

# MANUAL DE FISIOLÓGÍA PARA APRENDICES PERMANENTES DE LA CIENCIA PDD

(Parte 1)

Joel Reicherter y Mark Handler

## I. INTRODUCCIÓN

Muchos practicantes de la ciencia de la detección psicofisiológica del engaño (PDD) han entrado en la profesión a media-carrera de disciplinas distintas a las ciencias de la vida o la biología. Por lo general, muchos que ingresan a PDD provienen de profesiones de la justicia penal o afines con exposición limitada a las ciencias de la vida. En la ciencia poligráfica, el investigador debe registrar y evaluar datos fisiológicos viscerales provenientes de sistemas seleccionados de órganos del cuerpo, regulados por el cerebro. Esto significa que el profesional de polígrafo debe obtener y mantener un conocimiento mínimo suficiente de los fundamentos de los cambios fisiológicos que está tratando de medir. Estos parámetros fisiológicos necesarios para la evaluación PDD se estudian normalmente en las disciplinas de ciencias de la vida.

A pesar de la perspectiva del público en general, no hay una métrica de la detección de mentiras. Sin embargo, la ciencia PDD puede proporcionar una medición estadística de la probabilidad de respuestas veraces o engañosas a las preguntas relevantes sobre un asunto en cuestión. **El Sistema Cardiovascular (corazón), Sistema Tegumentario (piel), y el Sistema Respiratorio (respiración)** regulado por el **Sistema Nervioso Central** necesitan ser razonablemente entendidos por el examinador poligráfico para que pueda ser un agente de toma de decisiones eficaces en la ciencia PDD. Los términos escritos en negrita en este manual son de importancia sobresaliente. Éstos se revisan en términos generales en la *Visión General*, sección Parte 1 y se describen más a fondo en la *Sección Detallada*, Parte 2: Los estudiantes y aprendices constantes podrían querer asegurarse de tener una especialmente buena comprensión de estos términos.

Joel M. Reicherter es Profesor Emérito de la Universidad Estatal de Nueva York, Farmingdale. Durante 33 años él enseñó Anatomía y Fisiología a estudiantes relacionados con la salud. Se convirtió en Examinador Poligráfico Certificado en 1983 y en miembro de la APA en 1985. Ha sido profesor Adjunto de Fisiología en el National Center for Credibility Assessment (Centro Nacional de Evaluación de la Credibilidad) desde 1997 y mantiene una práctica poligráfica privada en Nueva York. Él puede ser contactado en [univpoly1@aol.com](mailto:univpoly1@aol.com).

Mark Handler es el presidente de investigaciones de la American Association of Police Polygraphists (Asociación Americana Policías Poligrafistas) y miembro de Honts, Handler & Hartwig, LLC. Mark ha publicado artículos y estudios sobre diversos aspectos del polígrafo y puede ser contactado en [polygraphmark@gmail.com](mailto:polygraphmark@gmail.com). Las opiniones expresadas son las del autor y no las de la AAPP o Honts, Handler y Hartwig, LLC.

Nota del autor: Un examinador que personifica nuestra creencia en el aprendizaje permanente, revisó y editó este documento sin descanso. Sin la atención de Dale Austin a los detalles, sin su comprensión profunda del proceso de aprendizaje del examinador PDD y sin su pericia general en PDD, este documento sería considerablemente menor de lo que es. Los autores y nuestra profesión tienen con Dale Austin una gran deuda de gratitud. También estamos infinitamente agradecidos con Don Krapohl que inspiró este proyecto, lo halagó hasta su término, y dio el formato a su versión final.

Los derechos de autor están en manos de la American Polygraph Association (APA) (Asociación Americana de Poligrafía). Se concede el uso gratuito de la misma con fines educativos a los programas de educación en poligrafía acreditados por la APA y a sus estudiantes. Todos los demás usos requieren la aprobación escrita de la APA. Las preguntas pueden ser dirigidas a [Editor@polygraph.org](mailto:Editor@polygraph.org).

Este proyecto comenzó en 2005, cuando un autor Joel Reicherter (JR) compartió el esquema de su curso de fisiología de 62-horas con el otro el autor Mark Handler (MH), que podría decirse es uno de los cursos más completos y desafiantes de fisiología que se enseñan en cualquier régimen de entrenamiento PDD.

MH tomó el esquema y desarrolló lo que más tarde se convirtió en la sección "detallada" del documento actual. Los autores consideraron que los lectores se beneficiarían de una visión menos detallada y JR es el primer-autor de esa sección de este documento.

Había dos intenciones: La primera, crear un documento que pudiera ser utilizado como una base para la revisión de este tema a veces difícil –una luz en fisiología - y segunda, para proporcionar al examinador más motivado o curioso una herramienta con la que se podría adentrar profundamente "en la maleza."

El esquema general de la visión general debería seguir muy de cerca la *Sección Detallada*. Puede haber cierta superposición de información entre estas secciones, durante la edición se buscó dejar fuera material redundante, no obstante, pudo haber quedado una u otra información difícil de entender. Pedimos al lector perdón y tolerancia por la redundancia. También pedimos que atraigan nuestra atención hacia errores, y aceptamos responsabilidad *a priori* por errores u omisiones.

Creemos que el aprendizaje profesional y colectivo de la profesión nunca debe parar. Hemos desarrollado este documento para aquellos estudiantes, examinadores y escuelas que comparten nuestros ideales. Esperamos que el lector lo encuentre útil y esperamos poder actualizarlo en la medida que sigamos aprendiendo, y según el tiempo lo permita.

## II. Antecedentes fisiológicos y químicos

En un cuerpo sano, los sistemas-del-cuerpo trabajan juntos en armonía, en un ambiente fisiológico interno de bienestar equilibrado. Esto se describe como estar en un *estado homeostático de equilibrio*, también conocido como *homeostasis*, o con el término médico, en un "estado de bienestar". Si cualquier circunstancia externa interrumpe este balance dentro del sistema de órganos, podría desarrollarse un estado de enfermedad. No obstante, los cambios en el ambiente rutinario como el ejercicio, en comparación con el estado de relajación al leer un libro, causarán naturalmente una alteración en el equilibrio homeostático en los sistemas del cuerpo. Los ajustes fisiológicos realizados durante el equilibrio homeostático dentro de los sistemas de órganos fueron descritos recientemente en el ámbito de la PDD por Mark Handler como *alostasis*, que se describe en la *Sección Detallada* bajo *Homeostasis y Alostasis*.

Todas las actividades fisiológicas que se direccionan hacia actividades para vivir siguen leyes básicas de la química. Gran parte de la química que ocurre en el cuerpo humano está más allá del alcance de este manual, pero hay algunos conceptos importantes que deben abordarse

para proporcionar una comprensión fundamental para aquellos que están aprendiendo ciencia PDD.

Para comenzar nuestro estudio, toda la materia en la tierra se compone por sólo 92 átomos diferentes de origen natural, también descritos como elementos. El cuerpo vivo se compone de 26 de ese total. Ejemplos de estos átomos, que seguramente han escuchado, incluyen hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno. Estos cuatro elementos constituyen aproximadamente el 96% del cuerpo. El calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloro, magnesio y hierro constituyen el 3.8%. Los 14 elementos restantes se clasifican como oligoelementos porque colectivamente constituyen sólo el 0.2%. Todos los elementos se representan típicamente con una o dos letras del alfabeto del idioma Inglés. Por ejemplo, **C** representa carbono, o **Ca** representa calcio.

Brevemente, estos átomos están compuestos por partículas llamadas protones, neutrones y electrones. El número total de protones y neutrones en cada átomo se encuentran en el centro del átomo (núcleo) y se conoce como la masa atómica. El más ligero en masa atómica es el hidrógeno, que sólo tiene 1 protón y 0 neutrones. El átomo más pesado es el uranio, que tiene 92 protones y 146 neutrones. Los protones tienen una carga positiva en comparación con los neutrones, que no tienen carga. Orbitando en áreas o capas prescritas alrededor del núcleo están los electrones, los cuales se encuentran cargados negativamente. Usualmente los átomos tienen el mismo número de protones positivos y electrones negativos organizados en las distintas áreas (caparazones) alrededor del centro del núcleo atómico. Esta disposición de cargas positivas y negativas hace que el átomo sea neutral. Se puede encontrar más información sobre el diseño de arquitectura en la sección detallada de este trabajo, o en textos de química básica o de anatomía y fisiología. No obstante, para la comprensión básica de PDD, no será necesario investigar conceptos químicos adicionales a menos que estés inspirado para hacerlo.

Puesto que hay múltiples fuerzas que actúan sobre estos átomos, basadas en el número y ubicación de los electrones en un átomo, algunas veces los electrones son arrancados o atraídos hacia otro átomo. Cuando eso ocurre, el átomo que pierde un electrón queda en un estado positivo, que se conoce como un ion positivo o catión. Si el átomo gana un electrón se conoce como un ión negativo o anión. Algunos de los iones más importantes que puedes ver en fisiología son el sodio, potasio, cloro (también llamado cloruro), calcio e hidrógeno. El símbolo de notación será  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{H}^+$ , etc. El signo + indica la pérdida de un electrón, el signo - indica la ganancia de un electrón. El símbolo  $\text{Ca}^{++}$  indica que se han perdido dos electrones. Estos iones, y otros, juegan un rol significativo en los eventos Nerviosos, Cardiovasculares, Respiratorios, y de la función de la Glándula Sudorípara, y en última instancia de todos los eventos fisiológicos que ocurren durante los exámenes PDD.

Otras fuerzas físicas y químicas causarán que los átomos compartan electrones en la capa exterior resultando en un **enlace de intercambio (covalente)** entre dos o más átomos formando moléculas. El agua, los carbohidratos y las proteínas son buenos ejemplos de moléculas. En otros casos, uno o más electrones serán liberados por un átomo y recibidos por otro, resultando en un

ion positivo y en un ion negativo. En este caso, la atracción entre los dos iones se llamaría un **enlace iónico** formando un compuesto pero no una molécula. La sal (NaCl) sería un buen ejemplo. La sal puede ser representada como Na + Cl<sup>-</sup> pero por conveniencia, el + y - a menudo no se muestran.

### III. ORGANIZACIÓN DEL CUERPO HUMANO

Todos los seres vivos, incluyendo el cuerpo humano, se organizan en **células** las cuales llevan a cabo actividades de supervivencia. En las formas de vida más avanzadas, diversos tipos de células se organizan en **tejidos**, que realizan funciones más complejas de las que realiza una sola célula. Los tejidos se organizan entre sí para formar **órganos**, que realizan funciones más complejas de las que realiza un tejido. Los órganos se organizan entre sí para formar **sistemas**, que realizan funciones aún más complejas. Finalmente, la mezcla integrada de once sistemas diferentes forma el organismo del **ser humano**.

Como modelo, considere el organismo del ser humano como nuestra nación. Los estados representarían los sistemas, los condados representarían los órganos, las ciudades y pueblos representarían los tejidos, los vecindarios locales representarían las células, y las personas representarían los átomos, iones y moléculas.

