duodenal, forma una sustancia especial, la *secretina*, que obra directamente sobre la glándula pancreática, provocando una abundante secreción, una vez inyectada en la circulación (*mecanismo humoral*).

El jugo pancreático obtenido por acción de la secretina (inyección endovenosa), no contiene tripsina, causa por la que

esta desprovisto de acción sobre los albuminoides, ejerciéndola únicamente sobre el almidón y las grasas.

El mecanismo de la secreción no es exclusivamente nervioso; demuestró la acción de la secretina sobre el páncreas enervado que obra así, directamente sobre el órgano.

Bilis. — El hígado —órgano esencialmente depurador del organismo— es complejo, de múltiples funciones y secreta la bilis. Esta corre por el conducto colédoco al duodeno, ya directamente o después de haber sufrido ciertas modificaciones en la vesícula biliar, donde ha estado contenida. Aparte de su papel en la digestión, la bilis es también un producto de excreción. Lo estudiaremos más adelante (secreción biliar, pág. 104).

A. COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LA BILIS. — Es un líquido filante de color amarillo anaranjado o amarillo pardo en el hombre de olor pronunciado bastante desagradable, y sabor amargo. Su densidad varía entre 1.010 y 1.040. Su reacción es alcalina. La bilis se mezcla fácilmente con el agua, es muy putrescible y no se coagula por el calor. Su cantidad en 24 horas, en el hombre adulto, es de 600 a 1.000 centímetros cúbicos.

Contiene, por término medio, 80 p. 100 de agua y 15 p. 100 de materias sólidas.

Está compuesta: a) de agua y sales minerales (cloruros y fosfatos de soda, de potasa, de calcio y de magnesio); b) de sales biliares, muy abundantes, como el *glicocolato* y el *taurocolato de sodio*; c) de dos ácidos orgánicos azoados, el *glicocolico* y el *taurocolico*, que se originan por la combinación del ácido *colálico*, con la *glicocola* y la *taurina*, respectivamente; d) de dos materias colorantes principales de naturaleza azoada, la *bilirubina* (roja), y la *biliverdina* (verde), que dan a la bilis su coloración especial; e) de otras sustancias ternarias, que comprenden, la *colesterina*, la *grasa* y los *jabones*; f) de *muцина*, que procede del epitelio de los conductos de la vesícula; g) y por último, de gases (O, N y CO²).

B. FUNCIÓN DE LA BILIS EN LA DIGESTIÓN. — La bilis vertida en el duodeno, se mezcla con los alimentos que vienen del estómago; neutraliza la acidez de éstos, debida al jugo gástrico que los impregna, y propende a que pueda ejercer su acción el jugo pancreático que se desarrolla únicamente en un medio neutro o alcalino. Emulsiona las grasas y refuerza, además, el poder de los tres fermentos del páncreas, constituyendo así la bilis, por esta acción, quizás la principal, un poderoso auxiliar de la digestión pancreática.

La acción de la bilis sobre las grasas es reforzada considerablemente con la acción de la bilis y el biliar, cada la actividad sobre los lípidos y los productos de estos dos líquidos cooperan pues, en la digestión y principalmente en la de las grasas.

SECRECIÓN DE LA BILIS EN EL INTESTINO. — La supresión total de la bilis, no produce necesariamente la muerte.

Desviando la bilis de su curso intestinal por medio de una fistula que la vierte al exterior, los animales sometidos a tal experiencia, sobreviven largo tiempo, sin alteración en su salud, pero a condición de administrarle una ración por lo menos doble de alimentos. Esto se explica, por la considerable pérdida de materiales sólidos contenidos en la bilis. Las grasas son expulsadas en gran cantidad, y esta excreción constituye el único desorden digestivo; los demás alimentos son digeridos. Las materias fecales se decoloran o toman un color gris ceniza, debido a la gran proporción de grasas que contienen, y su expulsión, es retardada por falta de sales biliares, que normalmente excitan los movimientos peristálticos.

C. SECRECIÓN BILIAR. — El derrame de la bilis en el duodeno es intermitente, y se produce por la acción de un reflejo, anclado en la mucosa duodenal.

Se ha observado que cuando un animal está en ayunas, no llega bilis al intestino; en cuanto come, y una vez que el quimo estomacal pasa al intestino, comienza la afluencia de la bilis, que dura hasta el término de la digestión. Los principales excitantes de la secreción biliar son el ácido clorhídrico y las grasas; para su acción intervienen, como para el páncreas, dos factores: el reflejo y la acción de la secrecina.

3º. Jugo intestinal. — Las glándulas de Brunner y las glándulas de Lieberkühn, de la túnica mucosa del intestino delgado, segregan el jugo intestinal o entérico.

El jugo de las primeras, que no ha sido aislado puro, se asemeja al jugo pilórico, por sus propiedades.

La obtención del jugo de las glándulas de Lieberkühn, se consigue por medio de una *fistula intestinal*, cuyo objeto es separar una asa intestinal del resto del intestino, para que los alimentos no puedan penetrar en ella, y se obtenga de este modo el jugo puro que fluye por la fistula (método de THIRY).

A. COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DEL JUGO INTESTINAL. — Es un líquido amarillento, filante y muy alcalino, coagulable por el calor, su densidad es de 1.007; contiene albúmina, carbonato

de sodio 2 p. 1000, y una notable proporción de cloruro de sodio 6 p. 1000.

B. PROPIEDADES DEL JUGO INTESTINAL. — Se le ha atribuido por algunos fisiólogos una acción semejante a la del jugo pancreático, aunque no posee su propiedad de desdoblarse el azúcar.

El jugo entérico posee la propiedad de desdoblarse el azúcar de caña o sacarosa, que es absorbible en una mezcla de glucosa y agua, lo que se debe a la presencia del *fermento entérico* de G. BACON, la *amylase*. La maltosa también es desdoblada en glucosa, por la acción de un fermento, la *maltasa* (conteniendo una mucosa intestinal).

Se ha descubierto por O. CONNELL la presencia de otro fermento, la *trypsin*, que desdobra las peptonas en ácidos amino. Este fermento completa la acción de la tripsina.

Las experiencias de PAVLOW y SCHEROWATNIKOFF demostraron una acción no menos importante que el jugo intestinal, ejerce sobre la tripsina, mediante un fermento llamado *carotomasa*, cuyo poder es el de activar el jugo pancreático inactivo.

El jugo pancreático puro, extraído del canal de Wirsung, no tiene acción sobre la albúmina, pero ésta se manifiesta por la acción de jugo intestinal. La acción combinada de estos dos jugos — pancreático e intestinal — es, pues, indispensable para la digestión de las materias albuminoideas (poder proteolítico).

C. SECRECIÓN DEL JUGO INTESTINAL. — Los principales excitantes de esta secreción, como de las secreciones pancreática y biliar, son el ácido del contenido del estómago, y la secrecina. La innervación secretoria es casi desconocida.

4º Resultado total de la digestión en el intestino delgado. — La acidez del quimo gástrico, es neutralizada a su entrada en el intestino delgado, y al salir del duodeno, se torna alcalino, principalmente por la acción de la bilis y del jugo intestinal.

El trabajo digestivo que se efectúa en el intestino, se debe a las actividades de los jugos digestivos que en él se vierten, especialmente por la acción del jugo pancreático, intensificada por la bilis, y sobre todo por el jugo intestinal.

El alimento contenido en el intestino, se denomina *quimo intestinal*: es muy líquido, y de color amarillo, por la bilis, en el duodeno y en las porciones superiores del yeyuno; y más consistente y de coloración verdosa en el resto del intestino delgado. Es el aserto de fermentaciones (láctica y butírica), dando lugar a que su reacción sea ácida.

El quimo intestinal es una mezcla muy complica, y con-

tiene una cantidad menor que el quimo gástrico de sustancias alimenticias no digeridas.

El intestino delgado, carece de oxígeno pero lleva otros gases que son el nitrógeno, el anhídrido carbónico y el hidrógeno (que procede de fermentaciones).

B. — FENÓMENOS MECÁNICOS

Los intestinos están dotados de movimientos (*movimientos peristálticos*), que sirven para mezclar su contenido con las secreciones y para hacer deslizar la masa alimenticia hacia el ciego.

1º **Movimientos del intestino delgado.** — Llamados *peristálticos*, consisten en una serie alternativa de estrangulaciones y relajaciones anulares, debidas a la contracción de las fibras de su túnica muscular. Son rítmicos y graduales y por su acción, los alimentos modificados por los jugos pancreático e intestinal, y por la bilis, recorren el tubo intestinal. Cada contracción empuja las materias contenidas en el intestino, hacia su extremo terminal, como si se comprimiase moderadamente un tubo de paredes flexibles, relleno de una sustancia semilíquida. El quimo tarda en pasar en el intestino delgado de 3 a 4 horas aproximadamente.

Cuando el movimiento peristáltico, se hace en sentido inverso, se denomina *antiperistáltico*; pero su existencia es dudosa.

2º **Inervación del intestino.** — Las manifestaciones motoras del intestino, dependen de elementos nerviosos distribuidos en el espesor de sus túnicas. Son los plexos de Auerbach y de Meissner, los que, sin embargo, están subordinados al eje encefalo medular.

Los neumogástricos y el gran simpático, relacionan los intestinos con la médula; la excitación del cabo periférico de un neumogástrico (nervio motor) exagera los movimientos peristálticos; la del esplácnico (nervio inhibitor), los disminuye o los suspende y provoca el relajamiento de las fibras musculares.

§ V. — DIGESTIÓN EN EL INTESTINO GRUESO

Este no desempeña ningún papel directo en la digestión química, pues los alimentos casi no sufren en él transformaciones; sus fenómenos mecánicos se reducen a evacuar los residuos.

1º **Fenómenos químicos.** — La túnica mucosa posee numerosas glándulas análogas a las de Lieberkuhn, que segregan un gusajo filante, algo turbio y alcalino, que contiene mucó y sales.

De las experiencias realizadas con este jugo, se desprende que parece carecer de acción digestiva; las glándulas del intestino grueso se limitan a producir moco, cuya función es la de facilitar el deslizamiento de las masas contenidas en su interior.

Al llegar al colon, el quimo se hace ácido debido a fermentaciones microbianas (láctica y butírica de los glucidos principalmente); y espeso por haberse reabsorbido parte de su agua. Forma una masa consistente, destinada a ser expulsada, combeniéndose a su refugio la *válvula ileocecal*.

El contenido del intestino grueso, *heces fecales*, que permanece en él 24 horas generalmente, está constituido por protuberancias de secreción y desecación del epitelio intestinal de descomposición de la bilis, de putrefacción bacteriana de los prótidos, finol, indol, ácidos grasos volátiles; de fragmentos alimenticios que han escapado a la acción digestiva (los alimentos no son digeridos totalmente); ni los productos digestivos son absorbidos íntegramente; y por último, de una gran cantidad de microorganismos.

Los gases que contiene el intestino grueso, originados en su mayor parte por las fermentaciones, son anhídrido carbónico, hidrógeno, nitrógeno y metano o gas de los pantanos.

2º **Fenómenos mecánicos.** — Consisten en los movimientos del intestino grueso que, mediante contracciones peristálticas, debidas a la acción de las fibras de su túnica muscular, hacen deslizar lentamente hacia el recto su contenido. Las contracciones del recto, a las que se agregan como coadyuvantes las de los músculos de las paredes abdominales, dan lugar a la expulsión de los residuos (*defecación*).

Los movimientos del intestino grueso están regulados por centros nerviosos, que se hallan localizados, en la porción lumbar de la médula espinal, los que, por otra parte, dependen evidentemente del influjo cerebral.

§ VI. — ACCIÓN DE LOS FERMENTOS Y MICROORGANISMOS EN LA DIGESTIÓN

La digestión es el producto de reacciones químicas que se operan en el tractus digestivo debidas a la acción de los *fermentos*. Se distinguen dos clases de ellos: *solubles y figurados*.

1.º Fermentos solubles. — Denominados también *diastases* o *enzimas* son sustancias tal vez albuminoides (su constitución química es todavía desconocida) que actúan en disuolución en animales y vegetales y en los jugos de las glándulas del aparato digestivo, de los cuales constituyen sus principios activos.

Segregados por ciertas células se caracterizan por su poderosa acción, que puede compararse a la de los *catalizadores*. En efecto, como ellos, pueden sin intervenir directamente, acelerar reacciones químicas o favorecerlas y como en las acciones catalíticas, porciones mínimas de un fermento bastan para transformar cantidades considerables de materias, una cantidad insignificante de pepsina o el dígere una enorme porción de fibrina. Algunas enzimas poseen acción *específica* sobre una determinada sustancia aguan, pues, únicamente, sobre ella.

Al grupo de los fermentos solubles, muy numeroso, de los cuales hemos estudiado los principales (*ptialina*, *amiloplasina*, *maltasa*, *lipasa*, *pepsina*, *tripsina*, etc.), pertenece una categoría de ellos que se encuentran en los tejidos o líquidos orgánicos en estado de *profermento* o *cinógeno*, y cuya actividad es despertada únicamente por acciones físicas o químicas y en especial por asociación con otras enzimas (*cinasas*).

2.º Fermentos figurados. — Constituyen la flora microbiana que pulula en el tubo digestivo, siendo su abundancia enorme, cantidad de millones en el intestino grueso.

Entre estos microorganismos que son de clases diversas tenemos: los *stafilococos piógenos*, *áureo* y *blanco* en la saliva; bacilos de la fermentación láctica en las encías y el estómago; como especies predominantes los *bacterium coli* y *bacterium lactis aerogenes*; y en el intestino grueso, su gran foco principal, los *bacillus putrificus* y *perfringens*, etc.

La acción microbiana origina *fermentaciones* y *putrefacciones*, especialmente en el tubo intestinal; y transformación de diferentes alimentos por acciones enzimáticas en la misma forma que los fermentos solubles. Así, algunos microbios actúan sobre los lípidos desdoblándolos en glicerina y ácidos grasos; otros, pueden transformar los protidos elaborando fermentos proteolíticos como el *bacillus proteus*, etc.

Los fermentos figurados tienen importancia por intervenir como los solubles o diastases, en las reacciones químicas básicas en los procesos de la digestión.

CAPÍTULO SEGUNDO

ABSORCIÓN

Entiéndase absorción a la propiedad que tienen los tejidos vivos de atraer y retener en su masa las moléculas de otros cuerpos exteriores.

Es un fenómeno general que puede realizarse en las sustancias líquidas o gaseosas a través de cualquier epitelio o membrana orgánica. La piel, las mucosas y las serosas son otros tantos sitios de absorción; pero el intestino, representa en sí mismo el órgano principal de la misma.

La absorción digestiva que estudiaremos en seguida de la absorción en general, es solamente un caso particular de esta última. Incluiremos también en ese último estudio, otras absorciones locales.

§ I — ABSORCIÓN EN GENERAL

Una vez introducidas en el torrente circulatorio, las sustancias absorbidas son llevadas a los tejidos, cuyos elementos toman de la sangre los materiales necesarios para su nutrición.

Veamos como funciona este mecanismo y cuáles son las vías que recorren las sustancias absorbidas.

1.º Mecanismo de la absorción. — Se ha atribuido, este mecanismo, a un fenómeno físico, la *ósmosis*, pero existen muchas opiniones contradictorias de fisiologistas, que no admiten que pueda verificarse la absorción por la simple presión osmótica, cuyas leyes no se armonizan con las del organismo, y por otra parte, si ciertas sustancias (azúcares, soluciones minerales, peptonas, etc.), son así absorbidas, no sucede lo mismo con otros cuerpos (gelatina, albúmina, glóbulos de grasa, etc.), que no lo son. En este último caso, la absorción es considerada como un verdadero *acto vital*: las sustancias digeridas estarían bajo la dependencia de una fuerza de atracción de los epitelios, cuyas células tienen la propiedad de favorecer, retardar o impedir la absorción. Dicho acto vital, al que se debe esencialmente la absorción, es muy complejo, no conociéndose exactamente en lo que consiste esta función, ni a cuál propiedad física o química de los componentes celulares está subordinada.

2.º Vías de absorción. — Las sustancias absorbibles pueden

según dos vías: la *vena* o *sanguinea* y la *vía linfática*; por una u otra son aquellas conducidas al torrente circulatorio.

§ II.—Absorciones locales

Las sustancias absorbibles deben pasar a través de la piel o del tejido celular subcutáneo, o de las mucosas o serosas a fin de poder penetrar en el organismo.

1.º **Absorción digestiva.**—Es el paso a la sangre, y a la linfa de los productos de la digestión a través de la mucosa del tubo digestivo. En todas las porciones de este no se verifica del mismo modo la absorción.

En la boca y en el esófago, porciones donde los alimentos no permanecen, la absorción es casi nula.

En el estómago, donde queda la masa alimenticia unas horas la absorción es de muy poca importancia. El agua casi no es absorbida por el estómago; las sales muy lentamente, y los azúcares probablemente no lo son.

En el intestino, lugar preferido de la absorción digestiva, y particularmente en el intestino delgado—provisto de los verdaderos órganos de la absorción—esta se verifica con mayor intensidad. La ténica mucosa de ese órgano, forma numerosos pliegues, con sus *válvulas conniventes* y sobre todo con sus diez millones de *vellosidades intestinales*, que facilitan el contacto con las materias destinadas a ser absorbidas. Las vellosidades son contráctiles (se considera esta propiedad, como causa coadyuvante de la absorción) debido a sus fibras musculares, y en el centro de cada una de ellas, existe un tubo, el *quífero central*, en la mucosa, con los vasos quíferos (linfáticos). Los quíferos centrales representan el origen de los vasos quíferos. El tejido de la vellosidad posee dos sistemas vasculares: en primer término, una red de vasos sanguíneos distribuidos en todo su espesor, y en segundo lugar, un conducto central que es la extremidad de un quífero; ambas clases de vasos, constituyen elementos de absorción. El epitelio de revestimiento de las vellosidades intestinales es cilíndrico simple, sus células presentan en su extremidad libre una *choria* estrada. Estas células representan los órganos precisos de la absorción: esta no se realiza cuando aquellas se desprenden.

El agua y las sales se absorben con gran rapidez en el intestino delgado; los azúcares parecen ser absorbidos a medida que se producen; los prótidos, en su mayoría pasan al estado de

peptonas y ácidos amoníacos y los glucidos son transformados en glucosa. En cuanto a los lípidos, para algunos autores son absorbidos en estado de emulsión; para otros, en el de ácidos grasos y principalmente de jabones. Por medio de los cuales la mucosa intestinal posee la propiedad de regenerar las grasas neutras a expensas de los mismos.

El intestino grueso forma una importante superficie absorbente (absorbe agua, azúcares, albumosas, etc.); el residuo alimenticio que recibe despojado en su tracto de casi todos los materiales absorbibles, puede sufrir sin embargo, una absorción poco activa sobre los diversos productos que hayan escapado a la acción del intestino delgado. El recto es muy absorbente, por lo que es utilizado en medicina, como vía de penetración de agentes terapéuticos; o también como medio para facilitar al organismo materiales alimenticios (enemas nutritivos).

Reabsorción secretora.—Al propio tiempo que el tubo digestivo absorbe las materias alimenticias, reabsorbe también gran parte de los principios de su secreción: ya en su totalidad, como la saliva; ya en parte, como la bilis.

VÍAS DE ABSORCIÓN DIGESTIVA.—Las sustancias de la digestión atraviesan el epitelio y penetran en el cuerpo de las vellosidades intestinales, de donde pasan al torrente circulatorio.

La absorción puede verificarse por dos vías: la *venosa* o *sanguínea* (capilares intestinales, venas mesentéricas y vena porta) y la *vía linfática* (vasos quíferos intestinales y conducto torácico).

a) Por la vía venosa van el agua, las sales solubles, la glucosa, los prótidos y pequeñas porciones de grasa. Estas sustancias atraviesan el bígado antes de penetrar a la circulación general; las absorbidas por la vía linfática, por el contrario, son incorporadas directamente en el torrente circulatorio por el conducto

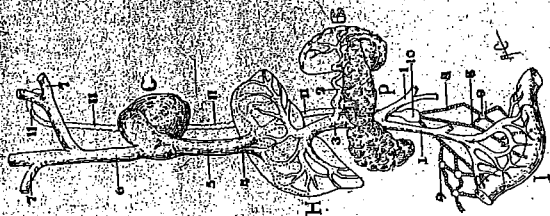


Fig. 5.—Vías de la absorción digestiva (esquema).

I, intestino.—H, hígado.—C, corazón.—P, páncreas.—B, bazo.

1, venas mesentéricas.—2, vena esplénica.—3, vena porta.—4, venas suprahepáticas.—5, vena cava inferior.—6, vena cava superior.—7, venas subclavas.—8, vasos quíferos.—9, ganglios mesentéricos.—10, cisterna de FALLOT.—11, conducto torácico.

Las sustancias atraviesan el bígado antes de penetrar a la circulación general; las absorbidas por la vía linfática, por el contrario, son incorporadas directamente en el torrente circulatorio por el conducto

foráneo, siendo el primer sistema capilar que atraviesan el pulmón.

b) La vía linfática es la preferida por las materias grasas. Los vasos linfáticos toman en estos un color blanquecinoso por la emisión de grasa contenida en su interior. Grasa que ha sido absorbida por las vellosidades intestinales y luego excretada por las células de las mismas hacia los quíloos. El quilo del conducto torácico encierra hasta un 10 p. 100 de grasa en su interior, al que se le ha dado una consistencia en lípidos.

c) El agua, las sales y el azúcar se absorben también por la vía linfática, pero en pequeña proporción.

2º Absorción por la piel y por el tejido celular subcutáneo. — a) Normalmente, la piel no tiene gran importancia para la absorción, pues no absorbe soluciones acuosas de ninguna sustancia por el simple contacto y esto se debe al sebo que la impermeabiliza. La palma de la mano y la planta del pie, son excepciones, pues la piel de aquellas regiones careciendo de glándulas sebáceas, pueden absorber. Suprimiendo la materia sebácea, por el éter o el alcohol, se consigue que la piel absorba con facilidad.

Por actos mecánicos (fricciones) la piel absorbe también los cuerpos grasos.

b) El tejido celular subcutáneo constituye una superficie absorbente muy activa, propiedad que es de un valor inestimable, pues se utiliza en medicina como vía de introducción medicamentosa, mediante *inyecciones hipodérmicas*.

3º Absorción por las mucosas y por las serosas. — a) Las primeras absorben con facilidad el agua y las sustancias disueltas, excepción hecha de la mucosa vesical, que normalmente posee propiedad absorbente. Las mucosas de las vías respiratorias absorben los gases; la bronquial y la pulmonar absorben tanto gases como líquidos.

b) Las serosas (peritoneo, pleuras, sinoviales), absorben con rapidez las sustancias disueltas.

CAPITULO 12

ALIMENTOS Y VITAMINAS



EL ALIMENTO Y LA ENERGÍA

La energía de la luz, absorbida por las plantas en la fotosíntesis, inicia todos los procesos biológicos. El calor que emiten los animales y las plantas constituye el consumo final. La conversión del primero en el segundo permite un trabajo provechoso. La energía química unida a los músculos que trabajan se transforma una parte en trabajo y otra en calor. La unidad básica del calor es la caloría, la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de 1 gramo de agua de 14,5 a 15,5°C, el equivalente a $4,2 \times 10^7$ ergios. (En el sistema SI, $1 \text{ kcal (1.000 cal)} = 4,186 \text{ megajulios.}$)

Los combustibles del cuerpo son las proteínas, las grasas y los hidratos de carbono. La mayoría de la energía en sus enlaces de carbono e hidrógeno

puede obtenerse por procesos metabólicos oxidantes. El calor de la combustión de estos alimentos, medido en el laboratorio, es algo mayor que la energía que se obtiene normalmente para el cuerpo, ya que la digestión y la absorción son incompletas y la oxidación sólo es parcial. No obstante, el 99% de los hidratos de carbono, el 95% de las grasas y el 92% de las proteínas se absorben, y sólo un 5% de las calorías ingeridas se pierde en las heces. Puesto que la mayoría del nitrógeno adquirido se excreta en la orina como urea, ácido úrico y otras sustancias, se pierde aproximadamente un cuarto del valor calórico de las proteínas ingeridas. La cantidad de calor que podemos obtener de 1 gramo de alimentos básicos es la siguiente:

1 g de proteínas	4 kcal
1 g de grasas	9 kcal
1 g de hidratos de carbono	4 kcal

Es posible calcular el valor energético de una dieta mediante el análisis de sus componentes y aplicar estos factores (Tabla 12.1).

Tabla 12.1

Valor energético y contenido de nutrientes de los alimentos habituales (por gramo)

	Agua %	Proteínas %	Grasa %	Hidratos de carbono %	Energía Kcal
Flour de trigo	13.0	13.6	2.5	69.1	3.4
Pan blanco	38.8	7.8	1.4	52.7	2.4
Arroz	11.7	6.2	1.0	86.8	3.6
Leche	87.0	3.4	3.7	4.8	0.7
Mantequilla	13.9	0.4	85.1	Trazas	7.9
Queso	37.0	25.4	34.5	Trazas	4.3
Carne	57.0	20.4	20.4	Nada	2.7
Pescadilla	65.1	20.4	8.3	3.6	1.8
Papas, carne cruda	80.0	2.5	Trazas	15.9	0.7
Guisantes	72.7	5.9	Trazas	16.5	0.9
Repollitos hervidos	96.0	1.3	Trazas	1.1	0.1
Naranja	64.8	0.6	Trazas	16.4	0.3
Manzana	84.1	0.3	Trazas	12.2	0.5
Azúcar	Trazas	Trazas	Trazas	100.0	3.9
Cerveza	96.7	0.2	Trazas	2.2	0.3
Leones	63.5	Trazas	Nada	Trazas	2.2

Estos alimentos no sólo proporcionan energía, sino que también reemplazan el desgaste en los tejidos. Sin embargo, aunque puede utilizarse cualquier alimento para la producción de energía, sólo las proteínas pueden usarse para la reconstrucción celular. Para la producción de energía, las grasas son más económicas que otras sustancias, puesto que producen el doble de calor cuando se usan en una forma más pura.

Las proteínas no son una forma económica de obtener energía. Las grasas y los hidratos de carbono se

utilizan, por lo general, cuando se requiere energía, mientras que las proteínas sirven para reparar la degradación de tejidos. Un hombre podría comer 2 kg de carne magra diaria para alcanzar su mínimo básico de 2.000 calorías, una cantidad imposible de digerir. Ninguna proteína se almacena, excepto durante el crecimiento. Las proteínas, aunque son esenciales en la dieta, no presentan ninguna ventaja como fuente de energía sobre las grasas y los hidratos de carbono, que pueden, sin ningún problema, intercambiarse.

No obstante, existe una ventaja para las proteínas en la dieta tanto animal como vegetal: las calorías sobrantes de la grasa y los hidratos de carbono se denominan, a menudo, con el nombre de calorías "vacías".

LA DIETA

El promedio de energía diaria que requiere un hombre que trabaja es de 3.000 calorías. Una mujer adulta necesita sólo 2.500 calorías, como consecuencia de su menor tamaño. Los trabajadores sedentarios necesitan menos. A causa de la pérdida de calorías en la comida preparada y en la digestión, se necesita un extra, pasando a ser el valor calórico para un hombre adulto aproximadamente 3.500 calorías. Para mantener una dieta saludable deben incluirse proteínas, grasas y hidratos de carbono en las proporciones que más abajo detallaremos. Debe incluirse también bastante comida fresca, que suministre las vitaminas necesarias, y bastante contenido mineral, y todo ello debe ser apetitoso.

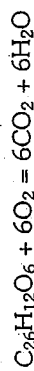
Las proteínas suministran una sexta parte de las calorías que se necesitan, es decir, al menos 100 g al día y, al menos, la mitad deben ser ingeridas en forma de proteína animal de primera clase. Un exceso no tiene utilidad alguna, ni siquiera para personas que hacen trabajos pesados. Lo que las proteínas proporcionan, más que otros elementos, es un estímulo general para el metabolismo, que aumenta la producción de calor y mantiene a una persona caliente en un tiempo meteorológico frío.

Los hidratos de carbono forman el núcleo de muchas dietas. Se obtienen con facilidad del pan y otras comidas industriales. La necesidad diaria óptima son aproximadamente 500 g. Existe un mínimo absoluto, y por debajo de éste el promedio de las grasas se altera y no llegan a quemarse totalmente, por lo que se acumulan productos ácidos en los tejidos.

Las grasas son valiosas a causa de su alto valor energético. Una dieta normal contiene sólo una séptima parte del peso (100 g), pero éste suministra un cuarto del total calórico. Su concentración es exagerada por las cantidades pequeñas de agua que contienen, en comparación con otras comidas. Aunque pueden intercambiarse con los hidratos de carbono como fuente de energía, las grasas tienen ciertas ventajas: su lenta absorción previene el hambre que se sentiría con una dieta de hidratos de carbono más larga; en trabajos con duras condiciones atmosféricas (como en el Ártico), una gran cantidad de grasa es la única forma práctica de suministrar las calorías que se necesitan.

COCIENTE RESPIRATORIO

Podemos deducir qué sustancias se oxidan en el cuerpo para proporcionar energía comparando el oxígeno utilizado (contenido en el aire inspirado) con el dióxido de carbono producido (desechos en el aire espirado). Así, la transformación de los hidratos de carbono puede representarse por la ecuación:



donde el cociente respiratorio

CO₂ espiradoO₂ inspirado

es exactamente 1. Puesto que diferentes materiales se transforman al mismo tiempo, el cociente respiratorio relativo depende de las proporciones relativas de los alimentos, cuyos cocientes respectivos son los siguientes:

Hidratos de carbono	1,0
Proteínas	0,8
Grasas	0,7

El cociente verdadero siempre es menor que 1, dado que una dieta pura de hidratos de carbono nunca existe. El cociente representa el resultado de la oxidación del promedio de la mezcla de alimentos.

Para obtener energía, cualquiera de los alimentos puede ser utilizado. Los hidratos de carbono y las proteínas se denominan *isodinámicos* porque el peso equivalente de cada producto produce la misma cantidad de calor. Los hidratos de carbono y las grasas, en la proporción de más de 2:1, también proporcionan el mismo número de calorías, y pueden reemplazarse unos por las otras en estas proporciones sin alterar el valor energético. Aunque la proteína es intercambiable en los mismos términos, un límite superior se desestima por la capacidad para su digestión. Como las proteínas no se almacenan, cualquier exceso se pierde y se excreta como componentes de nitrógeno en la orina y en las heces, es decir, existe un estado normal de equilibrio de nitrógeno. Son diferentes de las grasas y los hidratos de carbono, puesto que un exceso de éstos se almacena en el cuerpo como grasa.

Las proteínas se descomponen en la digestión; éstos entran en el flujo sanguíneo, donde participan en el equilibrio con las proteínas de las células corporales, asimilando estas últimas tanto como necesitan para su reparación. Los aminoácidos residuales se desintegran en el hígado, perdiéndose sus partes de nitrógeno como orina a través de los riñones y consumiéndose el resto en dióxido de carbono y agua. Sólo algunas proteínas contienen aminoácidos esenciales que no pueden ser sintetizados en el cuerpo; éstas son las *proteínas de primera clase* de la carne, del trigo y de otros alimentos. Las *proteínas de segunda clase* carecen de algunos de los aminoácidos esenciales, o están formadas por aminoácidos no esenciales, como, por ejemplo, la gelatina. Una deficiencia de ácidos esenciales produce pérdida de apetito y falta de crecimiento. La proteína animal es más económica que la vegetal en relación con este propósito, pero ésta es adecuada si la dieta es variada.

LOS ALIMENTOS
AL DETALLE

Los alimentos pueden ser agrupados de la manera siguiente: cereales, féculas, legumbres, verduras y frutas, azúcar y derivados, carne, pescado y huevos, grasas y aceites, y, por último, bebidas. Ninguno es esencial, pero una dieta correcta contiene alimentos de todos los grupos.

Cereales

Los cereales forman la dieta principal de la mayoría de seres humanos. Incluso en países ricos, proporcionan una gran parte del total calórico y son los elementos que más abundan en las dietas. Todos los granos de los cereales tienen la misma estructura (ver Fig. 12.1). La masa principales la endosperma externa, con el germen a un lado. Fuera de esta endosperma externa, la capa aleurona y el pericarpio están encerrados en una vaina leñosa. El grano contiene un 80% de féculas, un poco de grasa y un 10% de proteínas, pero la proteína de cual-

quier cereal se adapta mal a los requerimientos del organismo humano, por lo que se precisa una mezcla de varias fuentes. Los cereales contienen mucho calcio y mucho hierro, pero el ácido fítico presente forma fitatos insolubles. Los cereales completos son una fuente valiosa de vitamina B. No contienen vitamina C, A ni D, pero los cereales oleosos como el maíz contienen precursor de la vitamina A y mucha vitamina E.

El trigo y el arroz sirven normalmente como alimento, pero el primero se utiliza en forma de harina de trigo. El material convertido contiene la mayoría de las vitaminas B y tiamina, y por lo tanto, los comedores de arroz pueden sufrir de beriberi (pág. 214).

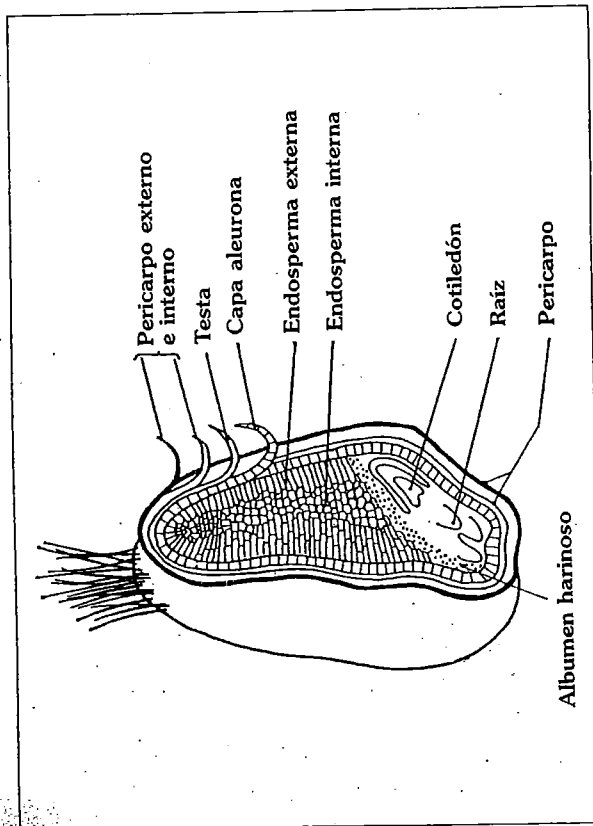


Figura 12.1: Estructura de un grano de trigo (de McCance, Lancet i (1946), 77)

El cereal más pobre es el *mijo*. El maíz es un alimento excelente, aunque si constituye la parte más importante de una dieta puede asociarse con pelagra (pág. 219). El trigo es el único cereal (aparte del centeno) que puede transformarse en pan.

El valor nutritivo de los cereales es considerable. El pan y el arroz proporcionan calorías, proteínas, vitamina B, hierro y calcio. Solo cuando una dieta está formada por un exceso de cereales o de un cereal en particular está desequilibrada.

Féculas

La patata es un excelente alimento rico en energía. Es el único alimento que permite por sí solo que un hombre sobreviva de forma indefinida, pues contiene cantidades significativas de vitamina C y caroteno y cantidades adecuadas de vitamina B. Raíces tropicales, como la tapioca y la batata, son importantes fuentes de energía, aunque su contenido proteico no es elevado. Los niños alimentados con estos productos durante mucho tiempo son propensos a enfermedades causadas por deficiencias proteicas.

Legumbres

Las legumbres poseen el doble de proteínas que los cereales, y son muy valiosas en los trópicos. Son también ricas en vitamina B. Los *fríjoles* contienen sobre un 20% de grasas.

Verduras y frutas

Incluyen las hojas, las flores, las semillas, los troncos y las raíces. Contienen mucha agua, pocas calorías y pocas proteínas, pero tienen fibra y previenen el estreñimiento. Contienen algo de vitamina B y C, pero éstas, a menudo, se pierden al cocinarse. La principal vitamina es el caroteno, el precursor de la vitamina A. Las verduras aumentan el valor nutritivo de las dietas compuestas principalmente de cereales propias de los trópicos, pero contribuyen poco en el promedio de las dietas de los países occidentales.

El valor nutritivo característico de las frutas se encuentra en su contenido de vitamina C. Los plátanos proporcionan hidratos de carbono en abundancia, pero carecen de proteínas.

Azúcar

Se ha producido un gran incremento en el consumo de azúcar, lo que puede relacionarse con el aumento de la incidencia de la enfermedad cardiovascular. Sin otros nutrientes, el azúcar proporciona calorías "vacías" y produce caries dental, obesidad y diabetes.

Carne, pescado y huevos

La carne, con su grasa, contiene una quinta parte de grasa, tres quintas partes de agua y una última parte de proteínas de alto valor biológico. Es

El maíz es una fuente de hierro y de vitaminas A y C. Las legumbres, como el hígado y los riñones, tienen el mismo valor general que la carne, pero más hierro y vitaminas A y D. Los huevos contienen un 10% de proteínas de primera clase, un 10% de grasa, mucha vitamina A, hierro y calcio. Son un elemento muy útil en la dieta, aunque su alto contenido en colesterol hace que sean poco populares en algunos países.

Leche

La leche humana es un alimento completo para los bebés. La leche de vaca contiene más proteínas y menos hidratos de carbono, y es más adecuada si se le añade azúcar.

Tabla 12.2
Valores de la leche (por 100 gramos)

	Leche humana	Leche de vaca
Calorías	70	66
Hidratos de carbono	7 g	5 g
Proteínas	2 g	3.5 g
Grasa	4 g	3.5 g
Calcio	25 mg	120 mg
Fósforo	16 mg	95 mg
Hierro	0.1 mg	0.1 mg
Vitamina A	170 unidades	150 unidades
Vitamina C	3.5 mg	2.0 mg
Vitamina D	1.0 unidades	1.5 unidades
Tiamina	17 µg	40 µg
Riboflavina	30 µg	150 µg
Ácido nicotínico	170 µg	80 µg

La leche es rica en calcio, pero pobre en hierro, y los niños pueden desarrollar anemia después de seis meses si no se añaden otros alimentos. Si la leche se hierve, destruyendo la vitamina C, puede producirse escorbuto. Las madres, por lo general, proporcionan una leche adecuada de gran calidad, incluso a expensas propias, pues el contenido en calcio de la leche se deriva del esqueleto materno. La leche es esencial para el crecimiento de los niños, pero no para los adultos. La leche descremada, a la que se le ha eliminado la grasa, puede presentarse también en polvo y es una valiosa fuente de proteínas para los niños en zonas subdesarrolladas. El queso está hecho de leche cuajada y contiene muchas de las proteínas originales y algo de grasa, siendo altamente nutritivo.

Grasas y aceites

Pueden ser animales y vegetales. Las primeras son, sobre todo, grasas lácteas, grasa de vaca y manteca de cerdo; los segundos son aceites de oliva, de cacahuete, de semilla de algodón y palma, y de maíz. La margarina está compuesta por una mezcla de aceite vegetal con aceite de ballena. Las grasas animales, excepto las de pescado, son sólidas y ricas en ácidos grasos saturados. Los aceites vegetales son líquidos y contienen ácidos grasos no saturados, lo mismo que el aceite del pescado. Las grasas son fuentes concentradas de calorías, que deben incluirse también en la dieta de personas grasas ya que vehiculan las vitaminas que son solubles en grasa. Son úti-

les para cocinar, y en los países desarrollados suministran con creces los ácidos grasos esenciales. La mantequilla contiene vitaminas A y D, que deben añadirse a la margarina, pero las dos son equiparables en cuanto a su valor nutritivo. Los aceites vegetales no contienen vitaminas.

Bebidas

Incluyen las bebidas de contenido alcohólico o azucaradas. El alcohol etílico se produce por la fermentación de cereales o frutas. Es un nutriente, se absorbe rápidamente y es una fuente inmediata de energía, pero las calorías sobrantes pueden causar obesidad. Es sedante y proporciona bienestar si se toma con moderación, pero puede producir adicción y tener efectos tóxicos sobre el sistema nervioso si se toma en exceso.

La cerveza se fabrica mediante la conversión de granos de fécula en maltosa por la maltasa, fermentándolos con levadura. La cerveza contiene aproximadamente un 6% de alcohol, y ninguna vitamina, excepto la riboflavina. El vino se obtiene fermentando uvas u otras frutas. Contiene entre un 8 y un 10% de alcohol, aunque puede alcanzar un 15%. También puede contener grandes cantidades de hierro, provocando enfermedad hepática crónica. Los licores se obtienen destilando alcoholes fermentados. Contienen aproximadamente un 30% de alcohol y carecen de otros nutrientes. Una destilación imperfecta puede producir licores que contengan alcohol metilado o desnaturalizado, que es muy dañi-

no puede causar ceguera o incluso la muerte.

El café y el té contienen cafeína, teofilina y teobromina. La cafeína estimula el sistema nervioso y aumenta la emisión de orina. Ambos contienen cafeína, que es un precipitante proteínico y puede provocar gastritis. Aunque el té y el café no poseen valor nutritivo, normalmente se toman con leche y azúcar, lo que puede ser una fuente oculta de calorías.

Las bebidas no alcohólicas pueden contener vitamina C y su valor calórico depende de la cantidad de azúcar añadido. Los zumos de fruta son ricos en potasio y útiles para personas convalecientes. El agua mineral posee un contenido mineral variado pero no es significativo.

LAS VITAMINAS

Si un animal se alimenta con una dieta en la que se incluyen cantidades adecuadas de grasas, hidratos de carbono, proteínas y sales, pero en la que estos constituyentes han sido refinados, enfermará y morirá. Este proceso se puede prevenir gracias a la adición diaria de una cucharadita de leche. Esto se produce porque las comidas naturales contienen cantidades mínimas de sustancias orgánicas, conocidas como vitaminas, que el cuerpo es incapaz de sintetizar (salvo, en cierta medida, la vitamina D). La mayoría son componentes de sistemas enzimáticos esenciales, y son necesarios para la utilización adecuada de los alimentos y para el crecimiento normal, así como para mantener la salud en el

adulto. Sin embargo, no contribuyen en nada a los requerimientos energéticos o a la reparación de los tejidos. Existen cinco grandes enfermedades relacionadas con la pérdida de una o más vitaminas: escorbuto, beriberi, pelagra, queratomalacia y raquitismo, grandes azotes todavía en la actualidad en el tercer mundo.

Las vitaminas son solubles en grasa o solubles en agua (liposolubles o hidrosolubles). Las vitaminas solubles en agua no pueden almacenarse, por lo que son rápidamente excretadas por los riñones. Si la admisión es inadecuada, la deficiencia producirá una rápida enfermedad. Las vitaminas solubles en grasa se almacenan en el tejido adiposo, sobre todo en el hígado, y son un buen alimento individual que nos mantendría sanos durante muchas semanas, incluso si dejaríamos de consumir las en las comidas.

Vitaminas liposolubles

Vitamina A (retinol). Sólo está presente en ciertos alimentos animales, en los productos lácteos, en el hígado y, sobre todo, en los aceites de hígado de pescado, aunque su origen son las plantas verdes. El intestino delgado también puede fabricarla a partir del pigmento caroteno de algunas plantas. En algunos países desarrollados, la mitad de la vitamina A se obtiene de fuentes animales y la otra mitad a partir de precursores en las plantas, por lo que una enfermedad por deficiencia es rara. En cambio, en los trópicos es frecuente su carencia, que provoca déficit de crecimiento, riesgo de enfermedades y reparación

defectuosa de los tejidos epidérmicos, así como colapso progresivo y problemas visuales -todos, digamos, causados por la carencia de 1 mg de vitamina A al día. La vitamina A pura es de color amarillo pálido, insoluble en agua y un hidrocarburo aromático estable no saturado cuando se cocina.

Vitamina D (calciferol). También se encuentra en los productos lácteos, así como en los huevos y en el hígado. Se forma asimismo en la piel mediante la acción de los rayos ultravioletas, de forma que el cuerpo no depende completamente de fuentes dietéticas. Sin embargo, los niños de los trópicos, muy pigmentados, pueden desarrollar raquitismo si se trasladan a zonas con temperaturas más bajas.

La vitamina D promueve la absorción de calcio desde los intestinos y la deposición de hueso por la formación de sales cálcicas. Infiere enormemente en el crecimiento y en el endurecimiento de los huesos y de los dientes, por lo que una deficiencia en la edad infantil puede causar raquitismo y caries dental. El raquitismo es una enfermedad en la que se crea un tejido calcificado de forma débil y pobre en luzgar del hueso normal, por lo que se desarrolla una deformidad -curvatura vertebral con las piernas arqueadas o patizambos. Se cura con facilidad gracias a la ingesta moderada de la vitamina. Existe una forma de raquitismo en el adulto denominada *osteomalacia* -que aparece normalmente en mujeres ancianas "que viven a base de té, pan y mantequilla" y en las que la ingesta de vitamina D es muy poca- que causa también una deformidad y fracturas óseas comunes y curables. La vitamina puede fabricarse artificialmente

a base de ergosterol, pero es tóxica en grandes dosis.

Vitamina E. Es esencial para una fertilidad normal. No existe evidencia de que en los seres humanos se produzca una deficiencia de vitamina E, pero en ratas alimentadas a base de dietas artificiales las hembras abortaban, los machos se volvían estériles y los embriones no se desarrollaban. La vitamina se encuentra en cantidad en el aceite de germen de trigo.

Vitamina K. Es un complejo de derivados de naftoquinona esenciales para el complejo mecanismo de la coagulación sanguínea. Puede ser sintetizada. No existe una deficiencia en la dieta.

Vitaminas hidrosolubles

Vitamina B. Es un complejo de tres factores:

1. La *vitamina B₁* (*tiarina*) es abundante en la cáscara de los granos de los cereales, las legumbres, la levadura, la leche y la carne. Se pierde cuando el trigo y el arroz se muelen. La *tiarina* cataliza la oxidación de hidratos de carbono en las células, sobre todo en las células nerviosas, y una deficiencia causa *beriberi*. En el *beriberi* de clima seco existe neuritis periférica, desgaste y parálisis muscular; en el *beriberi* de clima húmedo se producen insuficiencia cardíaca y edema tisular. En las dietas en las que el arroz es un producto principal y está finamente molido, existe un

riesgo de enfermedad, e incluso en países desarrollados se añade a menudo *tiarina* sintética a la harina blanca. La ingesta diaria que se requiere es aproximadamente 1,5 mg.