**Células:** Ve a las células como fábricas. Dependiendo de la naturaleza de la célula (fábrica), las fábricas, con sus trabajadores (**moléculas e iones**), pueden producir una variedad de productos, útiles para la economía local o para los dominios más grandes (condados, estados, nación). Como en cualquier industria, las materias primas deberán ser entregadas a la fábrica por camiones (**sangre**), pasar a través de las puertas de la fábrica (**membrana celular**), ser convertidos en un producto (**proteínas u otras moléculas complejas**), luego ser enviadas a través de las puertas de la fábrica (membrana celular) a otros destinos en camiones (sangre). Como en cualquier fábrica, los trabajadores tienen que ser organizados y dirigidos por los capataces y directores de la empresa (**enzimas y hormonas**).

En todas las fábricas funcionales, las formas específicas en que se producen los productos dependen de la organización de la fábrica, la forma en que las materias primas y materiales de construcción entran en la fábrica, y en cómo los productos manufacturados son empaquetados y enviados.

Así como una fábrica tiene una oficina central para la toma de decisiones, también lo hace una célula. El núcleo de la célula es donde el **ADN, en los cromosomas**, almacena todos los planos para hacer el producto. Por supuesto, los planos no pueden hacer que el producto se haga en la oficina. Los planos deben ser enviados a la línea de ensamblaje en la fábrica (**varios organelos localizados en el citoplasma**).

**Tejidos:** Los tejidos son la suma de diferentes tipos de células trabajando en conjunto por un propósito común y más complejo. Usando el modelo celular previo, visualiza una fábrica

elaborando neumáticos, otra defensas, otra asientos de cuero, otra parabrisas, y otra revestimientos. Todos estos productos son enviados a la fábrica que ensambla todas las piezas fabricadas, produciendo un automóvil (**Tejido**).

**Órgano:** Ahora imagina fábricas que están produciendo sedanes, camionetas y autos deportivos, otras fábricas que construyen camiones y camionetas, y fábricas adicionales manufacturando aviones, trenes, etc. (**Órganos**).

**Sistema:** Diversos vehículos transportan personas o productos de un lugar a otro dentro del sistema de transportación nacional. El cuerpo humano no sólo tiene un sistema de transportación (Sistema Circulatorio), sino que también tiene otros diez sistemas especializados.

**Organismo:** Consideremos ahora la combinación de un sistema de transportación nacional, sistema médico, sistema de cultivo, sistema educativo, sistema de vivienda, sistema del vestido, sistema policiaco y militar (para protección), etc., administrados y dirigidos por un gobierno central (**Cerebro y Sistema Endócrino**). Todos juntos son una nación (**Ser humano**).

Ahora que hemos establecido el concepto de trabajo de la organización del cuerpo humano, estamos listos para explorar aquellos sistemas del cuerpo que responden de manera más directa en una forma en que se produce la mayoría de las señales significativas en la evaluación PDD.

#### IV. SISTEMA NERVIOSO

Ahora que has sido introducido a la organización del cuerpo humano, es importante estudiar, con un poco más de detalle, los eventos fisiológicos de esos sistemas que son utilizados de manera específica en el diagnóstico de las exámenes PDD. Siempre vas a poder explorar más detalles de la fisiología sistémica en la sección ampliada de este manual o en los textos listados en la sección de referencias.

La célula más importante en el sistema nervioso -la "estrella" del show- es la **neurona**. Aunque hay otras células de soporte asociadas con el funcionamiento del sistema nervioso, muy parecido a los personajes de apoyo que juegan roles vitales en apoyo a la estrella del show en un Espectáculo de Broadway, debemos centrar la mayor parte de nuestra atención en las neuronas, con sólo una referencia ocasional a las células de apoyo.

Hay tres neuronas como estrellas principales en este espectáculo, **Neuronas de Asociación (interneuronas), Neuronas Sensoriales y Neuronas Motoras**. La neurona motora ha sido la más estudiada en neurofisiología debido a su tamaño, a su diseño elegante, y por ser relativamente de fácil acceso a los investigadores. Para una mejor comprensión, por favor consulta con frecuencia los diagramas incorporados en la *Sección Detallada*.

Los diversos tipos de iones se pueden separar de una forma discriminativa entre el fluido extracelular (intersticial) y el ambiente celular interno debido al diseño de la **membrana selectivamente permeable** de las neuronas y otras células. Muchos fisiólogos consideran al líquido extracelular como el océano, y las células humanas como todos los organismos vivos en ese océano.

Iones tales como el Sodio ( $\text{Na}^+$ ), Potasio ( $\text{K}^+$ ) y Cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), (Cloro antes de ganar un electrón), pueden moverse en un campo eléctrico. Los iones capaces de este movimiento se conocen como **electrolitos**. Cuando las Neuronas utilizan electrolitos para conducir un impulso como-corriente, es conocido como un **potencial de acción**. Las neuronas utilizan potenciales de acción para comunicar y dirigir todos los órganos del cuerpo para que lleven a cabo sus deberes para la funcionalidad del cuerpo. Las neuronas, por lo tanto, son referidas como *células excitadoras*. Cuando tu médico solicita al laboratorio sustraerte sangre para un análisis, la prueba probablemente incluirá una evaluación de tus electrolitos. Un análisis de sangre para electrolitos es simple e importante. Un desequilibrio de electrolitos puede ser causado por muchos factores que incluyen la dieta, medicamentos, estilo de vida, etc. Si los niveles de electrolitos están significativamente desequilibrados, toda la fisiología del cuerpo, incluyendo el sistema nervioso, sistema cardiovascular, sistema respiratorio y la actividad de las glándulas sudoríparas, puede verse afectado significativamente.

Debe existir un potencial de reposo antes de que las neuronas puedan realizar un potencial de acción. Antes de que pueda ser creada una corriente para encender una luz, debe existir un potencial de reposo para sustraer la energía almacenada en la batería. El potencial de reposo de la batería se cuantifica en unidades llamadas **voltios**. Debido a que la neurona es muy pequeña, la unidad de energía se mide en **milivoltios** (mV). Aunque las baterías y las neuronas comparten conceptos similares de almacenamiento de energía, hay diferencias entre ellos en cuanto a la forma en que la energía se convierte en corriente (amperios, en electricidad) o en potencial de acción en las neuronas.

EL Voltaje de la Célula se calcula midiendo la **diferencia** entre las moléculas cargadas y los iones que se encuentran en el exterior de la membrana celular en comparación con el interior de la membrana celular. La diferencia en el potencial de reposo en la mayoría de las neuronas es de aproximadamente  $-70$  mV. (La convención dicta que el potencial de reposo, medido en mV, compara el interior de la célula con el exterior. Si el voltaje fue medido desde el otro lado de la membrana, este sería  $+70$  mV.) En el corazón y en algunas células especializadas, el potencial de reposo puede ser  $-90$  mV o algún otro voltaje.  $\text{K}^+$  es el ion más importante para el establecimiento del potencial de reposo. La permeabilidad selectiva de la membrana de la neurona permite que algunos de los iones  $\text{K}^+$  se difundan fuera de la célula. Mientras esto sucede, la célula queda menos positiva, o de hecho, negativa. Conforme se difunde más potasio hacia el exterior en una tasa decreciente, la naturaleza positiva del ion es electroquímicamente atraída de nuevo dentro de la célula. Llegará un momento en que la fuerza de difusión que dirige al  $\text{K}^+$  fuera de la célula caiga en equilibrio con la fuerza electroquímica para traerlo de vuelta (como un juego de tira y

afloja en un punto muerto). A eso de los  $-70$  mV, esas fuerzas son iguales, que establece el **Potencial de Reposo**.

Se puede ver en las páginas subsecuentes, en la sección detallada, una descripción visual de las neuronas sensoriales y motoras. Las partes más significativas de una neurona, con la finalidad de conducir un impulso nervioso, son las dendritas, el cuerpo celular, axón y telodendria (ramas terminales sinápticas). Por razones de simplicidad, no se describirán en este manual muchos detalles de cómo una neurona genera y conduce los impulsos (potenciales de acción), pero se pueden leer en cualquiera de los textos asociados listados en la sección de referencias.

## Neurona

Una neurona recibe una señal de estímulo de muchos tipos diferentes en las dendritas o en el cuerpo celular, que podría alterar los receptores de la membrana (**puertas químicas**) para permitir que entre el  $\text{Na}^+$  en la célula y se mueva hacia el axón. Cuando los iones suficientes de  $\text{Na}^+$  alcanzan el axón, la diferencia de voltaje a través de la membrana celular del axón caerá de  **$70$  mV** a aproximadamente  **$-55$  mV**. Cuando se produce ese voltaje, las puertas de voltaje - moléculas especiales en la membrana celular del axón sensibles a ese voltaje - se abrirán. Esto forma un canal, que permite que muchos más  $\text{Na}^+$  se precipiten del fluido extracelular hacia dentro del axón porque el interior del axón es negativo y la concentración de sodio es inferior a la exterior. En un milisegundo, el interior del axón junto al cuerpo de la célula cambiará a  **$+30$  mV**. Este cambio en el voltaje transmembranal de  $-70$  mV a  $+30$  mV se conoce como **despolarización**. Los iones de sodio que acaban de precipitarse dentro del axón se moverán a la zona adyacente porque el resto del axón todavía está en reposo a  $-70$  mV. Esto reduce el potencial de membrana a  $-55$  mV, causando que se abran los canales adyacentes adicionales, sensibles al voltaje. Más  $\text{Na}^+$  se precipita entonces dentro de la célula, causando que ese punto en el axón se despolarice. Estos eventos se siguen reproduciendo de una forma muy similar a cuando se derriba una fila de fichas de dominó. Una vez que empieza, no se puede detener. En neurofisiología, estos eventos repetidos son el **potencial de acción**. Una vez que se inicia, igual que con el modelo del dominó, se auto-genera en un modo **todo o nada**. El disparo de un arma de fuego es otro modelo que refleja este concepto. La bala no se descarga hasta que se alcanza el requisito de presión de la aguja percutora sobre el fulminante. Si la presión es inadecuada, la bala no se descarga. El estímulo mínimo necesario para atraer el potencial de acción dentro de una célula se refiere a menudo como el **estímulo umbral**.

Después de que el  $\text{Na}^+$  entra en la célula, la neurona bombeará el  $\text{Na}^+$  y jalará el  $\text{K}^+$  a su posición original para que pueda ocurrir un nuevo potencial de acción. Esto puede ocurrir entre 80 y 100 veces por segundo. El mecanismo químico de la bomba de sodio/potasio va más allá del alcance de este manual, y por lo tanto, no se describirá.

Algunos potenciales de acción deben ocurrir tan rápido como sea posible, tal como en la vía del dolor. Por lo tanto, los axones de las neuronas están envueltos en una membrana grasa

especial conocida como **mielina**, que es producida por las **células de Schwann** u otras **células gliales** especiales. Visualiza envolver un trozo de papel alrededor de un tubo, luego otra capa encima de la primera envoltura, pero dejando un espacio pequeño, y así sucesivamente. Esto es lo que hacen las células de Schwann. Como resultado, el  $\text{Na}^+$  sólo se puede mover dentro de la célula en estos espacios entre las células de Schwann (**nodos de Ranvier**). Una tira de perros calientes en la carnicería te podría ayudar a visualizar el diseño. Observa el dibujo en la *sección detallada* del manual. Debido a que la despolarización sólo puede ocurrir en los nodos entre las envolturas de las células de Schwann, el potencial de acción salta de manera efectiva a lo largo del axón, conocido como la conducción **saltatoria**. La enfermedad autoinmune de esclerosis múltiple (EM) resulta cuando se destruye la mielina. Los potenciales de acción no pueden ocurrir normalmente, dejando en el paciente un sistema nervioso menos eficaz.

Cuando el potencial de acción alcanza el extremo del axón, que puede ser menor a un mm de longitud, o de hasta un metro de largo, se extiende como las ramas de árbol. Este patrón de ramificación se conoce como **telodendrón**. Esto permite que la neurona se comuniquen con muchas otras neuronas. Cualquier palabra que incluye "telo" en el prefijo significa "final de". Las pequeñas terminales bulbosas (bulbos finales) están al final del telodendrón. Estas terminales contienen vesículas que almacenan moléculas altamente especializadas, llamadas neurotransmisores. El diseño en forma de ramificación del cuerpo celular también se conoce como dendritas, pero no telodendritas, como podrás notar en el dibujo en la *Sección Detallada*.

También verás que los extremos terminales del axón están íntimamente cerca - pero no tocan - las dendritas o el cuerpo celular de la siguiente neurona. Este espacio o hueco se conoce como la **sinapsis**. Cuando el potencial de acción alcanza el bulbo final, toma lugar una reacción compleja que causa que se libere un neurotransmisor en la hendidura sináptica (ver diagrama). El neurotransmisor se conectará (como una llave en una cerradura) a un receptor especial en la membrana de la dendrita o cuerpo celular post sináptica causando la apertura de un canal. Dependiendo de la combinación de neurotransmisor y receptor, a diferentes iones se les podría permitir entrar en el citoplasma de la neurona postsináptica. Usualmente será ya sea  $\text{Na}^+$  o  $\text{Cl}^-$ . Si entra  $\text{Na}^+$ , la neurona postsináptica va a generar un nuevo potencial de acción. Si entra  $\text{Cl}^-$  en la neurona postsináptica, no va a generar un nuevo potencial de acción porque el interior se vuelve más negativo (inhibidor). Cuando el voltaje interior de la célula es más negativo, está más lejos del umbral de voltaje y es menos probable un potencial de acción (es inhibido). Es necesario tanto el manejo excitatorio como el inhibitorio para el manejo adecuado del sistema nervioso. Piense en el manejo de la operación de un automóvil. Siempre habrá una mezcla de pedal acelerador y de freno para operar adecuadamente el automóvil. Por desgracia, a veces ocurren accidentes cuando el pedal del acelerador o del freno no se coordinan adecuadamente. Adivina qué? a veces, los neurotransmisores y receptores adecuados no participan adecuadamente lo que resulta en una mala conducta o en una regulación inadecuada de los órganos del cuerpo, lo que no se puede mantener de manera adecuada.

En PDD y en otras ciencias psicológicas, varios de los neurotransmisores más importantes que deben conocerse son: **La Norepinefrina (NE), Acetilcolina (Ach), Dopamina, Serotonina,**

**Ácido Gamma-aminobutírico (GABA) y Glutamato.** La psicofarmacología trata asuntos de depresión, ansiedad, hiperactividad y otras conductas. Esta ciencia se ha intensificado en los últimos años, conforme la fisiología y el control de estos neurotransmisores se han entendido mejor.

El uso extendido y el abuso de medicamentos prescritos, así como el consumo de drogas ilegales se han convertido en una preocupación creciente en PDD. No hay medicamento conocido que sea de sitio-específico, es decir, que altere el efecto neurológico sólo en la pregunta relevante o sólo en la pregunta de comparación. Pero nos preocupa que el uso de drogas pudiera hacer la evaluación de la respuesta fisiológica más difícil de evaluar. También hay que tener en cuenta que algunos sujetos eligen no tomar sus medicamentos prescritos el día de la prueba, o pueden usar una dosis excesiva, pensando que esto va a interferir con el examen. Estos individuos auto-medicados están creando problemas adicionales cuando suspenden sus medicamentos recetados, como un efecto de rebote cuando un medicamento se retira repentinamente sin supervisión médica.

## **Sistema Nervioso Central**

El Sistema Nervioso Central (**SNC**) está compuesto por el cerebro y la médula espinal. El cerebro es un órgano sumamente complejo desde cualquier nivel de estudio. Debemos, por lo tanto, abordar este tema un tanto por la vía tópica. Más detalles de la función cerebral se describen en la *Sección Detallada*.

La parte más grande está compuesta por el **cerebro** que se divide en dos hemisferios, a menudo descritos como el **cerebro derecho** y el **cerebro izquierdo**. Los dos hemisferios están conectados por muchos axones colectivamente conocidos como el cuerpo caloso, que permite a un hemisferio comunicarse con el otro. Cada hemisferio se caracteriza por protuberancias, circunvoluciones y hendiduras, **surcos**. El cerebro está segregado funcionalmente en lóbulos, descritos como **frontal, parietal, occipital y temporal**. Muchas investigaciones han estudiado estas áreas del cerebro y el papel que desempeña cada una en nuestro comportamiento. Estos lóbulos se encuentran tanto en el hemisferio derecho como en el izquierdo, pero aportan diferentes aspectos de nuestra personalidad y comportamiento. Estos patrones de comportamiento a menudo se describen como la lateralización cerebral. Por ejemplo, ciertas áreas del hemisferio izquierdo están más dedicadas a las habilidades lingüísticas mientras que las del hemisferio derecho podrían estar más involucradas con música o el juicio de velocidad y distancia. Sobre decir, que éstas son áreas de estudio muy interesantes y se abordarán en cierto grado más adelante.

La superficie del cerebro es la **corteza** y se describe típicamente como la **materia gris** a causa de su apariencia. La materia gris se compone por billones de neuronas con trillones de conexiones sinápticas. Las áreas del cerebro pueden evaluar muchas señales entrantes a través de esta red, y dirigir el cuerpo para responder adecuadamente.

El cerebro puede recibir señales directas (potenciales de acción) de los 12 pares de nervios craneales. Algunos de estos nervios craneales se clasifican como **sensoriales**, como el nervio óptico, que transmite señales visuales al cerebro. Otros pueden ser **motores**, que llevan señales de salida desde el cerebro a diversas áreas del cuerpo. Otros nervios craneales son mixtos, ya que contienen tanto axones sensoriales como motores. Los nervios craneales tienen nombres específicos y a menudo se identifican con números romanos. De los doce pares de nervios craneales, el Nervio Vago (número X) es el más importante para los examinadores PDD. Vas a aprender más sobre este nervio en la [Sección Detallada](#).

En la ciencia de la psicofisiología, la madre de la PDD, el lóbulo prefrontal de la corteza cerebral es considerado como el centro de nuestras **habilidades cognitivas**. El **sistema límbico**, aunque técnicamente no es un sistema, es un grupo funcional de zonas selectivas, que canaliza todas las señales entrantes en **evaluaciones emocionales** como de miedo, ira, placer, sensación de bienestar, etc. Gran parte de nuestra personalidad es producto de la expresión cognitiva y emocional de estas señales entrantes. **La materia blanca** se encuentra debajo de la corteza cerebral de la materia gris. **La materia blanca** está compuesta por **axones mielinizados**, nuevamente llamada así por su apariencia. Recordemos, una "axón mielinizado" es un término que transmite el concepto de que los potenciales de acción se conducen de un lugar del cuerpo a otro por medio de la conducción saltatoria.

En la base del cerebro se encuentra el **tronco cerebral**, que se compone de varias subdivisiones. La más importante es el **bulbo raquídeo**, o simplemente "médula", para abreviar. La médula es responsable de coordinar la salida de los potenciales de acción hacia la mayoría de los órganos del cuerpo. El examinador PDD registra esta actividad de coordinación de la médula y el nervio vago durante un examen poligráfico. El flujo vegetativo desde el tronco cerebral, que incluye la médula, está regulada por las aportaciones de las áreas cognitivas y emocionales del cerebro.

## **La Médula Espinal y el Sistema Nervioso Periférico**

Además de la entrada y salida de señales desde los nervios craneales hacia y desde el cerebro, la médula espinal también genera señales importantes de entrada y de salida. La médula espinal contiene materia gris y blanca que se describe con más detalle en la [Sección Detallada](#). La materia gris en la parte central de la médula espinal contiene una red compleja de conexiones sinápticas. La materia blanca rodea la materia gris. La materia blanca se divide además en extensiones de axones ascendentes y descendentes. Las extensiones ascendentes transmiten potenciales de acción de diversos órganos del cuerpo al cerebro para su evaluación. Las extensiones descendentes transmiten el potencial de acción motor de regreso a los órganos del cuerpo.

La médula espinal se comunica con los órganos del cuerpo a través de 31 pares nerviosos espinales, todos ellos contienen axones sensoriales y motores. Estos 31 pares de nervios comprenden el sistema nervioso periférico y se describirán con más detalle en la [Sección](#)

*Detallada.* Brevemente, la mayoría de los axones en los nervios espinales, aproximadamente el 95%, hacen sinapsis hacia los músculos esqueléticos y controlar el movimiento voluntario referido como el **sistema nervioso somático (SNS)**. Los axones restantes forman vías complejas que eventualmente hacen sinapsis en los órganos blandos, vasos sanguíneos, glándulas y otras áreas para hacer ajustes fisiológicos en momentos en que el medio ambiente, o pensamientos mentales (cognición), provocan una percepción de estrés o de descanso. Este sistema es el **sistema nervioso autónomo** y es de particular interés para la ciencia PDD.

### **Sistema Nervioso Autónomo**

El sistema nervioso autónomo (SNA) se compone de la **división simpática y la división parasimpática**. El ser humano está en un estado continuo de evaluación de las señales ambientales que entran en el cerebro a través de los ojos, oídos, nariz y piel. Basándose en la experiencia y el aprendizaje, el cerebro evalúa la señal de datos y toma las decisiones apropiadas. Las decisiones incluyen ordenar conjuntamente los órganos del cuerpo para la respuesta más apropiada. A veces, podría ser una percepción de peligro. En otras ocasiones, podría ser el aroma de alimentos cociéndose, lo que estimula el hambre. O tal vez el cerebro anticipa una experiencia potencialmente placentera o no placentera que está a punto de ocurrir, y por tanto, debe coordinar los sistemas de órganos para dirigirse a los estímulos. Al igual que un gobierno central que trabaja con un gobierno local, el cerebro, a través del SNA, puede realizar los ajustes pertinentes en los órganos y las fábricas de células para atender situaciones actuales.

Durante los años de formación, el sistema límbico de la emoción, es la fuerza impulsora que satisface un estímulo placentero, como por ejemplo la visión de una galleta de chocolate. Sin embargo, que tal si faltan 10 minutos para la cena, y la madre dice, "ahora no, espera hasta después de la cena." El niño de tres años comienza a llorar, careciendo de la comprensión de su madre. En el estado de inmadurez, el estímulo de placer gobierna la conducta. Cuando el niño madura, la parte cognitiva del cerebro gobierna el sistema límbico y esperamos que oriente de mejor manera el comportamiento. El SNA impulsará los sistemas de órganos para responder apropiadamente con base en la mezcla emocional cognitiva. Los detalles de este manejo del SNA de los órganos del cuerpo, particularmente del sistema cardiovascular y de la actividad de la glándula sudorípara ecrina, se describirán en la *Sección Detallada*.