2. El *ácido nicotínico* (o *niacina*) es otro miembro del complejo B. Cuando su ingesta es insuficiente causa *pelagra*-dermatitis, demencia y diarrea- y se asocia con un consumo exclusivo de maíz, que es una pobre fuente de ácido nicotínico. Pero, como así sucede, el cuerpo puede sintetizarlo a partir del triptófano que se encuentra en el arroz, por lo que en los países en los que éste se consume de forma elevada el problema no se presenta. La *pelagra* puede también producirse a partir de una interferencia con la absorción intestinal, en alcohólicos crónicos. El ácido nicotínico se encuentra presente en todos los cereales y el arroz, en la carne, en las vísceras y en el pescado. Es abundante en la levadura y en los extractos de levadura, pero no en todos los productos lácteos, frutas o vegetales. En muchos países desarrollados, se requiere por ley añadirlo a la harina blanca. El promedio de ingesta que se requiere diariamente es del orden de 10-12 mg.

3. La *riboflavina* es un pigmento amarillo, una coenzima esencial para los procesos respiratorios de los tejidos. Se encuentra presente en la mayoría de los alimentos. La carencia de *riboflavina* puede causar úlceras en las comisuras de la boca. Los requerimientos de la dieta diaria son 1-2 mg.

Las **vitaminas B antianémicas.** Los glóbulos rojos sólo viven durante

100 días o algo más y deben reproducirse de forma continua. Ciertas vitaminas son esenciales en este proceso y, en caso de ser inadecuada su ingesta, se produce anemia.

La *vitamina B₁₂* (cianocobalamina) se encuentra en los alimentos de origen animal, pero no en las plantas. Es un complejo de derivados de la porfirina que contiene cobalto. Es un subproducto en la manufactura de ciertos antibióticos. El requerimiento diario es menor de 1 µg. Durante la absorción propiamente dicha por el intestino, es esencial un *factor intrínseco* secretado por ciertas glándulas del estómago; cuando éste falta, el individuo desarrolla una anemia perniciosa. Esta situación puede solventarse gracias a la ingesta de grandes cantidades de hígado animal o, más usualmente, mediante inyecciones regulares de esta vitamina, dependiendo el enfermo de éstas como los diabéticos de las inyecciones de insulina.

La otra vitamina B antianémica es el *ácido fólico*, cuya principal fuente se encuentra en las hojas de las verduras verdes. El promedio diario requerido es aproximadamente 50 µg. La anemia debida al déficit de esta vitamina es frecuente en los trópicos, sobre todo en las mujeres embarazadas.

Otras vitaminas solubles en agua, como la *piridoxina* y el *ácido pantoico*, son componentes de los sistemas enzimáticos de los tejidos. Están ampliamente distribuidas y su deficiencia es rara. No obstante, el factor soluble en agua más importante es el *ácido ascórbico*: la *vitamina C*.

Vitamina C. El ácido ascórbico es un azúcar cristalino, sintetizado fácilmente, soluble y oxidado con facilidad.

La fuente principal son las frutas, las verduras y la leche, aunque las patatas también son una fuente útil. La carne y los huevos sólo contienen trazas. Se destruye con facilidad al cocinar, o bien cuando las dietas contienen pocas frutas y verduras, así como en las verduras hervidas. Su deficiencia causa escorbuto, caracterizado por hemorragias, como, por ejemplo, encías sangrantes, y también retraso de la curación de heridas y fracturas. El escorbuto puede prevenirse con facilidad mediante frutas cítricas. La leche contiene poco ácido ascórbico y el que existe se destruye al hervirla, razón por la cual los niños están expuestos a una deficiencia. La ingesta mínima diaria es de aproximadamente 25 mg, distribuidos en una ración ordinaria de repollo u otras verduras, dos raciones diarias de patatas, o 40 gr de naranjas naturales o de zumo de naranja.

En resumen, la mayoría de las vitaminas son de composición conocida y pueden ser sintetizadas u obtenidas en su forma pura. La única evidencia de sus efectos sólo es apreciable cuando estamos privados de ellas y se produce un alteración a causa de su deficiencia. Aunque son esenciales para la salud, no son alimentos necesarios y no compensarán una dieta inadecuada. Además, en los adultos que viven con una buena dieta mixta no hay ninguna necesidad de añadir preparados vitamínicos. No sucede así en los períodos infantiles de crecimiento, cuando es deseable el suplemento de aceite de pescado y zumo de naranja. Los alcohólicos crónicos, a causa de las interferencias que la bebida produce en la absorción y el almacenamiento de vitaminas, pueden necesitar grandes dosis de preparados multivitamínicos.

CAPÍTULO 14

ABSORCIÓN, UTILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO DIGERIDO

ABSORCIÓN

La digestión transforma sustancias alimenticias insolubles complejas en partículas solubles más sencillas capaces de penetrar en la circulación. Su transferencia desde los intestinos hacia la sangre o la linfa se conoce con el nombre de absorción. La absorción depende de factores físicos, como las concentraciones y la presión osmótica, pero la mayoría de los nutrientes son transportados activamente, y sólo el agua y el alcohol atraviesan las células intestinales gracias a una simple difusión.

La mayoría de los nutrientes son absorbidos en el intestino delgado, cuyo revestimiento no es liso, sino que está formado por una pila ateciopelada de innumerables cilios, o vellosidades. Estas aumentan enormemente el

área de absorción. Cada vellosidad (Fig. 14.1) está fuertemente irrigada por capilares sanguíneos, y está atravesada por un canal linfático central, o lacteo que transporta glóbulos de grasa digeridos hacia los troncos linfáticos del cuerpo. En estado de ayuno, las vellosidades descansan, pero durante la absorción se produce un continuo movimiento de bombeo que comprime los materiales absorbidos hacia la circulación.

Agua

Cierta cantidad de agua entra diariamente en el tracto digestivo. Además de esta cantidad externa, digamos de 1.500 ml, una cantidad interna se encuentra en los jugos digestivos: 1.500 ml en la saliva, 3.000 ml en los jugos gástricos, 500 ml en la bi-

lis y 200 ml en los jugos pancreáticos - un total de 8.500 ml. Toda esta cantidad se absorbe desde los intestinos: la mayoría desde el intestino delgado, y el resto desde el grueso, donde las heces se hacen más sólidas. La mayor parte del agua entra en la sangre por el sistema linfático. La transferencia de agua (y electrolitos disueltos) a través de la pared intestinal en los vasos de las vellosidades no puede explicarse completamente en términos de osmosis: está influida por la actividad selectiva, o acción de bombeo iónico, de las propias células intestinales. El agua absorbida va a parar a la circulación y riñones, de aquí la importancia en las enfermedades del corazón y de los riñones de una ingesta restringida.

Vitaminas y minerales

Las vitaminas solubles en agua son moléculas simples que se absorben con facilidad, aunque la absorción por parte del íleon de la vitamina B₁₂ depende de factores intrínsecos relacionados con la secreción del estómago. La mayoría del calcio ingerido se pierde en las heces, y el que se absorbe suplir las necesidades del esqueleto, sobre todo en la época de crecimiento infantil. Esta absorción depende de la vitamina D: si ésta es deficiente, o la ingesta de calcio es inadecuada, se desarrolla raquitismo en los niños y una debilidad equivalente en los huesos denominada osteomalacia en los adultos. La absorción de hierro se relaciona con sus necesidades; una ingesta excesiva produce depósitos dañinos en el hígado y en los tejidos.

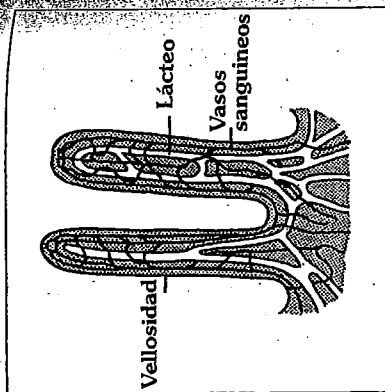


Figura 14.1: Vellosidades del intestino delgado con sus lácteos y sus vasos sanguíneos

Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono se descomponen en la digestión en simples monosacáridos y disacáridos (estos últimos son transformados en formas monosacáridas por las células de la pared intestinal) que son transportados a través de las células en la circulación portal. Existen enzimas específicas para los diferentes azúcares, y si éstas están ausentes, los disacáridos pueden pasar al colon sin transformarse, causando diarrea. Algunos niños no poseen la enzima lactasa para digerir la lactosa, por lo que no pueden tolerar la leche.

Grasas

Muy pocas grasas evitan la digestión y se absorben sólo en el intestino delgado. Las grasas dejan el estómago

Proteínas

Bajo la influencia de la pepsina del jugo gástrico y de la tripsina de la secreción pancreática, las proteínas se descomponen en aminoácidos y péptidos. Los aminoácidos son absorbidos fácilmente en la circulación general, perdiéndose un poco del nitrógeno de la dieta con las heces.

UTILIZACIÓN (METABOLISMO) DEL MATERIAL ABSORBIDO

Metabolismo de las proteínas

El lugar de las proteínas en la dieta se ha tratado ya en la pág. 32. Consi-

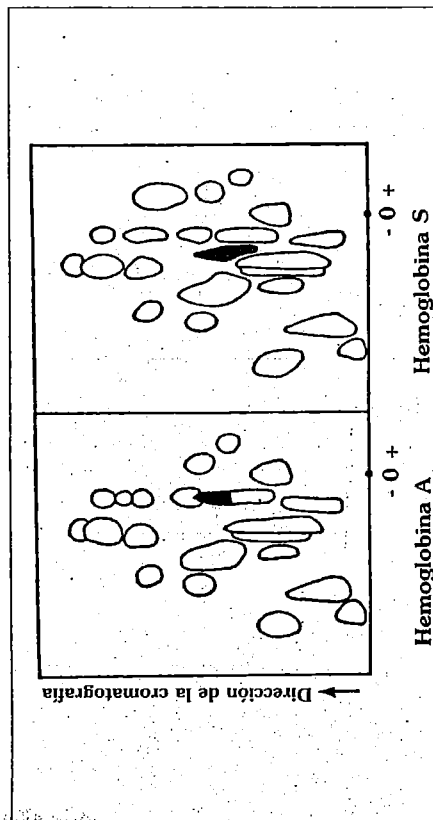
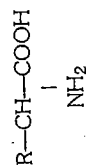


Figura 14.2: Huellas de los hidrolizados tripticos de las hemoglobinas A y S. O, punto de aplicación del hidrolizado; +, dirección del campo eléctrico. Los péptidos que difieren en el comportamiento y la composición se marcan en negro: el que contiene valina (en HbS) se ha movido un poco más hacia el cátodo (de A Compar ion to Medical Studies, Vol. 1)

deraremos ahora su destino dentro del cuerpo, echando una ojeada primero a su composición química. Son grandes moléculas, compuestos que contienen nitrógeno con muchas funciones diferentes. Algunas moléculas, como la queratina del pelo y de la piel, son insolubles e inertes; otras satisfacen los requerimientos mecánicos de ciertos tejidos -músculos y tejido conectivo; por último, otras moléculas son solubles y se utilizan para el transporte de oxígeno, minerales y hormonas. Además, cada enzima es una proteína. El hombre es incapaz de utilizar directamente nitrógeno inorgánico y depende de la ingesta de proteínas de otras formas vivas que degradada en sus constituyentes aminoácidos simples para ser recombinados en patrones humanos.

Los aminoácidos son la moneda proteica del cuerpo -pequeños, admitidos de forma universal, de libre intercambio y capaces de unirse en proteínas complejas de tejidos particulares.

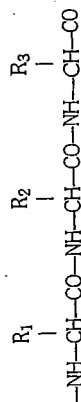
Todas las proteínas pueden ser hidrolizadas en sus constituyentes aminoácidos, hirviéndolas o tratándolas con una serie de enzimas. Las proteínas simples así tratadas sólo producen aminoácidos. Las proteínas conjugadas producen aminoácidos más un grupo prostético unido que le confiere un carácter especial a esa molécula. Alrededor de veinte aminoácidos se obtienen mediante la hidrólisis proteica, y su fórmula química básica es:



donde, en la forma más simple, R = H (glicina).

En formas más complejas, R puede ser una cadena alifática o un radical cíclico. Todos los aminoácidos son ópticamente activos, pero sólo sus formas levorrotatorias se producen por hidrólisis. Se combinan tanto con ácidos como con bases, por lo que pueden actuar como tampones. Las proteínas solubles pueden ser aisladas e identificadas por cromatografía, que depende de sus índices de difusión a través de un papel de filtro húmedo, produciendo "manchas" proteicas teñibles aisladas, y también por electroforesis, que depende de la migración diferencial en el papel de filtro a uno u otro de un par de electrodos.

Los aminoácidos de una proteína están unidos por enlaces peptídicos, $-\text{CO}-\text{NH}-$, por lo que la estructura básica de una molécula proteica puede representarse como:



donde R representa los radicales aminoácidos específicos. Durante la hidrólisis se forman los polipeptidos, que son intermediarios entre las proteínas y los aminoácidos.

Los pesos moleculares de las proteínas varían desde unos pocos miles hasta un millón, es decir, la molécula proteica más simple contiene alrededor de un centenar de residuos aminoácidos y varios miles de polipeptidos. Aunque sólo existen unos veinte constituyentes aminoácidos, hay muchas más clases diferentes de proteínas porque éstas difieren en relación con sus ácidos constituyentes y con las uniones de éstos. Las proteínas pueden ser "huellas dactilares" si se hidrolizan pa-

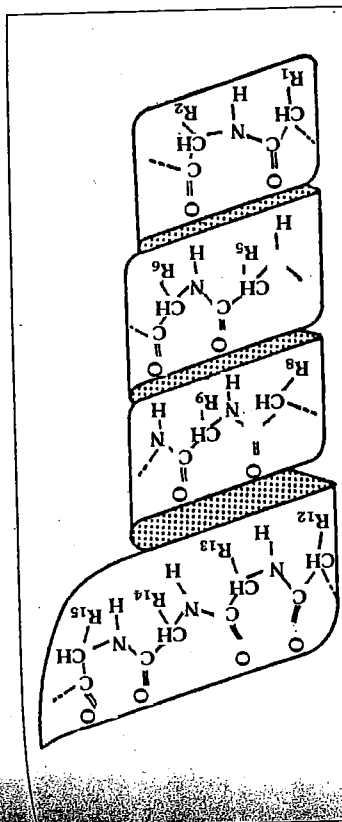


Figura 14.3: La α -hélice a la derecha con la estructura polipeptídica dibujada sobre ella modificado de Haggis, G., et al., Introduction to Molecular Biology, Longmans)

ra mezclar los péptidos y separarlos mediante electroforesis, seguida por la cromatografía en papel que traza un patrón específico para cada uno (Fig. 14.1).

La forma de la molécula proteica puede ser compacta y globular en el caso de proteínas solubles, o rígida y alargada para las proteínas fibrosas, a menudo insolubles. Con frecuencia se plegan en forma helicoidal, por lo que pueden identificarse mediante la cristalografía de rayos X (Fig. 14.3). Las proteínas pueden desnaturalizarse por la acción del calor, los ácidos o los álcalis, que debilitan los vínculos internos de la molécula.

Las proteínas en la nutrición

La energía se obtiene de los tres alimentos básicos, pero sólo las proteínas servirán para las necesidades del crecimiento y de la reparación tisular; es decir, el destino último de los constituyentes aminoácidos es, en parte, en-

trar en el protoplasma vivo y, en parte, servir como fuente de energía. Para esta última función, las proteínas actúan a la par con grasas e hidratos de carbono; para la primera, son irremplazables.

Existe una gran variación en las capacidades de las proteínas para mantener la vida. Ratas jóvenes a las que se alimentó con proteína de maíz perdieron peso porque esta proteína no contiene lisina ni triptófano. Si éstas se dan como complemento, el crecimiento se produce con normalidad; es decir, estos ácidos no pueden ser sintetizados en el cuerpo. Así pues, reciben el nombre de aminoácidos esenciales y deben incluirse en la dieta. Para el hombre, los aminoácidos esenciales son los siguientes: isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, tirosina, histidina (sólo en niños), metionina, cistina, treonina, triptófano y valina. De aquí la importancia de una dieta equilibrada y, también, el riesgo de desarrollar una deficiencia proteica de quienes sigan una dieta única. Obsérvese que la deficiencia "esencial" se refiere sólo a los

aminoácidos que son indispensables en la dieta porque no pueden ser sintetizados en el cuerpo; los aminoácidos denominados "no esenciales" pueden ser sintetizados y no son, por ello, vitales.

El valor biológico, o utilización proteica neta, es:

nitrógeno retenido en el cuerpo

ingesta dietética efectiva de nitrógeno

un factor que puede calcularse como:

ingesta dietética de N_2 — pérdida fecal de N_2 en la orina

ingesta dietética de N_2 — pérdida fecal de N_2

El valor biológico de una proteína de referencia como la leche se estimará al 100%, por lo que el valor será menor cuanto menos utilización proteica se produzca. Cualquier constituyente de la dieta puede ser evaluado en referencia a su valor biológico, de forma que podemos calcular un promedio proteico para los diferentes alimentos.

El nitrógeno que se requiere en la ingesta diaria es igual a la pérdida diaria de nitrógeno más la cantidad necesaria requerida para el crecimiento o para otras demandas, como el embarazo o la lactancia. El nitrógeno que se pierde con las heces y desde la superficie corporal es totalmente independiente de la ingesta, mientras que el de la orina sí varía en relación con la ingesta. La pérdida obligatoria de nitrógeno es lo que se pierde diariamente en las heces y la orina, así como la de la superficie corporal, con una ingesta proteica libre. Esta pérdida obli-

gatoria es una medida de la descomposición proteica, o catabolismo, y aumenta como consecuencia del estrés causado por las infecciones, las lesiones, el embarazo, la lactancia, la fiebre, la convalecencia y las tensiones emocionales. A causa de su necesidad en el crecimiento y su alto promedio

metabólico, los niños requieren más proteínas por kilogramo de peso corporal.

Existe una relación entre la nutrición proteica y el suministro de calorías. Las proteínas se utilizan de forma eficaz cuando el volumen de requerimientos energéticos se satisface por otros alimentos, en especial los hidratos de carbono. Si la ingesta de éstos no es adecuada, algunas proteínas deben ser utilizadas para mantener la energía, produciéndose el riesgo de presentar una deficiencia proteica. Si las necesidades calóricas están satisfechas por una dieta pobre en proteínas, es imposible comer muchos alimentos para mantener las necesidades proteicas intrínsecas. Es posible cubrir todas las necesidades calóricas del crecimiento infantil con leche sin proteínas, pero se desarrollará una deficiencia proteica a menos que se dé un suplemento en forma de leche desnatada en polvo.

La degradación proteica es principalmente un proceso de hidrólisis, que libera aminoácidos, algunos de los cuales se utilizan para reemplazar proteínas intracelulares agotadas. Se obtiene una idea del tiempo de vida de las moléculas proteicas marcándolas con radioisótopos; la albúmina sérica del ser humano se reemplaza a un ritmo del 10% diario. El ritmo de recambio proteico en el cuerpo es de aproximadamente 250 g al día, es decir, un 2,5 % del total de las proteínas corporales.

Esto conduce al concepto de equilibrio del nitrógeno entre la ingesta dietética diaria y la pérdida por la excreción, sobre todo por la orina; en un estado estable, éstas están en equilibrio. Pero en una dieta carente de proteínas el balance se vuelve negativo y la emisión urinaria ya no es la pérdida basal obligatoria: el peso y el contenido proteico del hígado y otras vísceras decaen, y la división y el reemplazo celular disminuyen. El regreso a una dieta normal revierte estos cambios, por lo que existirá un balance positivo de nitrógeno hasta que se restablezca el equilibrio.

Metabolismo de las grasas

Las grasas son ricos almacenes de energía, compactos y fácilmente movilizables. Son insolubles en el agua. Los grupos principales son los siguientes:

1. Ácidos grasos
2. Triglicéridos
3. Fosfolípidos
4. Colesterol y sus derivados
5. Vitaminas A, D, E y K

Transformaciones proteicas en el metabolismo

Las proteínas participan en muchos procesos químicos: muchas enzimas diferentes están implicadas y cada proteína se metaboliza de forma específica. Las proteínas de los tejidos no son estáticas, sino que reciben constantemente nuevos constituyentes aminoácidos de la sangre, desechando los viejos. Los productos finales de la degradación de los aminoácidos son CO_2 y agua, más compuestos nitrogenados como la urea y la creatinina, que se expulsan en la orina. Los aminoácidos están presentes en el plasma sanguíneo y entran en el líquido intersticial (extracelular) para ser recogidos por las células de los tejidos. La concentración de aminoácidos dentro de las células puede ser de cinco a diez veces la concentración en el líquido extracelular. Una pequeña cantidad de aminoácidos se excreta como tal en la orina porque la sangre produce una reabsorción selectiva en los túbulos renales (pág. 286). Los aminoácidos se degradan por un proceso de desaminación, un proceso oxidativo en el que el nitrógeno se convierte en amoníaco. Este es convertido en urea en el hígado, y excretado por los riñones. La mayoría del carbono aminoácido se pierde finalmente en forma de CO_2 , pero se forma una cantidad significativa de glucosa cuando la proteína se desdobla. El sulfuro de ciertos aminoácidos (cisteína y metionina) se excreta en la orina, pero una parte se une a los polisacáridos y forma la sustancia de los cartílagos.

Los ácidos grasos son cadenas alifáticas no ramificadas con un grupo carboxilo (COOH) terminal. La forma más simple es el ácido acético, CH_3COOH , y la fórmula tipo de las variedades complejas es:

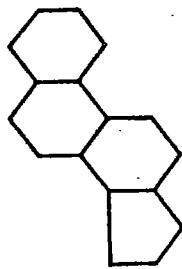


Los ácidos grasos pueden ser saturados o no saturados, teniendo estos últimos una capacidad insatisfecha para aceptar hidrógeno. Comercialmente, la hidrogenación se utiliza para convertir aceites vegetales no saturados en grasas sólidas. Los ácidos grasos no saturados son valiosos para prevenir la enfermedad arterial.

Los triglicéridos constituyen el grueso de la grasa dietética, y el modelo básico es un éster de glicerol con tres cadenas de ácidos grasos. Todas las grasas son triglicéridos y sólo difieren en la naturaleza y en la cantidad de ácidos grasos esterificados a la base de glicerol. En relación con el número de átomos de carbono en la cadena de ácidos grasos, la grasa humana está formada de forma prioritaria por ácidos C_{16} y C_{18} , saturados y no saturados. Los aceites de pescado poseen una gran proporción de ácidos grasos poliinsaturados, y son líquidos. La manteca de cerdo saturada y el sebo son sólidos a temperatura ambiente.

Los fosfolípidos contienen fósforo y a menudo nitrógeno. Son componentes importantes de las membranas celulares, el plasma y el sistema nervioso.

El colesterol es un compuesto muy importante de una estructura anular básica:



Algunos proceden de la dieta; la mayoría se sintetizan en el cuerpo, sobre todo en el hígado. Este es un ejemplo de una clase de lípidos conocidos como esteroides. Son los compuestos más importantes y constituyen las hormonas de las glándulas suprarrenales y sexual, la vitamina D y los ácidos biliares.

El destino de las grasas absorbidas (lípidos)

Diariamente se absorben alrededor de 100 g de grasa, la mayoría como triglicéridos. Estos entran en el duodeno como una emulsión cruda, son divididos por las sales biliares y desdoblados luego por la lipasa pancreática en ácidos grasos, monoglicéridos y glicerol. No son solubles en agua y su paso por la mucosa intestinal se ve facilitado por las sales biliares, que los convierten en diminutos agregados que entran en las vellosidades. Dentro de éstas se recombinan, las células, aunque no a los triglicéridos originales.

energía gracias al proceso de oxidación. El glicerol libre vuelve al hígado. Así, una parte de los ácidos grasos séricos transportados se almacena en la grasa del cuerpo, mientras que otra parte se quema con el fin de suministrar energía para la contracción muscular. Durante el esfuerzo, el contenido en ácidos grasos del plasma aumenta y es captado más por el músculo. Este mecanismo es menos importante si hay bastante glucosa disponible. En un esfuerzo breve, la fuente inicial de la energía muscular la constituye el glucógeno almacenado en las células musculares, que se desdobla para producir glucosa; pero, después de unos minutos, los músculos comienzan captar ácidos grasos libres procedentes de la sangre (ver pág. 62).

El almacén de energía representado por el contenido de triglicéridos del tejido adiposo está disponible cuando se requiere, escindiéndose los glicéridos en glicerol y en ácidos grasos que entran en el flujo sanguíneo, desde donde los ácidos se consumen por los órganos y se oxidan para generar energía.

Los hidratos de carbono de la dieta también pueden contribuir al almacenamiento de grasas. La molécula de glucosa se descompone y los átomos de carbono se vuelven a ensamblar en largas cadenas de ácidos grasos.

El colesterol se sintetiza en los tejidos corporales, y la cantidad presente en la sangre es en parte libre y en parte esterificada. Los fosfolípidos son esenciales para la integridad de las membranas celulares, que controlan la transferencia de varias pequeñas moléculas, nutrientes, desechos y agua.

Entran en los vasos linfáticos en pequeñas partículas conocidas con el nombre de quilomicrones. Estos penetran en el lacteo central de cada vena y se dirigen en sentido ascendente hacia el conducto torácico.

Los lípidos son transportados en el plasma como lipoproteínas, grandes moléculas de triglicéridos incluidos en el colesterol, los fosfolípidos y las proteínas. Estos transportan los triglicéridos a los tejidos, donde se separan para uso local, mientras que el sistema transportador se dirige posteriormente al hígado para recoger más triglicéridos. Los lípidos séricos están formados por:

1. Colesterol, en cantidades de 150-250 mg/100 ml en los jóvenes, elevándose a 300 mg o más en edades posteriores.
2. Los fosfolípidos, en cantidades de 150-300 mg.
3. Triglicéridos, en cantidades de 50-300 mg en estado de ayuno, pero que alcanzan unos niveles mucho más elevados después de una comida rica en grasas.

El colesterol se dirige al hígado, donde es convertido en sales biliares y excretado en el intestino. Sin embargo, en la aterosclerosis, normal en la edad adulta y en la senectud, aunque menos común en las mujeres, el colesterol se deposita en las arterias y puede obstruirlas.

En los tejidos, las lipoproteínas son depuradas a partir del plasma y los triglicéridos son desdoblados por la enzima lipasa. Los ácidos grasos entran en el tejido graso y se reconvierten en triglicéridos, o bien penetran en el músculo para producir

Ácidos grasos e hidratos de carbono

Los ácidos grasos y los hidratos de carbono se descomponen en los tejidos para producir CO_2 , H_2O y energía. En estado de reposo, la mayoría de los requerimientos energéticos se obtienen, de mayor a menor, de los ácidos grasos, la glucosa y, en último término, de los aminoácidos, las cetonas y el glicerol. Pero estos requerimientos cambian al comer o al realizar ejercicio. Después de una comida rica en hidratos de carbono, el cociente respiratorio se acerca a 1, es decir, se utiliza la glucosa en mayor proporción que la grasa para proporcionar energía. Durante un esfuerzo violento, la principal fuente de energía procede del glucógeno almacenado en el músculo, pero si el esfuerzo continúa, los músculos comienzan a utilizar los ácidos grasos libres de la sangre y el cociente respiratorio disminuye. Durante el ayuno, el contenido de glucógeno en el hígado se reduce, el nivel sanguíneo de glucosa disminuye, se utiliza menos cantidad en los tejidos y el metabolismo se vuelve otra vez en favor de las grasas. No obstante, el cerebro siempre prefiere glucosa para sus transformaciones energéticas.

Cetosis

Si la cantidad disponible de glucosa es insuficiente, a causa del ayuno o de un esfuerzo prolongado, la energía se obtiene de forma predominante me-

dante la movilización de la grasa almacenada. Este metabolismo genera cuerpos cetónicos, como el acetocetato, que reducen el pH de la sangre —un proceso de acidosis. Los cuerpos cetónicos también se encuentran presentes en la orina. Cambios similares pueden producirse en la diabetes incontrolada.

El hígado desempeña un papel principal en el metabolismo de las grasas. Por lo general, contiene aproximadamente el 5% de grasas, pero una cantidad mucho mayor puede aparecer en enfermedades como la degeneración grasa, la inanición y ciertas formas de envenenamiento químico.

Tejido graso (adiposo)

La grasa básica se distribuye ampliamente y constituye aproximadamente el 10% del peso corporal. La mitad de ésta se encuentra debajo de la piel, y la mayoría permanece en grandes láminas dentro de la cavidad abdominal, o en forma de paquetes alrededor de los órganos internos; una pequeña parte se encuentra en los planos intermusculares. No existe en la cavidad craneal. Una mujer sana posee dos veces más grasa que un hombre sano, pero la cantidad que está presente en cada persona depende de factores nutricionales y constitucionales. Su distribución se ve afectada por las hormonas sexuales y existe más cantidad alrededor de las caderas y los muslos en las mujeres, y en la parte superior del cuerpo en los hombres.

La grasa aísla el cuerpo de los cambios de temperatura y sirve de

El metabolismo de los hidratos de carbono

La glucosa se crea a partir del CO_2 y del agua por la acción de la fotosíntesis en las plantas verdes. Se encuentra con poca frecuencia como tal en la naturaleza, en forma de polímero; el almidón es un polímero de los cereales que el hombre puede digerir: apenas es capaz de utilizar el polímero de la celulosa de las plantas.

El bloque esencial y básico de los hidratos de carbono es CH_2O , y su fórmula general es $(\text{CH}_2)_n$. Los hidratos de carbono más comunes son los monosacáridos, donde $n = 5$ o 6 , pentosas y hexosas. Estos son solubles y azucarados. Los disacáridos, como la maltosa, están compuestos por la unión de dos monosacáridos. El ácido ascórbico (vitamina C) es un derivado de la hexosa.

Los sacáridos existen como estereoisómeros, es decir, el mismo compuesto presenta disposiciones espaciales asimétricas diferentes de átomos en la molécula. El número de isómeros posibles puede ser muy grande: hay dieciséis para una hexosa. No obstante, aunque el análisis químico de los isómeros es idéntico, difieren en sus propiedades físicas y biológicas: todos rotan en el plano de la luz polarizada hacia la derecha (dextrorrotación) o hacia la izquierda (levorrotación); sin embargo, el cuerpo sólo puede utilizar un isómero de cualquier compuesto, mientras que los otros, aunque son idénticos químicamente, ejercen poca o ninguna acción fisiológica. Así, el ácido ascórbico es activo contra el escorbuto, mientras que no lo es el ácido

corrigiendo a los órganos internos. También funciona como aislante eléctrico de las fibras nerviosas. Desde una perspectiva microscópica, la grasa se divide en lóbulos por particiones fibrosas. Las células grasas son células de tejido conectivo deformadas por gotas de grasa centrales que empujan el núcleo hacia un lado.

Químicamente la grasa se almacena en ácidos grasos en forma de triglicéridos como una fuente de energía para cuando sea requerida por cambios en la nutrición y en el ambiente. Los triglicéridos están formados por aproximadamente un 85% de grasa (la mayoría como triglicéridos neutros, aunque también existen algunos ácidos grasos libres, glicerol, colesterol y fosfolípidos), un 12% de agua y un 3% de proteínas. Pero el tejido adiposo no es un almacén pasivo de triglicéridos: es un centro de distribución al que continuamente llegan nuevos materiales que se descomponen y se vuelven a sintetizar para pasar a los tejidos. Existe un intercambio constante. La grasa puede formarse incluso en una dieta libre de grasa a partir de la glucosa en la sangre, produciéndose la síntesis en el hígado y en otros tejidos.

La grasa se añade a las reservas cuando el alimento excede las necesidades energéticas. Los diferentes animales tienen grasas características: por ejemplo, la grasa humana es líquida a temperatura corporal; la grasa del cordero es sólida. Esto depende de la capacidad del cuerpo para modificar la grasa que se ingiere con los alimentos.

El miedo, el frío y otras tensiones movilizan los ácidos grasos y esta respuesta está mediada, en parte, por hormonas suprarrenales y, en parte, por el sistema nervioso autónomo.

d-ascórbico; la l-tiroxina es un estimulador del metabolismo general, mientras que la d-tiroxina sólo produce un tercio de este efecto. Cuando uno de estos compuestos se fabrica en el laboratorio, consiste en una *mezcla racémica* de proporciones iguales de ambos isómeros que es ópticamente inactiva, puesto que las rotaciones producidas por los constituyentes la anulan y tiene sólo la mitad de actividad biológica de un isómero natural.

En el metabolismo de la glucosa, una reacción básica es la del trifosfato de adenosina o ATP (un cuerpo purina que contiene nitrógeno), que produce glucosa-6-fosfato y difosfato de adenosina (ADP). Esta reacción es catalizada por una enzima denominada hexocinasa. La glucosa-6-fosfato es el hidrato de carbono básico normal del cuerpo, en la misma proporción que los aminoácidos son la proteína básica normal. Es el punto de partida del metabolismo de la glucosa/carbono y existen muchos procesos y productos intermedios en los que destacan los fosfatos orgánicos y las enzimas fosfatasa. La degradación final característica de la glucosa para la producción de energía es a piruvato (el ácido pirúvico es $\text{CH}_3(\text{CO})\text{COOH}$, que se desdobra en las células de los tejidos en CO_2 y agua).

El *glucógeno* se encuentra en todas partes, pero la mayoría lo encontramos en el hígado y en los músculos. Es un polímero de glucosa con un peso molecular de varios millones.

La *lactosa* es el disacárido de la leche, sintetizada a partir de los monosacáridos de la glucosa y la galactosa, que sólo se encuentra en la leche materna. En los niños, se hidroliza en la pared intestinal a glucosa y galactosa,

convirtiéndose esta última en glucosa. Si la última secuencia es imposible como consecuencia de una pérdida congénita de la enzima apropiada, la galactosa se acumula y puede causar atrofia o defectos mentales; la única cura es una dieta que no contenga lactosa.

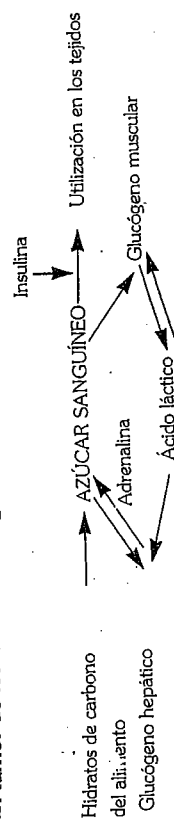
El hígado es el único órgano que puede formar glucosa libre, y el nivel de azúcar en la sangre no puede descender por debajo de un cierto umbral sin acarrear graves consecuencias. Esto es consecuencia de una demanda continuada de glucosa por varios órganos, sobre todo el cerebro. Además, incluso en la inanición o en una dieta sin hidratos de carbono el hígado debe producir glucosa mientras sea posible.

Al exponer el metabolismo de las proteínas, utilizamos el símil de un depósito que se vacía y vuelve a llenar constantemente. Esto se aplica también al azúcar de la sangre. Existe una entrada constante desde el alimento y el glucógeno del hígado, y existe una salida constante hacia los tejidos, quemándose una parte para formar energía y almacenándose el resto en forma de reservas de glucógeno. Así, el azúcar de la sangre se mantiene en equilibrio con el azúcar de los tejidos, formando un mecanismo muy eficaz que mantiene su concentración completamente constante. El azúcar de la sangre aumenta algo después de una comida, pero regresa a la normalidad al cabo de dos horas. La regulación es tan efectiva que permanece igual tanto en la inanición como tras una fuerte comida. El nivel aumenta en exceso sólo excepcionalmente, y causa que una parte de azúcar se vierta directamente en la orina.

la vida puede depender de su localización y extirpación. Una superproducción de insulina en un individuo normal puede producir insomnio recurrente e incluso alteraciones mentales. Esto se alivia rápidamente añadiendo azúcar o dulces a la dieta.

El hígado es el principal almacén de glucógeno, y lo convierte constantemente en glucosa, y viceversa. También forma glucógeno de las proteínas y de las grasas. Igual que la insulina regula la salida de azúcar en la sangre permitiendo a los tejidos quemarlo, el hígado regula la entrada añadiéndolo desde sus almacenes de glucógeno. El almacén del hígado es una reserva contra la inanición y se convierte rápidamente en glucosa soluble pasando a la circulación. De todas las reservas del cuerpo, ésta es la que se obtiene con más rapidez y la que se utiliza con más facilidad. En su movilización desempeña un papel la *adrenalina*, secreción interna de las glándulas suprarrenales; en situaciones de miedo, conflicto o frío, la adrenalina actúa como un potente mensajero al hígado, y el azúcar se vierte con rapidez a la sangre como una fuente inmediata de energía.

Los músculos son el segundo almacén de glucógeno como consecuencia de sus demandas energéticas en la contracción. Convierten el glucógeno en glucosa, sino en ácido láctico, el cual entra en la sangre y es reconvertido en glucógeno en el hígado u otra vez en los músculos. En éstos se alma-



Cómo trabaja este mecanismo? El agente que lo controla es la *insulina*, una secreción u hormona interna del páncreas. La insulina es esencial para la utilización del azúcar por los tejidos, normalmente la produce, el páncreas en cantidades suficientes para encargarse del azúcar añadido a la circulación procedente de los alimentos. Mantiene en la sangre un nivel normal permitiendo que los tejidos utilicen este azúcar añadido. Sin la insulina, los tejidos no pueden quemar adecuadamente la glucosa, el azúcar se bloquea en la sangre y se vierte en la orina. La pérdida de esta fuente de energía produce una inanición relativa, dificultando, también, el metabolismo de las grasas y produciendo acidosis. Esto es lo que se conoce como *diabetes*, enfermedad debida a una deficiencia de la secreción de insulina. El tratamiento consiste en administrar insulina artificialmente mediante inyección, equilibrando la insulina inyectada y el azúcar de los alimentos, de forma que el nivel presente en la sangre se mantenga normal. En pocos casos es posible el tratamiento sólo con la reducción de azúcar en la dieta. Un exceso de insulina disminuye de manera anormal el azúcar de la sangre. Si esto ocurre, las consecuencias pueden ser serias: ansiedad aguda, hambre y sudores, convulsiones e, incluso, coma y muerte por hipoglucemia. Los mismos resultados se producen en la rara afección de un tumor de los islotes de Langerhans;

cena más glucógeno que en el hígado, pero se utiliza de forma prioritaria en el esfuerzo muscular y no está disponible para uso general.

El hígado en el metabolismo

El hígado posee una importancia esencial para el metabolismo. Tiene un papel importante en la síntesis, el almacenamiento, la degradación y la interconversión de proteínas, grasas e hidratos de carbono. La formación de bilis, la síntesis de la urea a partir de la división proteica de los radicales de amoníaco, el metabolismo de las drogas, las hormonas y las toxinas, todos son propiedad exclusiva de este órgano. Si el hígado deja de funcionar, sigue una grave enfermedad e, incluso, la muerte. Sin embargo, posee una gran reserva funcional y no se producen alteraciones evidentes aunque esté muy afectado.

Debido a la importancia del hígado en la síntesis de proteínas, la interconversión de aminoácidos y la producción de urea como producto final del metabolismo de las proteínas, en la insuficiencia hepática aumenta el contenido de aminoácidos de la sangre y hay un descenso de la urea en la orina y en la sangre. Las proteínas se forman en el hígado en parte de los aminoácidos dietéticos y en parte de los aminoácidos derivados de la descomposición de los tejidos. La descomposición proteica se produce por la aminación de los aminoácidos, y el amoníaco potencialmente tóxico se transforma en urea no tóxica. Otros tejidos, sobre todo los riñones, tam-

bién forman amoníaco, y éste es llevado al hígado para su conversión.

El hígado participa de manera especial en la formación de las proteínas del plasma. Estas son: albúmina, la proteína más abundante en el plasma sanguíneo; alfa globulinas y beta globulinas en cantidades más pequeñas; proteínas relacionadas con la coagulación sanguínea, y ciertas enzimas. Las proteínas del plasma tienen una vida corta y se renuevan constantemente. Su análisis se puede efectuar por electroforesis, que produce un patrón definido (Fig. 14.4), patrón que se altera en caso de enfermedad. Si la dieta es pobre en proteínas, las proteínas del plasma disminuyen y se reduce su acción osmótica para controlar el agua, de forma que en condiciones de escasez el líquido rezuma de la sangre para causar edema en los tejidos subcutáneos.

Ya hemos visto la función del hígado para mantener la glucosa de la sangre, así como la participación de las hormonas -insulina y adrenalina- en este mecanismo, en condiciones de descanso y de ejercicio. El hígado almacena normalmente, unos 100 g de glucógeno, disponible de inmediato para mantener los niveles de glucosa en la sangre. Pero también se fabrica glucosa de manera activa: del glicerol formado en la descomposición de las grasas, de los monosacáridos y de los productos de degradación de los aminoácidos. Esta gluconeogénesis está promovida por ciertas hormonas: la hormona suprarrenal cortisona, la tiroxina y una hormona pancreática, el glucagón.

El hígado sintetiza los lípidos que le llegan desde los depósitos de grasa o desde los alimentos y los descompone,

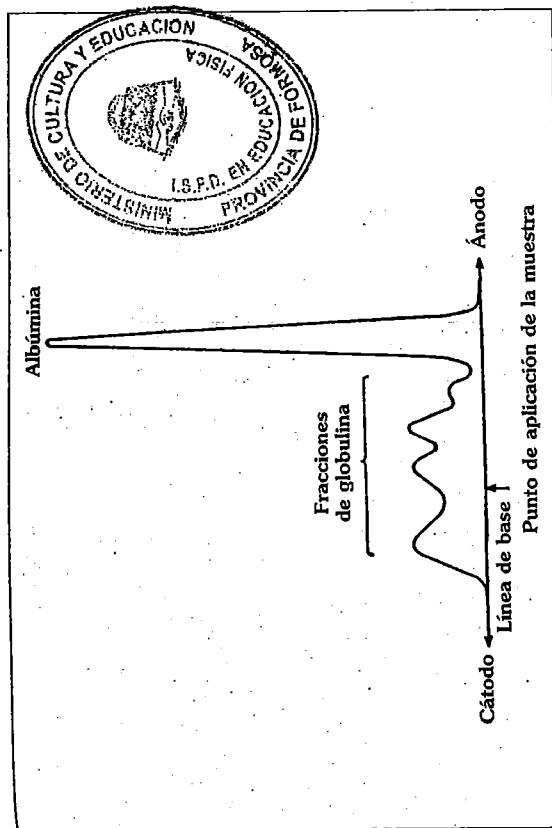


Figura 14.4: Marcas densitométricas de una separación electroforética de proteínas normales de suero (serum) (de A Companion to Medical Studies, Vol. 1)

siendo oxidados los ácidos grasos de cadena larga a agua y CO_2 . Si se altera este proceso, se forman cuerpos cetónicos -ácido acetoacético, ácido hidroxiacético y acetona- causando cetosis o acidosis. La cetosis es un índice de que predominantemente continúa el metabolismo de las grasas, como en la inanición, la fiebre prolongada, tras largos esfuerzos o en la diabetes no tratada.

El colesterol se sintetiza en el hígado (así como en otras zonas) y se vierte en la bilis para ser reabsorbido por el intestino. El hígado también es importante en la formación de lipoproteínas. Un 90% del alcohol ingerido se oxida en el hígado. Las sales biliares se forman también en el hígado a partir del colesterol.

De los pigmentos biliares, el más importante, la bilirrubina, se forma por la descomposición de la hemoglobina de los glóbulos rojos. Esta es llevada al hígado, conjugada en la forma diglucurónida y excretada en la bilis para entrar en el intestino. Allí, las bacterias la convierten en estercobilina: una parte sirve para colorear las heces, mientras que la otra parte vuelve al hígado y circula una y otra vez entre el intestino y el hígado, o bien es excretada por los riñones como urobilina, proporcionando a la orina su color amarillo. La ictericia aparece cuando se ha superado el nivel normal de bilirrubina en el plasma. Puede deberse a una superproducción de bilirrubina, que se acumula en el plasma, a una enfermedad del hígado o a una

obstrucción de la salida del flujo de la bilis desde el hígado. El primer caso acontece cuando los glóbulos rojos han sido destruidos en una cantidad inusual, como en algunas anemias o en la malaria; la enfermedad hepática altera el transporte de bilirrubina, y la obstrucción de la salida de la bilis, como sucede cuando existen piedras o un cáncer de las vías biliares, impide el retroceso de los pigmentos. En la mayoría de formas de la ictericia, la bilirrubina aparece en la orina.

El hígado también metaboliza ciertas hormonas, así como muchas drogas y agentes tóxicos. Si este proceso falla, puede provocar una alteración en el hígado, siendo una de sus manifestaciones la degeneración grasa.

El hígado también es el almacén principal de las vitaminas A, D, E y K, liposolubles, manteniendo mucho

tiempo las dos primeras para prevenir enfermedades causadas por su deficiencia, aunque éstas estén ausentes de la dieta. La vitamina K se utiliza para la síntesis de factores coagulantes. Las vitaminas solubles en agua se almacenan de igual modo y los sistemas enzimáticos del hígado pueden convertir el triptófano de la dieta en ácido nicotínico (pág. 219).

Existen gran número de tests para evaluar la función del hígado. Estos son: la medición de la bilirrubina del plasma o de la albúmina sérica, encontrándose, en un estado de ineficacia hepática, la primera muy elevada y la segunda muy disminuida; el test de tolerancia para la galactosa, diseñado para evaluar la capacidad del órgano para convertir galactosa en glucosa, y un test para medir las enzimas hepáticas escapadas en el suero.

ANATOMÍA DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR

EL CORAZÓN

Es un órgano que posee unas paredes musculares. Su función es la de bombear la sangre de todo el cuerpo. Está situado en el mediastino, espacio que queda entre los pulmones, el esternón, la columna vertebral y el diafragma, donde se apoya.