Los humanos maduros reconocemos una variedad de estímulos ambientales, a los que reaccionamos adecuadamente. Evaluamos continuamente situaciones desde las agradables a las peligrosas, provocando en consecuencia el incremento o decremento en la actividad de los órganos.

Las vías nerviosas simpáticas originadas en el tronco cerebral se activan cuando los centros cerebrales superiores reconocen la necesidad de una mayor conciencia. La médula espinal proporciona la vía principal hacia afuera del cerebro a través de un sistema de conexión sináptica especializada conocido como los **ganglios de la cadena simpática**. Siguiendo a la comunicación

sináptica, los potenciales de acción post sinápticos se comunican con los respectivos órganos a que respondan de mejor manera a las circunstancias ambientales que el cerebro ha reconocido. Esta serie compleja de respuestas fisiológicas se refiere a menudo como "lucha o huida". La discusión adicional con respecto a las reacciones simpáticas se puede ver en la Sección Detallada.

Las vías nerviosas parasimpáticas también se pueden activar por las áreas superiores del cerebro cuando el cerebro percibe el ambiente como tranquilo. Esta vía hacia fuera del cerebro es a través de nervios craneales selectivos, particularmente, el Nervio Vago, (nervio craneal X), y una vía que sale del área inferior espinal. En la Sección Detallada está disponible información adicional acerca de reacciones parasimpáticas.

Ha sido ampliamente estudiado en la ciencia médica de la psicofisiología que muchos individuos tienen un grado de dificultad para regular el balance simpático y parasimpático ante las circunstancias ambientales presentes continuamente cambiantes. Casos extremos se describen como "depresión maniaca," o más comúnmente como "desorden bi-polar." Se han desarrollado numerosos instrumentos farmacéuticos para ayudar al cerebro a valorar de forma más correcta el panorama ambiental. Esta rama de la ciencia médica ha asistido extremadamente a personas con diversas anomalías psíquicas; sin embargo, es una preocupación creciente para el examinador PDD el profundo mal uso y abuso de estos medicamentos.

Exploremos ahora esos sistemas regulados por el SNA, que proporciona la información más diagnóstica relacionada con PDD.

## **SISTEMA TEGUMENTARIO**

El tegumento, comúnmente mejor conocido como la piel, proporciona beneficios múltiples a la función general del cuerpo. Su histología (diseño de tejidos) se organiza en dos áreas principales. La membrana cutánea se compone de las capas **dérmica (o dermis) y epidérmica (o epidermis)** más una hipodermis, que contiene células de grasa. El tejido conectivo sujeta la membrana cutánea a las estructuras subyacentes. En general, la piel proporciona protección contra infecciones (referido como la primera línea de defensa), la secreción de productos de desecho, la termorregulación, el aumento de la capacidad de agarre, la detección táctil de cambios ambientales externos (sentido del tacto), el almacenamiento de lípidos (grasa), y la síntesis de vitamina D3.

Para efectos PDD, el foco de atención estará en la membrana cutánea y sus propiedades eléctricas. La epidermis se compone de cuatro o cinco capas de células de piel llamadas queratinocitos. El cuerpo está cubierto principalmente por cuatro capas delgadas de piel. La piel gruesa cubre las palmas de las manos y plantas de los pies y es completamente lampiña. La epidermis no tiene suministro de sangre - es "avascular" - mientras que la dermis es altamente vascular con actividad fisiológica robusta. En este punto, podrías preguntar cómo es que la epidermis se mantiene viva sin un suministro de sangre.

La capa más profunda de la epidermis es el estrato germinativo (capa basal), que se encuentra adyacente a la dermis vascular, de la que recibe el suministro de soporte para vivir. En cuanto las células de piel se reproducen, son empujadas hacia arriba, lejos del suministro de sangre y comienzan a morir, el proceso tarda varias semanas en completarse. Como la progresión continúa, las células desarrollan características distintivas, que la ciencia de la dermatología ha clasificado en capas identificables. La capa más externa, la córnea o estrato córneo, contiene múltiples capas de células muertas, que protegen el cuerpo de infecciones. Aunque estas células continuamente se des-escaman, se sustituyen mediante la reproducción de nuevas células desde la capa germinativa expulsando hacia afuera su descendencia. La ciencia forense avanzada ha centrado su atención en la exfoliación de las células córneas, tomando muestras de ADN de estas células, evaluando quien pudo haber visitado la escena de un crimen.

La dermis - a veces descrita como "piel verdadera" a causa del suministro de sangre real - contiene folículos pilosos, así como numerosos tipos de terminaciones nerviosas que proporcionan información táctil al cerebro. La comprensión funcional de las glándulas sudoríparas de la dermis, clasificadas como **glándulas sudoríparas ecrinas**, es muy importante para el examinador PDD. Estas glándulas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el cuerpo, pero están más densamente pobladas en la superficie palmar de las manos y dedos. Vea el diagrama en la [Sección Detallada](#).

La mayoría de las glándulas sudoríparas ecrinas secretan un fluido que contiene iones de cloruro sódico, urea, ácido úrico, amoníaco y otros productos químicos. Aunque el sudor de estas glándulas no tiene olor aparente, las bacterias que viven en la piel pueden agasajarse con los desechos químicos del cuerpo y crear un olor detectable. Debido al fácil acceso para la grabación de datos y a la evidencia científica de la mezcla cognitiva / emocional de la función cerebral relacionada con las glándulas sudoríparas ecrinas, se han convertido en una buena métrica en estudios psicofisiológicos y por lo tanto de la evaluación PDD.

Otra clase de glándulas sudoríparas conocidas como **glándulas sudoríparas apócrinas** secretan su contenido en los conductos del pelo localizados principalmente en las axilas y en las zonas púbicas. Estas glándulas sudoríparas contienen una mezcla más compleja de secreciones pero no se activan hasta la pubertad. Las bacterias en la superficie de la piel se darán un festín con estas secreciones a un ritmo aún mayor que con las secreciones ecrinas. El acoplamiento de la química del cuerpo única con este metabolismo de sudor y bacterias crea un olor personalizado que puede ser reconocido por el perro de la familia, quien sabe exactamente quién es quién de la familia o de los invitados de la casa. Muchos científicos del comportamiento creen que la función de las glándulas apócrinas puede proporcionar un mayor valor de señal de la percepción del cerebro del estímulo cognitivo y emocional en comparación con la función de la glándula ecrina. Debido a su ubicación, sin embargo, esta hipótesis no se ha estudiado ampliamente.

La función de termorregulación de la glándula ecrina se logra al proporcionar un medio acuoso en la superficie de la piel para efectos de enfriamiento por evaporación. Sin embargo, las glándulas sudoríparas en la superficie palmar de la mano y los dedos, mejoran la capacidad de

agarre. Hay un debate en PDD en cuanto al mejor sitio para registrar la actividad de las glándulas sudoríparas. El uso de pads de gel en la zona tenar e hipotenar de la mano o electrodos en las puntas de los dedos son buenos lugares para grabar la actividad de las glándulas sudoríparas. Cuando un examinador se encuentra con una persona sin manos, la superficie plantar de los pies también tiene una alta densidad de glándulas sudoríparas ecrinas.

Ya que el sudor contiene electrolitos (Na + y Cl-) en la mezcla acuosa, la superficie de la piel puede convertirse en un buen conductor de electricidad cuando las glándulas sudoríparas se vuelven más activas. En la ciencia PDD, un incremento en la actividad electrodérmica (EDA) provee un buen valor de señal de la percepción del cerebro de la pregunta. Los cambios en la conductancia (y resistencia) de la piel observados durante los exámenes PDD se rigen por la **Ley de Ohm ( $I = V / R$ )**. I representa la corriente (amperaje), V representa el voltaje y R es la resistencia. La ley de Ohm puede ser reescrita como  $R = V / I$  para aislar el componente de resistencia. Dependiendo del fabricante específico de polígrafo, serán evaluados diferentes aspectos de la ecuación. En la mayoría de los laboratorios de psicofisiología, el voltaje o la corriente se mantiene constante por el instrumento. Cuando se activan las glándulas sudoríparas, se secreta agua y NaCl. Esto incrementa la conductancia (o reduce la resistencia) hacia el flujo de electricidad entre los puntos de contacto de los electrodos (puntas de los dedos o superficies palmares). Cuando cualquier corriente se mantiene constante, un cambio en la resistencia se va a reflejar por un cambio en el resultado que será un aumento en el voltaje. Cuando el voltaje se mantiene constante, se refleja un cambio en la conductancia por un cambio en el flujo de corriente medido. El examen PDD puede evaluar tensión/cognición. ¿La persona examinada está experimentando más estrés/más cognición a las Preguntas Relevantes o a las de Comparación ya que ellas se relacionan con el objetivo de pasar la prueba PDD? Mientras más sudor se produce, disminuye la resistencia cuantificable resultando en cambios asociados en voltaje y/o corriente. Estos cambios son los que producen el incremento y la duración vista en el trazo del EDA.

Muchos órganos del cuerpo están doblemente inervados, es decir, regulados por las vías nerviosas simpáticas cuando el estrés aumenta, o por las vías nerviosas parasimpáticas cuando el estrés se disipa o cuando se percibe una sensación de descanso. Uno de los neurotransmisores más ampliamente secretado en la sinapsis de las vías simpáticas del órgano objetivo es la norepinefrina (**NE**). La acetilcolina (**ACh**) comúnmente es liberada desde las vías parasimpáticas. **Las glándulas sudoríparas son inusuales en este sentido.** Las glándulas sudoríparas sólo tienen que ser activadas por la estimulación simpática y simplemente volver a un estado menos activo cuando se reduce la estimulación. Otra diferencia notable es que la ACh es el neurotransmisor en el manejo simpático de las glándulas sudoríparas ecrinas. Esta excepción es de alguna forma desconcertante.

Es de interés para los examinadores PDD, la proliferación de terapias con medicamentos recetados que podrían aumentar o disminuir la liberación de ACh en ciertos órganos. El sistema digestivo, por ejemplo, está dominado por la liberación parasimpática de ACh. Un efecto secundario de estas terapias con medicamentos, clasificado tanto como un agonista colinérgico o antagonista colinérgico, es el efecto no intencional que podría tener sobre la fisiología de las

glándulas sudoríparas. Como recordatorio, nunca sugiera a un evaluado en polígrafo no tomar su medicamento recetado debido a su próximo examen de polígrafo. En caso de duda, siempre obtenga el asesoramiento del profesional de la salud. Nunca interfiera con el protocolo de atención médica de la persona examinada.

## **SISTEMA CARDIOVASCULAR**

El sistema cardiovascular se puede comparar con un sistema de transporte dentro de una nación. La sangre es el vehículo que es capaz de llevar las materias primas (nutrientes desde el sistema digestivo) a las fábricas (células) que se encuentran en muchos lugares (sistemas, órganos y tejidos). Como en cualquier nación (cuerpo humano), hay millones de diferentes tipos de fábricas que producen productos de todo tipo. Algunas fábricas generan productos de uso local, mientras que otras generan productos de uso en otros lugares. Al igual que en una nación, los once sistemas del cuerpo no están funcionando simultáneamente a su máxima capacidad. La infraestructura variada en la nación puede adaptarse para responder a las condiciones ambientales cambiantes en función de las situaciones que se presentan. El cuerpo humano también puede hacer los ajustes necesarios. Por ejemplo, tú no tomarías una cena (activando el sistema digestivo) mientras haces ejercicio en el gimnasio (activación de los músculos, tendones y ligamentos).