El corazón posee cuatro cavidades, dos aurículas (derecha e izquierda) y dos ventrículos (derecho e izquierdo).

Los ventrículos están separados por un tabique llamado septum o tabique interventricular y las aurículas están separadas por otro tabique más delgado que se llama septum interauricular o tabique interauricular.

Las aurículas están separadas de los ventrículos por unas válvulas. Entre la AD y el VD está la válvula tricúspide y entre la AI y el VI está la válvula mitral.

Tanto los tabiques como las válvulas forman unos surcos por la parte externa del corazón. El tabique interventricular forma el surco interventricular anterior y el surco interventricular posterior. El tabique interauricular forma el surco interauricular. Y las válvulas forman el surco auriculoverricular o surco coronario ya que rodea al corazón.

El corazón está orientado de forma que las aurículas quedan situadas en la parte posterior. La punta del ventrículo es el ápex, vértice o punta cardíaca, que está situado en la parte anterior dirigiéndose un poco hacia la izquierda y hacia abajo, aproximadamente en el 5º espacio intercostal. (El corazón representa una forma acostada).

La cara anterior del corazón está ocupada mayormente por el VD. La cara posterior o base del corazón está ocupada por las aurículas. La parte inferior o diafragmática se llama así porque los ventrículos reposan sobre el diafragma, sobre todo el VD.

La sangre venosa (CO_2) es recogida de todo el organismo por la vena cava inferior y la vena cava superior, que desembocan en la AD.

De la AD pasa al VD por la válvula tricúspide y luego se dirige a la arteria pulmonar, que se divide en dos ramas para llevar la sangre desoxigenada a los pulmones, donde se oxigenará y saldrá por las venas pulmonares (dos en cada pulmón) hacia la AI. La sangre rica en O_2 pasa de la AI al VI por la válvula mitral, y saldrá del corazón por la arteria aorta para irrigar y oxigenar todo el cuerpo, comenzando un nuevo ciclo.

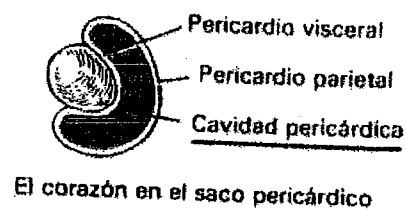
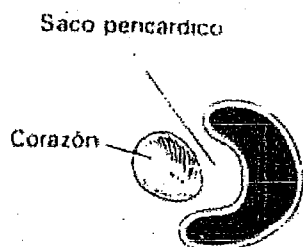
Existen dos tipos de circulación sanguínea: la circulación menor que basa su recorrido entre el corazón y los pulmones y la circulación mayor que consiste en el recorrido que la sangre hace por todo el organismo.

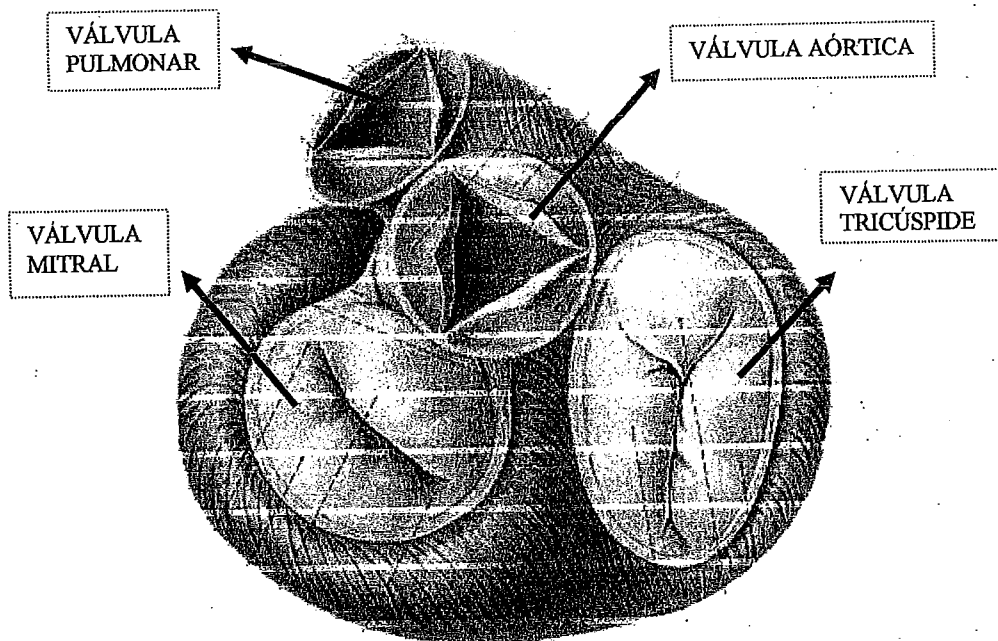
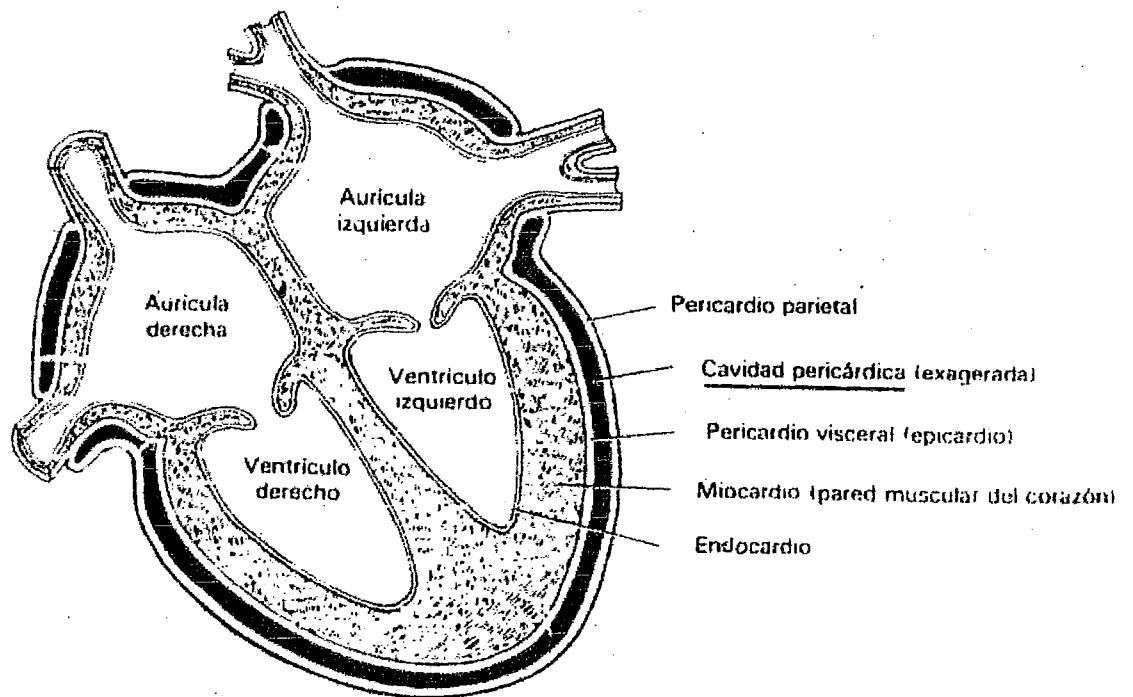
Todos los vasos que salen del corazón son arterias y todos los que entran son venas. Todas las venas llevan sangre desoxigenada y todas las arterias llevan sangre oxigenada, excepto en el caso de las venas y arterias pulmonares que invierten su cometido.

EL MÚSCULO CARDIACO

La pared del corazón está formada por tres capas:

1. **Endocardio o capa interna:** Es una fina membrana que tapiza interiormente las cavidades cardíacas.
2. **Miocardio o capa media:** Es el músculo cardíaco. Está formado por fibras de músculo estriado con la particularidad de ser involuntario.
3. **Pericardio o capa externa:** Es una membrana que recubre todo el corazón y que se divide en:
 - 3.1. **Pericardio fibroso:** Es la capa más externa y más dura. Se fija al diafragma y al esternón.
 - 3.2. **Pericardio seroso:** Es la siguiente capa hacia el interior. Está formado por el PERICARDIO PARIETAL (lámina externa que da a la cavidad pericárdica) y el PERICARDIO VISCERAL (lámina interna que está en contacto directo con el músculo cardíaco). Entre ambas capas queda la cavidad pericárdica, en cuyo interior se aloja el líquido pericárdico cuya función es facilitar el movimiento del corazón, actuando como lubricante, disminuyendo así el rozamiento entre ambas capas.





CAVIDADES CARDIACAS

Cada aurícula tiene una especie de prolongación dirigida hacia delante que se conoce como *OREJUELA DE LA AURÍCULA*.

Las paredes de las aurículas son más finas que las de los ventrículos. En el interior se forman unos relieves que son *MÚSCULOS PECTÍNEOS*. Se encuentran sobre todo en las orejuelas.

A la **aurícula derecha (AD)** desembocan la vena cava inferior y la vena cava superior.

La AD y el ventrículo derecho (VD) se comunican a través de la *VÁLVULA TRICÚSPIDE*, que está formada por una especie de anillo fibroso dispuesto alrededor del orificio auriculoventricular (AV), al que se fijan una especie de lengüetas o pliegues del endocardio que se llaman *VALVAS AURICULOVENTRICULARES* (AV). Son 3 valvas que se abren o se cierran dejando pasar o no la sangre.

Las valvas están unidas a unas cuerdas tendinosas que por el otro lado se fijan a una columna muscular de la pared ventricular. Estos músculos se llaman *MÚSCULOS PAPILARES* y cuando se contraen provocan el cierre de la válvula tricúspide.

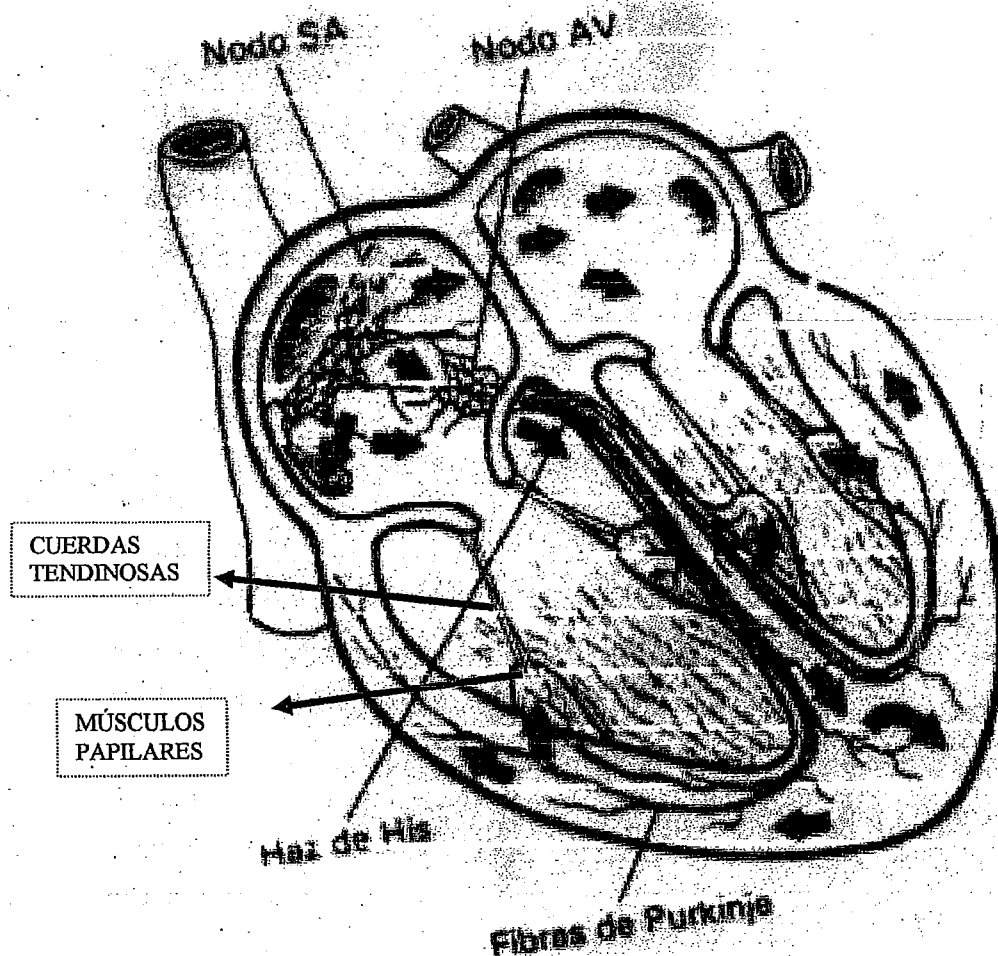
A la salida del **ventrículo derecho (VD)** tenemos la *VÁLVULA PULMONAR*, que es el inicio de la arteria pulmonar. Se conoce como válvula *SEMILUNAR* o de nido de golondrina (= que la válvula aórtica), por la forma de sus valvas, las cuales se abren por la presión de salida de la sangre, sin ayuda de músculos papilares ni estructuras tendinosas.

A la **aurícula izquierda (AI)** desembocan las venas pulmonares, que llevan sangre oxigenada.

La AI y el ventrículo izquierdo (VI) se comunican a través de la **VÁLVULA MITRAL**. Tiene el mismo funcionamiento que la válvula tricúspide, aunque la mitral solo tiene dos valvas (las demás tienen tres).

El **ventrículo izquierdo (VI)** también dispone de músculos papilares y cuerdas tendinosas que provocan la apertura o cierre de la válvula mitral. Estas paredes son mucho más gruesas ya que deben realizar una mayor fuerza de contracción para enviar la sangre a través de la **VÁLVULA AÓRTICA**, de igual funcionamiento que la válvula semilunar. La sangre se dirige a la aorta que sale del corazón por la A. Ascendente, llega al cayado aórtico donde cambia de dirección para bajar la A. Descendente.

Todos los vasos salen por la parte superior del corazón. Los ventrículos tienen forma de triángulo invertido, de manera que la sangre entra por los extremos laterales de la base, chocan con el vértice y se impulsa hacia los extremos mediales.



SISTEMA DE CONDUCCIÓN DEL CORAZÓN

En el corazón hay unas fibras musculares especializadas para originar y transmitir el latido cardíaco, éste sistema se conoce como **sistema cardionector** o **sistema de conducción**.

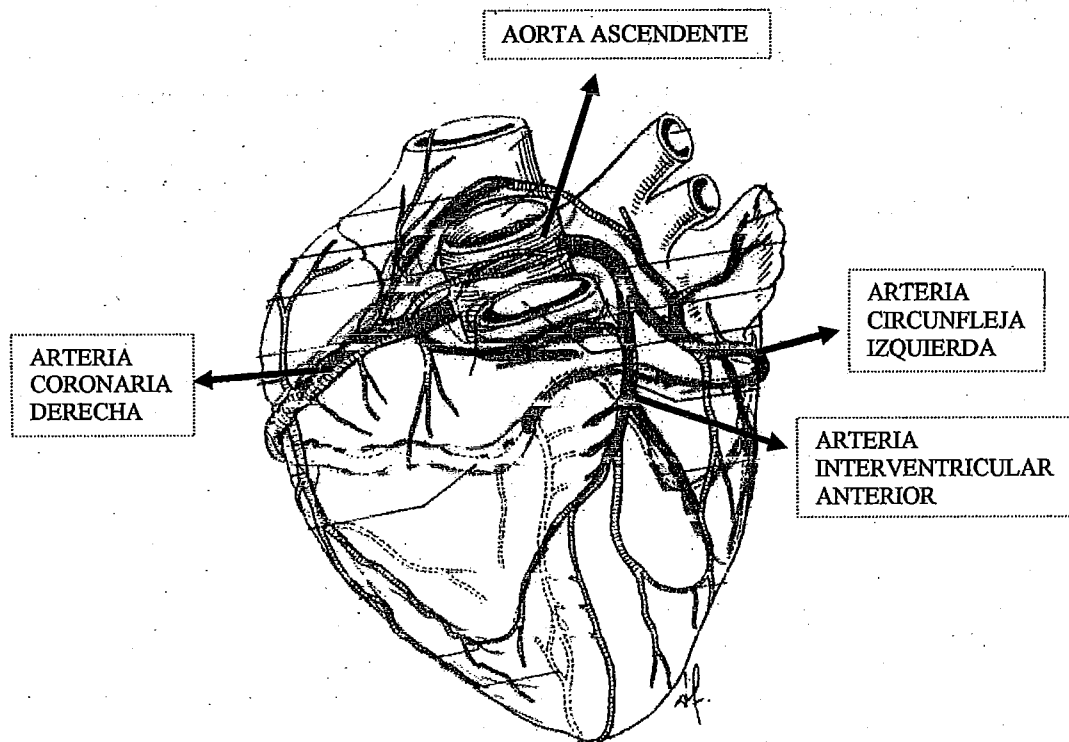
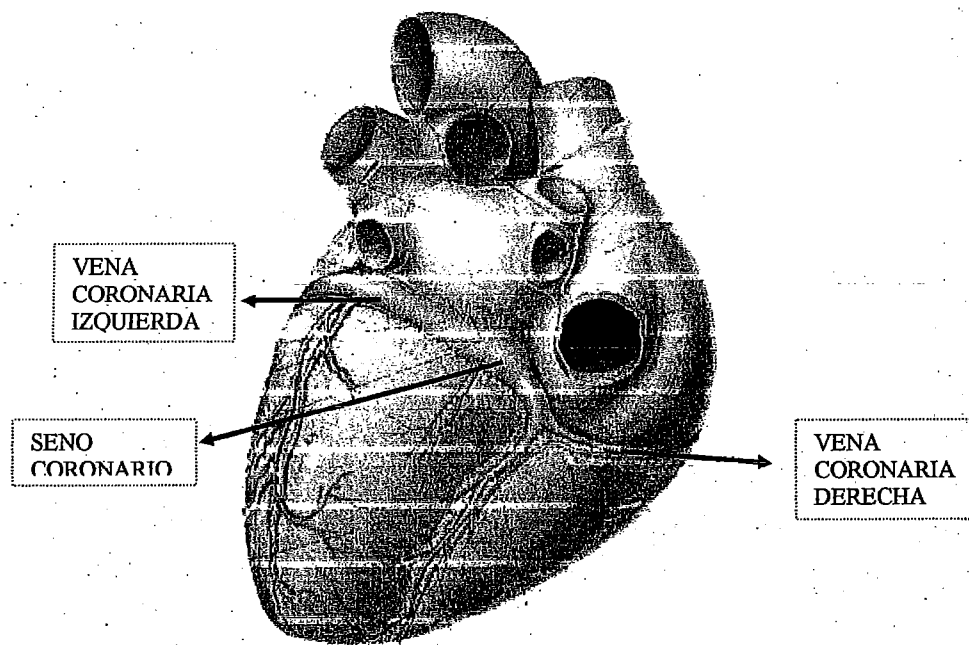
Estas fibras se encuentran en medio de las fibras musculares del miocardio. Unas se agrupan en unas formaciones redondas denominados **NÓDULOS** o **NODOS** y otras se agrupan de manera alargada.

Los nódulos son:

El nódulo sinusal: se encuentra situado en la AD. Se dice que es el *MARCAPASOS* del corazón porque es donde se origina el latido cardiaco, es el que imprime al corazón el latido (unos 80 por minuto), y gracias a la existencia de unas fibras que van por la aurícula se transmite el latido a la AI y al nódulo auriculoventricular.

El nódulo auriculoventricular (AV): esta situado también en la AD, cerca de la válvula tricúspide (entre aurícula y ventrículo). Recibe el impulso del nódulo sinusal quedando sometido al ritmo impuesto por éste. Desde el nódulo AV se transmite el latido a través de unas fibras que están a lo largo del tabique interventricular que se llaman **Haz de Hiss o fascículo AV**, que se ramifican por todo el espesor de los ventrículos formando lo que se llama la **red de Purkinje**.

Por lo general el nódulo sinusal es el que lleva el mando, es decir, no deja que los demás actúen, sin embargo cuando éste falla el mando pasa al nódulo auricular, pero éste tiene otro tipo de latido o ritmo más lento.



VASCULARIZACIÓN DEL CORAZÓN

ARTERIAS

De la **aorta ascendente** salen unas ramas que son las arterias coronarias, una derecha y otra izquierda.

La **arteria coronaria derecha** va por el **SURCO AV DERECHO** rodeando al corazón hacia la cara posterior.

La **arteria coronaria izquierda** es más pequeña porque nada más salir de la aorta se divide en dos ramas:

- **La arteria interventricular anterior o descendente anterior**, que baja por el surco interventricular anterior.
- **La arteria circunfleja izquierda** que va por el **SURCO AV IZQUIERDO**. Es como una corona que da la vuelta alrededor del corazón hacia su cara posterior para unirse con la arteria coronaria derecha y luego ramificarse e irrigar todo el corazón.

Cuando se obstruyen puede tener lugar un infarto de miocardio, ya que el corazón no recibe sangre oxigenada y esa carencia facilita que se necrose o muera esa parte del músculo y deje de funcionar. La gravedad dependerá de la parte que se obstruya. Otra patología menos grave es la angina de pecho, ocasionada por una obstrucción momentánea, no permanente.

VENAS

La sangre venosa se recoge por las venas que van junto con las arterias. Casi todas las venas del corazón desembocan en el **SENO CORONARIO**, que es una vena de unos 2-2.5 cm. situada en el surco AV en su cara posterior. Se localiza dentro de una zona denominada **SURCO CRUCIFORME**.

El seno coronario desemboca en la AD, que es la que recoge toda la sangre desoxigenada.

PROYECCIÓN DEL CORAZÓN EN LA PARED ANTERIOR DEL TÓRAX

Se localizan cuatro puntos que, unidos, nos dan la referencia sobre su situación.

1. 2º espacio intercostal derecho, cerca del esternón.
2. 5º cartílago costal derecho.
3. 2º espacio intercostal izquierdo, también cerca del esternón.
4. 5º espacio intercostal izquierdo a nivel de la línea media claviclar.

Punto que corresponde a la situación del ápex cardíaco.

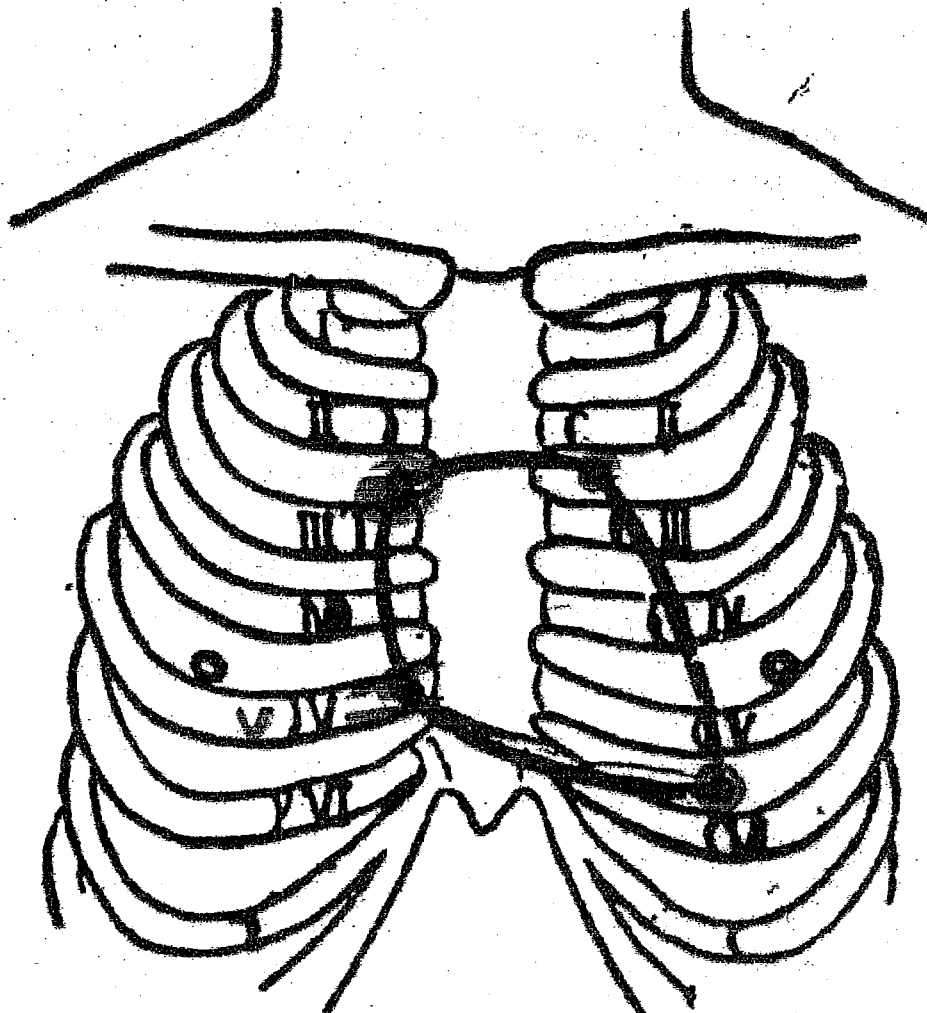
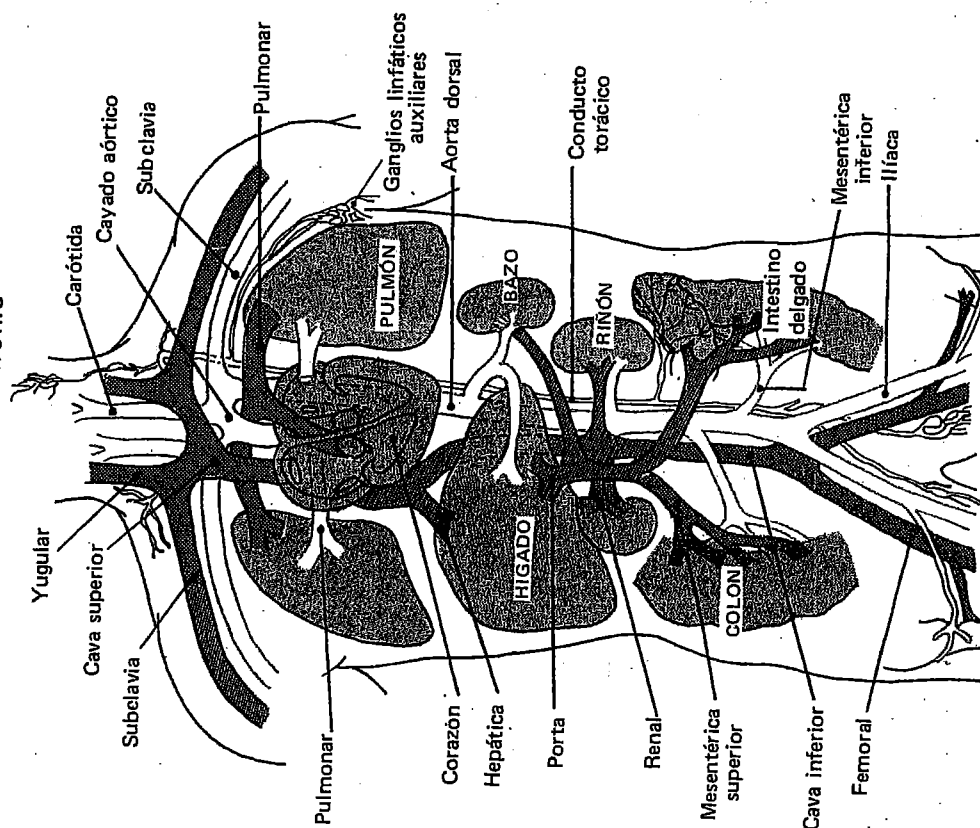


Figura 33

SISTEMA CIRCULATORIO



CAPÍTULO 15

LA SANGRE, LA LINFIA Y EL SISTEMA RETICULOENDOTELIAL

LA SANGRE

La sangre es un líquido complejo que se extiende por todas las zonas del cuerpo —excepto en los cartilagos y la córnea— para transportar alimentos y oxígeno a los tejidos y, al mismo tiempo, expulsar los desechos. Varía entre el color púrpura de la sangre venosa y el rojo brillante de las arterias, relacionado con su oxigenación. El examen microscópico muestra miríadas de corpúsculos de diferentes tipos suspendidos en un componente líquido, o *plasma*. Los corpúsculos y el plasma ocupan un volumen aproximadamente igual y pueden ser separados por centrifugación. Las células sanguíneas están formadas por los glóbulos rojos o eritrocitos, los glóbulos blancos o leucocitos y las plaquetas o trombocitos. En la sangre centrifugada los depósitos están formados por glóbulos rojos; por encima

se encuentra una delgada capa de glóbulos blancos y plaquetas, la *capa leucocitaria*, y por encima de ésta se encuentra el plasma de color amarillento.

El plasma es un líquido claro, amarillento y pálido, que contiene aproximadamente un 10% de sólidos —proteínas sobre todo— y sales, en especial cloruro sódico. También hay bicarbonato sódico, fosfatos, potasio y compuestos representativos de los diferentes alimentos —glucosa, urea, aminoácidos, ácidos grasos, etc. Las proteínas del plasma se coagulan, y una de ellas, el fibrinógeno, se relaciona exclusivamente con la coagulación. La albúmina y la globulina son responsables de su considerable presión osmótica.

Glóbulos rojos

Los glóbulos rojos son los más numerosos, aproximadamente 5 millones

reducida se designan con el nombre de hipocrómicos. El contenido normal de hemoglobina de la sangre es de 13,5-18,0 g/100 ml en los hombres, y de 11,5-16,5 g/100 ml en las mujeres. La anemia se produce cuando dichos niveles disminuyen por debajo de estas cifras, pudiendo ser la causa la existencia de pocos glóbulos rojos, un contenido de hemoglobina bajo, o ambas cosas. Estos factores pueden expresarse numéricamente relacionando la hemoglobina y el recuento de glóbulos rojos con el hematócrito, la proporción de volumen sanguíneo ocupado por glóbulos rojos concentrados después de la centrifugación, aproximadamente un 40-55%. Esto proporciona el *volumen corpuscular medio (VCM)* y la *concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM)*:

$$\text{Hematócrito \%} \times 10$$

$$\text{VCM} = \frac{\text{Recuento de hematíes} \times 10^6 \text{ mm}^3}{\text{Hematócrito \%}}$$

$$\text{CHCM} = \frac{\text{Hemoglobina (g/100 ml)}}{\text{Hematócrito \%}} \times 100$$

La anemia más común se debe a la falta de hierro, donde tanto el VCM como la CHCM están reducidos, es decir, los glóbulos rojos son más pequeños y más pálidos de lo normal y la hemoglobina puede descender hasta la mitad (*anemia hipocrómica*). En la *anemia perniciosa*, sin embargo, los glóbulos rojos, aunque son pocos, son más grandes de lo normal, teniendo su complemento usual de hemoglobina. La anemia

de hemoglobina; una pérdida excesiva puede causar anemia. Los nutrientes necesarios para la síntesis de globina y el hierro es esencial para la posición central en la molécula de hemoglobina. Las mujeres necesitan más hierro que los hombres como consecuencia de la pérdida de sangre durante la menstruación; también los niños necesitan más hierro proporcionalmente que los adultos en el período de crecimiento. De esta forma, la anemia por deficiencia de hierro es común en las mujeres y los niños, pero no en los hombres, a menos que hayan perdido sangre por una úlcera de estómago o un parásito que destruya la sangre. Ya mencionamos la importancia de la vitamina B₁₂ y el ácido fólico, así como el factor gástrico intrínseco esencial para la adecuada utilización de la vitamina B₁₂ (pág. 219); la falta de uno de estos es la causa de la anemia perniciosa. Otros factores esenciales son la hormona tiroidea, el cobre y la vitamina C, y una secreción del riñón denominada eritropoyetina.

En un individuo sano, el glóbulo rojo de forma y tamaño normales se llama *normocítico*, y si posee un complemento normal de hemoglobina, *normocrómico*. Los glóbulos más pequeños y los más grandes se denominan *microcíticos* o *macrocíticos*; los glóbulos con hemoglobina

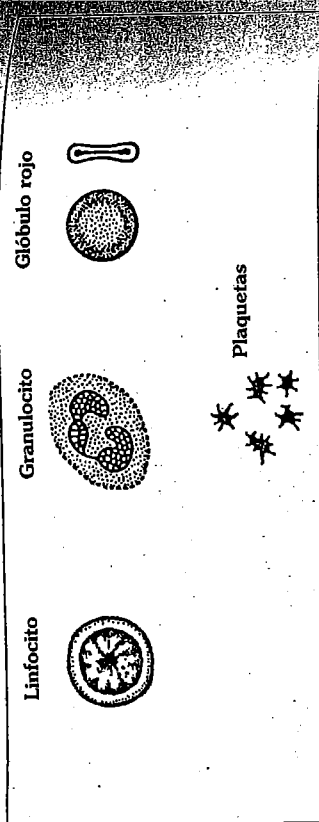


Figura 15.1: Los diferentes tipos de corpúsculos sanguíneos

y medio por milímetro cúbico. Son células que han perdido su núcleo, discos biconcavos, que contienen hemoglobina, la cual transporta el oxígeno a los tejidos. La división de la hemoglobina en innumerables pequeños paquetes aumenta enormemente el área de superficie para el intercambio de oxígeno: el área total de los glóbulos rojos es 1.000 a 2.000 veces el área del cuerpo. Son sensibles a cambios de la presión osmótica del plasma. Un incremento de la presión osmótica los encoge por falta de agua, mientras que se hinchan y estallan en una solución más débil, pues sus pigmentos se liberan y la sangre es hemolizada.

Antes del nacimiento, los glóbulos rojos se forman en la médula ósea, el hígado, el bazo y los ganglios linfáticos. Después del nacimiento, la médula es la única fuente: en los primeros años de vida, los huesos están llenos de médula roja, pero más tarde ésta se repliega a los extremos óseos, dejando la caña ocupada por médula grasa amarilla. El tiempo de vida de los glóbulos rojos es de aproximadamente 120 días, tras los cuales se fragmentan y son absorbidos. Los

corpúsculos se desarrollan a partir de células especializadas que pierden sus núcleos: una demanda intensiva, en respuesta a una hemorragia o una anemia, provoca la aparición temporal de formas nucleadas.

Si la sangre se trata con un anticoagulante, se pueden sedimentar lentamente los glóbulos rojos, en grupos. La *velocidad de sedimentación* está influida por la composición de las proteínas plasmáticas: a menudo aumenta en la enfermedad, por lo que es un índice de la actividad de una enfermedad.

La hemoglobina está formada por una proteína -globina- unida a una agrupación química -hem- que contiene hierro, responsable de su color. Su valor reside en la facilidad con la que se combina libremente con oxígeno en los pulmones para formar oxihemoglobina roja brillante, con la que el oxígeno se reparte por los tejidos, dejando la hemoglobina reducida a un color púrpura. (El dióxido de carbono se disuelve en el plasma.)

Muchos elementos son esenciales para la maduración de los glóbulos rojos y para proporcionar la cantidad

causa palidez de la piel y de las membranas mucosas, así como una falta de oxígeno y fatiga, como consecuencia de la reducida capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno. El cuerpo puede acostumbrarse a una grave anemia si el inicio es gradual: es posible caminar sin problemas con un tercio de la hemoglobina normal si la causa es crónica, mientras que una rápida caída desde un nivel mucho más elevado puede producir desfallecimiento. La languidez y la inercia de las razas tropicales se debe a menudo a una anemia crónica producida por enfermedades parasitarias o deficiencias dietéticas.

El niño posee al nacer (de forma proporcional) más hemoglobina y un PCV mayor que en edades posteriores. Las diferencias sexuales se deben a los efectos de la menstruación. El contenido de glóbulos rojos aumenta durante el ejercicio y la tensión emocional. En alturas elevadas, donde la presión barométrica y el oxígeno disponible son menores, se produce un incremento de la producción de glóbulos rojos y del contenido de hemoglobina.

Glóbulos blancos

Existen tres variedades: polimorfonucleares, linfocitos y monocitos (Fig. 15.1). La cantidad total de glóbulos blancos es 4.000-10.000/mm³. Si esta cantidad se eleva marcadamente, como en una enfermedad infecciosa, hablamos de *leucocitosis*; si disminuimos, como en una alteración tóxica de la médula ósea, se habla de *leucopenia*.

Los polimorfos (granulocitos) poseen un núcleo segmentado y forman

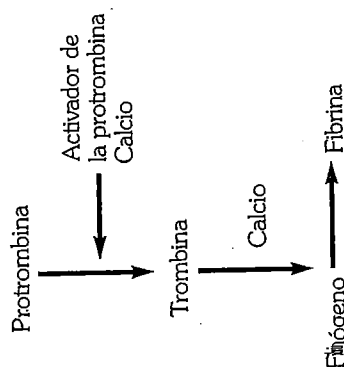
dos tercios de todos los glóbulos blancos, con un citoplasma granular. El 90% son neutrófilos (lo que se refiere a su reacción a las tinciones biológicas); unos pocos son eosinófilos o basófilos, en relación con su afinidad hacia los ácidos o las tinciones básicas.

Los linfocitos tienen un gran núcleo basófilo central que ocupa la mayoría de la célula. Aproximadamente un tercio de los glóbulos blancos son linfocitos. El monocito es el más grande y el más escaso, alrededor de 3-4%. Posee abundante citoplasma y un núcleo indentado o lobulado.

Los polimorfos se producen sólo en la médula roja y existe una gran reserva. Su promedio de vida es 1-2 semanas. Los polimorfos desaparecen en las operaciones de defensa (ver más adelante), vertiéndose también en las cavidades corporales.

Los linfocitos se forman en los ganglios linfáticos, las amígdalas, el bazo, las zonas linfáticas del intestino delgado y la médula ósea. Hay una gran reserva en el tejido linfático, y existen dos tipos, grandes y pequeños.

Los leucocitos son esenciales para prevenir las infecciones. Los polimorfos destruyen y eliminan partículas extrañas y bacterias, mientras que los linfocitos crean anticuerpos. Los polimorfos también tienen la función de la fagocitosis y tragan materiales extraños. En la zona de la lesión o la infección, circulan a través de las paredes de los capilares sanguíneos y se juntan para vencer a los microorganismos y eliminar el material de desecho -incluyendo células muertas y dañadas. Si mueren, sus cuerpos forman parte del pus. Los monocitos y los polimorfos neutrófilos son los más móviles en los tejidos y son atraídos hacia las zonas



El proceso es complicado porque participan muchos factores accesorios. La coagulación puede producirse en vasos sanguíneos dañados o en la superficie en los tejidos. Cuando un vaso sanguíneo se divide, el extremo distal se retrae; las plaquetas son atraídas hacia el endotelio lesionado y lo tapan herméticamente. Después de esta fase inicial en que las plaquetas actúan como un tapón, se produce la segunda fase de la coagulación. Cuando el proceso de coagulación debe extenderse por el árbol vascular, existe un proceso complementario de fibrinólisis en el que la fibrina se disuelve, tanto allí donde se necesita. La coagulación se ve facilitada por sustancias liberadas de los propios tejidos lesionados, y si la sangre se acumula de forma adecuada en un vaso perfectamente claro, permanecerá fluida durante bastante tiempo. Otro agente catalítico es la vitamina K, almacenada en el hígado: las tendencias hemorrágicas en la ictericia se deben a su ausencia.

La sangre puede, en ciertas condiciones, no coagularse bien. Un factor esencial de la coagulación está ausente en los enfermos hemofílicos, víctimas

Coagulación

La sangre coagula a los pocos minutos de ser vertida. El coágulo es una trama de una sustancia denominada fibrina, con glóbulos rojos atrapados dentro, derivada de la proteína fibrinógeno del plasma. Pronto se contrae, exprimiendo un líquido de color de pajita, el suero, que es lo que permanece en el plasma cuando se pierde su fibrinógeno. El suero y el plasma son idénticos, aunque no completamente.

Sangre (Plasma + Corpúsculos) →
Coágulo (Fibrina + Corpúsculos) +
Suero

La coagulación es un proceso complejo que requiere la presencia de sales cálcicas. La conversión fibrinógeno-fibrina se activa por una enzima, la trombina, que no está presente en la sangre normal, pero que se forma a partir de un precursor inactivo, la protrombina.

de una enfermedad transmitida a los descendientes masculinos por los miembros femeninos de la familia, inmunes a la misma. Ciertas sustancias químicas retrasan o evitan la coagulación. Una de ellas es la *heparina*, aislada a partir del hígado; otra es el *dicumarol*, análogo a la warfarina utilizado en los venenos para las ratas. Se han probado con éxito en la cirugía para prevenir trombosis venosas postoperatorias, así como en la reparación de vasos sanguíneos lesionados.

Grupos sanguíneos

Los tejidos y líquidos humanos son sensibles a las proteínas extrañas y reaccionan contra ellas. Como respuesta, esta reacción causa su precipitación. Así, el plasma humano mezclado con sangre animal provoca que los glóbulos rojos de ésta se agrupen conjuntamente en masas granulares y viscosas en un proceso de *aglutinación*. Por esto, la sangre animal es inservible para las transfusiones: los glóbulos

cen a grupos sanguíneos diferentes. Dentro del mismo grupo, la transusión es segura; fuera de éste, sólo pueden utilizarse ciertas combinaciones. Los grupos sanguíneos humanos se heredan con antígenos específicos (pág. 255) sobre la superficie de los glóbulos rojos. Existen cuatro grupos principales: O, A, B y AB. Su compatibilidad en las transfusiones se muestra en la tabla siguiente. Obsérvese que es posible que un miembro de un grupo done sangre a otro, aunque puede ser fatal que la reciba.

El grupo O es un donante universal y se encuentra en el 40% de la población. El grupo AB, salvo para la donación, forma un grupo propio y es un receptor universal, pero se encuentra sólo en el 2% de la población.

Los grupos sanguíneos son hereditarios y son válidos en los casos de disputas sobre la paternidad, aunque su evidencia sólo es negativa, es decir, la única certeza es que alguien no podrá haber sido el padre de un niño. La distribución racial de los grupos sanguíneos difiere en las diferentes partes del mundo.

Grupo	Puede dar sangre a	Puede recibir sangre de
O	O, A, B, AB	O
A	A, AB	O, A
B	B, AB	O, B
AB	AB	O, A, B, AB

aglutinados obstruyen los vasos sanguíneos receptores, mientras que los productos de desecho, tras su destrucción, bloquean los riñones.

Esta sensibilidad también existe entre unos individuos y otros, si pertene-

Los glóbulos rojos de algunos individuos poseen un componente análogo a un componente sanguíneo del mono Rhesus, el *factor rhesus*. La mayoría de la gente (alrededor del 85%) tienen este factor: tienen un Rh

positivo y pueden casarse y tener hijos normales, pero si un hombre tiene un Rh positivo se casa con una mujer con un Rh negativo, y ésta quedará embarazada, el factor Rh heredado por el feto de su padre provocará una reacción antagonista en la madre, de modo que las sustancias formadas en su sangre entrarán en la circulación del feto causando la destrucción de sus glóbulos rojos, por lo que el niño puede nacer muerto, o con anemia o ictericia graves, o espástico como consecuencia de una hemorragia en el cerebro. Esta enfermedad es rara en un primer embarazo, pero el riesgo aumenta en los embarazos sucesivos.

Volumen sanguíneo y pH

El volumen total de la sangre es 4-5 litros, aunque varía según el tamaño del individuo. Después de una hemorragia grave, el líquido perdido se reabsorbe gracias a la entrada de agua en la circulación desde las reservas de líquido extracelular: existe una dilución y un recuento de glóbulos rojos inferior al normal. Las reservas actúan en casos de shock o deshidratación graves: el plasma se filtra en los tejidos, dejando una concentración viscosa de corpusculos en los vasos. La sangre es un poco alcalina, con un pH de 7.4. Si intentamos neutralizarlo con ácido, necesitaremos más de lo que habíamos previsto, porque existe una reserva alcalina de bicarbonato sódico que, con las proteínas del plasma, actúa como un tampón, resistiendo cualquier cambio en la concentración del ion hidrógeno. Cuando esta reserva se reduce mucho, como en la cetosis, se desa-

rolla una acidosis verdadera, pero ésta es sumamente rara.

LA LINFA

La linfa es un líquido de color amarillento pálido, similar en su composición al líquido intersticial (extracelular), que se coagula de forma permanente y contiene linfocitos. El sistema linfático (lácteo) de los intestinos representa la parte principal en la absorción de grasas, de forma que la linfa del conducto torácico después de una comida tiene aspecto láctico y opalescente con gotas de grasa. (Para más detalles del sistema linfático, ver pág. 256)

EL SISTEMA RETICULOENDOTELIAL

Este sistema no se encuentra localizado en una zona específica, sino que es un tejido ampliamente disperso en otros órganos y tejidos. Consiste (Fig. 15.2) en una red de finas fibras que sostienen grandes células irregulares y está permeado por canales, o sinusoides, revestidos por un endotelio compuesto de estas células.

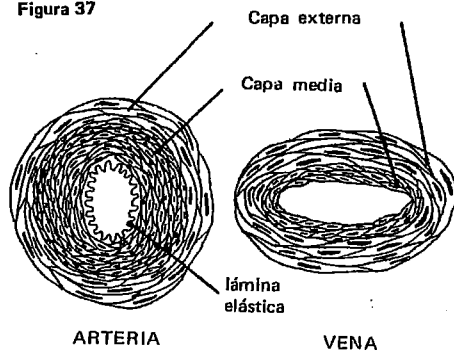
Estas células son fagocíticas y viajan activamente por los tejidos como si fueran basureros. Los monocitos de la sangre forman parte de este sistema. La fagocitosis es un mecanismo de defensa esencial para combatir la invasión por bacterias o parásitos. El cuerpo corre el riesgo de ser infectado por el ataque de tres tipos de organismos:

• Las arterias y arteriolas.
Venas y vénulas

La Tabla Nro. 6 permite conocer caracteres esenciales de las arterias y las venas.

Aquí es necesario destacar la elasticidad de las arterias y la contractilidad de las arteriolas, dos propiedades del sistema arterial, que aseguran el flujo de la sangre arterial y la regulación de la presión sanguínea.

Figura 37



En la fig. 37 pueden verse los cortes transversales de una arteria y de una vena, mostrando el desarrollo relativo de la capa media de una y de otra. También se ha señalado la lámina elástica situada en la túnica interna de la arteria.

medio de 10 a 15 milésimas de milímetro (10 a 15 nm), es decir veinte veces más delgado que un pelo.

En la constitución de estos pequeñísimos vasos sólo interviene una capa de células muy aplanadas que forman el *endotelio* de los capilares, que se continúa, por una parte con el endotelio de las arteriolas y por la otra, con el de las vénulas.

Las *venas* y *vénulas*, son los vasos que llevan la sangre al corazón. Las *venas cava superior e inferior* recogen la circulación de todo el cuerpo y llevan al corazón sangre "venosa", es decir pobre en oxígeno; las *venas pulmonares* transportan hacia el corazón sangre "arterial" desde los pulmones, donde se ha enriquecido de oxígeno.

Las venas de más de 2 mm de diámetro tienen *válvulas* en su interior, que impiden el retorno de la sangre (Fig. 38). Son excepciones las venas que están sobre el nivel del corazón, la porta y la renal.

• Capilares

El dibujo de la Fig. 38 bis muestra claramente cómo entre las arterias y arteriolas, por una parte, y las vénulas y venas, por la otra, el sistema cardiovascular se resuelve en innumerables y finísimos vasos sanguíneos, llamados *capilares* porque son tanto o más delgados que un cabello. Ciertamente que el diámetro de los capilares es mínimo.

Figura 38 bis

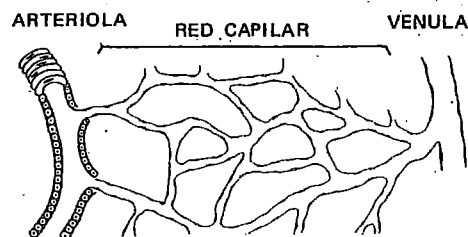


TABLA N° 7

CUADRO COMPARATIVO ENTRE ARTERIAS Y VENAS

ARTERIAS	VENAS
transportan sangre hacia el corazón.	transportan sangre desde el corazón.
• muy elásticas.	• muy poco elásticas
• abundantes fibras musculares lisas.	• escasas fibras musculares lisas.
• mantienen abierto su conducto.	• se aplastan cuando están vacías.
• las arteriolas son contráctiles.	• no son contráctiles.
• carecen de válvulas.	• tienen válvulas.

APARATO CIRCULATORIO

Siglo II a siglo XVII + GALENO - La sangre se forma a partir de los alimentos, adquiere espíritus naturales en el hígado y se desplaza por las venas por acción del lado derecho del corazón, con el fin de aportar principios nutritivos a los tejidos. La sangre pasa a través de poros existentes en el septo interventricular, penetra en el lado izquierdo del corazón donde recibe el aire procedente de los pulmones, el cual se mezcla con la sangre para formar espíritus vitales, que se desparramaban y fluían por las arterias.

Año 1628 - WILLIAM HARVEY - Me Moto Cordis. La sangre circula por todo el organismo. Demuestra la acción de bomba del corazón y la función de las válvulas cardíacas. Demuestra experimentalmente que un líquido vertido en el ventrículo derecho pasaba fácilmente a través de los pulmones hacia el ventrículo izquierdo y que los polos postulados por Galeno no existían. No pudo comprender cómo podía pasar la sangre de las arterias a las venas, postulando la existencia de poros en la carne.

Año 1553 - MIGUEL SERVET - (Ibn-al-Nafis, año 1268) describen el paso de sangre a través de los pulmones. Estos trabajos eran conocidos por Harvey.

Año 1661 - MALPIGHI - Descubre los capilares, con ayuda del microscopio FABRICIO (Jerónimo). Anatomista y cirujano italiano, llamado también Fabricio de Acquapendente (1537-1619). Fue discípulo de Falopio y maestro de Harvey en Padua. Se interesó por las válvulas de las venas.

Año 1871 - BOWDITCH - Descubrió la ley del todo o nada, en su época de estudiante en Leipzig.

" Cuando el corazón es estimulado, o se contrae del todo o no se contrae".

- - - - O - - - -

EL CORAZON es un órgano muscular que posee cuatro cavidades, dos superiores llamadas aurículas y dos inferiores llamadas ventrículos. Su forma es la de un cono cuyo vértice está situado abajo, a la izquierda y adelante. Los tabiques que separan las cavidades del corazón son:

- a) tabique interauricular
 - b) tabique interventricular
- } COMPLETOS

- c) tabiques aurículoventriculares, que son incompletos ya que, por intermedio de los orificios aurículoventriculares se ponen en comunicación la aurícula con el ventrículo correspondiente.

El corazón de un hombre adulto pesa alrededor de 350 gramos. En él podemos distinguir el miocardio (o pared muscular); el endocardio (o revestimiento interno) y el pericardio (o envoltura externa).

[INTERNO]

[EXTERNO]

Los orificios de la base del corazón (aurículoventriculares y arteriales) están provistos de válvulas, que determinan la dirección de la corriente sanguínea.

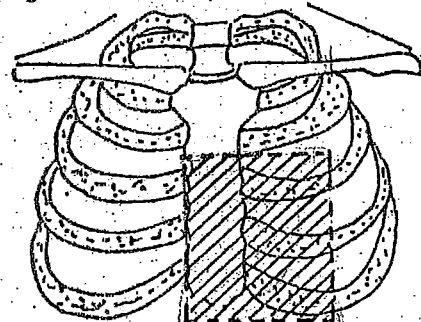
ORIFICIO { aurículo ventricular { DERECHO: válvula tricúspide ✓
IZQUIERDO: válvula mitral (bicúspide) ✓
comunic.art.pulmonar: válvula sigmoidea o semilunar pulmonar
comunic.art.aorta: válvula sigmoidea o semilunar aórtica

La aurícula izquierda presenta cuatro orificios (desprovistos de válvulas) en los que desembocan las venas pulmonares. La aurícula derecha presenta un orificio desprovisto de válvula, para la vena cava superior; otro con una válvula (llamada de Eustaquio) para la vena cava inferior. Esta válvula está muy desarrollada en el feto y menos en el adulto. El riego sanguíneo del corazón está asegurado por las arterias coronarias o cardíacas. Nacen de la aorta, a un centímetro por encima del orificio aórtico.

ARTERIA CORONARIA { IZQUIERDA o ANTERIOR
DERECHA o POSTERIOR

llamamos REGION PRECORDIAL a la parte de la pared anterior del tórax en que se proyecta el corazón.

- 1) línea hemiclavicular izquierda
- 2) Línea márgino esternal derecha
- 3) línea horizontal por el 2º espacio intercostal
- 4) línea horizontal por el 5º espacio intercostal.



CHOQUE DE LA PUNTA: (latido apexiano) "El endurecimiento y cambio de forma que constituyen la primera fase de la contracción ventricular se acompañan de un empuje de la región apical los ventrículos contra la pared del tórax. Este empuje desplaza ovarianamente el espacio intercostal adyacente, y el desplazamiento, llamado impulso cardíaco (choque de la punta), indica el punto en que localiza la región apical del corazón".

El choque de la punta es provocado por el endurecimiento brusco del ventrículo, que es sincrónico con el pulso radial. Se busca en el espacio intercostal, a nivel de la línea medio claviclar.

DERECHA

IZQUIERDA

VENA CAVA SUPER.

VENAS PULMONARES
(cuatro)

VENA CAVA INF.

ARTERIA AORTA

ARTERIA
PULMONARVENTRICULO
DERECHOVENTRICULO
IZQUIERDO

PROPIEDADES DEL MUSCULO CARDIACO

La fibra miocárdica tiene cinco propiedades fundamentales que son:

I) AUTOMATISMO, que es la capacidad de originar dentro de sí misma el impulso que determina su contracción. No todas las partes del corazón tienen igual automatismo. La última porción que deja de latir, en un corazón extraído del organismo y dejado a su propia suerte, se encuentra situado en la pared de la aurícula derecha (ultimum moriens), próxima a la desembocadura de la vena cava superior. En los animales inferiores el automatismo cardíaco está más desarrollado. Un corazón de sapo (batracio) retirado del organismo y dejado en el medio ambiente sigue latiendo durante muchos minutos. El corazón de un perro (mamífero), en iguales condiciones, sólo realiza pocos latidos completos. El automatismo se puede observar en el corazón embrionario, antes de que los elementos nerviosos lleguen a él. Es, por lo tanto, una propiedad especial de la fibra cardíaca.

II) EXCITABILIDAD, si bien el corazón es automático, es decir que él mismo genera el estímulo necesario para iniciar la contracción, también posee la propiedad de excitarse frente a una variación energética de su ambiente. Luego, excitabilidad es la propiedad que posee el músculo cardíaco de responder con un cambio (contracción) a una variación energética de su ambiente (estímulo). Los estímulos pueden ser: mecánicos, térmicos, químicos o eléctricos. Durante la revolución cardíaca el corazón NO TIENE, en todos sus momentos, igual excitabilidad. Es totalmente inexcitable durante la sístole (inexcitabilidad sistólica) (período refractario absoluto). A este hecho se debe que el corazón, no sea tetanizable. Conocemos con el nombre de período de excitación latente al tiempo que transcurre entre la aplicación del estímulo y la respuesta cardíaca. Este tiempo se mide en milisegundos (ms)

III) CONTRACTILIDAD, el músculo cardíaco responde contrayéndose, tanto a los estímulos originados por su propio automatismo (que da como consecuencia el ritmo cardíaco) como a los estímulos extrínsecos (que pueden originar contracciones prematuras o extrasístoles). Cuando las fibras del miocardio se contraen desordenadamente se produce lo que se conoce con el nombre de FIBRILACIÓN CARDIACA.

Bowditch, en el año 1871 descubrió, siendo estudiante, que: "cuando el corazón es estimulado, o se contrae del todo o no se contrae" (Ley del todo o nada). Esto se debe a la disposición sincicial de las fibras del músculo cardíaco. Un estímulo aplicado en cualquier punto se extiende - si es eficaz - a la totalidad del tejido muscular del corazón, el que responde contrayéndose como un todo.

IV) CONDUCTIBILIDAD, la fibra miocárdica tiene la propiedad de propagar a toda la musculatura cardíaca, el estado de excitación despertado por el estímulo. Estudiando esta conductibilidad, en distintas partes del corazón, vemos que su velocidad no es uniforme. Por ejemplo:

músculo auricular.1 metro por segundo
red de Purkinje.	2 -4 metros por segundo
músculo ventricular.0,3 metros por segundo

V) TONO CARDIACO (Prof. Houssey), generalmente se denomina tono muscular al estado de tensión normal que tienen los músculos del organismo pero, en el caso del músculo cardíaco, tono es equivalente a eficiencia mecánica del miocardio o sea su capacidad de vaciar en cada sístole la sangre que recibe durante la diástole. "Por ello tono del corazón sería equivalente a condición fisiológica".

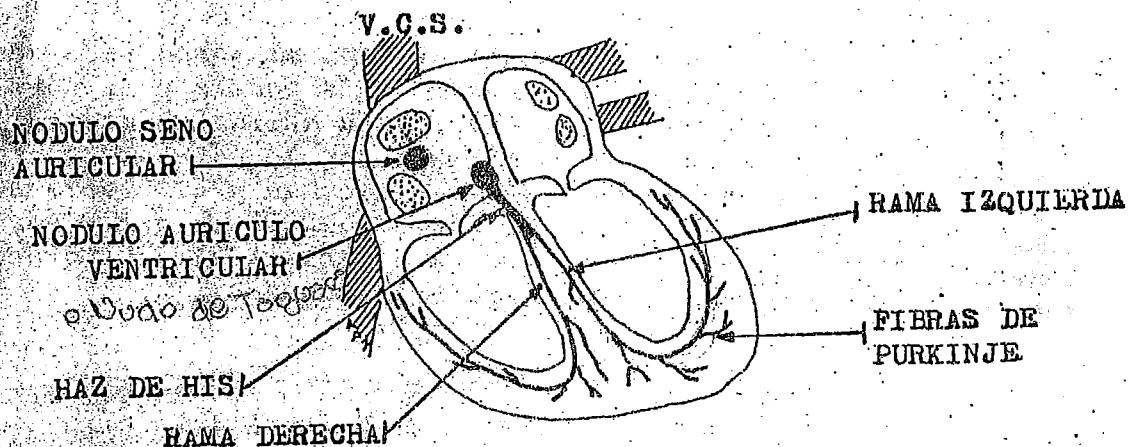
SISTEMA EXCITO CONDUCTOR DEL CORAZON

En la unión de la vena cava superior y la aurícula derecha existe una pequeña masa de músculo cardíaco modificado que recibe el nombre de NUDO SENO-AURICULAR (por el lugar que ocupa) y de MARCAPASO DEL CORAZON (por la función que cumple. Por los autores que primero lo describieron se lo conoce también con nudo de KEITH y FLACK.

En la porción inferior del tabique interauricular encontramos otra pequeña masa de tejido muscular cardíaco modificado. Es el nudo aurículo ventricular o nudo de TAWARA. En este nudo se origina un fascículo de fibras cardíacas, también modificadas, que desciende por el tabique interventricular, que recibe el nombre de haz aurículo ventricular o haz de HIS. Este haz se extiende luego en dos ramas (derecha e izquierda) a uno y otro lado del tabique interventricular para continuar después con el nombre de fibras de PURKINJE, por los músculos papilares y la red lateral del corazón.

El tejido cardíaco, desde el punto de vista funcional, se asemeja a SINCICIO; pero, desde el punto de vista estructural, el miocardio es constituido por células. "Las células se ramifican y se anastomosan hasta que se conoció la estructura de los discos intercalados por medio de la microscopía electrónica, las cuales son numerosas uniones celulares formadas por desmosomas o unidades firmes, se creía que el nudo cardíaco era un sincitio o sincicio".

Nódulo seno-auricular	70-80 latidos/minuto
Nódulo aurículo-ventricular	60-65 latidos /minuto
Aurículas	60-65 latidos/minuto
Ventrículos	30-40 latidos/minuto



La pared del ventrículo ^{derecho} izquierdo es dos o tres veces más gruesa que la del ventrículo izquierdo.

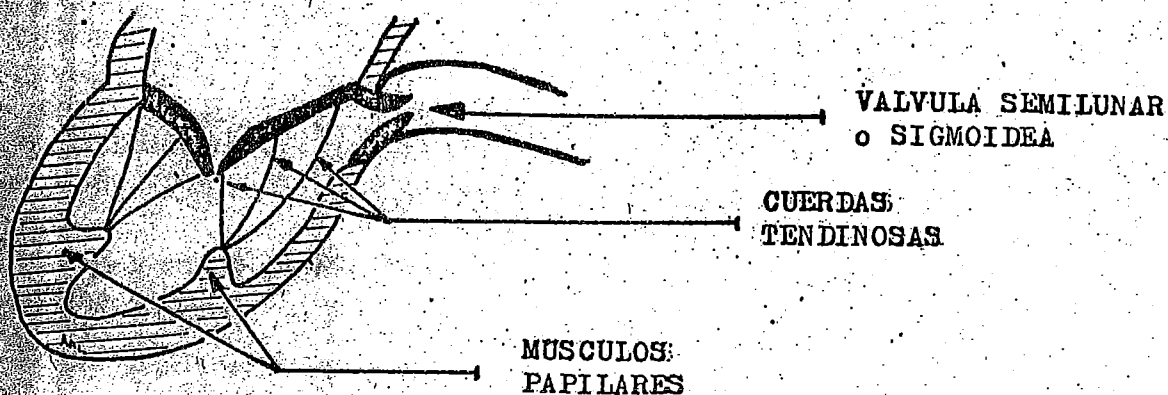
FUNCIONAMIENTO VALVULAR

La apertura y cierre de las válvulas del corazón no se deben a movimientos activos de las válvulas mismas. Aunque poseen a nivel de su base algunas fibras musculares lisas, éstas no son responsables de los movimientos valvulares. El cierre o apertura de las válvulas depende de la corriente sanguínea y de las diferentes presiones que se ejercen sobre sus dos caras. Las válvulas aórtica y pulmonar (semilunares) no poseen cuerdas tendinosas. Las válvulas ^{SL} átricas están formadas por dos o más velos membranosos de forma más

menos triangular, constituidos por una doble capa endotelial.

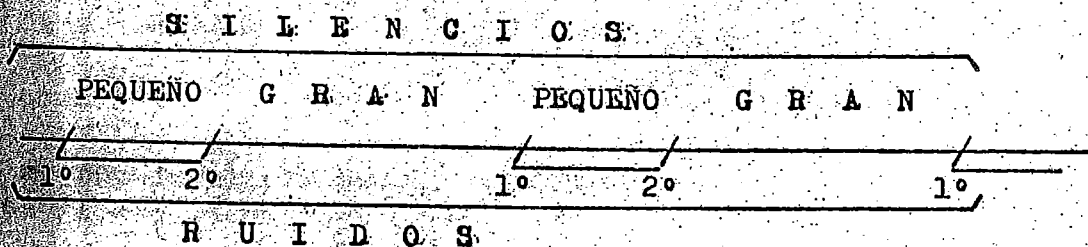
Están fijas por sus bases a los anillos fibrosos que rodean los orificios aurículo-ventriculares y arteriales. Cerca de la base de las válvulas, las dos capas endoteliales están separadas por tejido conjuntivo y músculo liso. Las válvulas aurículo-ventriculares impiden que la sangre refluya de los ventrículos a las aurículas y las semilunares impiden que la sangre vuelva a los ventrículos desde las arterias aorta y pulmonar. Cuando una válvula pierde su capacidad para cerrarse herméticamente decimos que se ha producido una "insuficiencia valvular". La "estenosis valvular" es una anomalía por la cual un orificio valvular se torna angosto, lo cual dificulta el flujo de sangre por el mismo.

SOPLOS: son ruidos anormales, que se perciben al auscultar el corazón, como consecuencia de los trastornos en el ciclo funcional del mismo. Un soplo se produce cuando la corriente sanguínea encuentra condiciones anormales en su conducción. Por ejemplo: estrechamiento (estenosis valvular) o dilataciones (insuficiencia valvular).



RUIDOS DEL CORAZON:

Aplicando directamente el oído al tórax se pueden percibir los ruidos procedentes del corazón. Cada contracción normal del corazón se acompaña de dos ruidos. El PRIMER RUIDO es intenso, bajo y prolongado (onomatopéicamente se compara con la sílaba TUM). Es producido por la contracción del músculo ventricular y el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares. El SEGUNDO RUIDO es más breve y agudo (onomatopéicamente se compara con la sílaba TAC); es producido por el cierre de las válvulas aórticas y pulmonares.

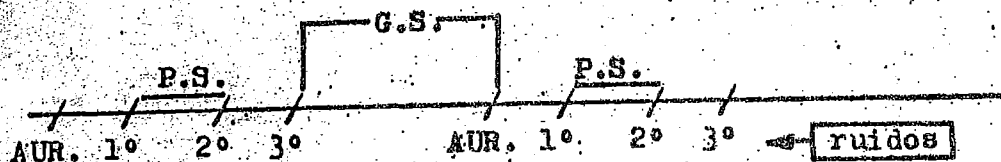


Cuando se hace uso de amplificadores (estetoscopio) pueden detectarse otros dos ruidos:

RUIDO AURICULAR: precede al primer ruido y se debe a la sístole auricular.

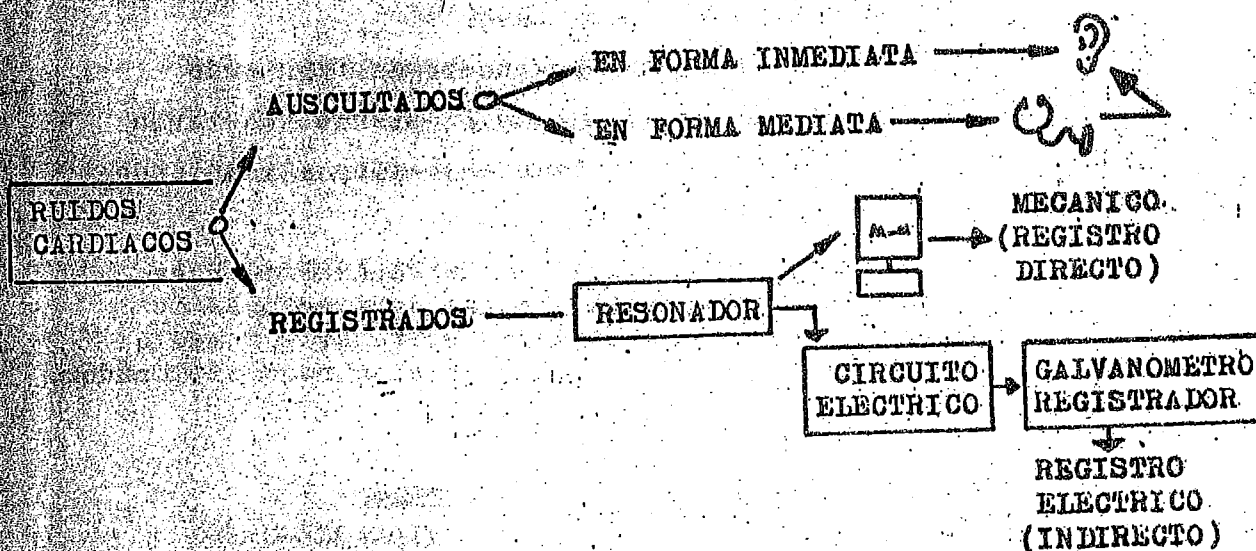
TERCER RUIDO: sigue al segundo y se debe a la distensión brusca del ventrículo, al llenarse.

Los ruidos PRIMERO y SEGUNDO sirven para identificar las fases del ciclo cardíaco. El primero y segundo ruido se encuentran separados por un espacio llamado PEQUEÑO SILENCIO. El segundo y el primero del ciclo siguiente se encuentran separados por un espacio mayor llamado GRAN SILENCIO.



FONOCARDIOGRAMA: (registro gráfico de los ruidos cardíacos).

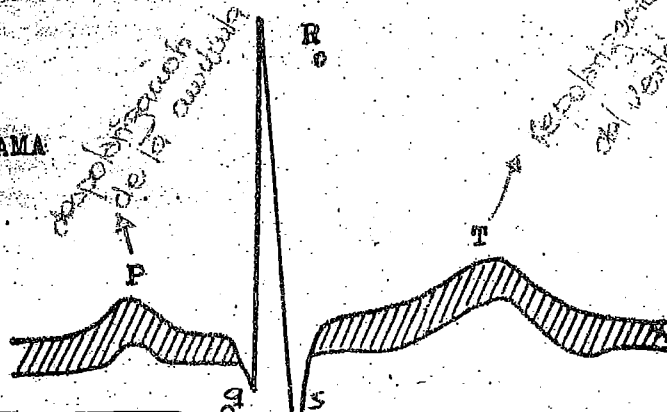
Las vibraciones que constituyen los ruidos cardíacos pueden registrarse gráficamente. El trazado obtenido se llama FONOCARDIOGRAMA. El mismo permite un análisis detallado de los ruidos del corazón y posee, además, un carácter documental importante.



ELECTROCARDIOGRAFIA (E.C.G.)

El corazón puede compararse a un generador eléctrico sumergido en un medio conductor. El objeto de la electrocardiografía es el registro y estudio de los impulsos eléctricos relacionados con la actividad cardíaca, mediante electrodos situados en dos áreas de la piel. El instrumento empleado para estudiar estos cambios eléctricos de la actividad cardíaca se llama ELECTROCARDIOGRAMA y el registro gráfico de estos cambios se llama ELECTROCARDIOGRAMA (E.C.G.). El electrocardiograma registra, a partir de la superficie del cuerpo, la actividad eléctrica que tiene lugar en las células del corazón (miocardio) durante el ciclo cardíaco.

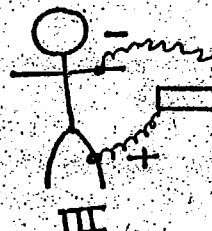
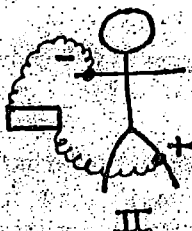
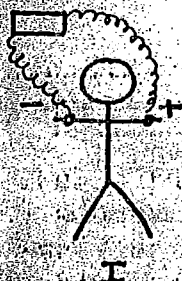
ELECTROCARDIOGRAMA
(E.C.G.)



La onda P representa la despolarización de las aurículas.
El complejo Q.R.S. (conjunto de ondas QRS) representa la despolarización ventricular.

La onda T representa la repolarización de los ventrículos.

DERIVACION: es la disposición particular en que se colocan los dos electrodos.



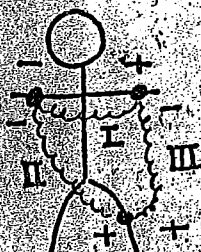
Derivaciones "standard" (estandar); las derivaciones bipolares miden el potencial entre dos electrodos y se las conoce como:

DERIVACION I brazo derecho-brazo izquierdo

DERIVACION II brazo derecho -pierna izquierda

DERIVACION III brazo izquierdo-pierna izquierda

- - - - 0 - - - -



Para obtener DERIVACIONES UNIPOLARES se hace un electrodo indiferente con las derivaciones de las extremidades conectándolas entre sí por medio de resistencias eléctricas y luego se usa un solo electrodo explorador.



ECOCARDIOGRAFIA:

Es el uso del ultrasonido(+) para el estudio anatómico y funcional del corazón y los grandes vasos. A los registros así obtenidos se los denomina ECOCARDIOGRAMAS.

(+) Los ultrasonidos son producidos por un transductor, aplicando una corriente eléctrica alterna sobre cristales piezoeléctricos de cuarzo. El ultrasonido es una forma de energía que puede atravesar la pared del tórax y reflejarse sobre las diversas estructuras cardíacas para captarse nuevamente en la superficie torácica.

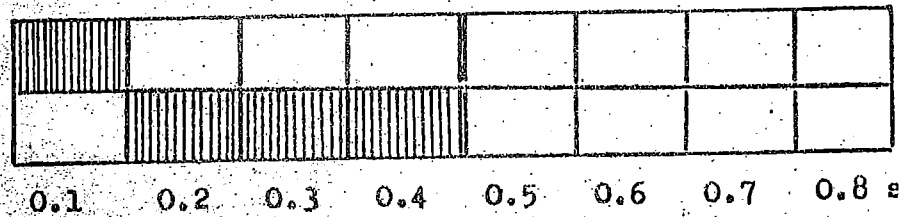
REVOLUCION o CICLO CARDIACO: " Se llama revolución o ciclo cardíaco el conjunto de movimientos que ejecutan sucesivamente las diversas partes del corazón en el tiempo transcurrido entre los latidos auriculares".

///

"Es la sucesión de fenómenos que se producen en el corazón hasta la repetición de la etapa tomada como inicial".
Con frecuencia de 70 revoluciones por minuto, la duración del ciclo cardíaco es: $60 \text{ seg.} / 70 \text{ revol.} = 0.8 \text{ segundos}$.

AURICULA

VENTRICULO



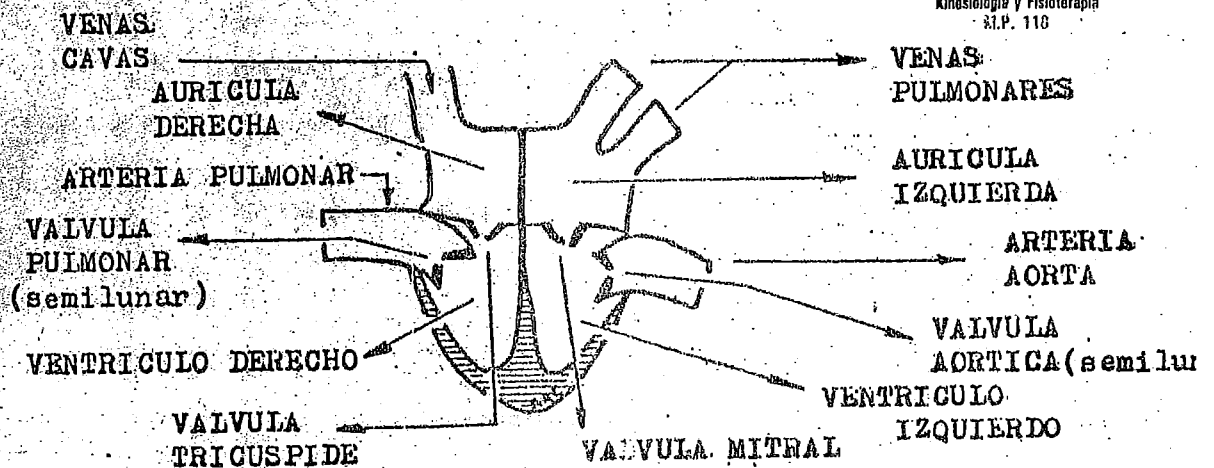
SISTOLE:

DIASTOLE:

Las palabras "sístole" o "diástole", usadas solas, se refieren a la contracción o relajación de los ventrículos exclusivamente. El período del ciclo cardíaco en que los ventrículos se contraen se llama SISTOLE y el de relajación se denomina DIASTOLE. Cuando el corazón late más frecuentemente (taquicardia), se acorta la diástole.

CICLO CARDIACO

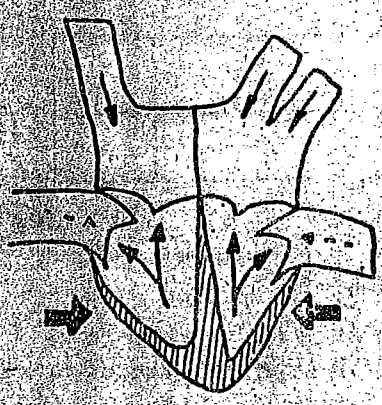
- I) Contracción isométrica (isovolumétrica): comienza la contracción ventricular; se cierran las válvulas auriculoventriculares, rápido ascenso de la presión ventricular y apertura de las válvulas semilunares. (acontece al término de la fase)
- II) EXPULSION MAXIMA: abiertas las válvulas semilunares se produce la rápida salida de la sangre de los ventrículos.
- III) EXPULSION REDUCIDA: disminuye el flujo de salida de la sangre ventricular.
- IV) PROTODIASTOLE: comienza la relajación ventricular y se cierran las válvulas semilunares.
- V) Relajación isométrica (isovolumétrica): la relajación ventricular produce sin cambio de volumen.
- VI) LENE RAPIDO: se produce la apertura de las válvulas auriculoventriculares; la sangre fluye rápidamente desde las aurículas a los ventrículos.
- VII) LENE LENTO (diastasis): flujo lento desde las aurículas a los ventrículos.
- VIII) SISTOLE AURICULAR: con el comienzo de la sístole auricular aumenta el flujo de sangre desde las aurículas hacia los ventrículos.



(CORAZON: ESQUEMATICO)

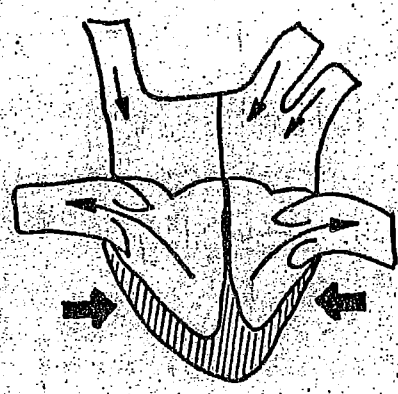
REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CICLO CARDIACO

I-CONTRACCION ISOMETRICA

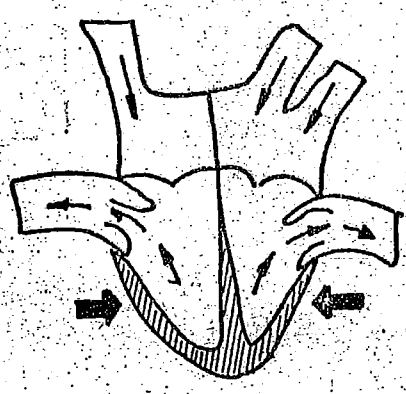


A

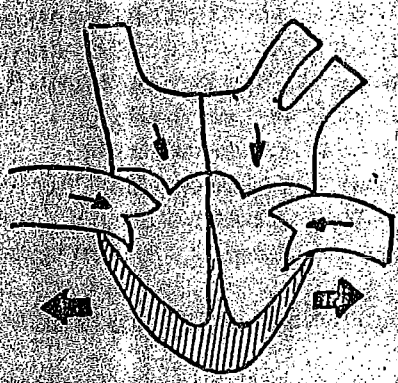
II-EXPULSION MAXIMA



III-EXPULSION REDUCIDA

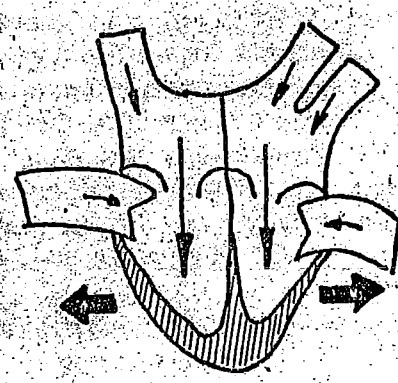


IV-RELAJACION ISOMETRICA

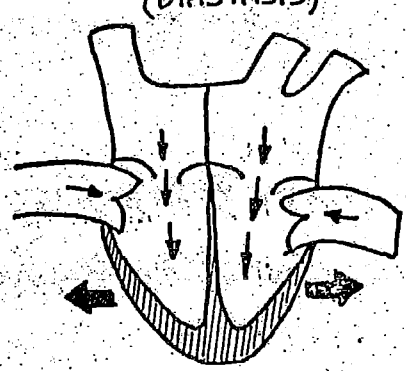


B

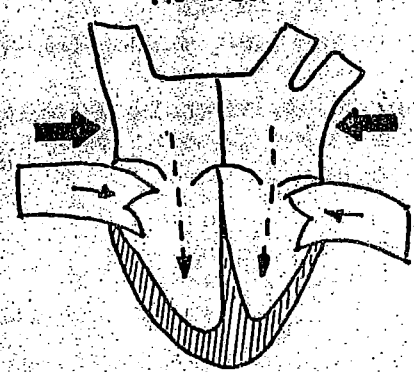
V-LLENE RAPIDO



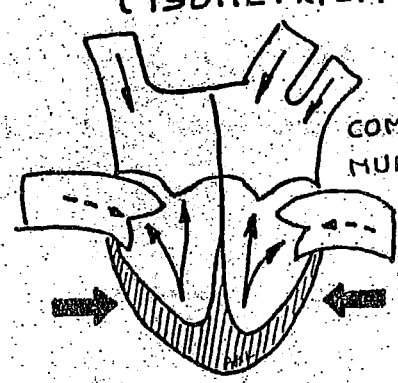
VI-LLENE LENTO (DIASTASIS)



VII-SISTOLE AURICULAR



I-CONTRACCION ISOMETRICA

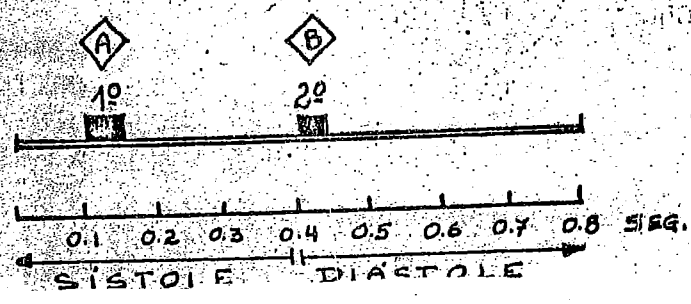


COMIENZA NUEVAMENTE EL CICLO

→ ← SISTOLE

← → DIASTOLE

RUIDOS CARDIACOS

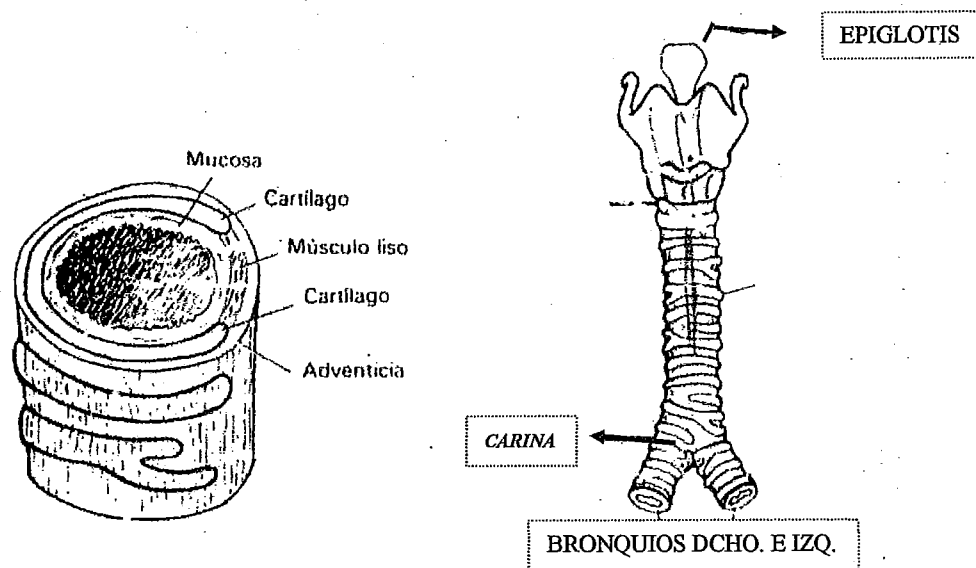


LA TRÁQUEA

La laringe se continúa con la tráquea. La tráquea es un tubo de unos 11cm que va de la laringe a los bronquios principales. Se localiza delante del esófago.

Esta formada por anillos de cartílagos pero incompletos, porque no hay cartilago en la parte posterior. Tienen forma de C. Se unen entre sí por músculos y membranas, y están tapizadas en su interior por mucosas.

La tráquea llega hasta una zona llamada *CARINA* donde se divide en dos bronquios, el principal derecho y el principal izquierdo.



LOS BRONQUIOS

Hay dos *BRONQUIOS PRINCIPALES* uno derecho y otro izquierdo, que se dirigen cada uno a un pulmón.

Tiene su pared formada por anillos de cartílagos incompletos hacia su parte posterior igual que en la tráquea, pero completos al entrar en los pulmones.

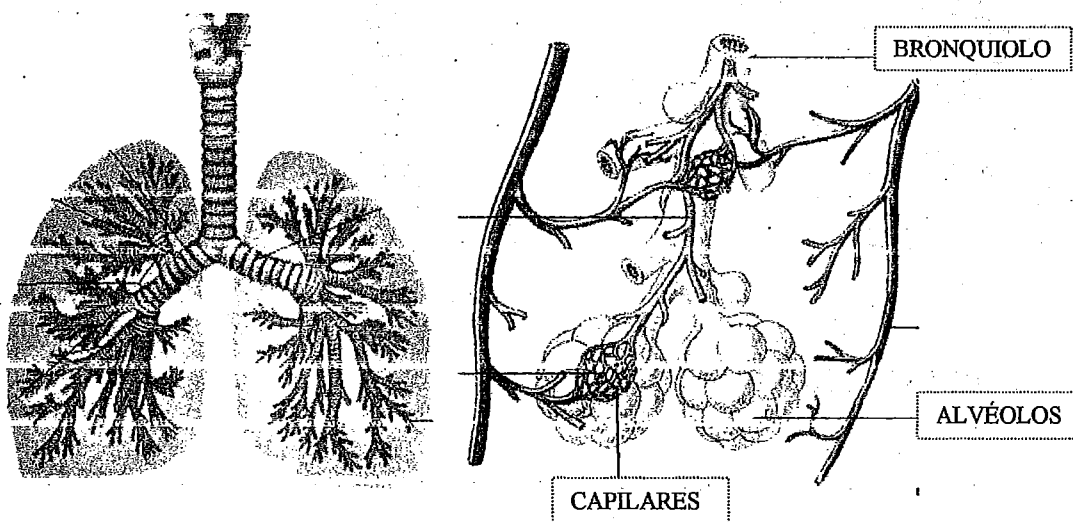
El bronquio derecho es un poco más vertical que el izquierdo, por lo que es más fácil que un cuerpo extraño vaya al derecho.

Al entrar en los pulmones se van dividiendo en bronquios más pequeños y a medida que se dividen tienen distintos nombres. Los primeros son los *BRONQUIOS LOBULARES*, uno a cada lóbulo del pulmón. Estos se siguen

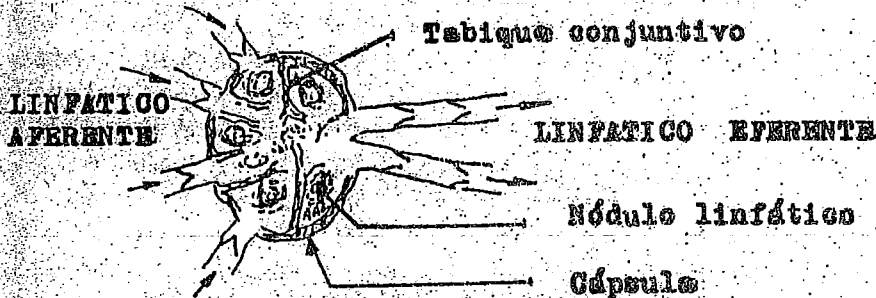
dividiendo en bronquios más pequeños y finos hasta llegar a los **BRONQUIOLOS**, que van a terminar en una zona dilatada que son los **ALVÉOLOS** (es una especie de saco) estas estructuras se pueden comparar a racimos de uvas. El conjunto es el **SACO ALVEOLAR** y cada uva recibe el nombre de **ALVEOLO**, aquí es donde se produce el intercambio de gases entre sangre y aire. Los alvéolos están separados entre sí por un **TABIQUE INTERALVEOLAR** por donde circulan los **CAPILARES SANGUÍNEOS**, que son vasos derivados de la arteria pulmonar y de la vena pulmonar en su punto de encuentro. Aquí es donde se realiza el intercambio: El CO_2 que llega de las arterias pulmonares atraviesa las paredes de los capilares y de los alvéolos para depositarse en el interior de éstos y ser expulsado al exterior por la espiración, y el O_2 que inspiramos realiza la misma operación en sentido contrario, saliendo de los alvéolos para incorporarse a las venas pulmonares que llevarán la sangre oxigenada al corazón y de ahí al resto del cuerpo. Las paredes que se atraviesan en esta operación, las de los alvéolos y las de los capilares, conforman lo que se llama **BARRERA HEMATOAÉREA**.

ARTERIAS → ARTERIOLAS → CO_2 → CAPILARES → O_2 → VÉNULAS → VENAS

Esto solo ocurre con las arterias y las venas pulmonares, en el resto del organismo las arterias llevan O_2 y las venas CO_2 .



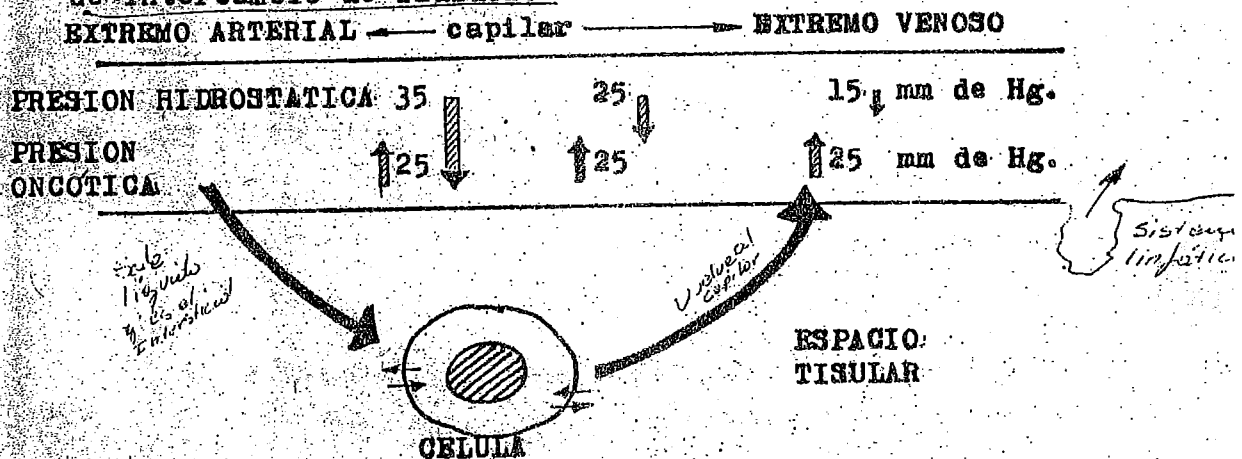
Los ganglios linfáticos son masas de tejido linfoide intercaladas a lo largo del recorrido de los vasos linfáticos, cuya principal función es evitar - por filtración de la linfa- la difusión de la infección y las toxinas por el cuerpo.



Circulación linfática: los vasos linfáticos aferentes (en número de cuatro a ocho) llegan al ganglio por su superficie convexa, atraviesan la cápsula y se abren en los senos linfáticos (marginal-radial-medular). A la altura del hilio del ganglio se continúan con el o los vasos linfáticos eferentes.

E D E M A; (tomado del griego oídema-hinchazón). Acumulación excesiva de líquido serosalbuminoso en el tejido celular debida a diversas causas: disminución de la presión osmótica del plasma por reducción de las proteínas; aumento de la presión hidrostática de los capilares por insuficiencia cardíaca; mayor permeabilidad de las paredes capilares u obstrucción de las vías linfáticas. La hinchazón producida se caracteriza por conservar la huella de la presión del dedo." Cardenal L. Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas. Séptima Edición- Salvat Editores. Barcelona.

"Se denomina edema a una acumulación excesiva de fluidos en los espacios tisulares debida a una perturbación en los mecanismos de intercambio de fluidos."