### **Sangre**

Aunque la química y la fisiología de la sangre no han sido objeto de estudio en PDD, será útil una breve introducción a su composición y función para tu comprensión de la fisiología humana y para las actividades fisiológicas que sí juegan un papel directo en la evaluación PDD. No son necesarios estudios más profundos de la sangre para quienes practican la ciencia PDD.

La sangre se integra por dos componentes principales: elementos formados (varias células), y el plasma (una composición acuosa compleja molecularmente). La mezcla de componentes en la sangre puede variar dependiendo del tamaño, género, y la condición física de alguien. Una persona promedio tiene alrededor de 5 litros de sangre, que consta de aproximadamente 45% de células y 55% de plasma. Aproximadamente el 99% de las células se describen como glóbulos rojos (CGR), y menos del 1% es una mezcla de cinco tipos de células blancas diferentes (CGB) y plaquetas. Los CGR contienen moléculas complejas conocidas como hemoglobina, que tiene un color rojo bajo luz. La hemoglobina es responsable de transportar oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos. También lleva la mayor parte del dióxido de carbono producido por el metabolismo de las células hacia los pulmones para ser descargado hacia el aire. Es la combinación de la hemoglobina con el oxígeno lo que da a la sangre su color rojo brillante en las arterias, los vasos entregan la sangre a los tejidos. La hemoglobina desoxigenada es roja oscura en las venas, los vasos que devuelven la sangre desde los tejidos. Ha habido por mucho tiempo un

mito que mostraba que la sangre es azul y que se vuelve roja cuando golpea el aire. No lo creas. Es una mala broma para el ingenuo.

El concepto clave de la comprensión de la sangre es que las CGR, recolectan el oxígeno de los pulmones, lo entregan a las células, y al regresar, llevan el dióxido de carbono de las células a los pulmones. Las CGB son responsables de la defensa del cuerpo contra infecciones. El plasma envía nutrientes y una multitud de moléculas reguladoras para las células y devuelve una multitud de productos de desecho del metabolismo celular a los riñones y el hígado para ser excretadas del cuerpo.

Como se mencionó anteriormente, no todos los sistemas están funcionando en todo momento a su máxima capacidad. A medida que el cerebro percibe ya sea una circunstancia de amenaza o la necesidad de enfrentar una situación estresante, se debe realizar un ajuste selectivo en la fisiología del sistema orgánico. Ya que el suministro de oxígeno y nutrientes de apoyo es vital para los sistemas que enfrentan el estrés, es importante cómo se logra esto para la comprensión de la PDD. Ya se ha descrito, aunque sea brevemente, que la sangre es el vehículo de entrega, pero debe ser bombeada de una manera que incremente selectivamente la entrega según requieran las circunstancias. Aquí viene el corazón.

## Corazón

El corazón, simplemente, es una bomba. Su diseño, sin embargo, es elegante. De hecho, el corazón tiene dos sistemas de bombeo dentro de un órgano individual. El lado derecho del corazón se compone de la **Aurícula Derecha**, una cámara receptora de sangre que regresa de los tejidos y el **Ventrículo Derecho**, una cámara de bombeo que envía la sangre a los pulmones para que se pueda descargar el dióxido de carbono y recoger oxígeno. El lado izquierdo del corazón recibe la sangre que regresa de los pulmones en la **Aurícula Izquierda**, mientras que el **Ventrículo Izquierdo** bombea la sangre a los sistemas de órganos del cuerpo. ¿Por qué dos cámaras separadas reciben y bombean?

La respuesta corta es que el bombeo de sangre hacia los pulmones sólo requiere alrededor de un tercio de la presión que la misma acción hacia los otros sistemas del cuerpo. El diseño de pulmón se compone de membranas con paredes delgadas muy delicadas, que no pueden tolerar una presión elevada, pero veremos más sobre el diseño de pulmón cuando llegemos al Sistema Respiratorio.

Los otros sistemas (no-respiratorios) en el cuerpo, en su diseño colectivo, requieren una presión mucho más alta que la que se proporciona a los pulmones. Esto es para superar la resistencia de miles de millas (kilómetros) de vasos sanguíneos que comprenden la red vascular **de arterias, capilares y venas** del cuerpo humano. Para que este sistema circulatorio funcione, se requieren dos cámaras separadas de recepción y bombeo, cada una con bombas que generen presión diferente. La inspección de la pared muscular del ventrículo derecho comparado con la

pared del ventrículo izquierdo revela que el ventrículo izquierdo tiene considerablemente más masa muscular que el ventrículo derecho. De nuevo, esto es debido a que debe generar una fuerza de presión significativamente mayor que el ventrículo derecho.

Es útil inspeccionar el diseño vascular de las arterias y venas para obtener una apreciación del mapa de los vasos sanguíneos. Comenzando con la bomba cardiaca derecha, nota a la **vena cava superior**, una gran vena vaso sanguíneo que devuelve la sangre desde la cabeza, los hombros y los brazos, hacia la aurícula derecha. El vaso sanguíneo más grande (por diámetro) en el cuerpo es la **vena cava inferior**. Devuelve la sangre de las piernas, el abdomen y el pecho. La sangre de la aurícula derecha se envía hacia el ventrículo derecho y se bombea a través del tronco pulmonar, que se ramifica en arterias pulmonares derecha e izquierda hacia los pulmones. La bomba cardiaca izquierda recibe sangre de cada pulmón hacia la Aurícula Izquierda por las **venas pulmonares izquierda y derecha**. La sangre de la aurícula izquierda se envía al ventrículo izquierdo y se bombea a la **aorta ascendente** para su distribución a los órganos del cuerpo. Más tarde veremos más acerca de la distribución del flujo sanguíneo sistémico.

Una ley de fácil comprensión de la física puede ser aplicada al ciclo de bombeo del corazón. Si el volumen de una cámara disminuye, la presión (que es fuerza por área) en la cámara aumentará y viceversa. Este concepto se aplicó originalmente con los gases y es ampliamente conocida como la ley de Boyle. Debido a que la presión en los ventrículos oscila entre la fase contráctil y la fase de relajación, se debe emplear un sistema de válvulas para asegurar que la sangre fluirá en una sola dirección (adelante). Una **válvula tricúspide**, situada entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho, se ve forzada a cerrar cuando el ventrículo se contrae forzando a la sangre a entrar en la arteria pulmonar hacia los pulmones. A veces se le llama la válvula auriculoventricular derecha (AV). Cuando el ventrículo se contrae, lo que provocaría que la sangre se fuera de regreso hacia la aurícula, hay unas valvas que están aseguradas por cuerdas tendinosas ancladas a la pared interior del ventrículo (ver diagrama). Esto evita que estas válvulas aleteen completamente hacia adentro de la aurícula. Cuando el ventrículo derecho se contrae, también lo hace ventrículo izquierdo. Existe un diseño de válvula similar entre el ventrículo izquierdo y la aurícula izquierda (la válvula AV izquierda). Debido a que la presión en este lado del corazón es aproximadamente tres veces mayor, el diseño de dos aletas en la **válvula bicúspide** es más efectivo. Esta válvula a menudo se refiere como la **válvula mitral** en el ámbito clínico, porque se dice que se parece a la mitra o sombrero de un obispo. Cuando la presión aumenta en el ventrículo izquierdo, la sangre se bombea hacia la aorta ascendente para su distribución al sistema de órganos.

Después de que los ventrículos se contraen, tienen que relajarse. Al relajarse, el volumen en los ventrículos aumenta, haciendo que la presión caiga. Esto tiene el potencial para succionar (retorno) la sangre que cada ventrículo bombea durante el ciclo previo. Sin embargo, la fuerza de succión de los ventrículos relajados, en realidad impide que esto ocurra a causa de la válvula tricúspide con su diseño como-solapas. Estas válvulas se describen como las **válvulas semi lunares** pulmonar y aórtica debido a su apariencia. Durante el ciclo cardíaco, mientras los ventrículos oscilan entre la contracción y la relajación, las válvulas cúspide se cierran, luego se abren, seguido

por el cierre de las válvulas semi lunares, y luego se abren. El cierre de las válvulas provoca sonidos característicos que se pueden detectar con un estetoscopio. El cierre de las válvulas cúspides se describe comúnmente como el primer sonido o **lubb**. El cierre de las válvulas semilunares se describe como el segundo sonido o **dupp**. Estos sonidos son el resultado de la sangre rebotando hacia las válvulas.

Cuando se produce el sonido lubb, el ventrículo izquierdo está bombeando sangre a través de las arterias sistémicas, generando un incremento de presión que se refiere como la **presión sistólica** o **sístole**. Simultáneamente, el ventrículo derecho está bombeando sangre a los pulmones. Cuando los ventrículos se relajan, la presión arterial sistémica cae, referido como la **presión diastólica** o **diástole**. Nota que no hay válvulas entre el retorno de la sangre venosa hacia la aurícula derecha o izquierda (ver el diagrama de corazón). Debido a que los ventrículos son los caballos de fuerza de bombeo, cuando están en la fase diastólica del ciclo cardíaco, cerca del 80% de la sangre que vuelve al corazón es aspirado a través de las aurículas hacia los ventrículos. Cuando las paredes delgadas de la aurícula derecha e izquierda se contraen, el 20% restante de la sangre es bombeada hacia los ventrículos, uniendo la sangre que sacaron los ventrículos durante la fase de descanso del ciclo cardíaco.

Cuando los individuos experimentan contracción ventricular disminuida, la fase de rebote disminuye, muy parecido a cuando una pelota de goma rebota suavemente cuando fue lanzada suavemente contra la pared, comparado con una pelota lanzada con fuerza contra la pared. Cuando el ventrículo derecho se debilita, a menudo se detectan tobillos hinchados (edema) debido a que la sangre y los líquidos tisulares no jalados de vuelta eficientemente por este ventrículo derecho debilitado. Cuando el ventrículo izquierdo se debilita, los líquidos se acumulan en los pulmones, y a menudo produce neumonía y otras dificultades respiratorias.

El ciclo cardíaco se rige tanto por un **sistema conductor intrínseco** y un **sistema conductor extrínseco**. Ambos sistemas de manejo se describirán en la *Sección Detallada*. Brevemente, cuando la evaluación cognitiva y emocional del cerebro de un estímulo ambiental es provocativa, se presenta una vía simpática liberando el neurotransmisor, norepinefrina (NE) hacia el sistema conductor intrínseco del corazón y se produce una vía parasimpática decrementando la liberación de ACh al corazón. Esto es similar a pisar el acelerador y liberar el freno al mismo tiempo. El efecto sinérgico sobre el corazón es más efectivo que cualquiera de ellos en forma aislada. Esta respuesta se incrementará la dinámica cardiovascular. A la inversa, cuando el cerebro percibe el ambiente como tranquilo, el nervio vago, con la liberación de acetilcolina (ACh), domina la dinámica cardiovascular relajante.