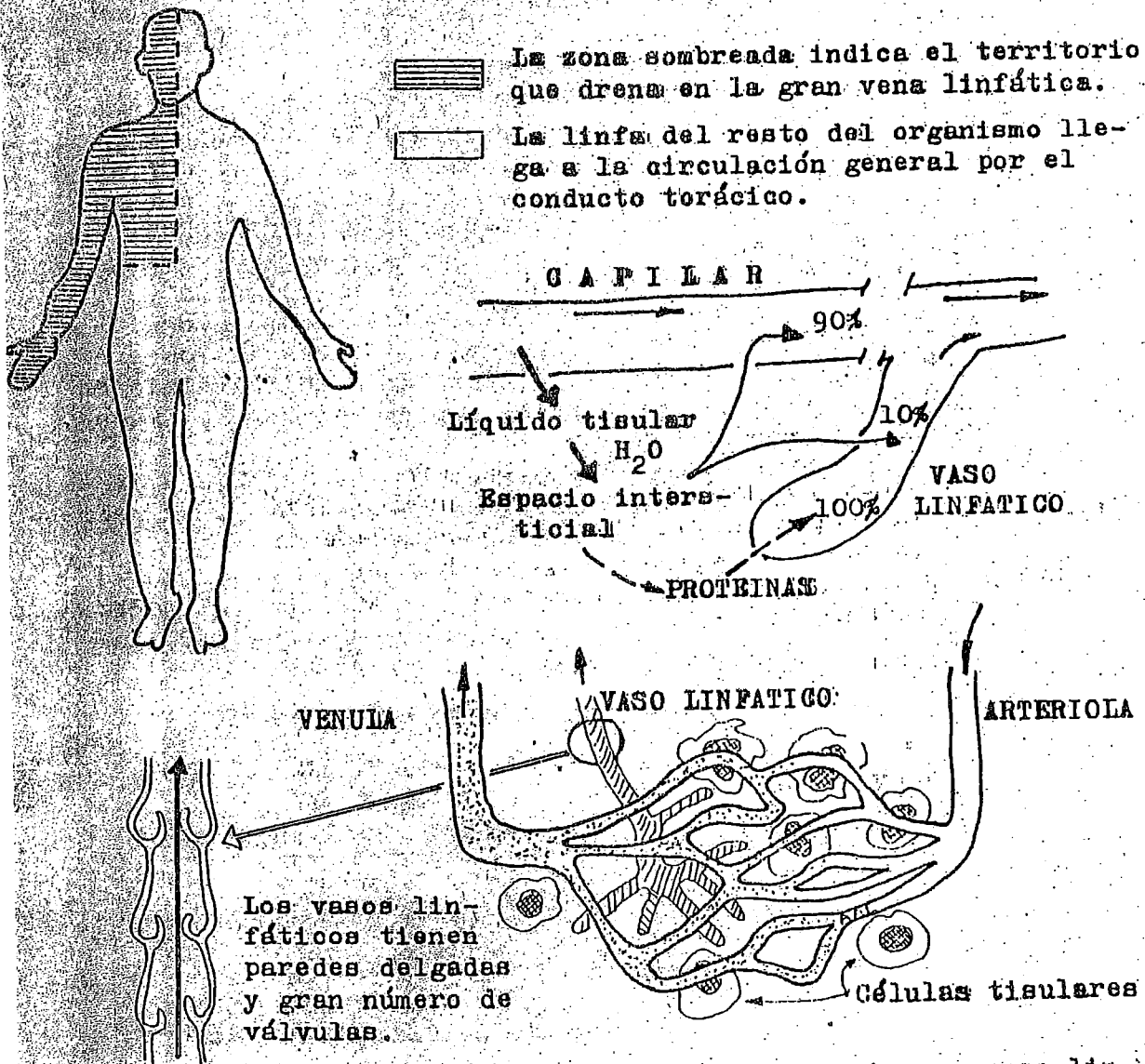


Hay tres anomalías fundamentales de la dinámica de la membrana capilar que suelen producir edema:

- 1) Aumento de la presión hidrostática de los capilares.
(insuficiencia cardíaca; embarazo; compresión por yeso, etc)
- 2) Presión coloidosmótica baja del plasma
(nefropatías; quemaduras graves, hambre, etc.)
- 3) Aumento de la presión coloidosmótica tisular
(bloqueo de los linfáticos; filariasis, extirpación quirúrgica de ganglios linfáticos, etc.)

SISTEMA LINFÁTICO: representa una vía accesoria por la cual líquidos de los espacios intersticiales pueden llegar a la sangre. Los capilares linfáticos son mucho más permeables que los capilares sanguíneos. Ofrecen muy poca resistencia al paso de líquidos, partículas materiales o proteínas desde los espacios intersticiales. Se llama linfa solamente al líquido que está contenido en el sistema linfático. Excepto por su baja concentración de proteínas, los componentes de la linfa son casi iguales a los del plasma. La linfa es simplemente un líquido intersticial filtrado hacia los linfáticos.

DRENAJE LINFÁTICO



BOMBA LINFÁTICA: siempre que se comprime un vaso linfático en cualquier forma, la linfa tiende a ser exprimida en ambos sentidos, pero gracias a la presencia de válvulas sólo pasa en dirección central, de manera que el líquido se mueve en un solo sentido. La bomba linfática (contracción muscular, etc.) se hace muy activa durante el ejercicio y muy poco activa durante el reposo. No existe ningún otro camino fuera de los linfáticos por el cual las proteínas puedan regresar al sistema circulatorio. El aumento de proteínas en el líquido intersticial aumenta el flujo de linfa, lo que permite extraer las proteínas de los espacios tisulares y devolver a su valor normal la concentración de proteínas plasmáticas. LA FUNCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA LINFÁTICO ES LA DE RETIRAR LAS PROTEÍNAS DE LOS ESPACIOS TISULARES.

existe una vasoconstricción general, los latidos del corazón se aceleran, se produce sudoración, la piel se enfría, el flujo de sangre hacia el riñón se reduce y disminuye la expulsión de la orina; al mismo tiempo, entra líquido en la circulación desde los espacios de los tejidos. De esta forma, se restablecen la presión y la circulación sanguíneas, aunque la sangre estará más diluida, es decir, contendrá menos glóbulos rojos y hemoglobina.

La circulación es como un sistema de riles con numerosas vías muertas y un número constante de trenes. Si alguno de éstos maniobra, el tráfico de la línea principal será menos fluido, es decir, la presión sanguínea disminuirá. Una regulación como ésta se producirá en cualquier parte: cualquier inflamación creará una vasodilatación local que irrigará la zona con sangre. Las arteriolas pueden estar abiertas de forma tan amplia que comuniquen su pulso a los capilares, por lo general sin pulso.

El mecanismo que controla los pequeños vasos es, como el del corazón, parte quirúrgico y parte nervioso. Las fibras simpáticas que aceleran el corazón constriñen los vasos y preparan el cuerpo para una emergencia, puesto que desvían la sangre de la piel y los órganos no esenciales hacia los músculos y el cerebro. Las fibras parasimpáticas promueven la relajación y la disminución de la presión sanguínea. Sin embargo, ambos sistemas son reciprocamente cerrados ni dilatados (excepto en el shock grave).

Las arteriolas y los capilares son muy sensibles a la adrenalina circulante, que produce el mismo efecto que el sistema simpático, y se dilatan por la

acción de sustancias liberadas en los tejidos dañados, por ejemplo, la histamina. Como en el corazón, los centros últimos de control se encuentran en la médula, y su función principal consiste en asegurar que la irrigación de sangre al cerebro está garantizada; otros tejidos pueden sobrevivir a la privación de oxígeno durante una hora o más, pero las células cerebrales mueren después de unos pocos minutos por anoxemia.

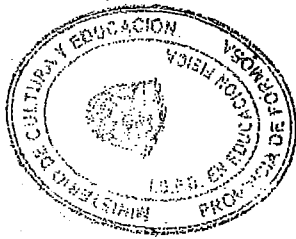
Esto puede apreciarse tras una lesión cerebral que cause una pérdida progresiva de sangre dentro del cráneo; ésta comprime el cerebro y dificulta el bombeo de la sangre desde el corazón. El centro vasoconstrictor de la médula reacciona cerrando los vasos, lo que provoca que la presión sanguínea aumente hasta niveles muy elevados; esto produce una excesiva presión en el cerebro, hasta que deja de funcionar.

Ejercicio

Aunque el corazón y los vasos se ajustan a una situación particular, son anticipados mediante factores mentales; así, la emoción de la espera del inicio de una carrera de coches produce un aumento de la presión sanguínea y del pulso antes de que esto sea físicamente necesario.

Durante un ejercicio agotador, los requerimientos de oxígeno de los músculos pueden ser diez veces mayores que en estado de reposo, lo que debe ser contestado mediante un incremento del gasto cardíaco. La sangre arterial se encuentra ya saturada de oxígeno

mismo efecto puede provocar la contracción del bazo. Unos movimientos respiratorios exagerados succionan más sangre en las grandes venas del tórax. El sistema simpático, ayudado por inundación de adrenalina en la sangre, aumenta la frecuencia cardíaca y la fuerza de cada latido, y moviliza el glucógeno del hígado como azúcar para los músculos. Los productos de desecho de la contracción muscular —dióxido de carbono y ácido láctico— estimulan los centros cerebrales que controlan el corazón, los vasos y la rapidez y profundidad de la respiración.



no y no puede disolverse más. La única forma de transportar más oxígeno a los tejidos consiste en hacer que la sangre circule a una velocidad mayor. Los cambios corporales durante un esfuerzo son complejos. La velocidad de la contracción muscular disminuye la sangre al corazón impulsándola en las venas. Este incremento del flujo venoso implica un aumento equivalente del gasto cardíaco si el corazón no falla. La cantidad de sangre circulante no puede incrementarse, pero sí puede desviarse mayor cantidad hacia los músculos, cerrando los vasos de la piel y el área esplácnica; el

en los capilares y a sólo unos pocos milímetros en las venas principales. En las grandes venas del cuello y del tórax, la presión a menudo es negativa como consecuencia de la acción de succión de la respiración. Cuando se cortan, las arterias sangran desde el extremo más cercano al corazón, a borbotones. Las venas sangran en los extremos más alejados en un flujo pausado. Las heridas de las venas del cuello pueden succionar el aire desde el exterior; esto es peligroso, porque el aire llegaría al corazón y obstruiría el flujo sanguíneo.

La presión sanguínea en las arterias es, de forma alternativa, alta y baja, en correspondencia con la contracción y la relajación del ventrículo izquierdo. La presión sistólica es aproximadamente 130 mm de mercurio, mientras que la presión diastólica es sólo 70 mm, y la fluctuación entre ellas es la presión del pulso, es decir, 60 mm. En las venas y los capilares, las presión es constante. El término "presión sanguínea" se utiliza comúnmente para referirse a la presión arterial y se expresa con dos cifras como 130/70, aunque existe un considerable intervalo de variación. Puesto que la cifra sistólica más alta depende de la contracción del ventrículo izquierdo, y éste está influido por la emoción y el esfuerzo, es la presión diastólica estable la que proporciona una línea de base.

El flujo intermitente desde el corazón a las arterias se convierte en un flujo constante cuando se alcanzan los capilares, debido al retroceso de las arterias y las arteriolas, que continúan transmitiendo fuerza mientras el propio corazón se relaja.

El tiempo empleado para que la sangre recorra la distancia comprendi-

da entre un punto cualquiera, el corazón y los pulmones y vuelva de nuevo al mismo punto se conoce como tiempo de circulación, y es aproximadamente 25 segundos en reposo. Esto no implica que la velocidad de la sangre sea constante, puesto que varía con el latido del corazón y el tamaño de los vasos sanguíneos; en su punto máximo, en las arterias circulando desde el corazón, su velocidad es aproximadamente de 1,6 km/h. No debemos confundir la velocidad del flujo sanguíneo con la de la onda del pulso; ésta es una onda de presión transmitida a una velocidad cercana a 24 km/h a través de la sangre en las arterias, y no se relaciona con ningún movimiento ascendente del propio flujo.

La red de diminutas arteriolas y capilares, o lecho capilar, proporciona la principal resistencia al empuje del ventrículo izquierdo; no obstante, no es una resistencia fija porque las arteriolas tienen tónicas musculares, y los capilares, células contráctiles, que están bajo control químico y nervioso. Háblanos de vasoconstricción cuando éstas se estrechan y de vasodilatación cuando se ensanchan. Ésta es una manera de ajustar la dinámica de la circulación en diferentes zonas, una disposición necesaria para encontrar los efectos cambiantes de la gravedad en diferentes posturas.

Al estar de pie, el volumen mayor de sangre se acumularía en los pequeños vasos del abdomen y de las piernas, que no se encuentran cerrados por una vasoconstricción. Este importante estrechamiento causa un aumento de la presión sanguínea por todo el cuerpo, cuando el resto de vasos se sobredistenden. Por el contrario, una vasodilatación extensa conduce a un

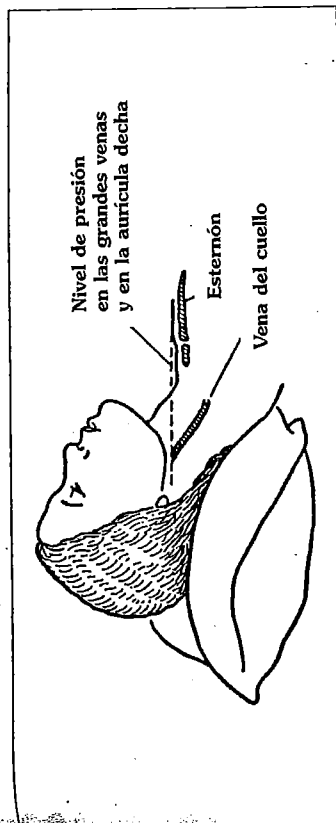


Figura 16.7: Se muestra el nivel básico de la presión venosa en el depósito de la aurícula derecha del corazón mediante la extensión de la columna de sangre visible en las venas superficiales del cuello

estancamiento y una disminución de la presión sanguínea. La enorme área vascular de los órganos abdominales forma lo que se conoce con el nombre de reserva esplácnica, en contraste con el lecho capilar somático en la piel, los músculos y el esqueleto. Cuando los vasos espláncicos se dilatan, como después de una abundante comida, disminuye la presión sanguínea y decrece la irrigación sanguínea hacia el cerebro. Este hecho produce un cierto adormecimiento con una tendencia a tumbarse como consecuencia de una anemia cerebral temporal; la circulación, entonces, se mantiene con más facilidad en posición horizontal. Un síncope es un cambio agudo, de la misma naturaleza del que se produce después de un shock, que provoca una vasodilatación esplácnica.

A menudo, en la gente mayor, este mecanismo de control es inadecuado y hay un súbito descenso de la presión sanguínea, o hipotensión postural, cuando se encuentran de pie, lo que puede provocar caídas o desmayos.

En un shock quirúrgico, que se desarrolla tras graves lesiones o quemaduras, puede producirse una expansión tan extensa de los capilares que el cuerpo "sangre para morir en sus propios vasos sanguíneos": se produce una gran disminución de la presión sanguínea y el corazón dispone de muy poca sangre para trabajar, o los pulmones, para airear.

La adición de líquido a la sangre tiene poco efecto si éste es cristalóide; el exceso de agua y de sales pasa rápidamente a los espacios de los tejidos. Si el líquido tiene un contenido de colóide, esto no sucederá y los vasos se dilatarán para acomodar el líquido extra sin causar ningún aumento de la presión; entre tanto, los riñones son estimulados para dejar pasar más orina. La pérdida de sangre, como en casos de donación de, digamos, 600 ml, se compensa de forma tan eficaz que los efectos circulatorios son insignificantes. Pero la pérdida repentina de más de 1 litro de sangre produce una grave disminución de la presión sanguínea que debe ser compensada:

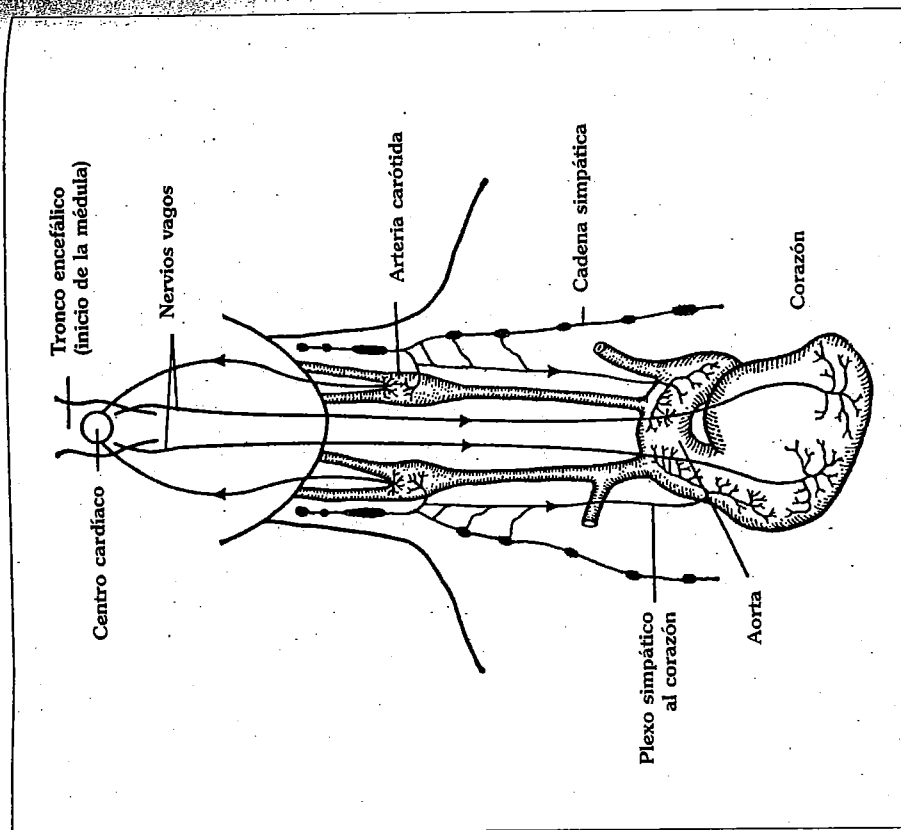


Figura 16.5: Control nervioso del corazón: disposiciones anatómicas (adaptado de *Principles of Human Physiology*, de Starling)

Las fibras *parasimpáticas* derivan de un nervio denominado *vago*, que se extiende desde la base del cerebro a través del cuello y el tórax. Deprimen la acción del corazón, enlenteciendo su frecuencia y debilitando su fuerza. Si el nervio se estimulara ex-

perimentalmente, el corazón podría detenerse (una presión firme sobre los globos oculares excita el vago y detiene el pulso). La acción que ejerce el vago se logra por la liberación de *acetilcolina* en sus terminales, en el músculo cardíaco.

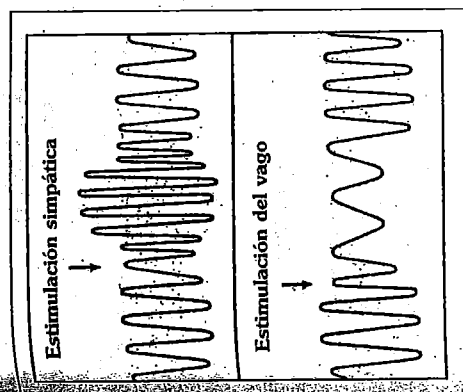


Figura 16.6: Control nervioso del corazón. La estimulación simpática produce un rápido y enérgico latido, y la acción parasimpática, un latido más lento de menor amplitud

Las fibras *simpáticas* derivan de la cadena simpática, que discurre a cada lado de la columna vertebral. Aceleran el latido del corazón e incrementan la fuerza de la contracción gracias a la liberación de *adrenalina*. La adrenalina del sistema suprarrenal también alcanza el corazón por medio de la circulación en momentos de tensión, produciendo un rápido y poderoso latido.

Las últimas estaciones celulares de las que se derivan las fibras simpáticas y parasimpáticas se encuentran en la parte inferior del tronco cerebral, o médula, donde forman dos centros, uno inhibitorio y el otro excitador de la función cardíaca. Ejercen un control central sobre la base de la información recibida desde varias zonas del cuerpo, sobre todo de los receptores relacionados con la distensión o la presión del corazón y de las grandes arterias. Estos

mensajes indican el llenado del corazón, la presión sanguínea y la extensión de la dilatación cardíaca. Los centros de control reaccionan para asegurar que el corazón lata más rápida y vigorosamente si la entrada de flujo venoso aumenta o la presión arterial disminuye y que se enlentezca y lata más débilmente si los cambios son inversos.

El corazón se irriga a sí mismo desde dos vasos diminutos, las *arterias coronarias*, que nacen en la parte inicial de la aorta y se ramifican en la superficie del órgano. Son sensibles al control nervioso y a los cambios de la oxigenación de la sangre, incrementando la irrigación sanguínea hacia las paredes del corazón cuando se produce una demanda extra. Una enfermedad coronaria (aterosclerosis) o una obstrucción por un coágulo (trombosis coronaria) interfiere en la capacidad del corazón para responder a la demanda. El gran gasto de energía del corazón se obtiene no de la glucosa —como en el músculo esquelético— sino de los ácidos grasos libres, los cetócidos y el lactato sanguíneo, y el músculo cardíaco es sensible a los cambios de la concentración de los iones de sodio, potasio y calcio.

LA CIRCULACIÓN

Existe un *gradiente de presión* en la circulación, que disminuye desde el ventrículo izquierdo a través de las arterias y capilares a niveles muy bajos o cero en las venas. Esta presión se mide en términos de una columna de mercurio. En todas las arterias es aproximadamente 120 mm de mercurio, pero disminuye a 20 mm

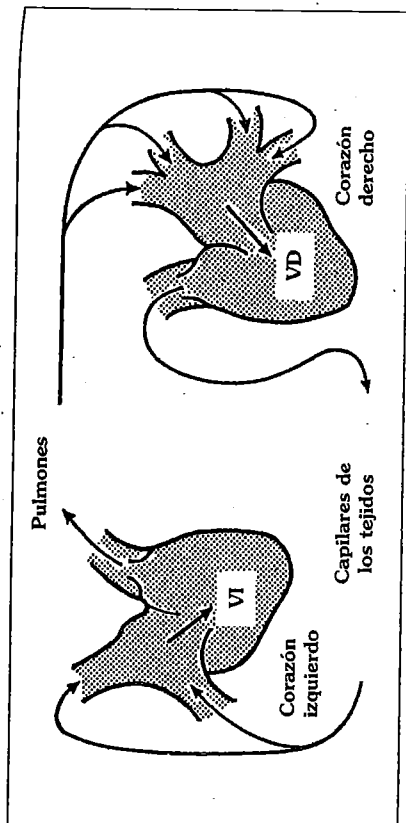


Figura 16.4: Los dos lados del corazón representados como órganos separados

Aunque las dos mitades del corazón constituyen un único órgano, realizan funciones separadas. La aurícula y el ventrículo de cada lado constituyen un par de cámaras relacionadas con el bombeo de la sangre hacia un territorio particular, y aunque la sangre los atraviesa en cada bombeo, podríamos imaginar las mitades derecha e izquierda como órganos separados que se han unido por conveniencia (Fig. 16.4). El gasto del corazón debe ser, obviamente, el mismo en ambos lados, o la sangre se obstruiría en un lado. Este gasto, en situación de reposo en el adulto, es aproximadamente 3-4 litros por minuto, es decir, el total de la sangre del cuerpo pasa a través del corazón en unos dos minutos.

El **volumen sistólico** es la cantidad de sangre expulsada en la sístole desde el ventrículo izquierdo a la aorta, aproximadamente 60-100 ml/min. El gasto por minuto es igual a esta cantidad multiplicada por la frecuencia del pulso.

El control del corazón

La actividad del corazón varía mediante la alteración de su **frecuencia cardíaca** o su **potencia de contracción**, es decir, su **gasto**. El factor más influyente de este gasto es el flujo de entrada desde las grandes venas, puesto que el gasto debe ser igual a éste, sea cual sea la resistencia de la circulación general, o la sangre se bloqueará en el sistema venoso; esto es lo que sucede en la insuficiencia cardíaca. La entrada de flujo venoso está muy influida por la acción de succión de la respiración. La respiración causa una presión negativa dentro del tórax que drena sangre dentro de las grandes venas y de la aurícula derecha desde los troncos venosos de la cabeza, el abdomen, y las extremidades. Además, el llenado del corazón se debe en gran medida a la respiración ordinaria: una respiración profunda incrementa la

entrada y aumenta, por lo tanto, el gasto cardíaco, acelerando el pulso en la muñeca; por el contrario, si la presión dentro del tórax aumenta a causa de un esfuerzo, las grandes venas se contraen, el gasto cardíaco desciende y el pulso se debilita.

De forma mecánica, el trabajo del corazón, es decir, la energía producida en la contracción ventricular, se utiliza de dos formas. Primero, la sangre expulsa adquiere una velocidad y un momento definidos, y segundo, la resistencia del árbol arterial debe vencerse, proporcionando la distensión de las paredes arteriales y la tendencia al retroceso de un depósito de energía potencial, como si se tratara de una fuente comprimida. La mayoría del trabajo que se realiza consiste en vencer la resistencia arterial. Durante el transcurso de una vida normal, el trabajo que realiza el corazón es equivalente al levantamiento de un peso de 10 toneladas a una altura de 16 km.

La resistencia circulatoria es igual a la presión sanguínea arterial, adaptándose el corazón para expeler exactamente su captación de sangre, sea cual sea la presión arterial. Esta adaptabilidad se encuentra en el poder que poseen las fibras musculares del corazón para contraerse con más fuerza cuanto mayor sea la distensión y viceversa. Obviamente, existe un límite en la capacidad del corazón para dilatarse si aumenta convenientemente la demanda, pues las contracciones aumentarían, causando hipertrofia de sus fibras. Uno de estos límites consiste en que su bolsa fibrosa, o pericardio, no puede distenderse, mientras que otro se refiere a las desventajas mecánicas que poseen las fibras distendidas para trabajar. Esta propiedad de superar los

obstáculos, como las válvulas con fugas o el aumento de la presión sanguínea, se conoce como **compensación**, y produce un órgano más grande o más grueso de lo normal. Pero cuando los límites de ajuste se sobrepasan, existe una **descompensación**: el gasto no se corresponde con la entrada de flujo y las venas se convierten en almácenes estancados.

La presión sanguínea dentro del corazón puede medirse insertando un catéter cardíaco, un tubo que penetra en el órgano desde una arteria o vena del brazo o de la pierna. La presión de la circulación sistémica es cinco veces mayor que en el lado pulmonar. La estabilización de la presión sanguínea es importante, sobre todo para los riñones y el cerebro: el riñón deja de secretar orina si la presión sistólica disminuye por debajo de los 50 mm de mercurio y, por otro lado, cualquier individuo no puede vivir más que unos minutos si el cerebro no recibe sangre arterial.

El control nervioso del corazón

Aparte de su mecanismo de autorregulación, existe un control nervioso para adaptar el órgano a las necesidades del organismo. Este se efectúa por las ramas de los dos constituyentes del sistema nervioso autónomo independiente: el simpático y el parasimpático. Como sucede en los intestinos y en la vejiga, los dos son mutuamente antagonistas, pero trabajan juntos para lograr un control equilibrado (Fig. 16.5).

culares por la constricción y dilatación para interrumpir o incrementar el flujo sanguíneo. Las venas forman un reservorio no elástico que puede estancarse si sus válvulas se vuelven ineficaces o falla el corazón.

El flujo en las venas es más lento que en las arterias como consecuencia de su mayor área transversal total, aunque el volumen de sangre transmitido por minuto debe ser el mismo. En las arterias existe fricción entre la sangre y las paredes del vaso, y las células sanguíneas tienden a adherirse en la periferia de forma que el flujo es más rápido en el centro.

Cuando las arterias se dividen, el área del corte transversal de sus ramas aumenta hasta el área total o "lecho capilar", que puede ser 1.000 veces el de la aorta. Éste es otro aspecto de la disminución progresiva de la presión sanguínea cuando las arteriolas se ramifican en capilares. Cuando todos los capilares están muy dilatados, como

en un shock, la presión sanguínea desciende acusadamente.

EL CORAZÓN

El corazón es una bomba que late de forma regular y continua durante setenta años, con un intervalo de descanso no mayor a una fracción de segundo. Esta contracción rítmica es inherente e independiente del control nervioso; los corazones de pollo se han mantenido latiendo en un medio de cultivo durante muchos años.

El corazón late aproximadamente setenta veces por minuto, de forma más rápida en los niños y por encima de ciento cincuenta veces por minuto en el feto en el útero. La contracción se conoce como *sístole*, y la relajación, como *diástole*. Cada latido comienza como una contracción simultánea de ambas aurículas, que expelen

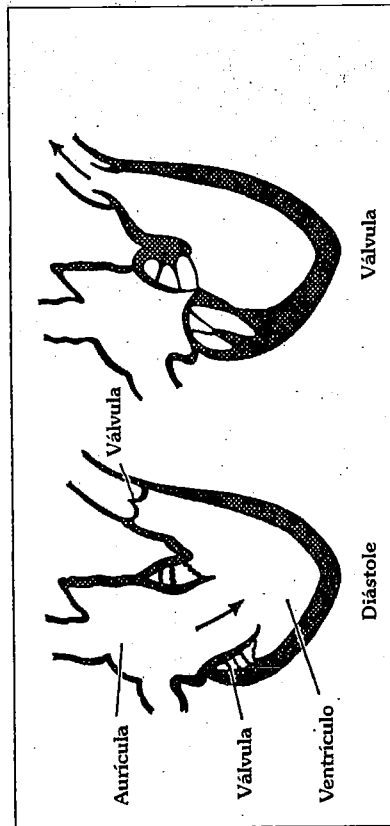
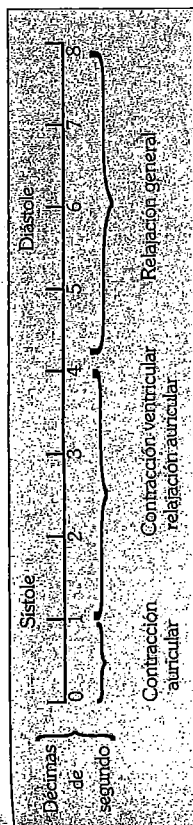


Figura 16.3: En la relajación o diástole, la sangre fluye al ventrículo desde la aurícula, a través de la válvula abierta. En la contracción o sístole, la válvula se encuentra cerrada cuando el ventrículo propulsa su sangre a la aorta o a la arteria pulmonar.

sangre a los ventrículos, proceso que se sigue por una contracción ventricular que proyecta la sangre hacia las grandes arterias. Este ciclo tarda ocho décimas de segundo, de las cuales la contracción auricular gasta una décima, la contracción ventricular tres décimas y la diástole cuatro décimas. Durante la diástole, las aurículas actúan



como receptáculos pasivos que drenan las grandes venas, puesto que se contraen un poco antes que los ventrículos, mientras estos aún están relajados. Las aurículas no desempeñan un gran trabajo y sus paredes son relativamente delgadas. Los ventrículos deben vencer la resistencia de la circulación periférica, sobre todo la elasticidad de las arterias, cuyas paredes son fuertes. El ventrículo derecho es el único relacionado con la conducción de sangre hacia los pulmones. Trabaja menos que el izquierdo, y su pared es poco espesa.

La secuencia regular del ciclo cardíaco se debe a dos pequeños focos de tejido conectivo sensible que desencadenan cada contracción. Estos puntos nodales se estacionan, uno en la unión entre las grandes venas y las aurículas, y el otro en la unión auriculoventricular. Están conectados al músculo del corazón por un conjunto de fibras que descienden por el septo entre las dos mitades del órgano, dando ramas a cada lado. El corazón es flácido en la diástole

repetidos después de cada pausa diastólica. Estos sonidos se pueden representar de la forma siguiente,

... lubb, dupp ... lubb, dupp ... lubb, dupp ...

y se asocian con la contracción ventricular. El primero es el golpe de cierre de las válvulas en forma de paracaídas que previene que el flujo retroceda de los ventrículos a las aurículas. El segundo se produce al final de la contracción ventricular, cuando las válvulas se cierran conjuntamente en la entrada de las grandes arterias para prevenir un retroceso del flujo hacia los ventrículos.

Las contracciones de las cámaras del corazón deben estar coordinadas. Una contracción descoordinada se conoce como una *fibrilación*, que tiende a impedir cualquier acción propia de bombeo. La fibrilación auricular no es rara; no es grave y se puede controlar por medio de drogas digitales. La fibrilación ventricular es fatal si no se trata adecuadamente con rapidez.

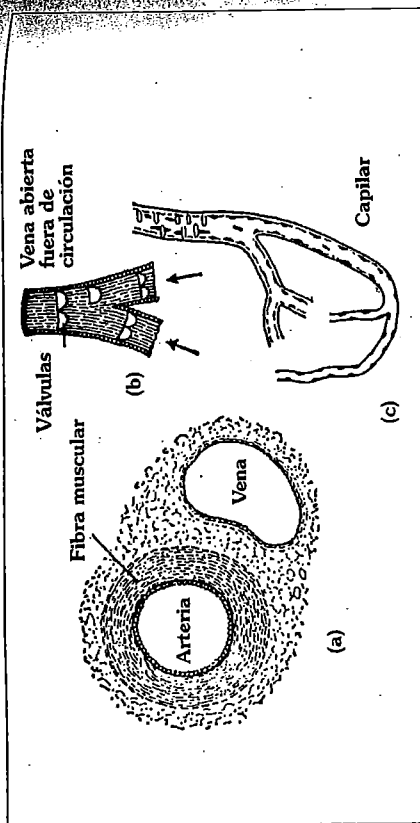


Figura 16.1: (a) Corte transversal de una arteria y una vena, que muestra la capa muscular mucho más espesa de la primera. (b) Vena abierta longitudinalmente que muestra las válvulas con sus cavidades dirigidas hacia el corazón. (c) Capilar con sus delicadas paredes

mecanismo de *feedback* (retroalimentación) entre el nivel sanguíneo de glucosa y la producción de insulina, o entre un estado de dilución y la actividad hipofisaria (pág. 287).

Existen dos circulaciones separadas: una circulación sistémica, relacionada con el cuerpo en su conjunto y dirigida por el lado izquierdo del corazón; y una circulación pulmonar, relacionada con el paso de la sangre a través de los pulmones y dirigida por el lado derecho del corazón. Los dos lados del corazón están separados y cada uno contiene una cámara superior o aurícula que recibe sangre de las grandes venas, y una cámara inferior, o ventrículo, que descarga sangre en las grandes arterias. La sangre venosa del cuerpo entra en la aurícula derecha, pasa hacia el ventrículo derecho y se expulsa a través de la arteria pulmonar para atravesar los capilares de los pulmones. Aquí, recibe oxígeno fresco de los sacos aéreos y desprende dióxido

de carbono que será exhalado. La sangre fresca vuelve desde los pulmones en las venas pulmonares a la aurícula izquierda, descende al ventrículo izquierdo y es distribuida por la gran arteria del cuerpo, la aorta, a la cabeza, el tronco y las extremidades. En los tejidos, la sangre se vuelve oscura y venosa y es recogida en dos grandes venas: la vena cava superior, que drena la cabeza y los brazos, y la vena cava inferior, que drena el tronco y las piernas.

Las arterias del cuerpo contienen sangre limpia y las venas sangre vieja. La situación inversa se produce en los vasos pulmonares porque los pulmones están relacionados con el reverso de estos estados químicos.

Existe una disposición especial de los vasos abdominales. Las venas que abandonan muchas estructuras se dirigen directamente hacia el corazón, mientras que las del estómago y el intestino entran en el hígado, donde se

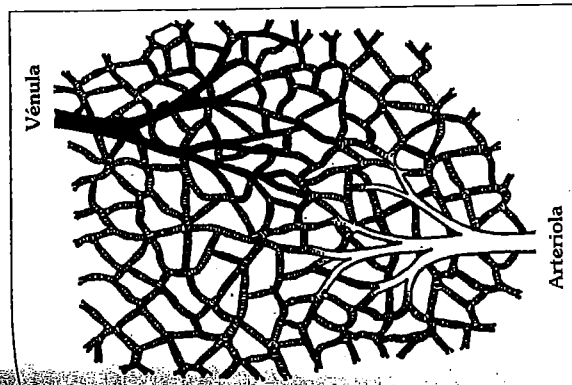


Figura 16.2: Diagrama de una red capilar y los vasos que lo irrigan y drenan (de A a Z). *Companion to Medical Studies, Vol. 1*

dividen en un segundo conjunto de capilares, de forma que la sangre se filtra a través del hígado antes de llegar al corazón. Esto asegura que el hígado utiliza y almacena los alimentos absorbidos desde los intestinos, y se conoce con el nombre de sistema portal.

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LA CIRCULACIÓN GENERAL

La circulación es un sistema cerrado y, aunque el calibre de los va-

sos sanguíneos varía enormemente, la sangre nunca entra en contacto libre con los tejidos. El corazón actúa como un mecanismo de empuje en una tubería, para recibir sangre de las venas con una presión baja y bombearla hacia las arterias con una presión alta. Cuando la sangre alcanza finalmente los capilares de paredes delgadas, el plasma se difunde mezclándose con los líquidos de los tejidos, que bañan las células.

Existe un gradiente de presión desde el nivel alto en las grandes arterias hasta un punto intermedio en los capilares y un nivel bajo en las venas, que puede ser cero. La circulación por las venas depende en gran medida de la asistencia exterior: la acción succionadora de la respiración que conduce sangre hacia el tórax y la contracción de los músculos alrededor de las venas en las extremidades. Así, al caminar, las venas de las piernas se vacían por la acción de los músculos y sus válvulas previenen el reflujo y dirigen el flujo hacia el corazón.

La diferencia entre las venas y las arterias se refleja en su estructura: las venas tienen paredes delgadas con poco tejido muscular o elástico, mientras que las arterias tienen tunicas espesas con mucho tejido muscular y elástico. El árbol arterial es un sistema elástico de distribución con un retroceso hacia el latido del corazón, que se transmite para producir el pulso que se siente en la muñeca o en la sien. El poder contráctil de las arterias mantiene una presión sanguínea alta a una gran distancia del corazón, como si fuera un sistema de tubos no elásticos. Las arterias más pequeñas y las arteriolas también pueden ejercer una acción selectiva sobre la circulación en regiones parti-

retículoendoteliales en muchos órganos, pudiendo atacar directamente a las células del sistema nervioso. Así, las manifestaciones clínicas consisten en: (a) infecciones oportunistas del pulmón y otras, así como cánceres, debido al fracaso de la vigilancia inmunológica, y (b) disfunción progresiva del sistema nervioso, los pulmones, los intestinos, la piel y otros órganos. Cuando transcurren cinco años desde la infección, alrededor de una cuarta

parte de las víctimas desarrollan la enfermedad clínica completamente desrollada, que es inevitablemente fatal, muriendo la mayoría dentro de los tres años posteriores al diagnóstico. Es posible que la tasa de mortalidad para todas las personas infectadas tras 20-30 años después de la infección sea del 50%, es decir, muchas de las personas infectadas no desarrollan toda la enfermedad clínica, aunque este hecho todavía no se conoce con exactitud.

CAPÍTULO 16

EL CORAZÓN Y LA CIRCULACIÓN

mosis, que aseguran una adecuada irrigación sanguínea a cualquier parte, incluso cuando un vaso se obstruye. En unas pocas situaciones no hay anastomosis y la arteria local es una *arteria final*, la única irrigación sanguínea: la arteria de la retina es una arteria final y su oclusión causa ceguera.

La circulación es un dispositivo para el transporte de materiales que mantienen el equilibrio interno de los tejidos y líquidos corporales. Sus funciones son el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta las células corporales y de dióxido de carbono desde las células hasta los pulmones; el transporte de nutrientes hacia las células y de los productos de desecho desde las células a los riñones, y el transporte del exceso de temperatura hacia la piel para perderse en el exterior, manteniendo la temperatura del cuerpo constante. La sangre también es un vehículo para cierto número de sistemas de control, por ejemplo, el

La circulación es un circuito cerrado alrededor del cual la sangre es impulsada por las contracciones del corazón. La sangre es conducida a las arterias, tubos elásticos de paredes espesas que mediante su retorcido ayudan a distribución de aquélla. Las arterias se dividen en ramas cada vez más pequeñas hasta llegar a una red de finos *capilares* —vasos de paredes delgadas y microscópicas que se difunden por todos los tejidos, excepto la córnea del ojo, la capa exterior de la piel y los cartílagos articulares. Esta red se articula para formar pequeñas venas, que se vuelven grandes troncos cuando se dirigen centralmente hacia el corazón. Las venas tienen paredes finas, no poseen pulso y contienen válvulas para prevenir el retorcido del flujo.

Las ramas más pequeñas de las arterias se denominan *arteriolas*. Estas se comunican libremente por ramas comunicantes denominadas *anasto-*

ce como extraño y se rechaza. Un niño gravemente quemado podrá recibir injertos de sus parientes con un éxito relativo, pero los injertos se desecharán después de unas pocas semanas, debido al ataque local que realizan los linfocitos. Depende del hecho de que las sustancias antigénicas que contenga un individuo se encuentren o no en otra persona. Una situación similar se presenta en los trasplantes de órganos completos, como el corazón o el riñón.

Todos estos hechos se relacionan con la reacción *huésped contra injerto*. Existe también una reacción *injerto contra huésped*; ciertas transfusiones celulares pueden dañar el hígado, los pulmones, los riñones y el sistema linfático, más frecuentemente en las transfusiones de sangre o de fracciones sanguíneas.

Timo

El timo es una gran estructura lobulada situada por detrás de la parte superior del esternón, que cubre los grandes vasos que nacen del corazón y la parte superior del pericardio (Fig. 15.4). Es más grande en los niños y se reduce en los adultos a un mero residuo. Es un órgano linfático, pero no participa en la circulación linfática general. Muchos linfocitos se forman en el órgano, pero la mayoría nunca abandonan el ganglio.

En el feto y en el niño, el timo parece controlar el desarrollo de los ganglios linfáticos y el tejido linfático. Si no existe, no se produce tal desarrollo, los linfocitos son escasos y se produce la muerte por infección a causa de un

fracaso de los procesos inmunes. En el adulto, el timo es una fuente de nuevos linfocitos para el proceso inmunológico, pero no es la única, y su eliminación produce poco perjuicio, aunque se observa una disminución de la capacidad para la respuesta inmune celular. Tras una fuerte irradiación, las actividades de la médula ósea y el tejido linfático disminuyen gravemente desapareciendo a veces de manera temporal; el timo es más resistente y controla la restauración de la inmunidad celular y de la producción de linfocitos. La importancia de esto consiste en que se utiliza a menudo la irradiación para suprimir una respuesta inmune no deseada, por ejemplo, después de un trasplante.

El timo parece tener importancia en la "vigilancia inmunológica", o la capacidad para reconocer ciertos antígenos como extraños y reaccionar contra ellos. Lo contrario a esto es la "tolerancia inmunológica". Todo individuo es tolerante con sus propios tejidos y, por lo general, nunca reacciona contra ellos. Es también tolerante con antígenos extraños encontrados en el período fetal o neonatal. En ciertas circunstancias, la respuesta inmune puede estimularse por los antígenos celulares de un individuo y pueden ser atacados sus propios tejidos, lo que causa varias enfermedades, como tiroiditis o artritis reumatoide. El timo está implicado activamente en este proceso, en el que un autoantígeno se vuelve hostil. La reacción de anticuerpos protectores puede producirse con tal violencia que ponga la vida en peligro, sobre todo cuando hay un largo intervalo entre la primera y la segunda dosis de un agente sensibilizante. Entonces, la neutralización se produce no

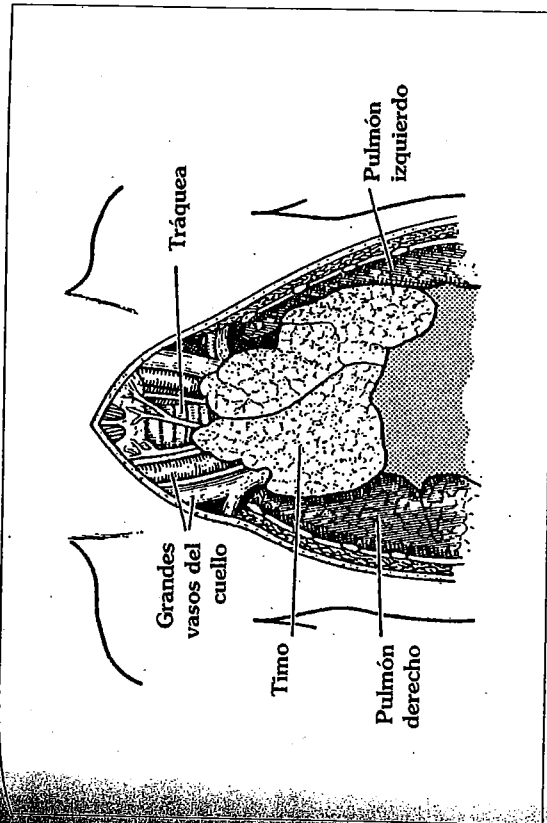


Figura 15.4: El timo en un recién nacido (según Gray)

en el flujo sanguíneo, sino en los tejidos, y puede producirse un shock y colapso graves, incluso la muerte. Esta reacción, conocida como *anafiláctica*, es rara en el hombre.

Las actividades defensivas del sistema reticuloendotelial pueden ser defectuosas desde el nacimiento o llegar a serlo en edades más tardías, por lo que podemos hablar de un *síndrome de deficiencia inmunológica congénita o adquirida*. Hasta la época actual, la causa natural de un síndrome adquirido consistía en la acción de los esteroides u otras drogas, utilizadas de liberadamente como *inmunosupresores* para prevenir el rechazo de órganos injertados, aunque tal supresión dura más tiempo que el tratamiento. Pero en años recientes hemos observado la propagación del SIDA, una in-

fección en la que la inmunosupresión la realiza un virus conocido como VIH: virus de la inmunodeficiencia humana. El virus se transmite en el acto sexual, por inoculación, por transfusión de sangre o de productos sanguíneos, o bien, por último, por contagio de la madre al hijo en el útero.

La enfermedad posee un largo período de incubación, durante el cual el huésped puede potencialmente infectar a otras personas. El ADN vírico se incorpora permanentemente en el ADN de muchas células huésped, y cuando estos genes extraños ordenan la formación eventual de nuevas partículas víricas, comienza la destrucción de las células huésped. El virus se une a, y destruye, linfocitos que circulan en el sistema inmunológico, pero también infecta otros tipos de células

jidos no han participado en la elaboración del agente protector. Esta protección sólo es temporal, y solamente tiene valor en el tratamiento precoz de enfermedades, o en el intento de anticiparse a éstas. No tiene ningún valor en protecciones a largo plazo.

Los bebés poseen una inmunidad congénita contra las infecciones como el sarampión. Esta inmunidad es pasiva y se deriva, mientras está en el útero, del flujo sanguíneo de la madre, que posee una inmunidad activa permanente propia a partir de un ataque en su infancia. Como consecuencia de que la resistencia del niño es prestada, se pierde a los pocos meses.