Como en todas las plantas industriales bien manejadas, la información de retroalimentación de los trabajadores o del capataz sobre el trabajo, será información bien recibida en las oficinas centrales. La información de retroalimentación en el sistema cardiovascular proviene de dos grandes áreas que reflejan la presión sanguínea y química sanguínea. Después de haber inspeccionado el mapa de los vasos sanguíneos, nota la aorta ascendente que sale del ventrículo izquierdo. Se dobla bruscamente (arco aórtico), luego desciende hacia el pecho y el

abdomen ramificándose varias veces. En la parte superior del arco aórtico surgen tres arterias principales, **braquiocefálica**, **carótida común izquierda** y **subclavia izquierda**. La primera arteria, la braquiocefálica, se divide en la arteria carótida común derecha y la arteria subclavia derecha.

La segunda rama es la arteria carótida común izquierda y la tercera rama es la arteria subclavia izquierda. Las arterias carótidas son los vasos principales de entrega de sangre al cerebro. Cada arteria carótida se bifurca en una arteria carótida interna y externa. El **seno carotídeo** es donde inicia una pequeña dilatación de la arteria en las arterias carótidas internas. Hay muchos receptores celulares nerviosos especializados en las paredes del seno carotídeo y el arco de la aorta. Los receptores detectan cambios en la presión sanguínea y química sanguínea. Los potenciales de acción se transmiten por los nervios craneales IX y X a la base del cerebro y otras áreas del cerebro basándose en lo que detectan estas células. La tasa cardíaca y la fuerza de cada ciclo cardíaco se ajustan entonces a través del ANS para satisfacer las necesidades de flujo sanguíneo del cuerpo.

### **Esfigmomanómetro**

La presión arterial se evalúa rutinariamente como parte de una evaluación médica. La presión sanguínea se mide mediante la colocación de una vejiga de goma alrededor del brazo. La vejiga, que está conectada a un medidor de presión, se infla con aire hasta que la presión es lo suficientemente grande como para superar la fuerza contráctil del ventrículo izquierdo. El técnico o el médico escucha el sonido de la sangre que pasa por debajo la manga con un estetoscopio. Cuando no se detecta un sonido, la presión en la manga es mayor de lo que puede superar el ventrículo izquierdo. Después, se libera el aire lentamente de la manga. El primer sonido en el estetoscopio indica que algo de sangre está pasando a través de la arteria, pero aun parcialmente restringida por la presión en la manga. La presión ventricular creada por el ventrículo en contracción, que está causando que la sangre fluya, es mayor que la presión en la manga y se conoce como la **presión sistólica**. Esta presión puede ser en muchos individuos de aproximadamente 120 mmHg. El aire continúa liberándose de la manga hasta que ya no se escucha el sonido, lo que indica que la manga ya no ofrece resistencia al flujo sanguíneo. Esto se conoce como la **presión diastólica**, que puede ser de aproximadamente 80 mmHg. La presión sanguínea puede tener una amplia gama de valores basados en la edad y muchos otros factores. Si es extrema, el médico podría declarar que la presión sanguínea es anormal y prescribir un medicamento.

En la ciencia PDD, las variaciones en la tasa cardíaca, presión sanguínea relativa y la **presión del pulso** (la diferencia entre la presión sistólica y diastólica), pueden proporcionar un valor diagnóstico en el cálculo de la probabilidad del engaño. El esfigmomanómetro, (en adelante referido como manga de presión sanguínea) utilizado en PDD, se fija en el brazo durante casi cinco minutos durante el registro de un solo gráfico. Esto podría llegar a ser muy incómodo e incluso causar grabaciones fisiológicas distorsionadas si se mantiene la presión entre las presiones sistólica y diastólica. Mediante el ajuste de presión de la manga por debajo de la presión diastólica

en aproximadamente 60 mmHg, todavía se pueden grabar los ciclos cardíacos y otras dinámicas de presión con la amplificación instrumental debido a que la arteria debajo de la manga está pulsando contra los tejidos en el brazo con cada ciclo cardíaco. Sería útil observar en los diagramas los vasos sanguíneos del brazo. Toma nota en particular de la arteria braquial porque ese es el vaso sanguíneo que está monitoreando la manga de cardio.

## **SISTEMA RESPIRATORIO**

El sistema respiratorio está dedicado a la extrapolación de oxígeno, y del dióxido de carbono hacia la atmósfera. El sistema respiratorio está expuesto al ambiente y está sujeto a ser invadido por las enfermedades patógenas aerotransportadas en el proceso de realizar estas funciones. El sistema debe ser adaptativo y ser capaz de desarrollar mecanismos de defensa para prevenir enfermedades infecciosas, o al menos minimizar el efecto de estos potenciales patógenos.

Al expirar el aire a través de la laringe (caja de la voz), el sistema respiratorio, puede crear sonidos para hablar, cantar, e incluso sonidos más fuertes para señalar peligro o solicitar ayuda de otros. La porción nasal del sistema respiratorio detecta estímulos del olfato (sentido del olor) que nos alerta sobre la comida y su sabor, así como nos señala peligro por el humo o placer por aromas atractivos. El sentido del olfato es también un estímulo para la memoria.

El sistema respiratorio participa incluso en la regulación de la presión sanguínea. Una hormona específica que se activa en los pulmones puede ayudar a elevar la presión arterial. La presión arterial se modifica también por la simple mecánica de la respiración. La dinámica regular de la inhalación reduce la presión en el tórax, que ayuda a dilatar la vena cava quien reduce su resistencia y por lo tanto ayuda a succionar la sangre de regreso al corazón, elevando la presión arterial. También, durante la inhalación, el corazón late más rápido, resultando en una arritmia sinusal respiratoria. Un latido cardíaco más rápido es como un sistema de bombeo más rápido y puede dar lugar a un aumento en la presión arterial.

Durante el ejercicio, aumenta la tasa respiratoria. Como consecuencia, aumenta la presión sanguínea debido a que más sangre se jala de vuelta al corazón, a una tasa más rápida. Además de esta bomba respiratoria, muchas venas se localizan entre los músculos. Estas venas se comprimen durante el ejercicio, lo que ayuda a bombear la sangre de vuelta al corazón (bomba muscular). Quizá es más fácil visualizar que el ejercicio crea el efecto combinado de dos "bombas" adicionales que se convierten en el "mejor amigo" del corazón.

Después de largos períodos de inactividad, como estar sentado frente a una computadora de escritorio o conducir un auto durante un largo periodo de tiempo, la presión arterial comienza a caer y la persona podría comenzar a bostezar. La acción de bostezar intensifica la bomba respiratoria, atrayendo más sangre de vuelta al corazón y aumentando la presión arterial, al menos por un tiempo corto. Piensa acerca del despertar por la mañana. Después de una noche de

sueño, necesitas aumentar la presión arterial para levantarte verticalmente y empezar a moverte. Como logras esto? Ya lo tienes. Comienzas a bostezar y estirarte mientras estás aún en la cama, para activar las bombas respiratorias y musculares y para elevar la presión sanguínea. Si te levantas demasiado rápido de la cama, es posible que tropieces o te caigas debido a que tu presión arterial es demasiado baja por dormir toda la noche. Este concepto de forzar la sangre de vuelta al corazón para aumentar la presión sanguínea al bostezar y estirarse se conoce como **Ley Starling del Corazón**. Dentro de sus límites, el concepto establece que mientras más sangre vuelva al corazón, más se bombeará hacia afuera. El incremento en la inhalación y el incremento de los movimientos musculares aumentará el **volumen de latido** sanguíneo (volumen de eyección).

Se convierte en una preocupación para PDD que la dinámica de respiración se encuentre bajo control somático, y pueda controlarse y modificarse. La regulación hábil de los ciclos respiratorios, es decir, la práctica de **contramedidas**, puede tener efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular y también en el EDA durante un examen PDD. Si eres un examinador experimentado, habrás observado que cuando un sujeto toma una respiración profunda, ya sea intencionalmente o por otra razón, los otros canales registrados por el polígrafo se contaminan, reduciendo o eliminando su valor diagnóstico.

## **Anatomía de la Ventilación**

La ventilación pulmonar (respiración) comienza por flujos de aire en el cuerpo a través de las fosas nasales, después por el conducto nasal, y después en la faringe. La faringe se comparte con la cavidad oral (boca), que envía el alimento al esófago mientras que el aire se dirige a la **laringe** (caja de voz), y después a la **tráquea**. Esta dicotomía está diseñada para que la inhalación de aire y la deglución de alimentos o líquidos no ocurran al mismo tiempo, es decir, que no podemos tragar y respirar al mismo tiempo. La vía aérea está protegida de la comida o líquido que entra por una estructura cartilaginosa similar a una aleta llamada la epiglotis. La epiglotis presiona sobre la abertura (glotis) de la laringe al tragar.

La tráquea se divide en **bronquio** izquierdo y derecho, que continúa en forma de la rama de un árbol hasta que las ramas se vuelven microscópicas (bronquiolos) y terminan en millones de sacos de aire de paredes delgadas llamados **alveolos**. Los alvéolos microscópicos se organizan en dos órganos, los pulmones derecho e izquierdo. Los alvéolos están rodeados de capilares sanguíneos diseñados para recibir el oxígeno del aire y regresar dióxido de carbono al aire. Si estás interesado en una comprensión más profunda del proceso de ventilación la fisiología de este intercambio de gases se puede revisar en detalle en libros de texto o en la *Sección Detallada* de este manual.

Cuando se habla de la respiración, lo que es lo más importante para el examinador PDD es ser consciente de que los gases intercambiados en los pulmones son necesarios para mantener los requerimientos metabólicos del cuerpo entero. El intercambio de oxígeno y dióxido de carbono,

como el resto de los movimientos moleculares, se rigen por las leyes de la física. Es decir, los gases se mueven desde áreas de alta concentración hasta áreas de baja concentración.

Cuando el cuerpo está bajo estrés, como cuando se hace ejercicio o cuando se percibe una circunstancia amenazante, el sistema nervioso autónomo (SNA) va a estimular las vías respiratorias, particularmente a la tráquea, bronquios y bronquiolos. Esta acción dilata las vías respiratorias y reduce la resistencia del flujo de aire, permitiendo que el aire fluya más fácilmente a través de la zona de conducción entre la atmósfera y los alvéolos de los pulmones.

En un evento atléticamente intenso, típicamente desafiante, ocurre tanto una dilatación de la vía respiratoria por el sistema nervioso autónomo, como un aumento de la dinámica de ventilación (frecuencia respiratoria) controlado por el sistema nervioso somático, típico de la reacción de lucha o huida.

Sin embargo, en el escenario PDD **está presente una circunstancia más inusual**, particularmente en el sujeto que intenta engañar. En un esfuerzo para evitar la contaminación por artefacto de las grabaciones poligráficas, todos los examinados en polígrafo son instruidos para que no se muevan durante la presentación de la serie de preguntas. En efecto, las demandas fisiológicas de oxígeno son satisfechas por la vía respiratoria dilatada estimulada autonómicamente para un cuerpo que **no está en movimiento**. En consecuencia, la dinámica de ventilación de los ciclos de respiración se reduce. Típicamente, la amplitud de cada ciclo respiratorio se reduce y los ciclos de respiración se reducen cuando el sujeto percibe la pregunta que más desafía su objetivo de pasar la prueba, en comparación con otra pregunta. Estos patrones dinámicos respiratorios se registran a través de los transductores de ventilación. Si el patrón de la longitud de onda se colocara en línea recta en comparación con una pregunta menos amenazante, uno podría observar que la **Longitud de la Línea Respiratoria (RLL) (o la excursión de la línea respiratoria)** sería a menudo más corta cuando se presenta la pregunta más desafiante.

### **Dinámicas de Ventilación (Respiración)**

En promedio, durante el periodo de descanso o de relajamiento, una persona inhala y exhala aproximadamente 12 - 14 veces por minuto, conocido como respiración quieta o eupnea. El músculo diafragmático, que separa la cavidad torácica (pecho) de la cavidad abdominal, se contrae, alargando la cavidad torácica. Cuando el diafragma se contrae, los músculos intercostales externos entre las costillas tiran de las costillas hacia arriba y hacia el exterior, lo que contribuye a la expansión del tórax.

Entre los pulmones y la pared del pecho está una membrana de doble capa, la pleura parietal y visceral. Entre las capas cerradas hay un espacio en forma de ranura con una presión promedio de -4mmHg aproximadamente por debajo de la presión atmosférica. Esta presión negativa actúa como una succión para mantener los pulmones del lado de la pared torácica. Durante la inhalación, los pulmones son jalados hacia afuera con la expansión de la cavidad

torácica. En consecuencia, cuando los pulmones se expanden, la presión intrapulmonar dentro de las vías respiratorias y los alvéolos también disminuye aproximadamente 1 mm Hg, causando que el aire sea jalado hacia dentro de los alvéolos (recordar la ley de Boyle de la presión/volumen al principio de este manual). Durante la exhalación, la pared del pecho vuelve pasivamente a su estado de reposo mientras el diafragma se relaja. Esta fase de respiración tranquila forza al aire fuera de los pulmones.

Para una persona promedio, la cantidad de aire intercambiado durante una sola respiración es de aproximadamente 500 ml, conocido como el **volumen corriente (tidal)**. Durante la respiración ante estrés (hiperpnea), otros grupos musculares, los músculos debajo de los músculos intercostales externos y los músculos intercostales internos, jalan activamente la caja torácica hacia abajo para que la tasa de ciclos respiratorios pueda incrementar para satisfacer las demandas de oxígeno de los músculos que se contraen. Es probable que no se vea este incremento del ciclo respiratorio durante un examen PDD.

### **Regulación de los ciclos de respiración**

Los centros de ritmicidad respiratoria se encuentran principalmente en el bulbo raquídeo del tronco cerebral. Estos centros pueden ser modulados por áreas que se encuentran encima de la médula, como los centros en el puente. También pueden ser modulados por áreas cognitivas y emocionales del cerebro. Podrás recordar, que el sistema respiratorio también participa en generar sonidos del habla, sonidos fuertes de emoción, canto, etc. Por lo tanto, los centros respiratorios se pueden ajustar de forma voluntaria para satisfacer estos deseos, pero se necesita tener un control maestro de los ciclos de respiración para el intercambio gaseoso para satisfacer las demandas metabólicas. Algunos examinados, como lo has observado, manipularán sus ciclos respiratorios. Cuando se alteran los patrones rítmicos, se pueden afectar los cambios en la fisiología cardiovascular. Estos factores son de gran preocupación para el examinador PDD.

Los cambios químicos en la sangre tales como los niveles de oxígeno, dióxido de carbono, y de ácido, afectan las características de los ciclos de respiración. El centro de respiración más significativa en la médula es el Grupo Respiratorio Dorsal (GRD). Cuando ciertas sustancias químicas sanguíneas están cambiando, el GRD envía nuestros potenciales de acción hacia la médula espinal. Esto conecta a las vías que salen de la médula espinal en las áreas cervicales C3, C4, y C5 para formar los **nervios frénicos**, quienes inervan el diafragma. Otras vías salen de la médula espinal en la región torácica para inervar los músculos intercostales. Estas vías dirigen la fase de inspiración de la respiración. Algunas células nerviosas especiales y fibras elásticas dan la señal al cerebro de que los pulmones se han estirado lo suficiente, deteniendo la inspiración y permitiendo que se produzca la expiración (**Reflejo Hering-Breuer**).

Hay muchos otros factores que afectan el desempeño de las funciones del aparato respiratorio, pero los detalles fisiológicos van más allá del alcance de este manual. Ellos, si se

desea, se pueden investigar más ampliamente, junto con muchas otras actividades fisiológicas de los sistemas de órganos.

Como se mencionó anteriormente, los autores se dan cuenta que la formación en ciencias de vida de la mayoría de los examinadores de PDD está limitada por las opciones de carrera realizada antes de decidirse a entrar en este campo. Dicho esto, esperamos que todos puedan apreciar la necesidad de comprender las bases fisiológicas que hemos esbozado, aunque de manera limitada, para que tú tengas una buena comprensión de cómo responde el cuerpo humano en el entorno PDD.

**Fin de la Parte 1**

**SECCIÓN DETALLADA DE LA VISIÓN GENERAL DE FISIOLÓGÍA PARA ESTUDIANTES  
PERMANENTE DE LA CIENCIA PDD**

**(Parte 2)**

**Marck Handler y Joel Reicherter**

## **I. INTRODUCCIÓN**

Consulte la Visión General como Introducción.

## **II. ANTECEDENTES FISIOLÓGICOS Y QUÍMICOS**

### **A. Nivel químico de organización**

1. La estructura básica de un átomo- La estructura de un átomo consiste en el núcleo, que contiene los protones y los neutrones fuertemente unidos entre sí. Los protones tienen una carga eléctrica positiva y los neutrones son neutrales. Los protones y los neutrones tienen aproximadamente la misma masa, que se designa como una unidad de masa atómica. Cada protón y cada neutrón es una unidad de masa atómica. Los electrones tienen una carga eléctrica negativa y son pequeñas en comparación con protones o neutrones. Los electrones tienen aproximadamente 1/2000 de la masa que tiene un protón o neutrón y por lo general se designan con cero unidades de masa atómica.

2. Los iones son importantes en la señalización de células- Un ion es un átomo con una carga eléctrica positiva o negativa. Están involucrados en la conducción del impulso nervioso el Calcio (Ca ++), el Potasio (K +), el Cloro (Cl-) y el Sodio (Na +). El flujo de iones a través de la membrana que conduce el impulso nervioso.

3. Molécula- Cuando dos o más átomos se combinan químicamente, forman una molécula. Las moléculas pueden componerse de dos o más de los *mismos* átomos (hidrógeno o H<sub>2</sub>), o pueden formar compuestos, que son moléculas de *diferentes* átomos de (H<sub>2</sub>O o agua).

## **III. ORGANIZACIÓN DEL CUERPO HUMANO -células-tejidos-órganos-sistemas-organismo**

### **A. CÉLULAS**

1. La célula es la unidad estructural y funcional básica de un organismo vivo.

2. Hay tres regiones generalizadas de células humanas y de sus funciones-

a. El *núcleo* se encuentra cerca del centro de la célula y maneja las actividades de la célula a través de su construcción de ADN.

b. La *membrana* celular o plasma separa a la célula de su entorno interno de una mezcla acuosa de iones y nutrientes, a menudo referido como fluido extracelular o intersticial. La membrana actúa como un regulador de qué sustancias entran en la célula y cuales se excretan. Muchas células especializadas tienen moléculas únicas conocidas como receptores, que regulan los movimientos de ciertos iones dentro o fuera de la célula. Como resultado de esta regulación, las células podrían tener más iones positivos en el exterior de la membrana celular, que establecerá una diferencia de carga entre el exterior y el interior de la célula. Esto se conoce como un potencial de reposo. Las células especializadas en los sistemas nervioso y muscular puede utilizar el potencial de reposo para conducir impulsos o potenciales de acción. Estas señales se envían a los sistemas de órganos, instruyendo a una actividad fisiológica específica.

c. El citoplasma es la región llena-de-fluido entre el núcleo y la membrana plasmática. Contiene numerosas estructuras pequeñas llamadas organelos que en efecto, son la maquinaria que realiza actividades especializadas de la célula.

La membrana del plasma (o célula) separa la célula en dos áreas:

a. intracelular, y

b. extracelular.

4. El *fluido intersticial* es un fluido extracelular que baña nuestras células. Se deriva de nuestra sangre y contiene muchas de las sustancias necesarias para el metabolismo. Las células extraen los nutrientes que necesitan de este fluido a través de un proceso conocido como la permeabilidad selectiva. El proceso de permeabilidad selectiva permite que los nutrientes necesarios entren en la célula, deteniendo materiales no deseados.

5. La *difusión* a través de una membrana celular ocurre cuando los iones y las moléculas se dispersan para igualar su concentración en un ambiente. Los iones y las moléculas tienden a moverse desde concentraciones elevadas hacia concentraciones bajas. Este proceso se llama difusión hacia abajo de sus gradientes de concentración.

a. La *difusión simple* es una de las dos difusiones básicas que se produce cuando las sustancias son capaces de atravesar la membrana celular sin tener que utilizar un canal. Esto ocurre con elementos tales como el oxígeno y el dióxido de carbono. Las concentraciones de oxígeno son siempre más altas en la sangre que dentro del tejido celular, entonces el oxígeno entra constantemente en la célula por difusión hacia abajo de su gradiente de concentración. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los "productos de desecho" producidos por las células y tiene concentraciones más altas por dentro que por fuera de la célula. CO<sub>2</sub> se difunde hacia abajo en su gradiente de concentración por el proceso de difusión simple.

b. La *difusión facilitada* es la segunda difusión básica. Implica el movimiento de sustancias a través de la membrana que son demasiado grandes para pasar de forma pasiva, o son lípidofóbicas (lo que significa que son insolubles a la bicapa lipídica que forma la membrana celular). La difusión facilitada utiliza proteínas que construyen pasajes o poros a través de la membrana.

c. La ósmosis es un tipo especial de difusión. La ósmosis es el movimiento neto de un líquido (normalmente agua) a través de una membrana selectivamente permeable cuando hay una diferencia en la concentración de solutos en cualquiera de los lados de la membrana. El líquido es impulsado por la diferencia en las concentraciones de soluto en los dos lados de la membrana. Una membrana selectivamente permeable es aquella que permite el paso sin restricciones de agua, pero no a las moléculas de soluto o iones, de modo que sólo el agua se mueve de un lado a otro.

Son las concentraciones diferentes de los resultados de soluto en concentraciones diferentes de moléculas "libres" de agua en cada lado de la membrana semi-permeable. En el lado de la membrana con una mayor concentración libre de agua (es decir, una menor concentración de soluto), están disponibles más moléculas de agua para rebotar y golpear los poros en la membrana. Un mayor golpeteo de la membrana resulta en mayor cantidad de moléculas que pasan a través de los poros, lo que a su vez resulta en una difusión neta (movimiento) de agua libre desde el compartimiento con alta concentración de agua libre hacia aquel con baja concentración de agua libre.

6. El *transporte activo* es un proceso importante para las membranas celulares. A veces las sustancias no pueden navegar de forma pasiva a través de la membrana celular. Esto puede ser debido a su tamaño, carga, o porque no se pueden disolver a través de las capas de material bilípido (grasa) que forma las paredes celulares. El transporte activo utiliza proteínas llamadas *sistemas de transporte* para mover los iones "cuesta arriba" en contra de su gradiente de concentración. Un sistema de transporte muy importante es el de sodio-potasio ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ), que ayuda a mantener la concentración intracelular y extracelular adecuada. Los gradientes de concentración de sodio y potasio son esenciales para que nuestras células musculares y nerviosas funcionen correctamente.