La producción de anticuerpos que circulan en la sangre se conoce como el tipo *humoral* de respuesta inmune. Otro mecanismo inmune específico, la respuesta celular, se realiza por pequeños linfocitos que reconocen y responden a ciertos antígenos, migrando desde la sangre hacia tales antígenos para proteger el cuerpo contra sus efectos. Una u otra respuesta pueden predominar, pero normalmente ambas son operativas.

El sistema reticuloendotelial media tanto la respuesta fagocítica inicial como la reacción inmune a largo plazo. Produce tanto los anticuerpos como los linfocitos en los ganglios linfáticos, las amígdalas y el bazo, y la formación reticular de la médula ósea. En esta última, las células reticulares son también las precursoras de los glóbulos rojos y de los polimorfos, es decir, las células reticulares pueden desarrollarse en forma de linfocito, de polimorfo o de glóbulos rojos, dependiendo de la situación.

El sistema linfático está formado por vasos y ganglios linfáticos, o nódulos,

los, representando el bazo la mayor masa de tejido linfático. Los linfáticos forman plexos en todos los tejidos corporales, excepto en el sistema nervioso central (ver Fig. 15.3). Drenan en los troncos con válvulas unidireccionales, permitiendo que el líquido pase solo hacia el corazón, acompañando a los mayores vasos sanguíneos. En los miembros, los ganglios se encuentran situados principalmente en las partes articuladas de los codos y de las rodillas, así como en las axilas y la ingle. Otros ganglios se encuentran cerca de las vísceras principales en el abdomen, en el mesenterio y a lo largo de la aorta y la vena cava inferior; otros, por último, se sitúan en la raíz de los pulmones y en la bifurcación de la tráquea.

Un ganglio tiene la forma de una judía gris-rosácea (ver Fig. 15.3). Los linfáticos aferentes drenan en él y los eferentes lo abandonan, transportando linfa con linfocitos y anticuerpos añadidos. Se forman constantemente nuevos linfocitos en los centros germinales y entran en la sangre o en la linfa que drena el ganglio. También reentran en el ganglio desde la circulación.

El ganglio linfático es un filtro en el que el linfático aferente descarga desechos o bacterias para la fagocitosis por las células reticuloendoteliales. También recibe antígenos y reacciona con respuestas combinadas humorales y celulares. Produce nuevos linfocitos y es un centro en el que los viejos hacen escala.

El bazo (ver pág. 157) puede considerarse como un ganglio linfático muy especializado. Su contenido reticuloendotelial transporta en forma de fagocitosis los glóbulos rojos destruidos y otros desechos del flujo sanguíneo. En ciertas situaciones, como en

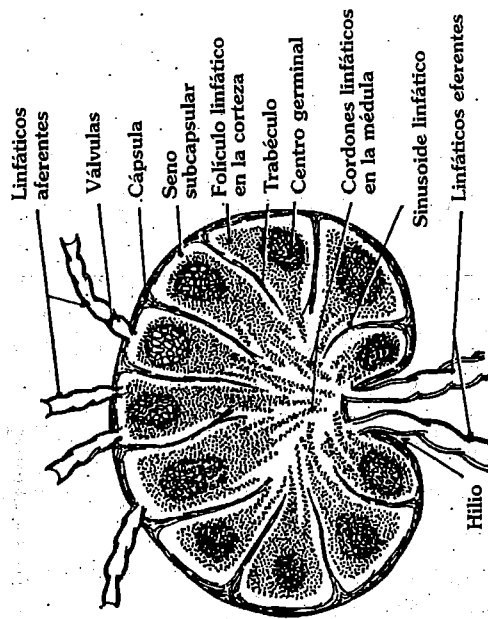


Figura 15.3: Diagrama de un ganglio linfático (de A Companion to Medical Studies, Vol. 1)

una anemia grave, los glóbulos rojos se producen, de forma anormal, en el bazo. Puede contraerse y expeler sangre hacia la circulación en caso de demandas por una emergencia, como sucede en el esfuerzo. Es también una fuente de linfocitos y anticuerpos.

Cuando el bazo elimina de la circulación glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, contiene una gran cantidad de pigmento de hierro. Siempre que los glóbulos rojos se destruyen de forma importante, las funciones del bazo se amplían para enfrentarse con esa situación, como, por ejemplo, en la malaria, en la que los parásitos habitan dentro de los glóbulos rojos. Esta ampliación de las funciones del bazo es usual en países donde la malaria es endémica.

Sin embargo, el bazo no es un órgano esencial para vivir. A menudo se lesiona en accidentes y puede eliminarse sin perjuicio, porque sus funciones serán realizadas por otros órganos del sistema reticuloendotelial.

Los linfocitos generan pocos o ningún anticuerpo, pero en respuesta a estímulos antígenicos se vuelven capaces de "reconocer" los antígenos y amontonarse en torno a lugares localizados. Además, el linfocito puede transformarse a sí mismo en una célula más grande y más primitiva que forma anticuerpos.

La inmunidad linfocítica es importante en la reacción ante injertos de otros individuos. El material tisular de cualquier otra persona, excepto en el caso de gemelos idénticos, se recono-

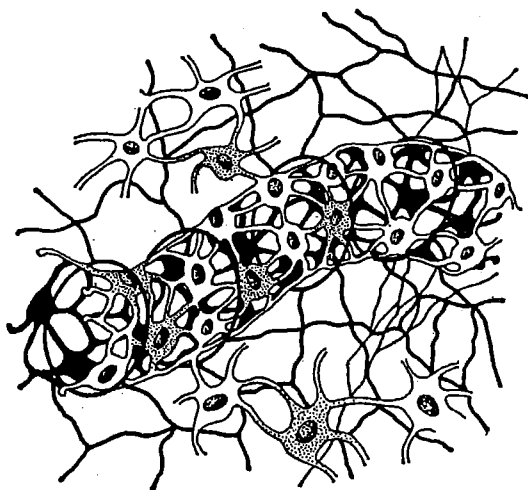


Figura 15.2: Reticuloendotelio. Obsérvese la red de reticulina, las células reticulares y el revestimiento semejante a un endotelio que forma sobre la trama de reticulina de los canales de líquido o sinusoides (de A Companion to Medical Studies, Vol. 1)

1. **Virus**, como los que producen parálisis infantil y varicela, que son muy pequeños para verse con el microscopio óptico y atraviesan filtros muy finos.
2. **Bacterias**, organismos visibles microscópicos, como las de la peste o la fiebre tifoidea.
3. **Parásitos**, más grandes, que son células individuales pero todavía microscópicas, como los protozoos de la malaria, la sífilis y otras enfermedades.

La defensa primaria es la cubierta exterior y los revestimientos internos del cuerpo, el "envoltorio epitelial", normalmente intacto. La piel es un obstáculo físico. La membrana muco-

sa es más sensible, pero, en ella, los organismos se enredan en el moco o son transportados hacia fuera por los cilios de las células en ciertas zonas (como en las vías aéreas). La secreción de ciertas glándulas es bactericida, como la lacrimal y la salival. Un epitelio intacto es una buena prueba contra la invasión, pero los gonococos y las espiroquetas, que provocan la gonorrea y la sífilis, pueden atravesar las membranas mucosas intactas del tracto genital.

Una vez que los organismos han entrado en los tejidos, la primera defensa consiste en el ataque por parte de los fagocitos del sistema reticuloendotelial que deambulan hacia todas partes devorando desechos y organis-

mos. Algunos procesos menores pueden ser llevados a cabo por fagocitos disponibles localmente, pero por lo general es necesario conseguir refuerzo aumentando la irrigación sanguínea local para proporcionar muchos más fagocitos. Todos los capilares se dilatan ampliamente y los granulocitos migran a través de las paredes capilares hacia el lugar de la infección, donde se acumulan. Cuando se vence la infección y se eliminan los desechos, la reparación se lleva a cabo gracias al crecimiento de tejidos fibrosos en las profundidades de la herida, así como al crecimiento hacia dentro del epitelio superficial.

Aunque las reacciones a las lesiones y a las infecciones son similares, las últimas requieren muchos más fagocitos. En un foco infeccioso que esté a resolver después de cuarenta y ocho horas, se empieza a formar pus (una colección líquida de fagocitos y bacterias muertas) en el centro. Sin embargo, el pus no se presenta en heridas curadas, a menos que se desarrolle una infección secundariamente.

Este proceso de inflamación está señalado por un enrojecimiento y calor debido a un aumento de la vasculación; por sudor, a causa de la exudación de líquido desde los capilares, y por dolor, debido al estiramiento de los terminales nerviosos.

Además de esta defensa contra los organismos invasores, existe otra defensa en capas más profundas contra las sustancias extrañas que aquellos producen. Esta opera por todo el cuerpo, se conoce con el nombre de respuesta inmune y es una reacción contra las sustancias extrañas, normalmente proteínas, conocidas como antígenos. Existe una síntesis de gamma-

globulinas en el suero, conocidas como anticuerpos, que interactúan específicamente con antígenos extraños, neutralizando sus efectos tóxicos, destruyendo las bacterias o facilitando su fagocitosis. Esta defensa es necesaria porque las bacterias pueden afectar el cuerpo en su conjunto, bien invadiendo los líquidos sanguíneos y linfáticos, bien formando una toxina que circula en la sangre, bien ambas cosas. Algunas toxinas, como las de la difteria y el tétanos, son extremadamente virulentas y pueden causar la muerte, aunque la bacteria permanezca localizada en la garganta o en la herida.

En muchos casos, la respuesta inmune primaria mediante la producción de anticuerpos no es inmediata; no obstante, una vez formada, el individuo tiene una *inmunidad adquirida*, puesto que los anticuerpos persisten o vuelven muy rápidamente para enfrentarse con ataques subsiguientes. Como cada individuo debe su inmunidad a haber superado un ataque de la enfermedad creando los anticuerpos protectores en sus propios tejidos, se describe como *inmunidad activa adquirida*. La inmunización activa se consigue también dando pequeñas dosis de toxinas o bacterias muertas mediante inoculación o inyección: la respuesta es tan efectiva como después de un ataque real.

Es posible producir inmunidad adquirida activamente contra, por ejemplo, el tétanos, inyectando a un caballo dosis en aumento de toxina hasta que el animal permanece no afectado por una dosis que previamente habría sido fatal. Su suero contendrá ahora una gran cantidad de antitoxina. La inyección de este suero en un hombre le conferirá una *inmunidad pasiva adquirida* -pasiva ya que sus propios te-

REGULACION DE LA ACTIVIDAD CARDIACA

A) Intrínseca o autorregulación: la que se realiza a través de mecanismos que actúan dentro del propio miocardio.

Por ejemplo: " la energía de la contracción es una función de la longitud diastólica de las fibras ventriculares "

(Ley del corazón - STARLING)

B) Extrínseca: la que se debe a factores externos al corazón.

a) Control Nervioso: el mecanismo de control nervioso del corazón se produce por intermedio de

1) los centros cardíacos, grupos de células nerviosas del bulbo raquídeo;

2) nervios aceleradores (simpático) y cardioinhibidores ("vago", parasimpático)

Tono Simpático: el mecanismo acelerador interviene para adaptar la frecuencia cardíaca a las condiciones orgánicas variables.

Tono del vago: en reposo, los nervios vagos ejercen una continua limitación sobre la acción del corazón. Los nervios vagos son cardioinhibidores.

- - - - 0 - - - -

Los términos TAQUICARDIA y BRADICARDIA se utilizan para indicar, respectivamente, un aumento o una disminución de la frecuencia cardíaca normal.

b) Control Químico:

1) Las catecolaminas (liberadas por la médula suprarrenal o por los nervios adrenérgicos) ejercen efectos tónicos sobre el corazón, es decir que aumentan su fuerza de contracción.

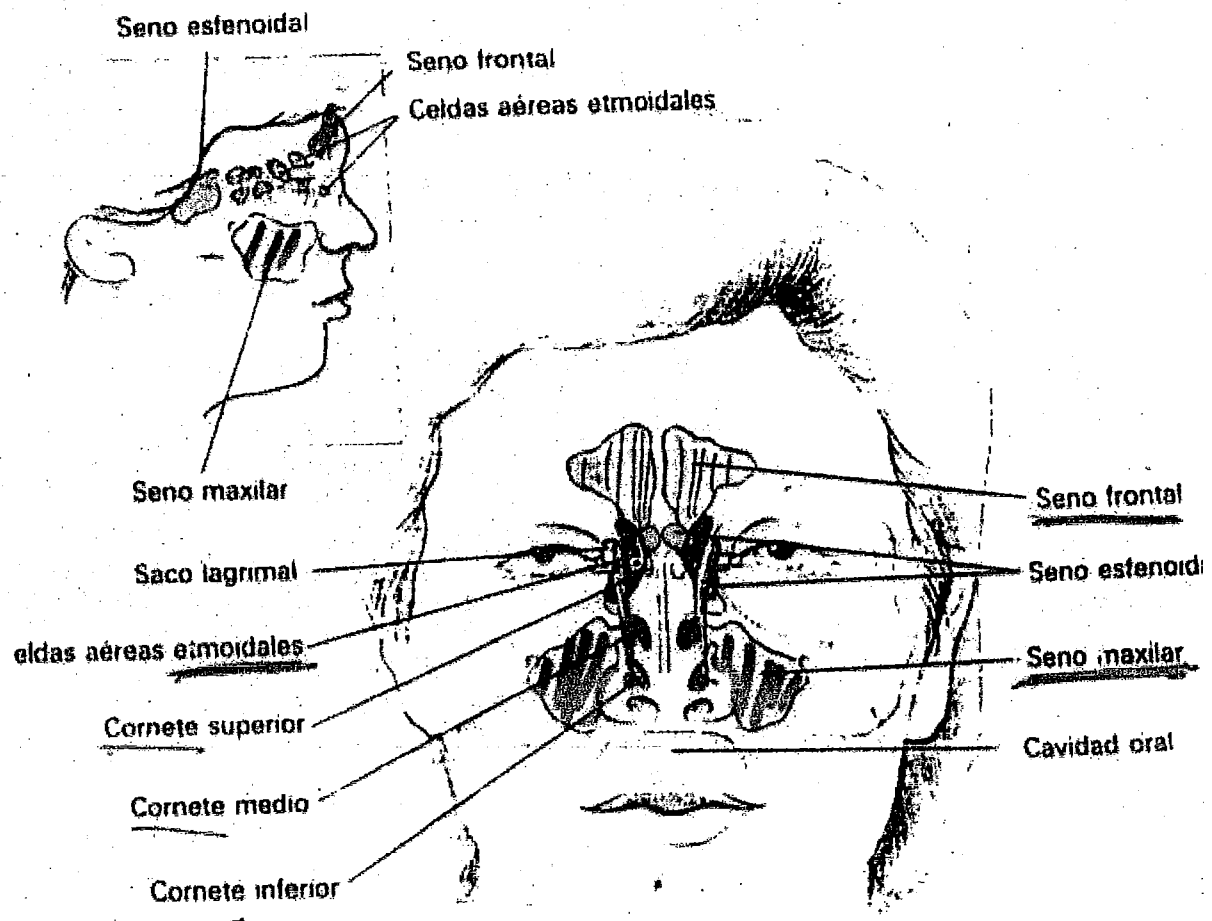
2) La acetilcolina (liberada por los nervios vagos) disminuye la fuerza de contracción del corazón y produce bradicardia.

3) La hipoxemia (disminución del oxígeno); la hipercapnia (aumento del anhídrido carbónico) y la acidosis deprimen la contractilidad del miocardio.

IRRIGACION DEL CORAZON

Las dos arterias coronarias, derecha e izquierda, se originan en los senos aórticos de VALSALVA y siguen un trayecto ramificado sobre la superficie subepicárdica del corazón. Cerca del 70% del flujo coronario total pasa por la coronaria izquierda y cerca del 15% por la arteria coronaria derecha. La circulación arterial colateral que existe en el corazón normal, por lo común no es suficientemente rica como para prevenir el infarto luego de una oclusión aguda. Las arterias coronarias son "arterias terminales" (no tienen vasos laterales). El corazón es el único órgano en el cual el flujo sanguíneo es reducido durante la sístole. El 70% del flujo arterial coronario produce durante la diástole. Durante la sístole, la contracción ventricular comprime el lecho vascular intramural y reduce la cantidad de sangre que circula por el mismo. La estimulación del simpático modifica el calibre de las coronarias dilatándolas y la estimulación vagal, las estrechando.

ANATOMÍA DEL APARATO RESPIRATORIO



SENOS PARANASALES

Los senos paranasales son unas cavidades que hay en el interior de algunos huesos del cráneo. En su interior están tapizados por mucosas nasales y aire. Son cuatro pares de senos, y todos ellos desembocan en los meatos.

Senos frontales: están localizados por encima de las órbitas.

Senos maxilares: se localizan a los lados de las fosas nasales.

Senos esfenoidales: están situados en el cuerpo del esfenoides.

Celdillas etmoidales: están localizados en las masas laterales del etmoides.

En estas cavidades es donde se acumula el moco y una de sus funciones el aligerar el peso del cráneo.

LA NARIZ

Tiene una parte externa que sobresale de la cara (que es la nariz propiamente dicha) y una parte interna que es la cavidad nasal.

La parte externa de la *NARIZ* está formada por los *HUESOS PROPIOS NAALES* y unos cartílagos que forman cada ventana de la nariz o *ALA DE LA NARIZ*.

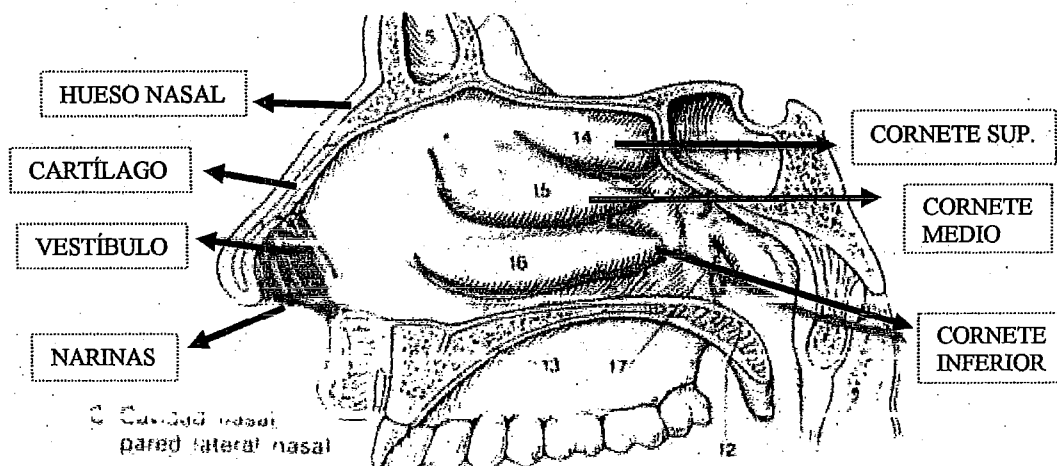
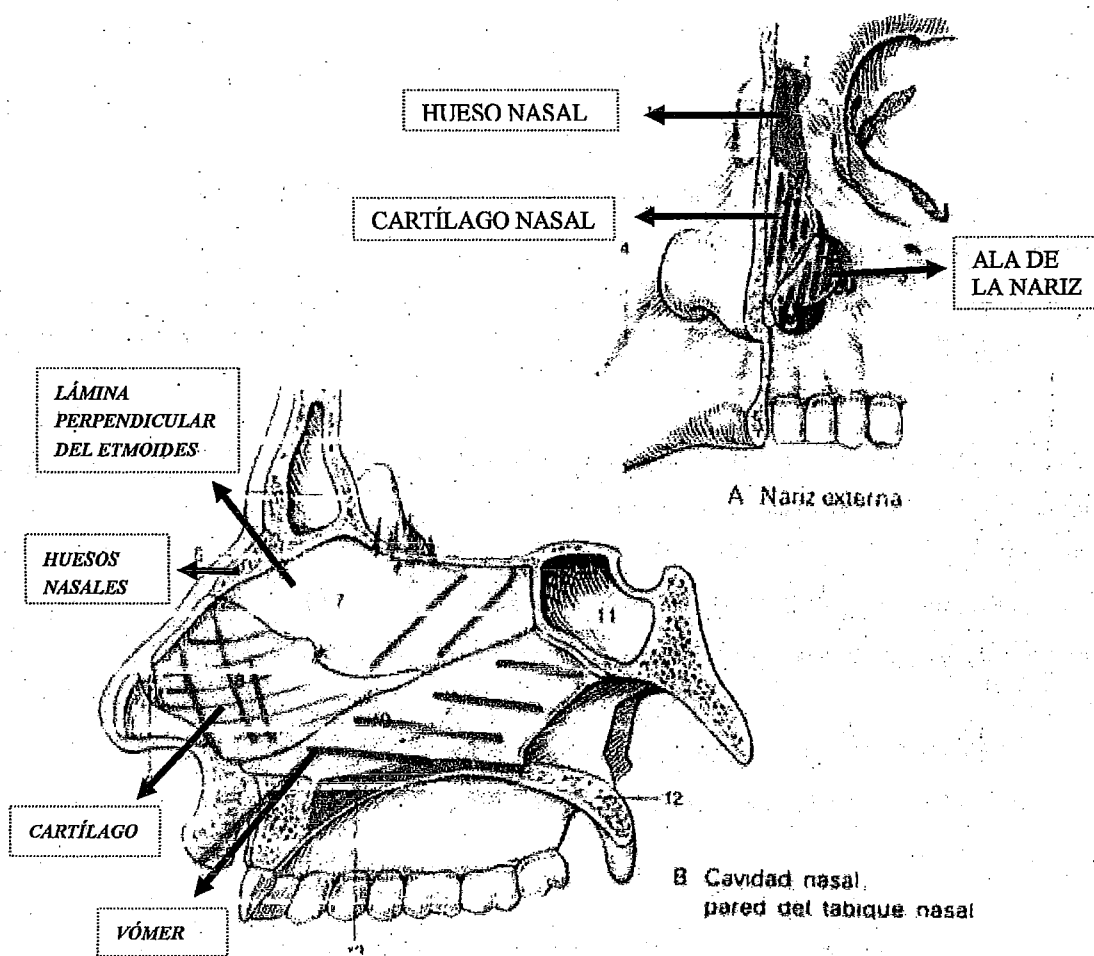
La *CAVIDAD NASAL* está separada de la boca por el *PALADAR* y del cerebro por la *LÁMINA CRIBOSA DEL ETMOIDES*, que forman el suelo y el techo respectivamente.

Está dividida en dos fosas mediante el *TABIQUE NASAL*, que está formado por el *VÓMER*, la *LÁMINA PERPENDICULAR DEL ETMOIDES* y por el *CARTÍLAGO DEL TABIQUE*.

Tiene unas aperturas externas llamadas *NARINAS*, que son los orificios nasales. Al entrar por las narinas nos encontramos con una zona más ensanchada de la nariz que es el *VESTÍBULO* (antepuerta de las fosas nasales).

A partir del vestíbulo se extienden las fosas nasales hacia atrás. De las paredes laterales salen unas láminas de hueso retorcidas hacia abajo que son los *CORNETES* — superior, medio e inferior. Los espacios que quedan entre los cornetes son los *MEATOS* (superior, medio e inferior).

Los orificios posteriores de las fosas reciben el nombre de *COANAS*, que son las que comunican las fosas nasales con la faringe.



LA FARINGE

En un tubo de paredes musculares, recubiertas de mucosa en su interior, que va anclado a la base del cráneo.

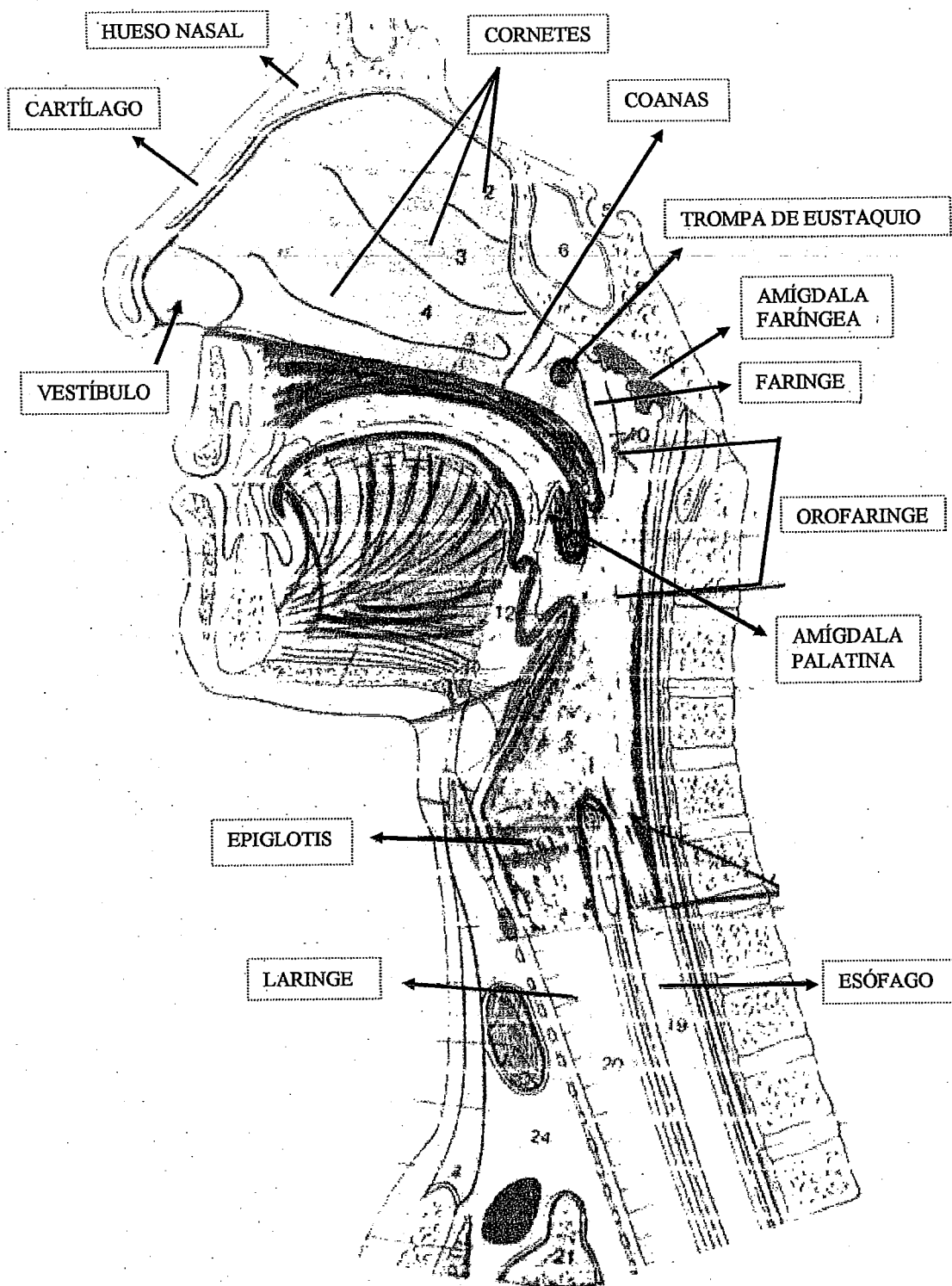
Tiene tres porciones:

1. **La nasofaringe:** es la parte más craneal de la faringe. En ella encontramos unos orificios donde desembocan las *TROMPAS DE EUSTAQUIO*, que son unos conductos que van del oído medio a la nasofaringe y cuya finalidad es igualar las presiones externas e internas del oído. A través de estos conductos se pueden transmitir infecciones entre la faringe y el oído, en ambos sentidos.

También nos encontramos con las *ADENOIDES* o *AMÍGDALAS FARÍNGEAS*, órganos linfoides que producen linfocitos y que cuando se inflaman dan lugar a las vegetaciones.

2. **La orofaringe:** queda por detrás de la boca y se extiende hasta el hueso hioides. Aquí se encuentran *LAS AMÍGDALAS PALATINAS*, que también producen linfocitos contribuyendo al sistema de defensa y cuya inflamación se conoce como amigdalitis.

3. **La laringofaringe:** es la parte más caudal de la faringe, cuya parte anterior se comunica con la laringe (la parte posterior se comunica con el esófago). Es lugar de paso común para el aparato respiratorio y para el digestivo.



LA LARINGE

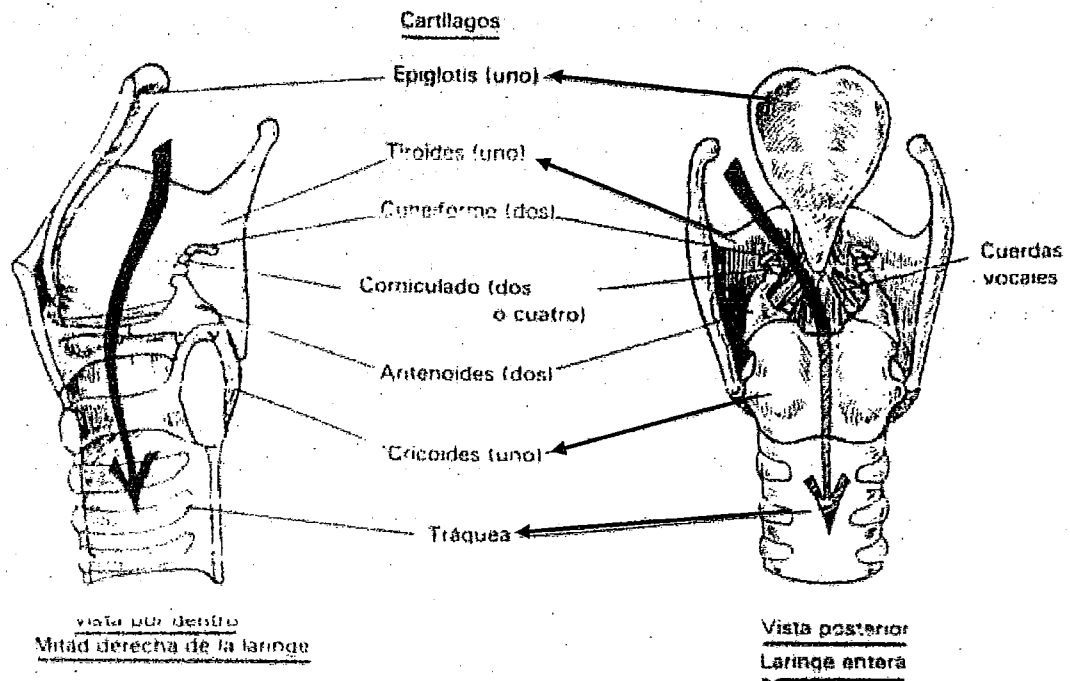
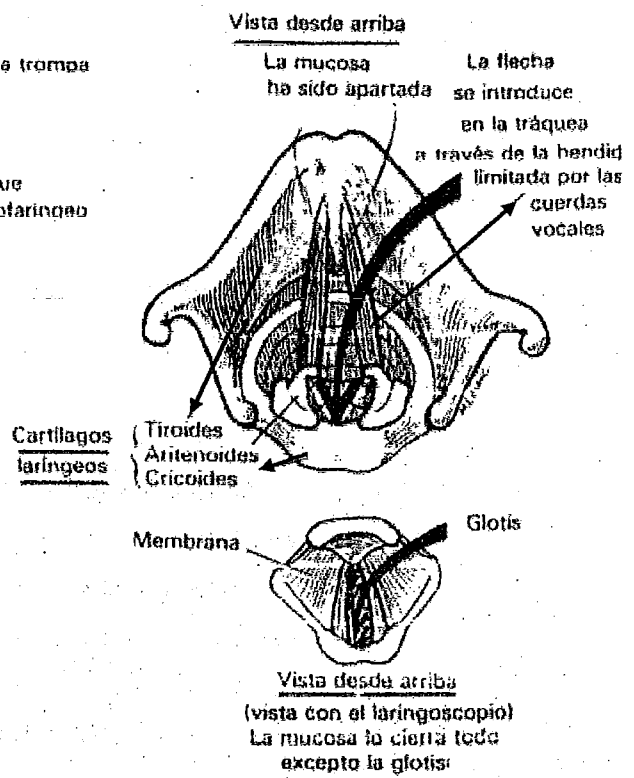
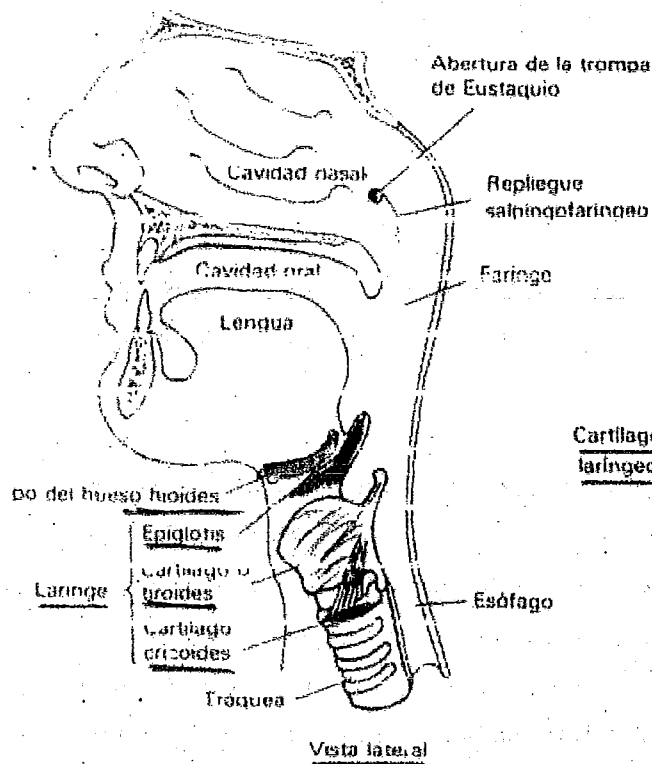
Tubo formado por varios cartílagos que se unen entre ellos por músculos y membranas. Los cartílagos más importantes son la epiglotis, el tiroides y el cricoides

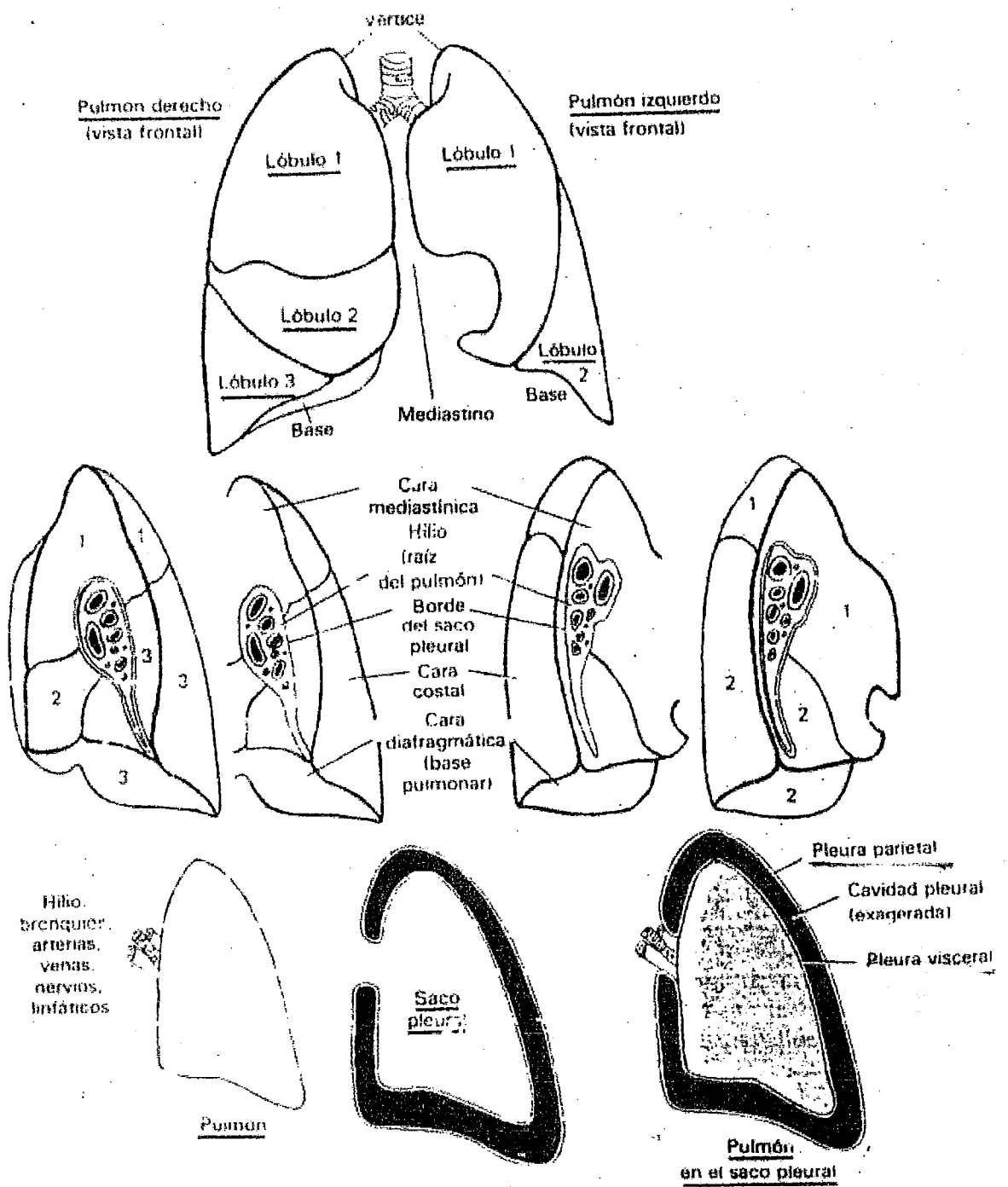
- **La epiglotis:** es un cartílago grande que tiene forma de raqueta, siendo el vértice la parte más inferior (mango de la raqueta) y la parte superior sería el cuerpo de la raqueta. Su parte inferior se une a la parte posterior del tiroides en la línea media. Su mecanismo consiste en subir o bajar para impedir el paso de alimentos a la laringe, actúa cerrándose cuando se traga y cuando se respira esta abierta, por lo que regula el paso de sustancias a la laringe.
- **El tiroides:** también es un cartílago grande y se encuentra por debajo de la epiglotis, éste tiene forma de libro abierto mirando hacia atrás (el lomo del libro hacia la parte anterior). En los hombres se nota en la cara anterior del cuello y se conoce como la "nuez de Adán".
- **El cricoides:** se encuentra por debajo del cartílago tiroides y tiene forma de anillo con una especie de sello, que quedaría hacia atrás. Se continúa hacia abajo con la tráquea.

Estos tres cartílagos se unen entre sí a través de membranas y ligamentos. El interior de la laringe está tapizado por mucosas que forman unos pliegues en sentido antero posterior que son las **cuerdas vocales**. Hay dos pares de cuerdas vocales:

- Las **FALSAS** o superiores, que tienen un papel meramente protector.
- Las **VERDADERAS** o inferiores, cuya vibración por el paso del aire produce la modulación de la voz.

El espacio que queda entre las cuerdas vocales se conoce como **GLOTIS**, que es por donde pasa el aire. Un edema en la mucosa produciría que se inflamase e impediría el paso del aire, provocando un grave problema.





LOS PULMONES

Tienen forma de cono con la base apoyada en el diafragma y los vértices entrando en el cuello. Tienen una consistencia elástica y son de color rosado.

Tiene varias caras:

- **Cara diafragmática:** Es la cara inferior, forma la base de los pulmones y se apoya en el diafragma.
- **Cara costal:** es la cara externa y se encuentra en contacto con las costillas. Son caras lisas.
- **Cara mediastínica:** mira hacia dentro, concretamente hacia el mediastino que es el espacio que queda entre los dos pulmones (aquí se encuentra el corazón), estas caras están enfrentadas. Aquí nos encontramos todas las estructuras que entran o salen del pulmón, todas estas estructuras forman el *PEDÍCULO PULMONAR* y la zona por donde entra el pedículo recibe el nombre de *HILIO PULMONAR*. Por lo que el pedículo estará formado por los bronquios, arterias pulmonares, arterias bronquiales, venas pulmonares y venas bronquiales, vasos linfáticos, nervios y otras ramitas aórticas.

Los dos pulmones son diferentes.

El **pulmón derecho** esta formado por tres **LÓBULOS: SUPERIOR, MEDIO E INFERIOR**. Los lóbulos están separados por unas hendiduras grandes que son las cisuras, estas son dos: la **CISURA HORIZONTAL O MENOR**, que separa el lóbulo superior del medio, y la **CISURA OBLICUA O MAYOR**, que separa el lóbulo medio del inferior. A cada lóbulo le llega su propio bronquio lobular.

El **pulmón izquierdo** es más pequeño que el derecho para acoger al corazón, por lo que solo tiene dos **LÓBULOS: SUPERIOR E INFERIOR**, que se encuentran separados únicamente por la **CISURA OBLICUA O MAYOR**. Para hacerle hueco al corazón, tiene un entrante en su cara mediastínica (la interna o medial) que se

llama **ESCOTADURA CARDÍACA**, quedando en su borde inferior una especie de lengüeta que lo abraza por delante, llamada **LÍNGULA**.

Los pulmones están recubiertos por la pleura, que es un saco de doble membrana. La parte más pegada al pulmón es la **pleura visceral**, y la que queda por fuera es la **pleura parietal**, ambas pleuras se continúan y recubren al pulmón, menos por la parte del hilio para que puedan entrar y salir las estructuras. Entre ellas (ocurre lo mismo que en el corazón, con el ejemplo del globo) hay una cavidad, que es la **cavidad pleural**, la cual se encuentra ocupada por una cantidad pequeña del **líquido pleural**, que se encarga de lubricar, es decir, facilitar el desplazamiento entre las dos membranas en los movimientos respiratorios.

Cuando se rompe la pleura parietal (por la rotura de una costilla, por ejemplo) se produce una entrada de aire, neumotórax. Si entra sangre se produce un hemotórax.

Hay una zona del pulmón donde la cavidad pleural no está totalmente pegada al pulmón, es el ángulo inferior externo del pulmón. Cuando hay un derrame pleural por una inflamación de la pleura u otra patología, en una radiografía se puede apreciar el líquido en esta zona.

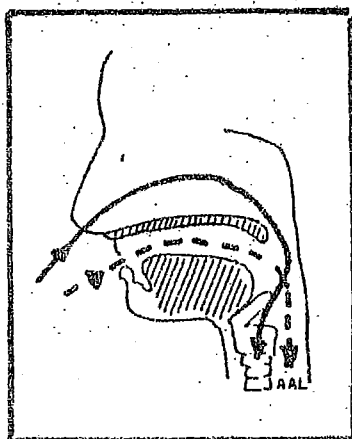
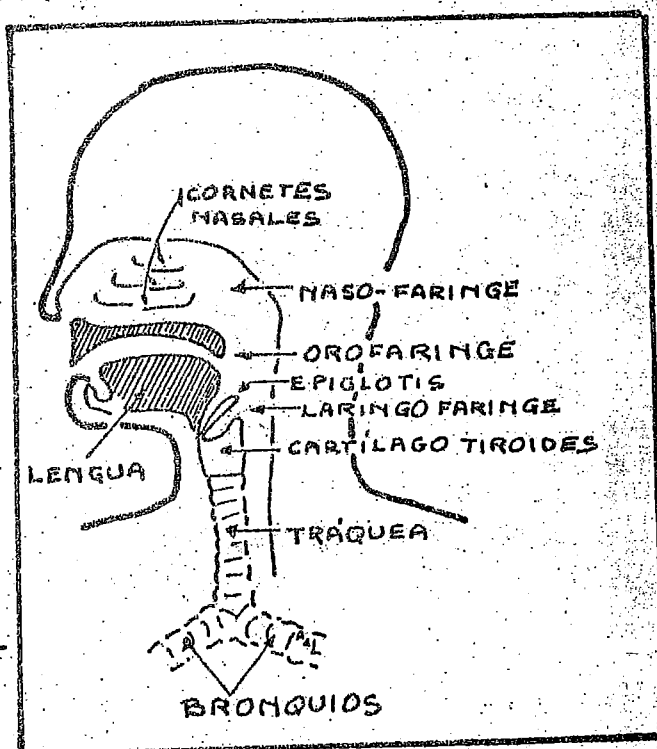
APARATO RESPIRATORIO

Es el encargado de establecer el intercambio gaseoso entre la sangre circulante y el aire atmosférico. Para cumplir con ese cometido consta de un órgano especializado, los pulmones, y de un largo conducto variable en su estructura según el sitio donde se lo considere- constituido por: fosas nasales, rinofaringe, orofaringe, laringofaringe, tráquea, bronquios, canales alveolares y alvéolos, encargados de llevar el aire inspirado a los pulmones, donde éste cede su oxígeno a la sangre a la vez que se carga de anhidrido carbónico y vapor de agua, para ser expedido al exterior durante la expiración.

El aire entra a los pulmones atravesando primeramente el conducto nasal y también la cavidad bucal cuando se respira por la boca. Allí, una membrana mucosa rícamente vascularizada calienta y humedece el aire inspirado. Este continúa luego por la faringe, que es una vía común a los alimentos y al aire. De acuerdo a su ubicación dividimos a la faringe en:

- a) nasofaringe, detrás de la nariz;
- b) bucofaringe, detrás de la boca y
- c) laringofaringe, detrás de la laringe.

FUNCIONES: la faringe sirve a los aparatos respiratorio y digestivo como vía de paso para el aire, alimentos y líquidos.

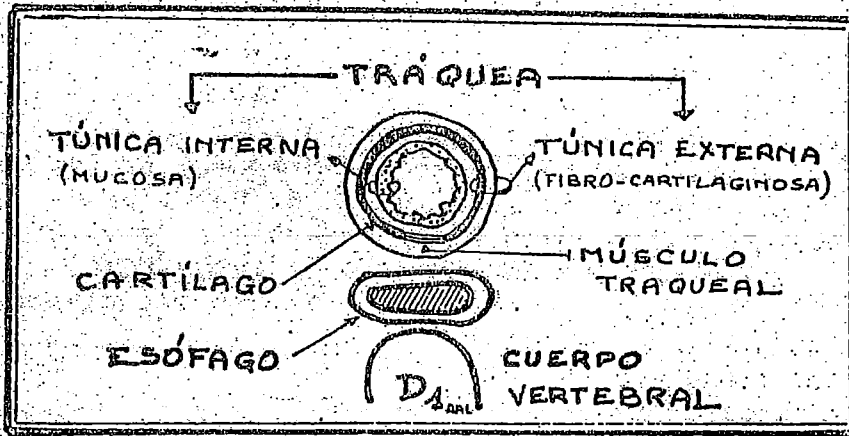


El aire inspirado recorre luego la laringe, tráquea, bronquios principales, bronquíolos, bronquíolos respiratorios, conductos alveolares para llegar, en último término, a los alvéolos. En los alvéolos es donde los gases respiratorios, oxígeno y dióxido de carbono, pueden establecer su contacto más estrecho con la sangre de los capilares. Se ha calculado que los capilares pulmonares pueden exponer, en total, un área superficial al intercambio de gases que se aproxima a los 70 metros cuadrados.

La TRAQUEA es la parte del aparato respiratorio comprendida entre la laringe y los bronquios. Situada sobre la línea media, detrás del esófago, se extiende desde el nivel de la sexta vértebra cervical al de

/// la cuarta vértebra torácica. Consta, por lo tanto, de dos segmentos:

- a) segmento cervical b) segmento torácico.



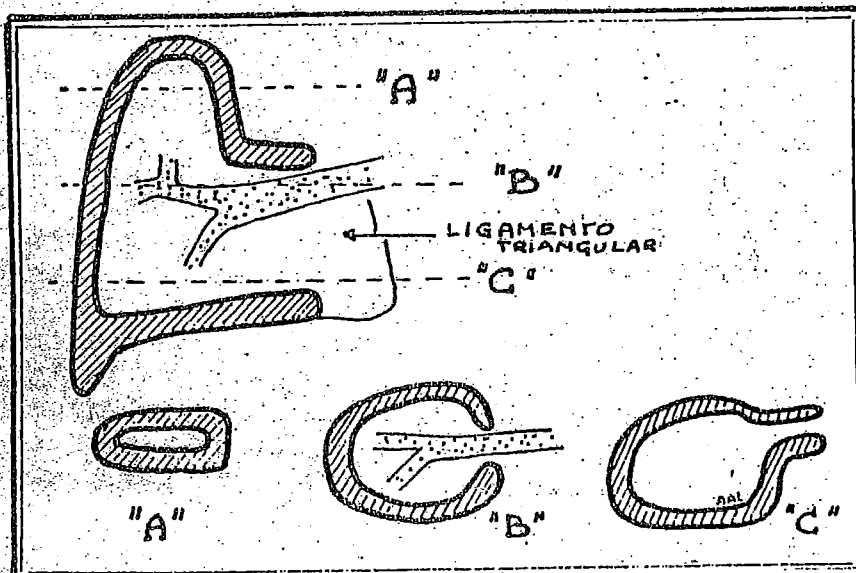
La tráquea se asemeja a un cilindro, cuyo quinto posterior se encuentra aplanado. En el espesor de la membrana fibrosa de la tráquea, que se desdobra para recibirlos, se encuentra entre 15 a 20 anillos cartilaginosos, incompletos por faltarles su quinto posterior que ha sido sustituido por fibras musculares lisas (músculo traqueal).

La contracción del músculo traqueal, al aproximar los extremos de los arcos cartilaginosos, disminuye el diámetro transversal de la tráquea. El músculo traqueal y la membrana elástica impiden la hiperdistensión de la tráquea, como podría producirse - por ejemplo - durante la tos.

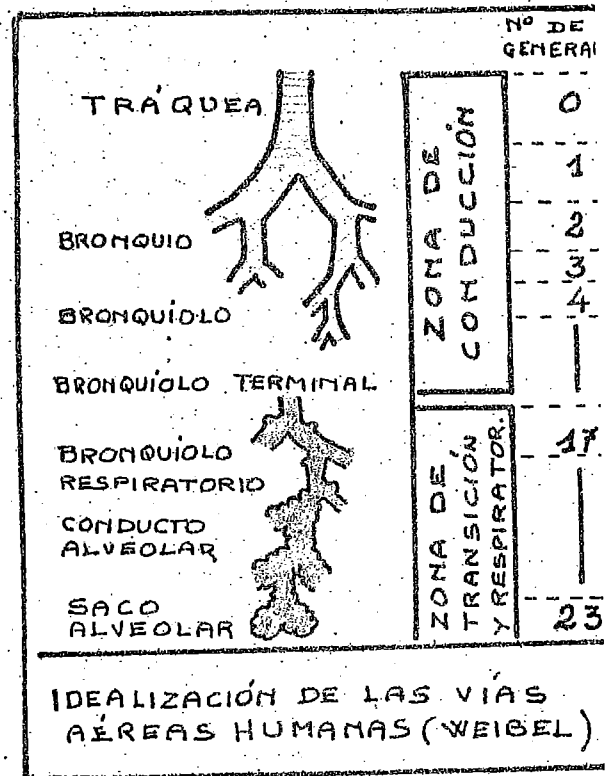
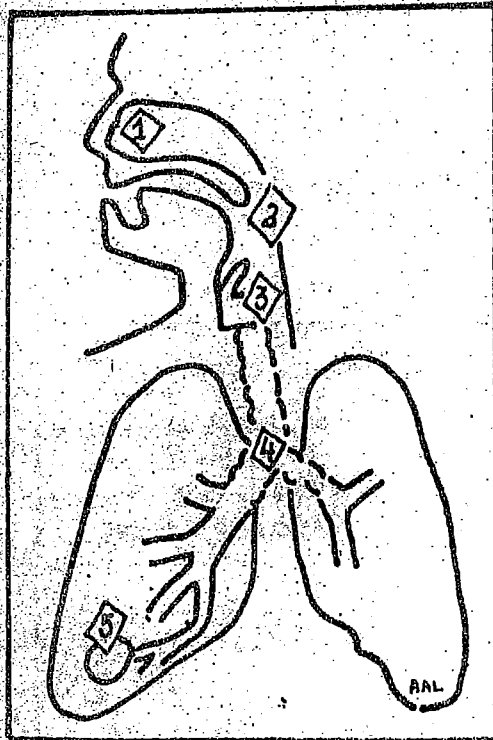
Gracias a la presencia de anillos cartilaginosos, que tienen incluidos en sus paredes, la tráquea y los bronquios pueden mantenerse abiertos de un modo permanente. De esta forma pueden brindar una vía permeable para el aire que entra y sale de los pulmones.

Las vías respiratorias están revestidas de células ciliadas y mucoscretoras. Los cilios producen un movimiento constantemente ondulante en la dirección de las cavidades nasal y bucal, que permite expulsar los cuerpos extraños depositados sobre su superficie.

PLEURA : (lado-costilla) Es cada una de las dos membranas o sacos serosos (derecha e izquierda) completamente independientes entre sí, que tapizan por fuera a los pulmones (pleura visceral) y la superficie interna de la pared torácica correspondiente (pleura//



/// parietal) y que se refleja sobre el diafragma (pleura diafragmática). La cavidad del saco contiene normalmente una pequeña cantidad de serosidad que facilita los movimientos de deslizamiento indispensables para la respiración.



RESUMIENDO:

ÓRGANO	FUNCIONES
1- NARIZ	<ul style="list-style-type: none"> Vía de paso para el aire inspirado y espirado, al que filtra, calienta y humedece. Detecta sustancias químicas que pueden ser irritantes a la mucosa respiratoria. Sirve como órgano del olfato. Participa en la fonación.
2- FARINGE	<ul style="list-style-type: none"> Vestíbulo del aparato respiratorio y digestivo. Participa en la fonación.
3- LARINGE	<ul style="list-style-type: none"> Comunica la faringe con la tráquea. Emisión de la voz.
4- TRAQUEA y BRONQUIOS	<ul style="list-style-type: none"> Vía de paso para que el aire llegue desde el exterior a los pulmones y viceversa. "Las vías pulmonares sirven a los alveolos al igual que el aparato circulatorio sirve a los capilares".
5- ALVEOLOS	Intercambio gaseoso: $AIRE \rightleftharpoons SANGRE$
6- TORAX	Sus cambios de volumen son los que producen la inspiración y la espiración (ver mecánica respiratoria).

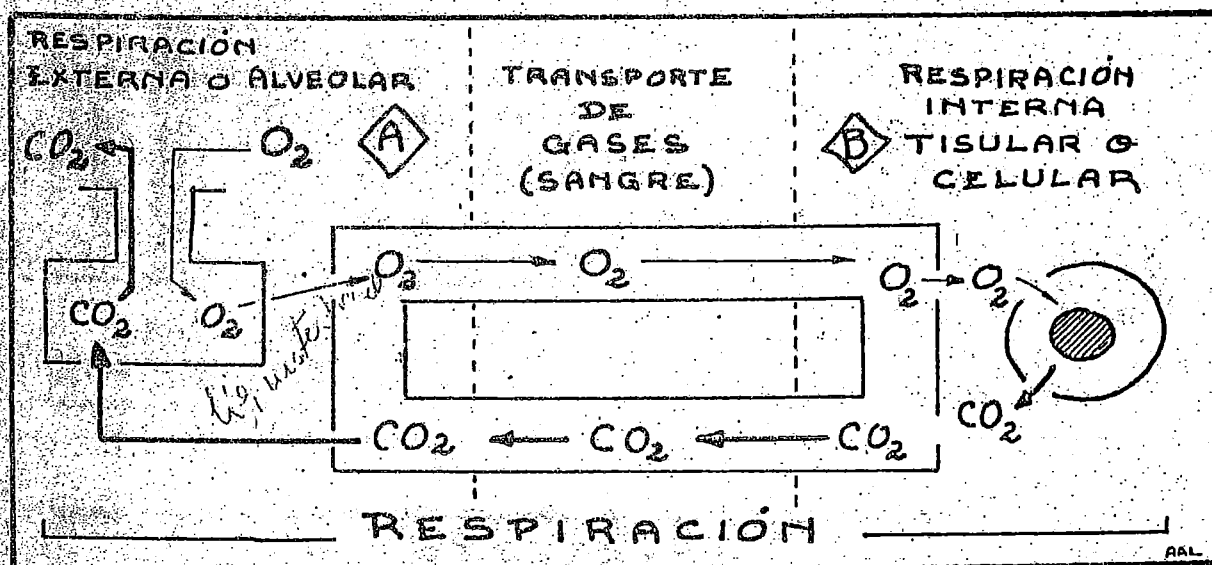
Lic. Néstor A. López
Kinesióloga y Fisioterapeuta
M.P. 118

RESPIRACION EXTERNA E INTERNA

" La respiración tiene como objetivos transferir el oxígeno del aire a los tejidos y retirar el bióxido de carbono de éstos y pasarlo al aire."

" En el hombre y en la mayor parte de los vertebrados la sangre actúa como transportadora tanto de oxígeno como de bióxido de carbono."

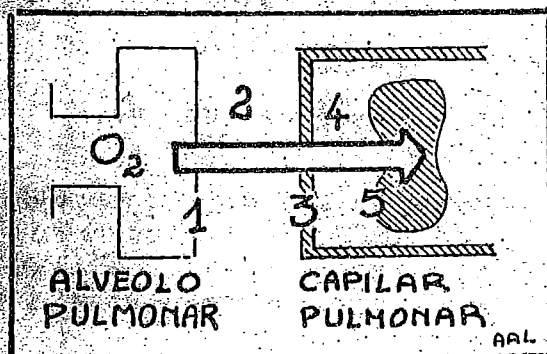
BAINBRIDGE-MENZIES



A Al intercambio gaseoso que ocurre a nivel de los alvéolos pulmonares y la sangre se denomina **RESPIRACION EXTERNA O ALVEOLAR**

- RESPIRACION EXTERNA**
- a) Proporciona oxígeno a la sangre.
 - b) Extrae de la sangre el anhídrido carbónico

La respiración externa o alveolar responde a las necesidades de todo el organismo es, por lo tanto, un proceso general.



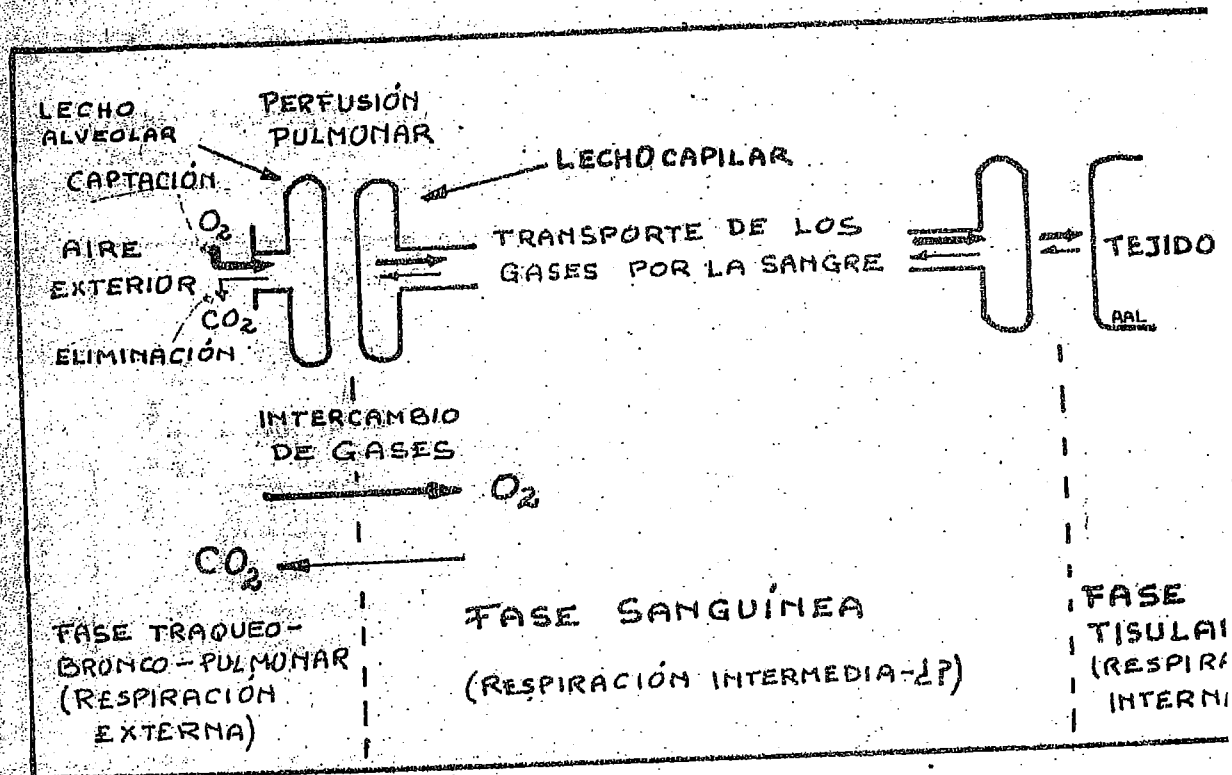
- 1- MEMBRANA DEL ALVEOLO PULMONAR
- 2- LIQUIDO INTERSTICIAL
- 3- MEMBRANA DEL CAPILAR PULMONAR
- 4- PLASMA SANGUINEO
- 5- MEMBRANA DEL ERITROCITO

RESPIRACION EXTERNA : es el intercambio entre el aire atmosférico, los pulmones y la sangre.

B

Al intercambio gaseoso entre las células de los tejidos y su medio interno se denomina respiración interna; tisular o celular.

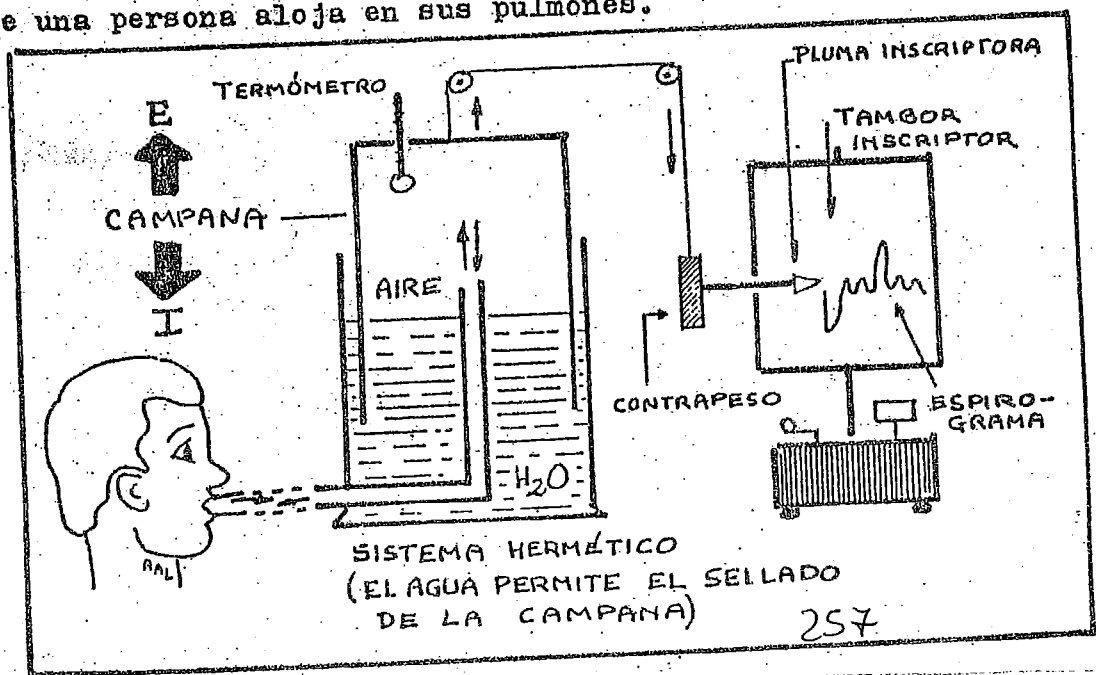
RESPIRACION INTERNA: es el intercambio entre la sangre y la células de los tejidos.



La importancia que tiene la RESPIRACION EXTERNA o PULMONAR es hacer posible la RESPIRACION INTERNA, TISULAR o CELULAR. Durante la etapa interna de la respiración se le suministra a las células, en forma ininterrumpida, el oxígeno indispensable para la vida.

VOLUMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

Sir Jonathan HUTCHINSON, médico inglés (1828-1913) inventó en el año 1846 el espiómetro. A él se debe la primera iniciativa tendiente a medir la cantidad de aire que una persona aloja en sus pulmones.

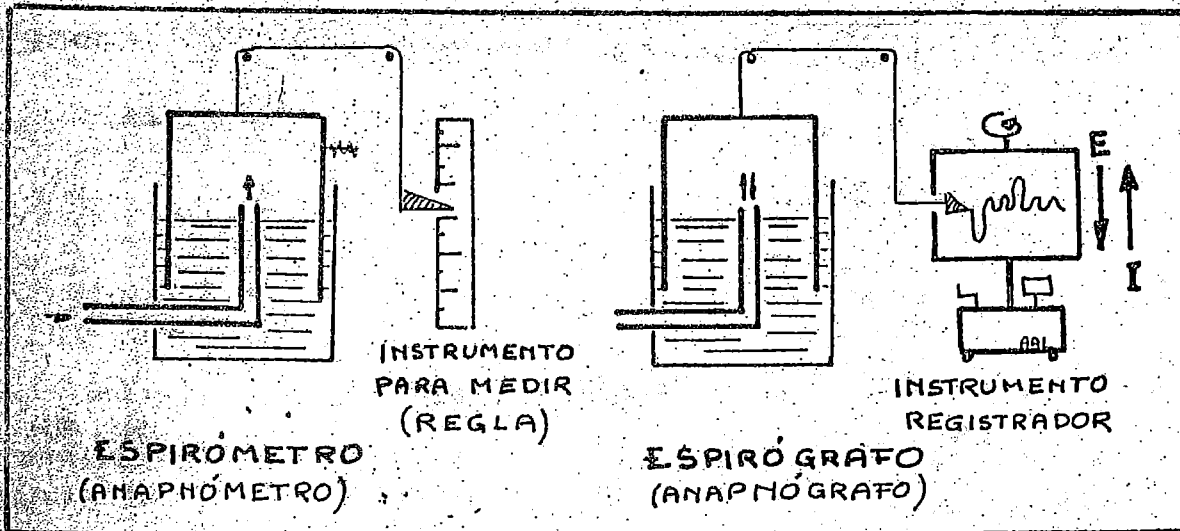


El espirometro de HUTCHINSON es un gasómetro que se comunica, mediante un tubo, con el sujeto en experimentación. Con este aparato midió, en Londres, los volúmenes pulmonares de distintos grupos humanos (luchadores; marineros; gigantes; enanos ; etc.).

ESPIROMETRIA: es la medición de la capacidad respiratoria de los pulmones.

ESPIROGRAFIA: es el registro gráfico de los datos espirométricos.

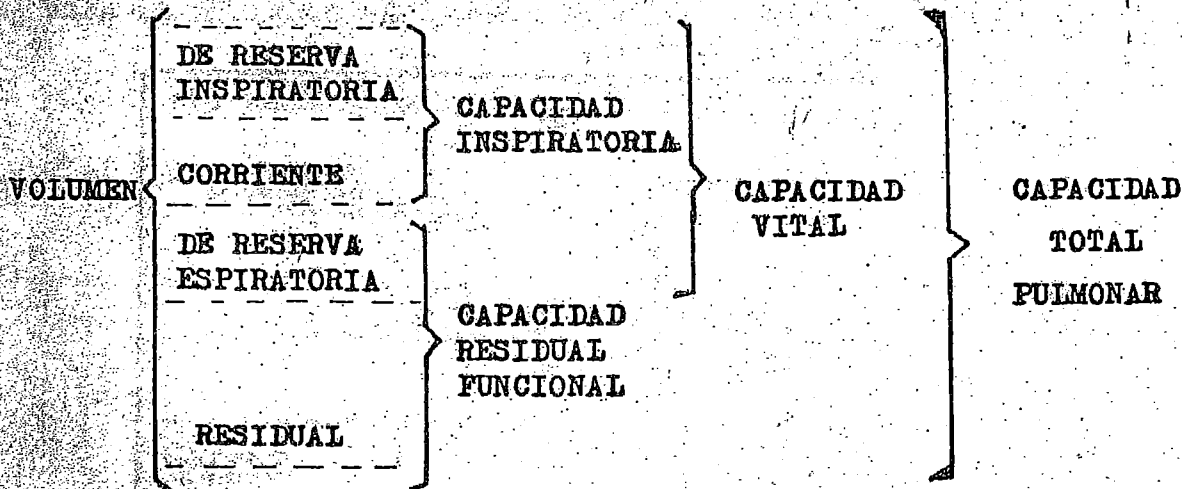
Se obtiene mediante el uso de aparatos denominados **espirógrafos o ANAPNOGRAFOS**. (anapno; respiración y grafo; registro)

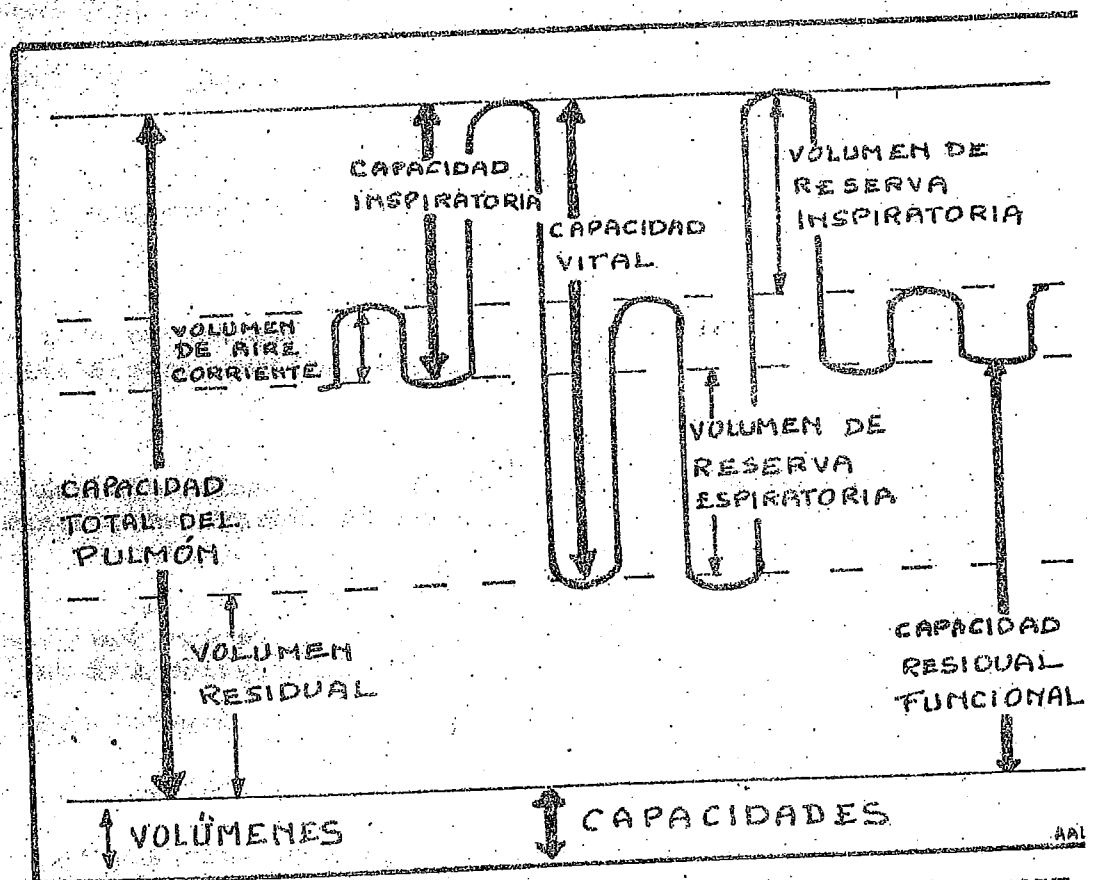


Los volúmenes pulmonares pueden ser separados en dos partes principales: los **VOLUMENES** que pueden ser respirados por los sujetos, por lo que son **volúmenes dinámicos** y **CAPACIDADES**, cada una de las cuales incluye dos o más volúmenes primarios.

UNA CAPACIDAD PULMONAR ES IGUAL A LA SUMA DE DOS O MAS VOLUMENES PULMONARES.

CAPACIDAD PULMONAR = VOLUMEN PULMONAR + VOLUMEN PULMONAR +





VOLUMEN DE VENTILACION PULMONAR o VOLUMEN CORRIENTE (V.C.) o VOLUMEN RESPIRATORIO: es el aire inspirado y espirado en cada respiración normal. Cantidad de aire que se inspira o se espira en la respiración reposada. (500 c.c.) (+)

VOLUMEN DE RESERVA INSPIRATORIA (V.R.I.): es el volumen extra de aire que puede ser inspirado sobre el volumen de ventilación normal. Volumen de aire que, aparte del volumen respiratorio, puede inspirarse en inspiración máxima. (1.500 c.c.) (+)

VOLUMEN DE RESERVA ESPIRATORIA (V.R.E.): es el volumen de aire que puede ser espirado en espiración forzada, después de una espiración normal. (1.500 c.c.) (+)

VOLUMEN RESIDUAL (V.R.): es el volumen de aire remanente en los pulmones después de la espiración forzada. (1.500 c.c.) (+)

(+) Los volúmenes y capacidades pulmonares se expresan "cifras promedio" para que el alumno tenga una idea general de ellas. Los valores reales dependen de varios factores, que deben tenerse en cuenta para cada medición individual (sexo, edad, peso, talla, etc.)

VOLUMEN MINUTO RESPIRATORIO (V.M.R.): es el producto del volumen respiratorio (volumen corriente) por la frecuencia respiratoria.

$$V.M.R. = V.C. \times \text{FRECUENCIA RESPIRATORIA}$$

$$= 500 \text{ c.c.} \times 16 = 8.000 \text{ c.c./minuto}$$

CAPACIDAD PULMONAR TOTAL (C.P.T.) : es el volumen de aire que se encuentra en los pulmones después de una inspiración máxima.

Capacidad pulmonar total (C.P.T.)	{	Volumen de reserva inspiratoria
		+
		Volumen corriente
		+
		Volumen de reserva espiratoria
		+
		Volumen residual

CAPACIDAD INSPIRATORIA (C.I.) : es igual a la suma del volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria.

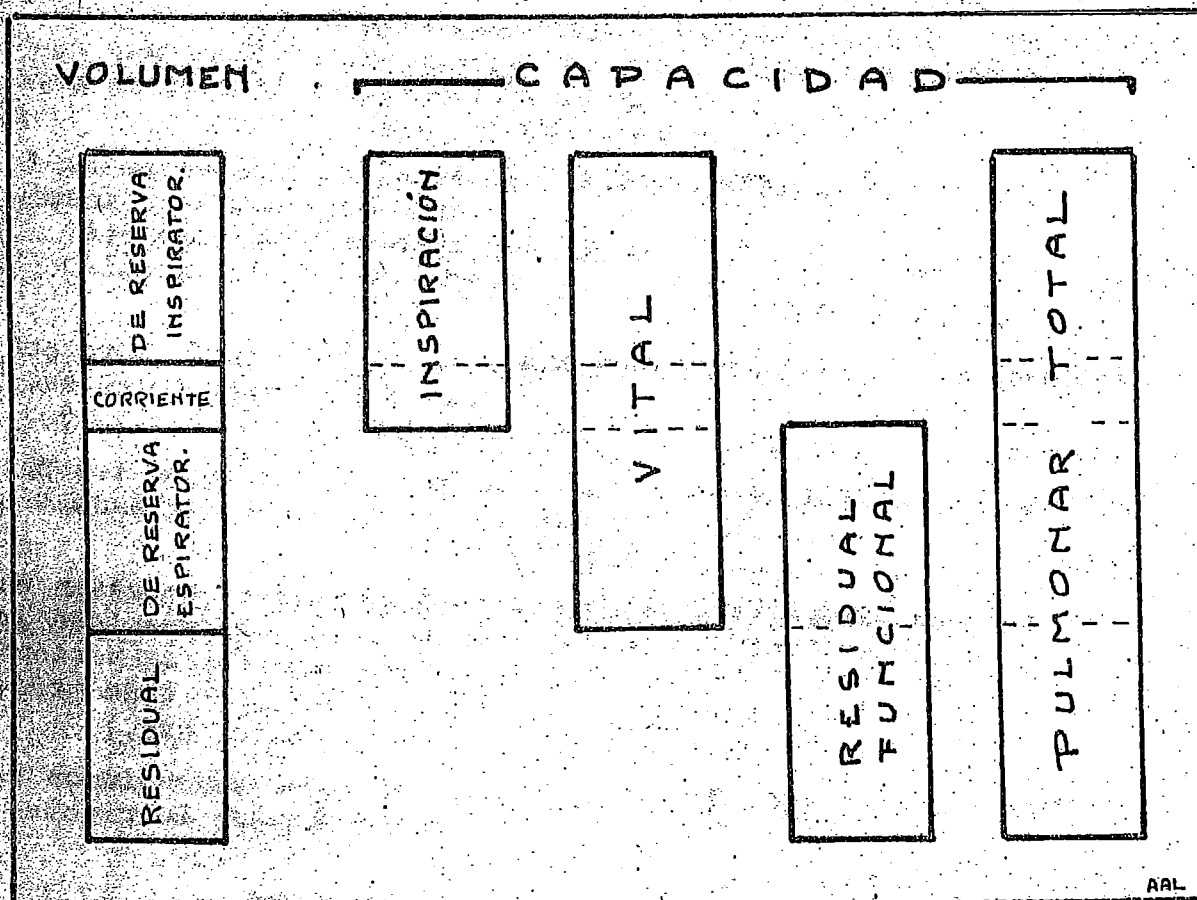
$$C.I. = V.C. + V.R.I.$$

CAPACIDAD RESIDUAL FUNCIONAL (C.R.F.); es igual a la suma del volumen de reserva espiratoria más el volumen residual.

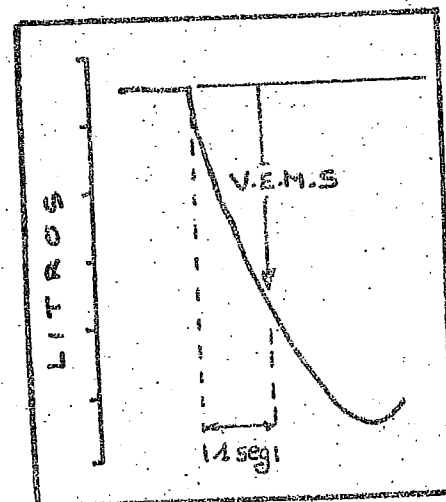
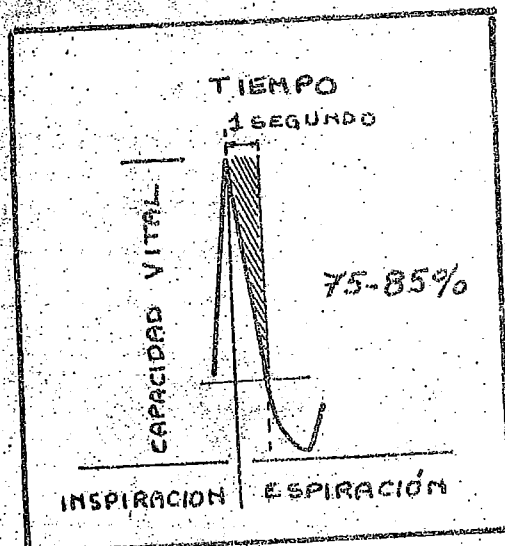
$$C.R.F. = V.R.E. + V.R.$$

CAPACIDAD VITAL (C.V.): es el máximo volumen de aire que puede espirarse después de una inspiración máxima.

Capacidad vital (C.V.)	{	Volumen de reserva inspiratoria
		+
		Volumen de aire corriente
		+
		Volumen de reserva espiratoria



VOLUMEN ESPIRATORIO MAXIMO SEGUNDO (V.E.M.S.) (Espiración máxima; prueba de espiración máxima; prueba de Tiffenreau o capacidad pulmonar útil al esfuerzo); volumen de aire que, tras inspiración máxima puede espirarse de forma forzada en el primer segundo.



En el primer segundo de la espiración forzada deben salir entre el 75-85 % del aire inspirado (C.V./seg.)

NOTA:

FRECUENCIA RESPIRATORIA POR MINUTO

(valores promedio, en reposo)

Recién nacido	65
15 - 20 años	20
25 - 30 años	16
---	0 ---

ESPIRACION (de espirare) Acto de expeler el aire de los pulmones, que constituye el segundo tiempo de la respiración. (L. Cardenal)

EXPIRACION (de expirar, acabar) f. muerte. (L. Cardenal)

ESPACIO MUERTO

Se considera como espacio muerto al espacio de las estructuras que NO CUMPLEN ningún papel en los intercambios gaseosos de la respiración.

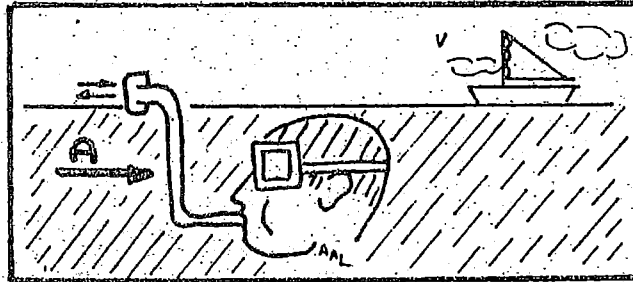
- ESPACIO MUERTO {
- a) ANATOMICO: (volumen de las vías aéreas de conducción es la parte de las vías aéreas en las que solamente se cumple la tarea de conducción del aire, no participando por tal motivo en el intercambio gaseoso que tiene lugar en la porción alveolar del pulmón.
 - b) FISIOLOGICO: (virtual o efectivo) cuando al espacio muerto anatómico debemos sumar espacios muertos alveolares (alvéolos no funcionantes)

En personas sanas, los valores del espacio muerto anatómico y fisiológico son prácticamente iguales. En los pacientes con enfermedad pulmonar se incrementa el valor del espacio muerto fisiológico. Espacio muerto: volumen de las vías respiratorias que NO participan en la hematosis. Valor normal aproximado: 150 c.c. Normalmente, el volumen del espacio muerto anatómico es, en centímetros cúbicos, aproximadamente igual al doble del peso corporal en Kg.

Por ejemplo: Peso corporal: 75 Kg; $75 \times 2 = 150$ c.c.

El espacio muerto anatómico refleja la morfología del pulmón (zona de conducción); el espacio muerto fisiológico refleja las partes NO FUNCIONANTES del pulmón. (Refleja si el espacio alveolar existente es o no funcional).

El tubo para la respiración subacuática aumenta el volumen del espacio muerto respiratorio. (prolonga el espacio muerto anatómico) La composición del aire del espacio muerto es igual a la del aire inspirado.



MECÁNICA DE LA RESPIRACION

El estudio de la mecánica de la respiración comprende a las fuerzas que sostienen y mueven al pulmón y la pared torácica y de los caudales resultantes. A veces se considera este tema junto con el de la ventilación, que es el proceso por el cual el gas entra y sale de los alvéolos.

La mecánica pulmonar estudia las fuerzas que intervienen en el sostenimiento y movimiento del pulmón y de la pared torácica.

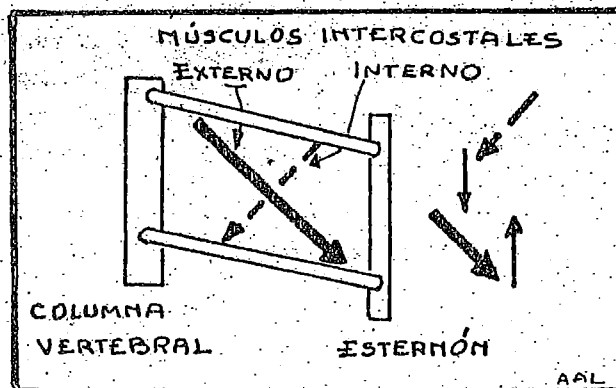
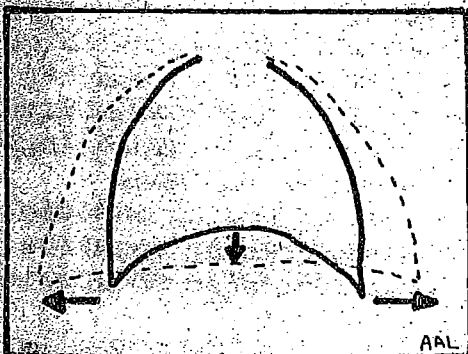
DIAPHRAGMA: es el más importante de todos los músculos respiratorios.

Al contraerse el diafragma ocurren dos cosas:

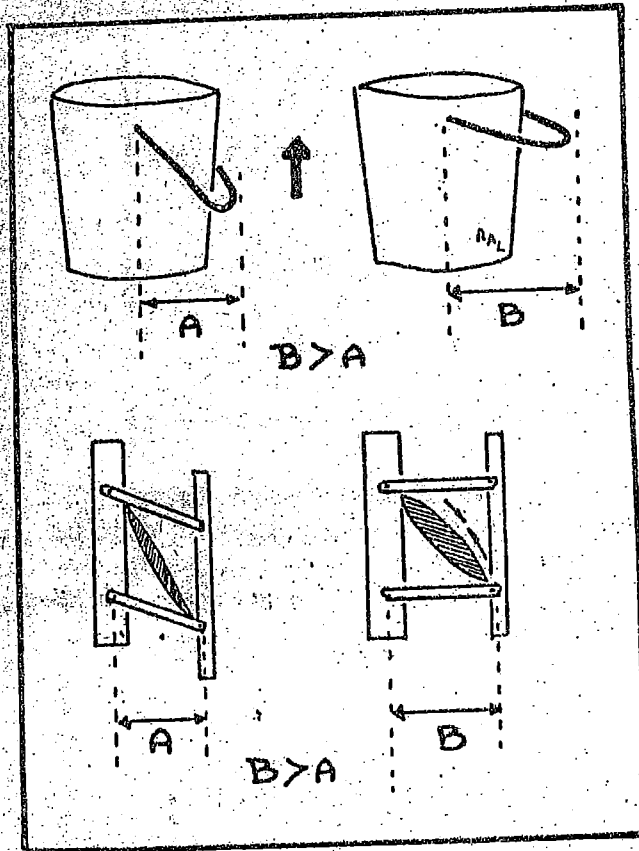
- a) el contenido abdominal se desplaza hacia abajo y el diámetro vertical de la caja torácica aumenta;
- b) los bordes de las costillas se levantan y se desplazan hacia afuera.

El diafragma está inervado por los nervios frénicos.

Otro grupo de músculos inspiratorios que le sigue en importancia es el de los intercostales externos. Por último, los denominados músculos accesorios de la inspiración son los músculos escalenos y esternocleidomastoideos. Se denominan accesorios porque durante la respiración en reposo tienen poca o ninguna participación, haciéndolo solamente durante la respiración forzada (durante el ejercicio por ejemplo).



///
ESPIRACION: la espiración se cumple de manera pasiva durante la respiración en reposo. Durante el ejercicio (respiración forzada) participan los músculos de la pared abdominal y los intercostales internos.



Cuando los músculos intercostales externos se contraen, las costillas son traccionadas hacia arriba y adelante.

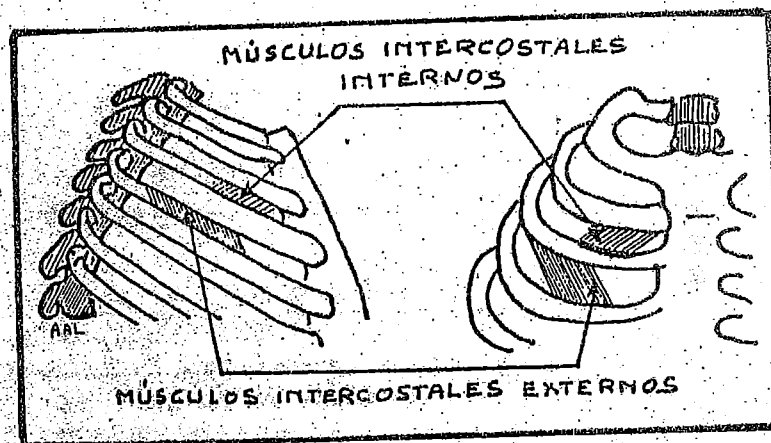
Como consecuencia de esto aumenta el diámetro antero posterior del tórax.

Los intercostales internos ejercen una acción contraria.

----- 0 -----

Al inspirar, la cúpula diafragmática se contrae y se aplana aumentando el diámetro vertical del tórax.

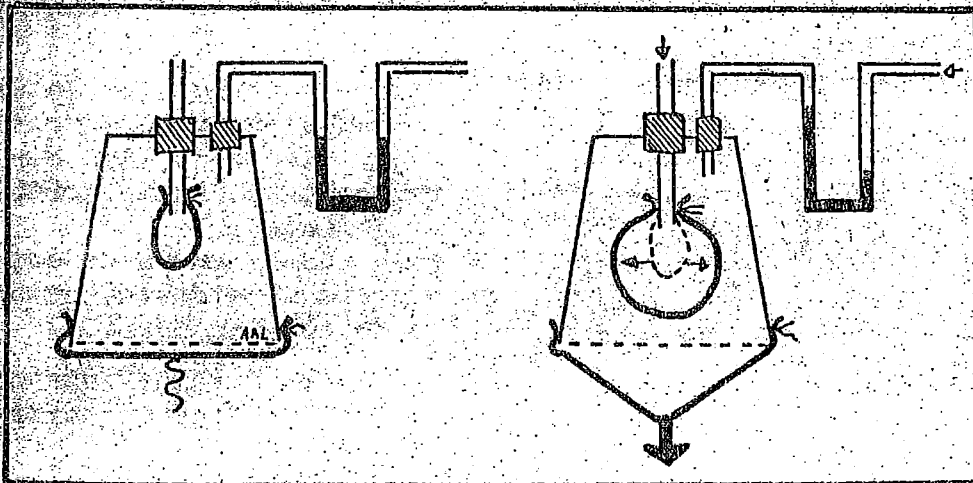
Al mismo tiempo levanta la parrilla costal aumentando el diámetro transversal del tórax. En la espiración forzada, los músculos abdominales se contraen y empujan el diafragma hacia arriba.



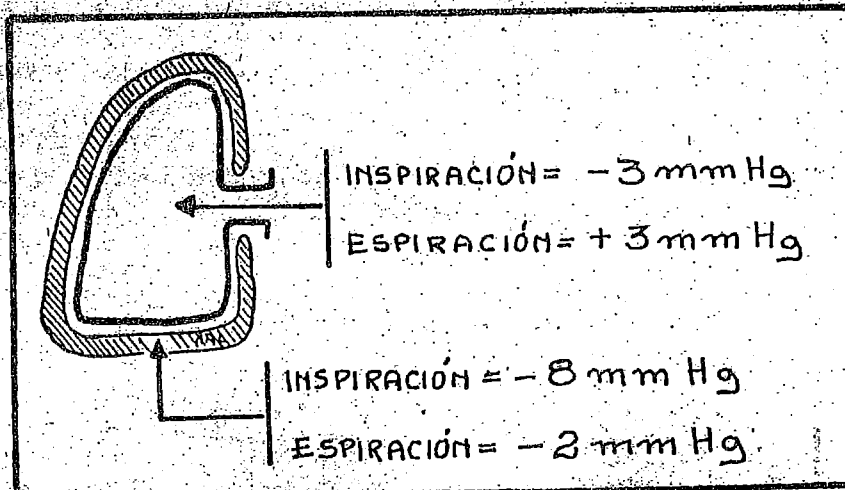
TIEMPO DE:
 INSPIRACION 2 ESPIRACION 3

RELACION: 2/3

MODELO PARA DEMOSTRAR LA ACCION DEL DIAFRAGMA



Debido a su elasticidad el pulmón tiende - en forma permanente - a colapsarse. Por este motivo ejerce cierta tracción sobre la pared torácica y crea una presión intrapleural negativa (menor que la presión atmosférica).



LEYES DE LOS GASES

Los líquidos y los gases reciben el nombre de fluidos. Los gases son fluidos compresibles que modifican su volumen por acción de la presión y de la temperatura. Por otra parte, la materia al estado gaseoso carece de forma y volumen propio.

Teoría cinética de los gases: las moléculas de un gas se hallan en continuo movimiento y solamente desviadas de su curso por el choque con otras moléculas o con las paredes del recipiente que las contiene. Cuando chocan con las paredes y rebotan, el bombardeo resultante provoca presión. La magnitud de la presión depende del número de moléculas existentes y de su velocidad.

/// LEY DE GAY-LUSSAC (Ley de Charles)

" A presión constante el volumen de un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta que soporta"

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

T = temperatura absoluta

LEY DE BOYLE-MARIOTTE

" A temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión que soporta"

$$V = \frac{1}{P}$$

Cuando la presión aumenta el volumen del gas disminuye proporcionalmente.

PRESION	=	TEMPERATURA (K)
		VOLUMEN

VOLUMEN	=	TEMPERATURA (K)
		PRESION

LEY DE DALTON (ley de las presiones parciales) (+)

" En una mezcla de gases, que no reaccionan químicamente entre sí, cada gas ejerce misma presión que si estuviera solo (presión parcial) y la suma de las presiones parciales determina la presión total."

" La presión de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de los gases que componen la mezcla."

Por ejemplo:

AIRE ATMOSFERICO

COMPONENTES	%	PRESION PARCIAL mm de Hg.
O ₂ (oxígeno)	21	159.6 (1)
N ₂ (nitrógeno)	78	592.8 (2)
CO ₂ (anhíd. Carbónico)	0.03	0.2 (3)
OTROS GASES	0.97	7.4 (4)
=====		
T O T A L	100 %	760.0 mm.Hg
=====		

(1) $\frac{760 \times 21}{100} = 159.6$

(2) $\frac{760 \times 78}{100} = 592.8$

(3) $\frac{760 \times 0.03}{100} = 0.228$

(4) $\frac{760 \times 0.97}{100} = 7.372$

Luego: en una mezcla de gases, cada gas ejerce la misma presión que si estuviera él solo el volumen total.

(+) VER V-33- Las unidades SI para las profesiones de la salud. (OMS)

LEY DE HENRY

" Para los gases que no se combinan químicamente con el solvente, la cantidad de gas que, a temperatura constante, se disuelve en un volumen determinado de líquido, es proporcional a la presión del gas."

$$C = P \cdot K$$

C = concentración del gas en el líquido

P = presión del gas

K = coeficiente de solubilidad.

LEY DE GRAHAM

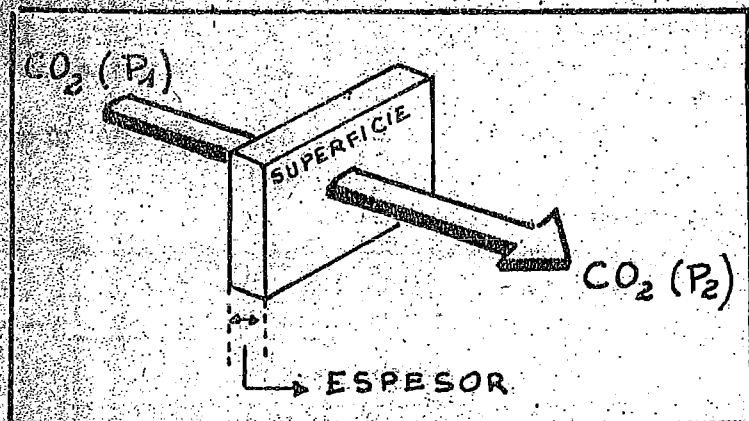
" Las velocidades relativas de difusión de los gases son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de sus densidades".

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

Los gases más livianos son los que difunden más velozmente; el hidrógeno es el más veloz.

LEY DE FICK

" La celeridad del traslado de un gas a través de una membrana de tejido es directamente proporcional a la superficie del tejido y a la diferencia de concentración del gas entre los dos lados, e inversamente proporcional al espesor de la membrana."



DIFUSIÓN:

$$\frac{\text{SUPERFICIE}}{\text{ESPESOR}} \times (P_1 - P_2) (+)$$

(+) También es proporcional a una "constante" de difusión que depende de las características propias de cada gas y de las propiedades de la membrana que atraviesa.

LEY DE MAREY

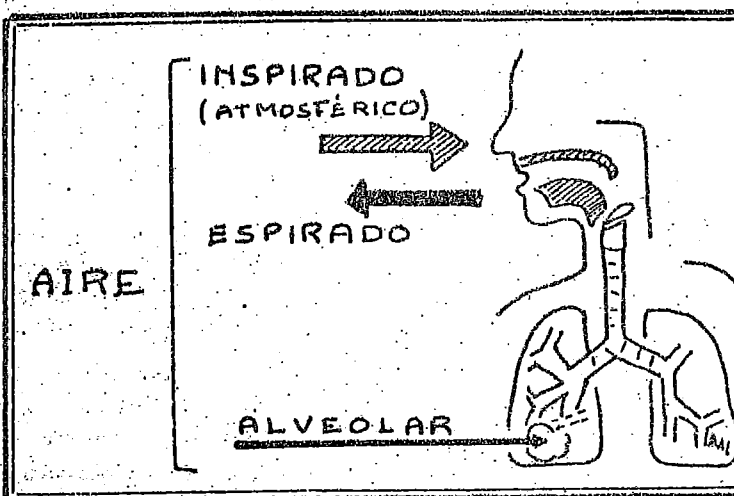
" La rapidez con que el oxígeno alcanza el eritrocito se halla en relación directa con el área de contacto y el gradiente de presión parcial de gas en ambos lados de la membrana y en relación inversa con el espesor de la membrana."

LEY DE AVOGADRO

" Volúmenes iguales de distintos gases a la misma temperatura y presión contienen la misma cantidad de moléculas." El número de AVOGADRO es el valor numérico de la constante de Avogadro. (En los países de lengua alemana se llama número de LOSCHMIDT)

COMPOSICION DEL AIRE ATMOSFERICO, ALVEOLAR y ESPIRADO

O ₂	CO ₂	N ₂
21%	0%	79%
16%	4%	80%
14%	6%	80%

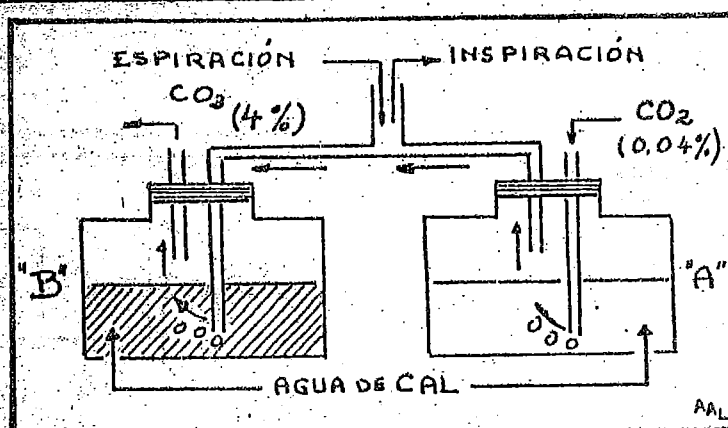


	INSPIRADO (+)	ESPIRADO (°)	ALVEOLAR
O ₂	21%	16%	14%
CO ₂	0%	4%	6%
N ₂	79%	80%	80%
TOTAL	100%	100%	100%

(+) Aire del ambiente; atmosférico.

(°) El aire espirado es una mezcla de aire alveolar y aire del espacio muerto.

ELIMINACION DE DIOXIDO DE CARBONO



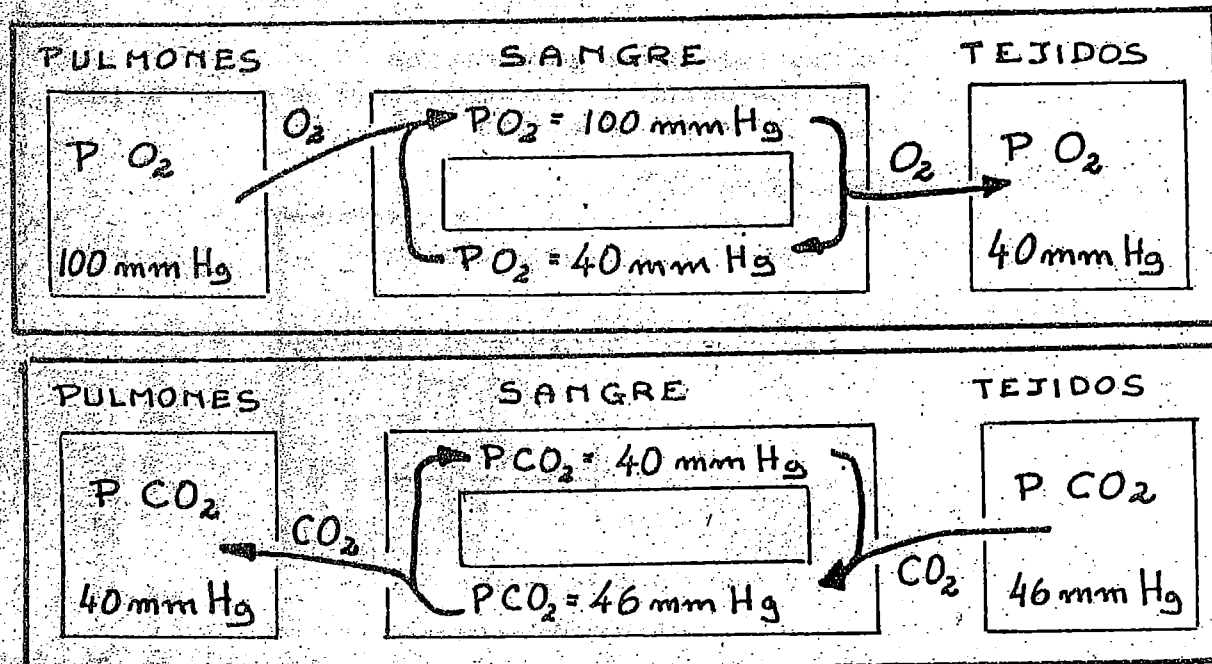
El frasco "A" permite la entrada del aire inspirado, pero no la salida del aire espirado. El frasco "B" permite la salida del aire espirado pero no la entrada del aire inspirado (sistema de válvulas de Müller). El aire inspirado, que pasa por el frasco "A", tiene solamente vestigios de CO₂ (0,04%), mientras que el aire espirado, que pasa por el frasco "B", contiene una alta concentración de CO₂ (4%). Sólo se enturbia el contenido del frasco "B", por el alto contenido de dióxido de carbono del aire espirado, transforma el agua de cal en un carbonato insoluble.

Gases	INSPIRADO		ESPIRADO		ALVEOLAR	
	mm.Hg	%	mm.Hg	%	mm.Hg	%
O ₂	158.0	20.79	116.0	15.3	100.0	13.16
CO ₂	0.3	0.04	32.0	4.2	40.0	5.26
H ₂ O (+)	5.7	0.75	47.0	6.2	47.0	6.18
N ₂	596.0	78.42	565.0	74.3	573.0	75.40
TOTAL	760.0	100	760.0	100	760.0	100

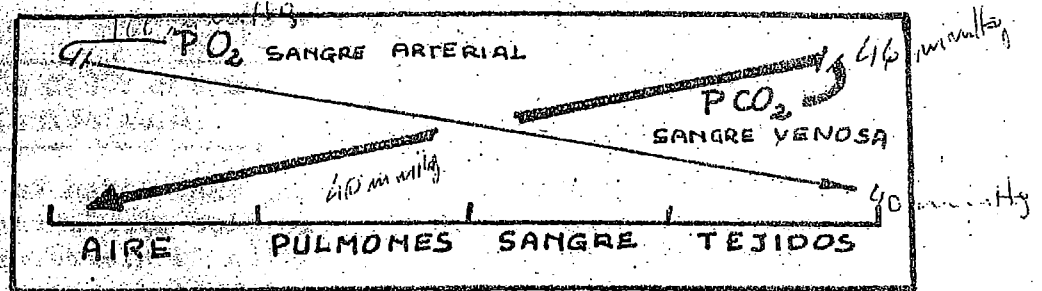
(+) A 37°C, temperatura del cuerpo humano, el aire alveolar se encuentra saturado con vapor de agua, el que tiene una presión de 47 mm.Hg. "Cuando existe vapor de agua, las presiones parciales de los demás gases dan un total igual a la presión barométrica descontando la presión del vapor de agua." El vapor de agua que satura el aire alveolar tiene un valor constante de 47 mm.Hg, tanto a nivel del mar como a 6.000 metros de altura (presión atmosférica 349 mm.Hg) debido a que está en función de la temperatura y la temperatura del cuerpo es constante.

⊙ mm.Hg. milímetros de mercurio (Ver Anexo : (K Pc) KILOPASCALES)

INTERCAMBIO DE GASES ENTRE EL AIRE ALVEOLAR Y LA SANGRE.
INTERCAMBIO GASEOSO EN LOS TEJIDOS.



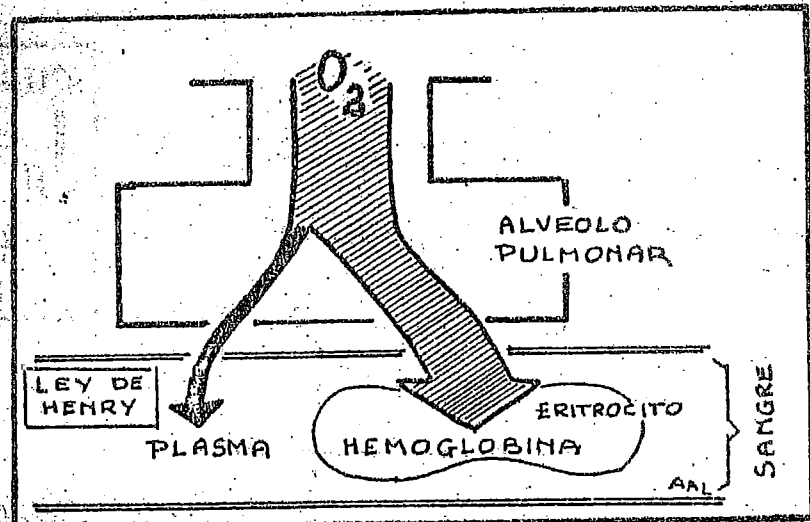
El oxígeno fluye " cuesta abajo" desde el aire hasta los tejidos; mientras que el anhídrido carbónico va "cuesta abajo" desde los tejidos hasta los alvéolos.



TRANSPORTE DE LOS GASES RESPIRATORIOS EN LA SANGRE

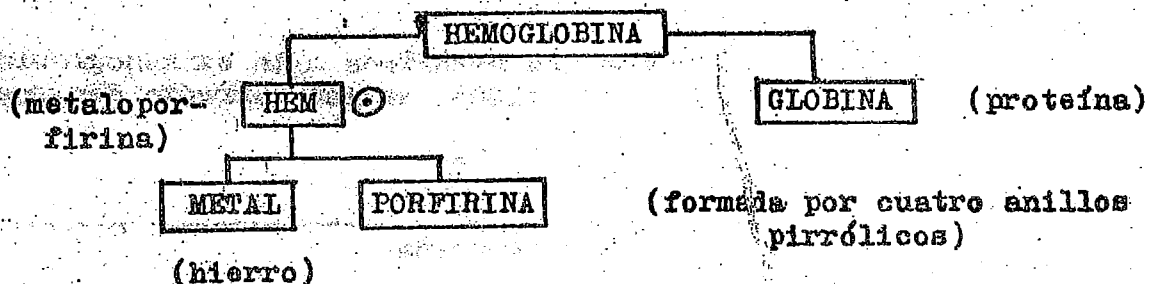
TRANSPORTE DE OXIGENO :

- disuelto en el plasma (0.3 ml. de oxígeno por cada 100 ml. de plasma)
- combinado con la hemoglobina-glóbulo rojo-(20 ml. de oxígeno por cada 100 ml. sangre total)



Los tejidos de una persona en reposo utilizan, aproximadamente :
250 ml. de oxígeno por minuto

Los eritrocitos (glóbulos rojos) deben su color al pigmento ferroso que contienen: la HEMOGLOBINA (Hb). La hemoglobina tiene cuatro grupos HEM; por lo tanto tiene cuatro Fe^{++} (hierro ferroso) por lécula.



⊙ En el HEM el hierro se halla en estado ferroso (Fe^{++} → divalente)

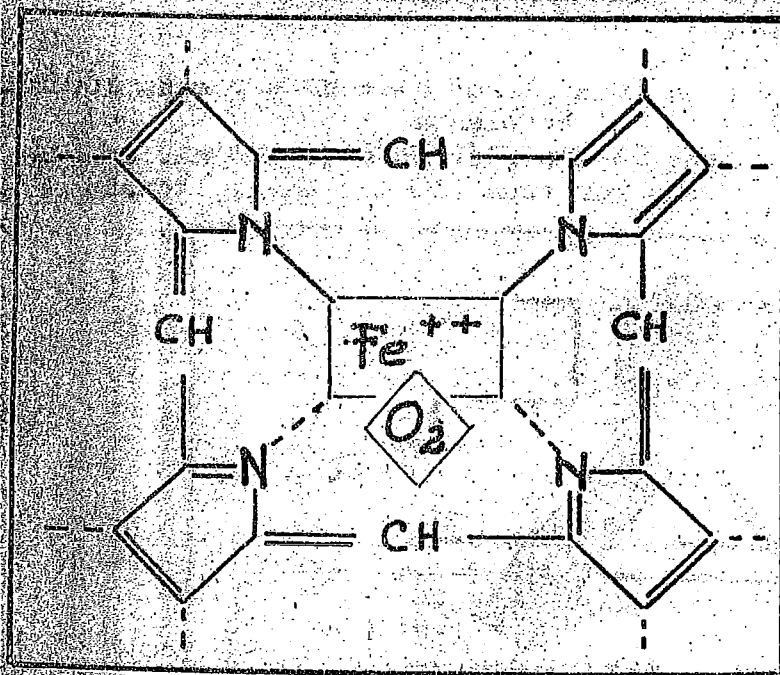
S A G U I N E A

H E M O G L O B I N A

M U S C U L A R
(mioglobina)

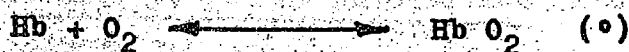
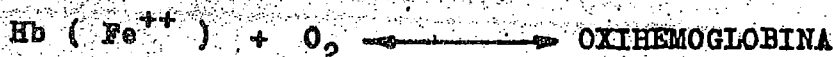
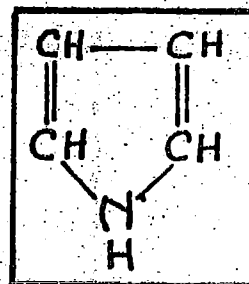
Cada molécula contiene cuatro unidades, constituida cada una de ellas por cuatro anillos pirrólicos y un átomo de hierro - - - O - - -

H F M (esquema simplificado)



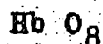
Hay una unidad de cuatro anillos pirrólicos y un átomo de hierro. Fija una (1) molécula de oxígeno por molécula de mioglobina. Es abundante en los músculos especializados para la contracción sostenida.

- - - O - - -

A N I D O
PIRROLICO

Esta reacción es una combinación débil ES UNA OXIGENACION no es una oxidación. Cuando el hierro se oxida a férrico (Fe^{+++}) se forma METAHEMOGLOBINA, incapaz de transportar el oxígeno. La hemoglobina que ha entregado su oxígeno se denomina HEMOGLOBINA REDUCIDA (Hb).

($^\circ$) Cuando nos referimos a la oxihemoglobina saturada (100%) es más correcto designarla como:



RESUMIENDO:

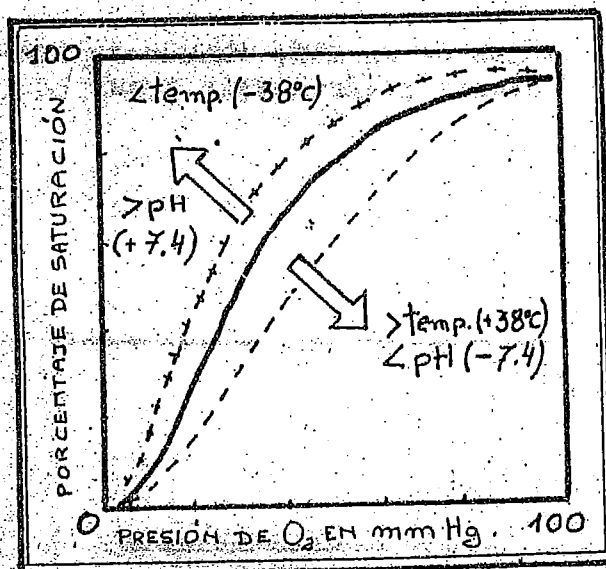
Hb = hemoglobina reducida

$\text{Fe}^{++} + \text{O}_2 = \text{oxihemoglobina (oxigenación)} \text{HbO}_2 - \text{HbO}_8$

$\text{Fe}^{+++} + \text{O}_2 = \text{metahemoglobina (oxidación)}$

///
La molécula de hemoglobina contiene cuatro (4) grupos HEM.
Cada molécula de hemoglobina puede fijar un máximo de cuatro moléculas de oxígeno (O_2).

	25% O_2	50% O_2	75% O_2	100% O_2
HEM ₁	$Hb_4 + O_2 \rightarrow Hb_4 O_2$			
HEM ₂		$Hb_4 O_2 + O_2 \rightarrow Hb_4 O_4$		
HEM ₃			$Hb_4 O_4 + O_2 \rightarrow Hb_4 O_6$	
HEM ₄				$Hb_4 O_6 + O_2 \rightarrow Hb_4 O_8$



CURVA DE DISOCIACION DE LA OXIHEMOGLOBINA ($Hb O_2$)
(Temperatura $38^\circ C$ y pH 7.4)

Dos factores:

- el aumento en la temperatura;
- el aumento en la concentración de iones H (disminución de pH);

produce un desplazamiento hacia la derecha (mayor entrega de oxígeno a los tejidos) de la curva de disociación de la HbO_2 (oxihemoglobina).

CAPACIDAD DE OXIGENO:

Se conoce como capacidad de oxígeno de la sangre a la "cantidad de oxígeno transportado por 100 c.c. de sangre cuando está completamente saturada" y depende de su contenido en hemoglobina."

"ES LA MAXIMA CANTIDAD DE OXIGENO QUE PUEDE TRANSPORTAR LA SANGRE Y DEPENDE DE LA HEMOGLOBINA QUE CONTENGA."

Cada 100ml. de sangre hay 15 gramos de hemoglobina. Un gramo de Hb se combina con 1.34 ml. de oxígeno.

Luego:

1 g Hb

1.34 ml/ O_2

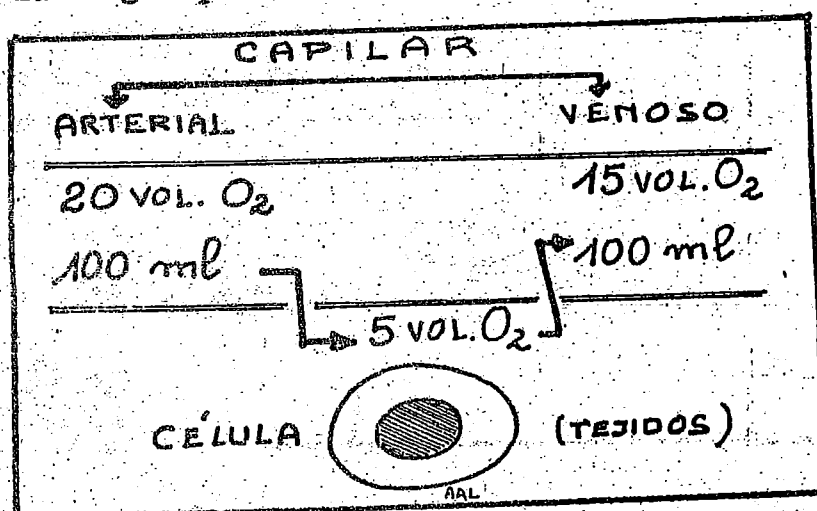
15 g Hb

$1.34 \times 15 = 20.1$ ml de O_2 /100 ml de sangre

LA CAPACIDAD DE OXIGENO DE LA SANGRE ES DE VEINTE (20) VOLUMENES POR CIENTO.

COEFICIENTE DE UTILIZACION

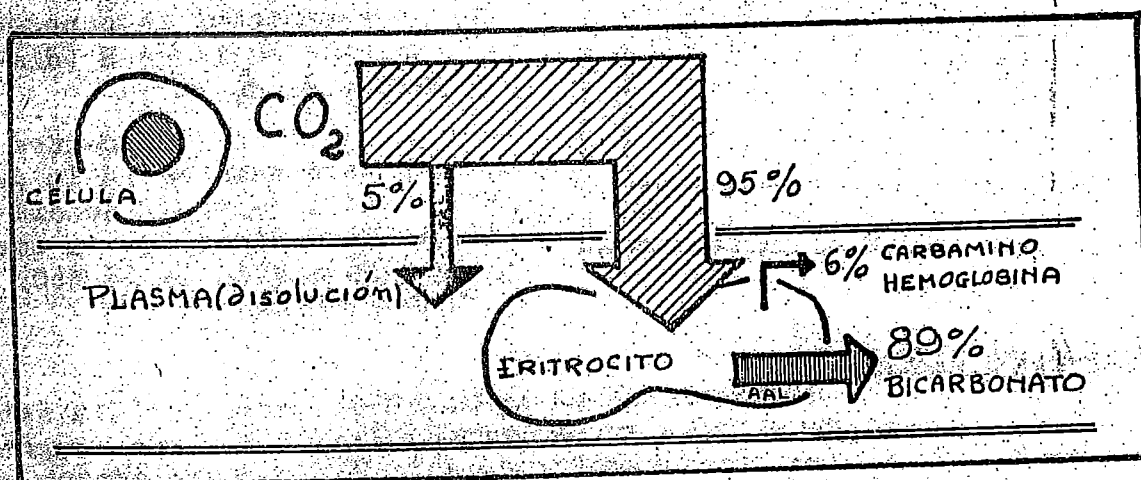
" Porcentaje de la carga total de oxígeno de la sangre que es utilizado por los tejidos."



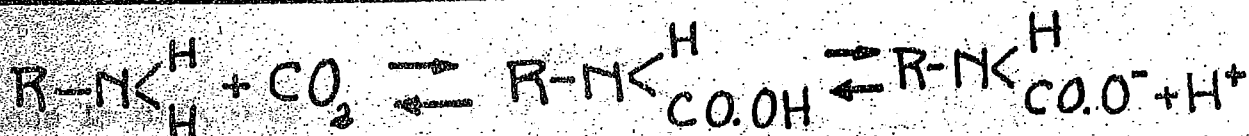
En reposo el coeficiente de utilizaciones de un 25%; cuando se realiza un ejercicio violento este coeficiente puede llegar a ser de casi el 75 %.-

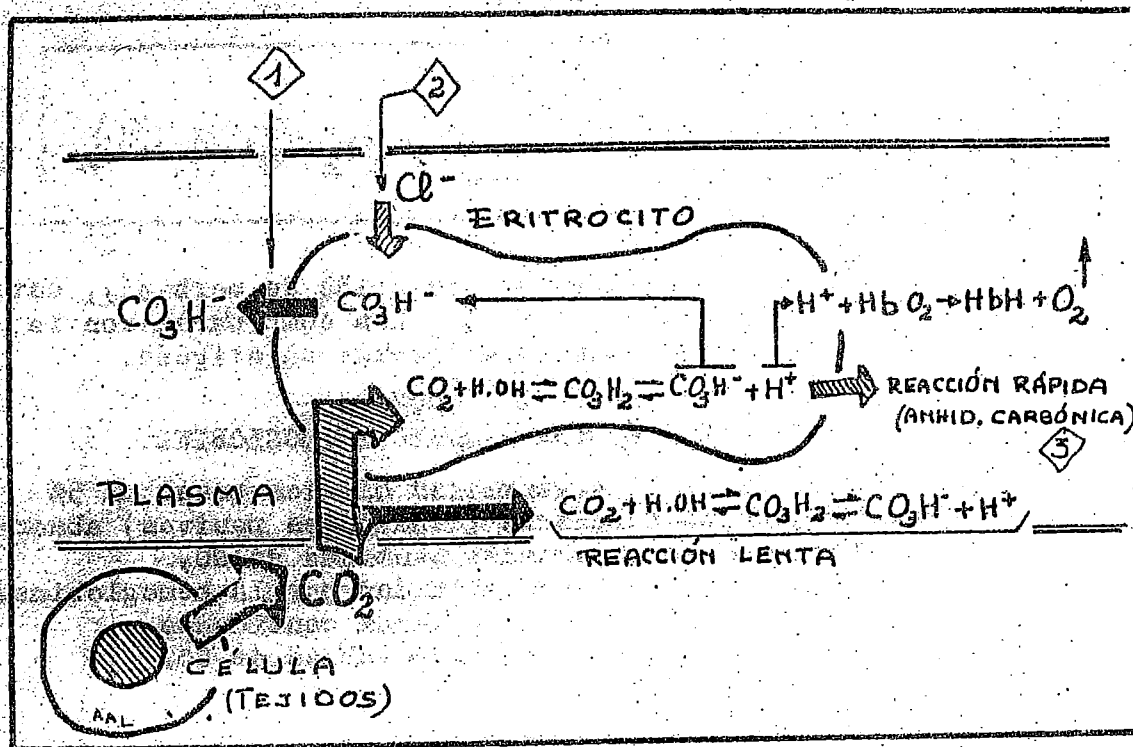
TRANSPORTE DEL ANHIDRIDO CARBONICO:

- a) en disolución (Ley de Henry)
- b) combinado con las proteínas (+)
- c) como bicarbonato.

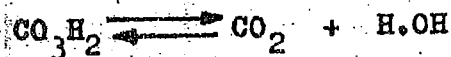


(+) El anhídrido carbónico se combina con los grupos $-NH_2$ de la molécula de hemoglobina y forma radicales carbamínicos. (CARBAMINOHEMOGLOBINA - CARHEMOGLOBINA - CARBOHEMOGLOBINA) Pequeñas cantidades se combina también con las proteínas del plasma.

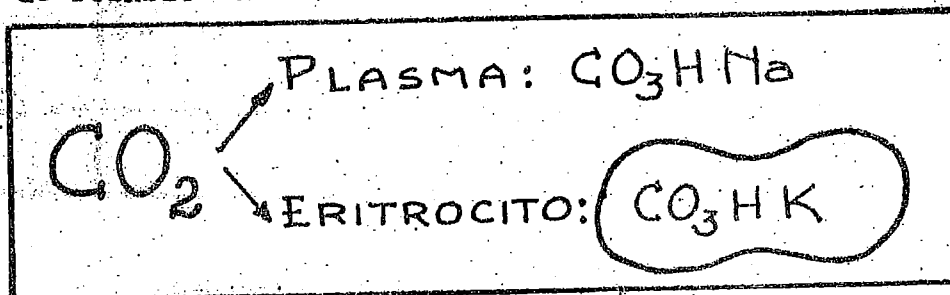




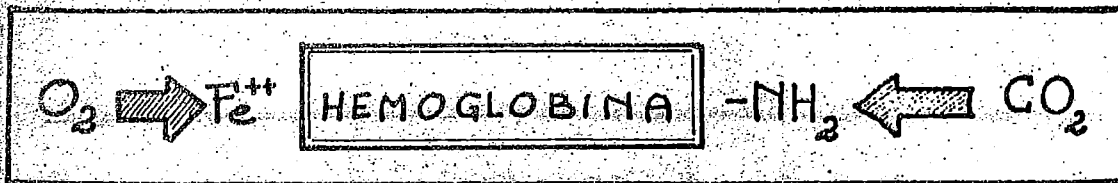
- 1 - Como se forma más CO_3H^- dentro del eritrocito que en el plasma, se produce una corriente de difusión del ión bicarbonato desde el interior del glóbulo rojo hacia el plasma.
- 2 - La entrada de iones (Cl^-) compensa la salida de iones bicarbonato (CO_3H^-). ESCAPE DE CLORUROS.
- 3 - La anhidrasa carbónica es una enzima presente en los eritrocitos, que acelera la reacción entre el CO_2 y el H.OH de 200 a 300 veces. En los tejidos no hay anhidrasa carbónica. La anhidrasa carbónica es una proteína que posee un átomo de ZINC en su molécula. La acción de la anhidrasa carbónica puede inhibirse por los CIANUROS y por las SULFONAMIDAS. La anhidrasa carbónica cataliza fuertemente la reacción:



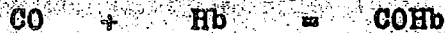
Al aumento del bicarbonato de SODIO en el plasma y al aumento de bicarbonato de POTASIO en el eritrocito se denomina "CAMBIO DE CLORUROS".



La hemoglobina puede combinarse, al mismo tiempo, con el oxígeno y el anhídrido carbónico.



Cuando en el aire inspirado existe CO (monóxido de carbono), este tiene una facilidad mucho mayor que el O_2 para combinarse con la hemoglobina, que ya no es apta para transportar el oxígeno.

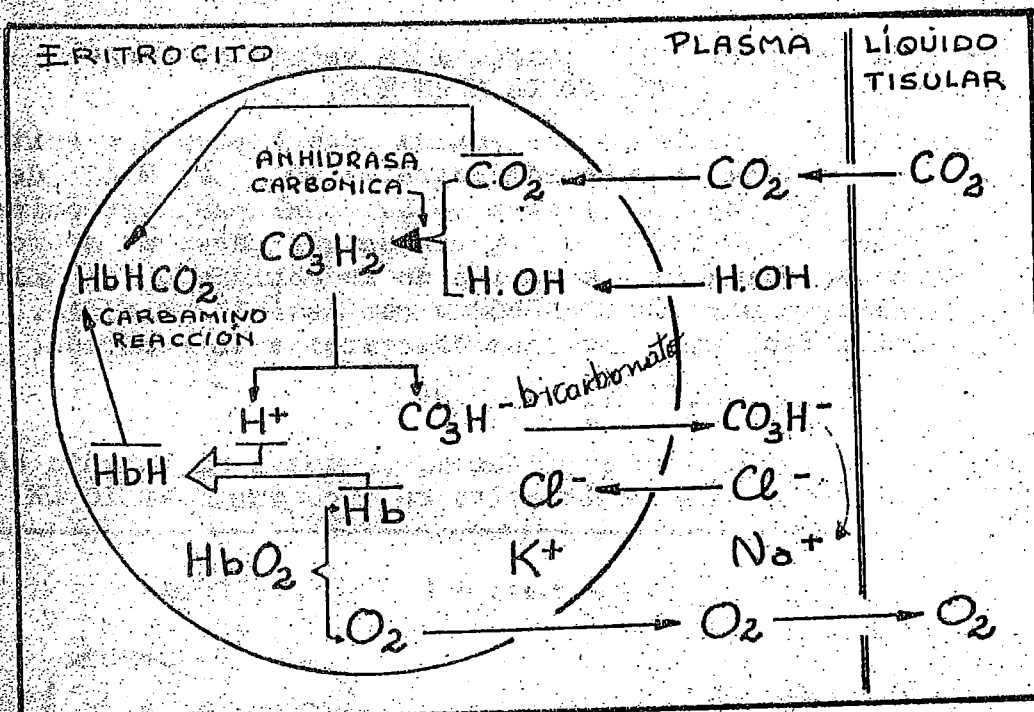


MONÓXIDO DE CARBONO + HEMOGLOBINA = CARBOXIHEMOGLOBINA

Se calcula que un fumador de 20 cigarrillos diarios posee un 5% de CARBOXIHEMOGLOBINA. Los NO fumadores (fumadores pasivos) absorben - sin desearlo hacer- una importante cantidad de CO. El monóxido de carbono (CO) tiene gran afinidad por la hemoglobina, razón por la cual es peligroso aún en pequeñas cantidades. El humo del tabaco contiene cantidades apreciables de CO.

HUMO DE TABACO	% CO
cigarrillo	1-3 %
pipa	2 %
puro (habano)	6 %

FENOMENO DE HAMBURGER (desplazamiento del ión cloro)



HAMBURGER, H.J. (1859-1924) Fisiólogo holandés.

Penómeno de Hamburger (EN LOS TEJIDOS).

- 1- El oxígeno abandona los eritrocitos;
- 2- El anhídrido carbónico entra en los eritrocitos;
- 3- Los iones bicarbonato CO_3 , H^+ abandonan el eritrocito;
- 4- los iones CL^- entran en los eritrocitos.

(EN LOS PULMONES EL PROCESO SE INVIERTE)

REGULACION DE LA RESPIRACION

El concepto de "FACTORES MULTIPLES" es la hipótesis más aceptada sobre la regulación de la respiración

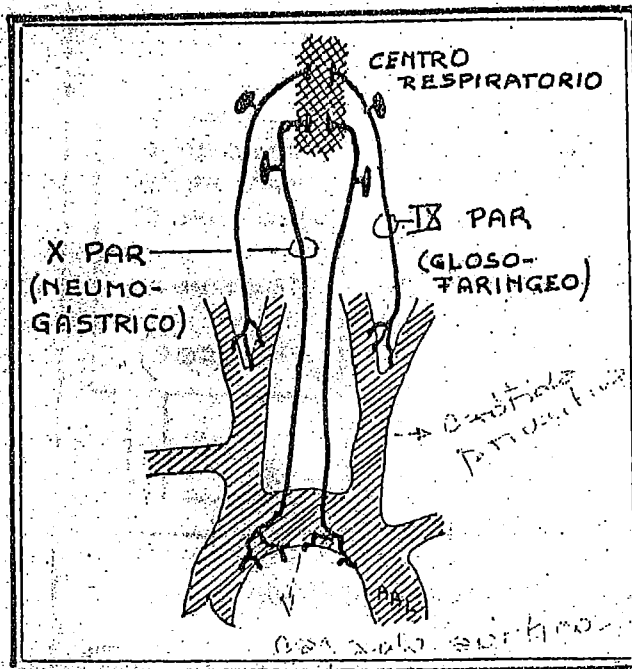
CONTROL QUIMICO
NERVIOSO DE LA RESPIRACION

REGULACION HUMORAL (química) DE LA RESPIRACION: QUIMIORRECEPTORES

Los quimiorreceptores son terminaciones nerviosas sensitivas, capaces de reaccionar a cambios en su medio químico natural. Los quimiorreceptores que participan en la regulación de la respiración pueden ser:

- a) centrales o bulbares;
- b) periféricos o arteriales
 - 1) cuerpos carotídeos (+)
 - 2) cuerpos aórticos

(+) no confundir con los BARORRECEPTORES carotídeos y aórticos.



Los quimiorreceptores carotídeos y aórticos reaccionan frente a los cambios sanguíneos de:

PO_2 ; PCO_2 o (H^+) .

Los cuerpos carotídeos se encuentran situados en la bifurcación de la carótida primitiva. Están inervados por una rama del IX par craneal (nervio glosófaringeo).

Los cuerpos aórticos se calizan en la pared de la zona ascendente del cayado de la aorta, principalmente entre el cayado aórtico y la arteria pulmonar. Están inervados por una rama del X par craneal (nervio neumogástrico o vago).

vio neumogástrico o vago).

Los cuerpos carotídeos y aórticos son pequeños órganos NEUROVASCULARES, que permiten una estrecha relación entre las células sensibles y la sangre arterial. Son verdaderos inductores, capaces de transformar los cambios químicos de la sangre en impulsos nerviosos.

CONTROL DE LA RESPIRACIÓN

Capítulo 17

REGULACIÓN DE LA RESPIRACIÓN

La respiración es un fenómeno principalmente involuntario del cual no tenemos conciencia. Aunque también existe una influencia que podemos ejercer sobre la respiración en forma voluntaria a través de la corteza cerebral.

Desde el punto de vista involuntario varios centros actúan para producir la respiración:

1. BULBO RAQUÍDEO

Posee a los centros inspiratorio y espiratorio que son los encargados de originar la respiración. Por ejemplo el centro inspiratorio al actuar estimula la contracción del diafragma generándose la inspiración y al dejar de actuar se relaja para producir la espiración.

El centro inspiratorio controla el ritmo básico, fijando la frecuencia de la inspiración. Este grupo neuronal recibe impulsos sensoriales a través de los nervios glosofaríngeo (IX par craneal) y vago (X par craneal). Los impulsos motores de este centro viajan por el nervio frénico hacia el diafragma.

El centro espiratorio se encarga principalmente de la espiración durante el ejercicio, ya que la espiración en reposo es un proceso pasivo.

2. PROTUBERANCIA ANULAR

En ella se encuentran los centros apnéutico y

arterial de dióxido de carbono y el pH arterial. Las variaciones de estos factores son detectadas por **quimiorreceptores** que son de dos tipos:

PERIFÉRICOS

Que se ubican en las arterias aorta y carótida. Son sensibles a la variación en la presión de CO₂ y secundariamente al pH y presión de oxígeno. Los quimiorreceptores periféricos incrementan la frecuencia respiratoria frente a los siguientes cambios en la composición de la sangre arterial:

- a. Disminución de la presión arterial de oxígeno, que es su tarea más importante.
- b. Aumento de la presión arterial de dióxido de carbono, efecto menos importante comparado con la presión de oxígeno.
- c. Disminución del pH arterial

CENTRALES

Ubicados en la cara rostral del bulbo y en contacto con el LCR (líquido cefalo-raquídeo). Son los más importante para controlar la respiración minuto a minuto. Estos receptores son sumamente sensibles a los cambios de pH del LCR. La disminución del pH del LCR provoca incremento de la respiración (hiperventilación) y un aumento de pH la reduce (hipoventilación).

Los quimiorreceptores centrales responden directamente a los cambios de pH e indirectamente a las variaciones de la presión arterial de dióxido de carbono.

- **Efecto de la corteza cerebral.**

En el control voluntario, los impulsos son transmitidos

neumotáxico, que se encargan de que la respiración sea un fenómeno uniforme. Es decir, una lesión de la protuberancia no impide que el sujeto respire, sino que su respiración se vuelva irregular.

El centro apnéutico pertenece a la parte baja de la protuberancia anular y excita las neuronas del centro inspiratorio alargando los potenciales de acción en el nervio frénico y prolongando la contracción del diafragma. Por lo tanto regula la profundidad de la respiración

El centro neumotáxico se encuentra en la parte alta de la protuberancia anular y se encarga de inhibir la inspiración, limitando la descarga del nervio frénico, ejerciendo un efecto regulatorio sobre la respiración.

3. RECEPTORES AL ESTIRAMIENTO PULMONAR

Estos se ubican en la pared del pulmón y son de dos tipos: a la inflación y a la deflación. Cuando se produce la inspiración el aire ingresa a los pulmones. Cuando se llega al límite los receptores a la inflación inician un reflejo que inhibe al centro inspiratorio del bulbo para que pueda ocurrir la espiración. Así mismo el aire sale de los pulmones hasta el límite detectado por los receptores a la deflación que inhiben ahora al centro espiratorio. De esta forma se va generando un ritmo respiratorio normal. Estos reflejos se conocen como de Hering Breuer

FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD DEL

BULBO RAQUÍDEO

El tronco encefálico controla la respiración mediante el procesamiento de información sensorial (aférente) y el envío de información motora (eferente) al diafragma. De la información sensorial que llega al tronco encefálico está relacionada con la presión arterial de oxígeno, presión

Capítulo 23

desde la corteza cerebral al centro respiratorio ya sea inhibiendo o aumentando la frecuencia respiratoria conscientemente.

- **Otros factores que afectan la respiración son:**

La estimulación dolorosa, súbita, la inmersión en el agua los estímulos fríos súbitos en la piel producen apnea, o sea,

detención repentina de la respiración.

Las emociones fuertes como el miedo, la excitación y otros

factores pueden también influir en el proceso respiratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Dr. Osmar Ciro. El Ateneo.
- Rhadhal Astrand. Fisiología trabajo humano. Ed. Panamericana.
- Dr. William F. Ganong. Fisiología médica. Ed. Manual Moderno.
- Anatomía y fisiología aplicada a la actividad física y deportiva.
- Fisiología del ejercicio. 3ª edición . López Chicharro/ Fernández Vaquero. Ed. Panamericana.
- Fisiología Humana. 4ª edición. Silverthorn/ Ober/ Garrison/ Silverthorn/ Johnson. Ed. Panamericana.
- Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. Edición 2003. Gillén del Castillo / Linares Girela. Ed. Panamericana.
- Fisiología articular . Kapandji. Miembro inferior, tronco y raquis . 5ª edición. Editorial Panamericana.
- Fisiología articular . Kapandji. Miembro superior. 6ª edición . Editorial Panamericana.
- Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª Edición. Tortora- Derrickson. Ed. Panamericana.
- Atlas de anatomía Humana. 11ª edición. Ed. Panamericana. Grant (Agur/ Dalley).
- Anatomía general. ed. Panamericana. Pierre Kamina.
- Manual y atlas fotográfico de anatomía del aparato locomotor. Ed. Panamericana. LLusá/Meri/Uuano.
- Atlas de anatomía humana. Ed. Panamericana. 22ª Edición. Sabotta (Putz/ Pabst).
- Prometheus. Texto y atlas de anatomía. 3 tomos . Prometheus (schünke/ schulte/ Schumacher).
- Anatomía humana Latarjet-Ruiz Liard. Tomo 1y 2 . Ed. Panamericana.
- Compendio de Anatomía y disección . H. Rouviere. Ediciones Científicas y técnicas, S.A. Masson- Salvat medicina.

- ANATOMIA Y FISIOLOGIA HUMANA 2da EDICION DAVID LE VAY . ED. PAIDOTRIBO.
- BIOLOGIA 3 PEDRO ZARUR. ED. PLUS ULTRA
- INTRODUCCION A CIENCIAS DE LA SALUD
<http://www.juntadeandalucia.es/averroes>
- APATARO URINARIO. <http://www.botanica.cnba.uba.ar>
- Conceptos básicos de biología. <http://preupsubiologia.googlepages.com>
- FISILOGIA MEXICA : DR ARTURO LOPEZ.

LIC HECTOR ALEJANDRO LOPEZ
KINESIOLOGO Y FISIOTERAPEUTA
ESP EN QUIROPRACTICA
POSTUROLOGIA
PSICOMOTRICIDAD
M.P. 118