7. El *transporte vesicular* es un proceso mediante el cual las partículas y las moléculas grandes pueden ser transportadas a través de membranas celulares en el interior de pequeños sacos llamados vesículas. Este proceso se denomina exocitosis. Una manera en que se comunican las células entre sí es por la liberación de químicos llamados neurotransmisores. Los pequeños sacos se adhieren al interior de la membrana, se fusionan con ella y se derraman el neurotransmisor para que pueda contactar a la célula adyacente. Los sacos se reabsorben por la célula, y son reciclados para ser nuevamente utilizados.

8. El *potencial de membrana*, o voltaje, es la cantidad de energía potencial eléctrica a través de una membrana. En las células, la membrana plasmática separa las partículas de carga opuesta. Si hay más partículas cargadas positivamente que negativamente reunidas en un lado (por ejemplo, en el exterior de la membrana celular), la diferencia provoca el *potencial de membrana*, muy

parecido a una batería. Surgirá una corriente, si se convierte en una forma de que fluyan las partículas cargadas. Se dice que todas las células están polarizadas porque establecen un potencial de membrana cuando el interior de la membrana celular está cargado más negativamente que el exterior de la membrana. Las células usan este potencial de membrana para comunicarse mediante la apertura de canales que permiten que la corriente fluya hacia adentro o hacia afuera de la célula. Esto se discutirá más adelante en la sección sobre el sistema nervioso.

9. La *señalización química* es una forma primaria en la que se comunican las células en el sistema nervioso y las hormonas en el sistema endocrino, utilizando neurotransmisores. Diferentes células responden de diferentes maneras al mismo neurotransmisor u hormona. Algunos transmisores pueden aumentar la actividad en una célula y disminuir la actividad en otro. El resultado final depende de la célula receptora objetivo.

## B. TEJIDO

1. *Tejido*- Los grupos de células similares que se combinan para ejecutar una operación asociada son llamados tejidos. Hay cuatro tipos de tejido primario que forman el cuerpo: epitelial, conectivo, muscular, y nervioso.

2. *Epitelios* – Los epitelios forman las fronteras entre diferentes ambientes para un organismo. El epitelio proporciona protección, absorción, filtración, excreción, secreción y vías sensoriales.

3. *Tejido Conectivo* - El tejido conectivo "conecta" partes del cuerpo. Las funciones del tejido conectivo incluyen soporte, almacenamiento, y la protección del cuerpo. Son ejemplos de tejido conectivo la piel, sangre, huesos, ligamentos y el cartílago.

4. *Tejido Muscular* – El tejido muscular tiene la capacidad única para acortarse o contraerse. Los tres tipos de tejidos musculares son esquelético, cardíaco, y liso. El músculo liso se encuentra en las paredes de los órganos huecos como nuestros vasos sanguíneos y el estómago. Se le llama liso porque no tiene estrías o rayas. Los músculos lisos se pueden contraer (estrecharse) o dilatar (agrandar) y se pueden utilizar para ajustar el movimiento de las sustancias. Los músculos lisos están altamente involucrados en el ajuste de la presión arterial.

## C. ÓRGANOS y SISTEMAS DE ÓRGANOS

1. *Órgano*- Un órgano es una estructura discreta compuesta por diferentes tipos de tejidos que realiza una función específica.

2. *Sistema Orgánico*- Los sistemas orgánicos están compuestos por órganos que trabajan juntos por un objetivo común. Hay 11 sistemas de órganos en el cuerpo humano. Ellos son: sistema cardiovascular, respiratorio, nervioso, tegumentario, muscular, esquelético, digestivo, endocrino, linfático, urinario y reproductivo.

3. En PDD, estamos principalmente preocupados por los sistemas respiratorio, cardiovascular, nervioso y tegumentario. Estos sistemas contribuyen a las mediciones fisiológicas que recolectamos durante los exámenes PDD. Es esencial para una base de conocimientos fundamentales sólida, un conocimiento básico de las propiedades fisiológicas subyacentes a las mediciones

a. Sistema de Respiratorio- (movimiento de aire a través de la cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, bronquios, pulmón). Este sistema elimina el dióxido de carbono y suministra continuamente con oxígeno a la sangre.

b. Sistema- cardiovascular- (corazón, vasos sanguíneos). El corazón bombea nuestra sangre por nuestros vasos sanguíneos, transportándola por todo el cuerpo a todas las células. La sangre transporta oxígeno, dióxido de carbono, nutrientes, residuos y otros a través de todo el cuerpo.

c. Sistema nervioso- (cerebro, médula espinal, nervios). Éste es el sistema de control del cuerpo. Responde a los cambios internos y externos, y activa los músculos y las glándulas.

d. Sistema tegumentario- (piel, pelo, uñas). Este sistema forma la cubierta externa del cuerpo y protege a los tejidos más profundos de una lesión. Alberga receptores cutáneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, y sintetiza (hace) vitamina D.

#### D. ORGANISMO

1. *Organismo*- Es el organismo vivo (animal o vegetal) que representa la suma total de todos los sistemas de órganos trabajando juntos.

#### E. HOMEOSTASIS Y ALOSTASIS

1. Homeostasis- Homeostasis es un término usado dentro de la comunidad científica para describir el mantenimiento de la viabilidad interna de los organismos. La palabra homeostasis se deriva del griego "homeo", que significa "igual", mientras que la estasis significa "estable"; por lo tanto, "mantenerse estable al permanecer igual." El fisiólogo estadounidense Walter Cannon acuñó el término "homeostasis" para referirse a los procesos por los que se mantiene la constancia de la matriz de fluido. Se utiliza para describir el mantenimiento de los parámetros internos dentro de una ventana relativamente estrecha. La homeostasis se mantiene a través de las acciones "integradas" de numerosos sistemas del cuerpo. Por ejemplo, deben estar presentes los nutrientes suficientes en la sangre y el sistema cardiovascular, y deben funcionar correctamente para proporcionar esos nutrientes a todas las células en el cuerpo. No se debe permitir que los productos de desecho, como el CO<sub>2</sub>, se acumulen en las células y deben ser eliminados de forma continua. La temperatura del núcleo de una persona sana se mantiene dentro de una banda relativamente estrecha a pesar de los climas cambiantes.

2. *Mecanismos homeostáticos de las acciones*- Los reflejos homeostáticos se ajustan para mantener un punto o nivel de referencia constante, muy parecido al termostato de una casa. La homeostasis involucra un *circuito de retroalimentación negativa*, ya que se espera a que pase algo antes de actuar. El circuito de realimentación involucra un módulo de control central que recibe información con respecto a una condición, la procesa, y entonces envía una señal de salida para mantener el punto de ajuste. En un sistema de retroalimentación negativa, el centro del control central envía una corrección para invertir el cambio desde un punto de ajuste, para mantener un estado constante o corregido. Los sistemas de retroalimentación de control positivo refuerzan un estímulo que ya está presente. El modelo de control de retroalimentación clásico de la homeostasis en psicofisiología describe respuestas compensatorias para restaurar los desequilibrios detectados en lugar de reforzar lo que ya existe y por lo tanto se considera negativo. La homeostasis describe la regulación del cuerpo hacia un equilibrio, por afinación de puntos únicos, como la presión sanguínea, el nivel de oxígeno en sangre, glucosa en la sangre, o el pH de la sangre. El reflejo Barorreceptor de la presión sanguínea es el clásico sistema homeostático prototípico, cuyas entradas, salidas y controles están bien caracterizados. Pero los puntos de ajuste de la presión sanguínea pueden, y de hecho cambian dependiendo de las circunstancias. Adicionalmente, la presión sanguínea puede cambiar a través de una variedad de maneras, no necesariamente a través de un simple sistema de retroalimentación negativa.

3. *Alostasis*- es el proceso para lograr la estabilidad, o la homeostasis, a través del cambio fisiológico o conductual. Este término se deriva del Griego: *allo* que significa cambio, y la *stasis* que significa "estable". Es decir, algunos cambios son necesarios para mantener la estabilidad o viabilidad. Se presume que estos cambios tienen la finalidad de garantizar la viabilidad general del organismo. La alostasis abarca tanto los procesos conductuales como fisiológicos orientadas a mantener los estados de adaptación del medio interno. Un ejemplo común es la presión sanguínea relativa siempre cambiante en una persona en el transcurso del día. Los investigadores han encontrado que la presión sanguínea media fluctúa para satisfacer las demandas, o anticipando una demanda.

4. *Alostasis como proceso regulatorio de retroalimentación positiva*- El modelo alostático reconoce que el organismo puede utilizar información previa para predecir una demanda y ajustarse de forma proactiva antes de que se necesite la demanda. Cannon reconoció que el cuerpo puede responder anticipadamente a una perturbación o agitación. Por ejemplo, la presión arterial suele aumentar ligeramente durante los momentos previos en los que una persona se levanta después de haber estado sentada o relajada. El aumento anticipado de la presión sanguínea es adaptativa y sirve para evitar mareos mediante la prevención de la atracción gravitacional de la sangre a los pies por este cambio de posición. El aumento anticipado de la presión sanguínea no es en respuesta a la retroalimentación ambiental o fisiológica, pero se puede considerar como una forma de aprendizaje adaptativo por experiencias previas ante la acción de pararse. Si un sujeto toma medicamentos que bloquean estos cambios en la presión sanguínea, la acción de retroalimentación de puede bloquearse y el sujeto se marear.

## F. NOMENCLATURA ANATÓMICA

1. La posición estándar del cuerpo, conocido como la posición anatómica- Una posición en la que el cuerpo está erguido de pie, los pies ligeramente separados, las palmas hacia adelante con los pulgares apuntando hacia afuera del cuerpo. Los términos "derecha" e "izquierda" se usan con referencia al cuerpo que se está describiendo y no por la persona que observa ese cuerpo.

2. Plano Sagital- El sagital es un plano vertical que divide la sección del cuerpo que se está viendo en su derecha e izquierda. La sagital-medial describe un plano sagital directamente por debajo del centro de la parte visualizada. Imagínate dividir tu cuerpo desde la parte superior de tu cabeza hacia abajo a través de tu entrepierna y luego ser capaz de mirar ya sea la mitad izquierda o derecha de tu cuerpo.

3. *Plano Frontal o Coronal* - Un plano frontal o coronal divide un cuerpo en vista anterior (frontal) y posterior (trasera). Imagínate dividir tu cuerpo desde la parte superior de tu cabeza a través de los dos hombros, hasta los pies y mirar la mitad delantera o la mitad trasera de tu cuerpo.

4. *Plano Horizontal o Transversal* - Un plano horizontal o transversal atraviesa y separa el cuerpo, viéndolo en los planos superiores e inferiores. Estos se conocen a veces como planos transversales. Imagínese un corte recto a través de tu estómago y ser capaz de mirar la mitad superior o inferior de tu cuerpo.

a. Superior (cranial) - Una dirección hacia la cabeza o el extremo superior de la estructura.

b. Inferior (caudal) - Una dirección alejándose del extremo de la cabeza y hacia la parte inferior de la estructura.

c. Posterior (dorsal) - Una dirección hacia la espalda o detrás.

d. Anterior (ventral) - Una dirección hacia el frente o delante de algo.

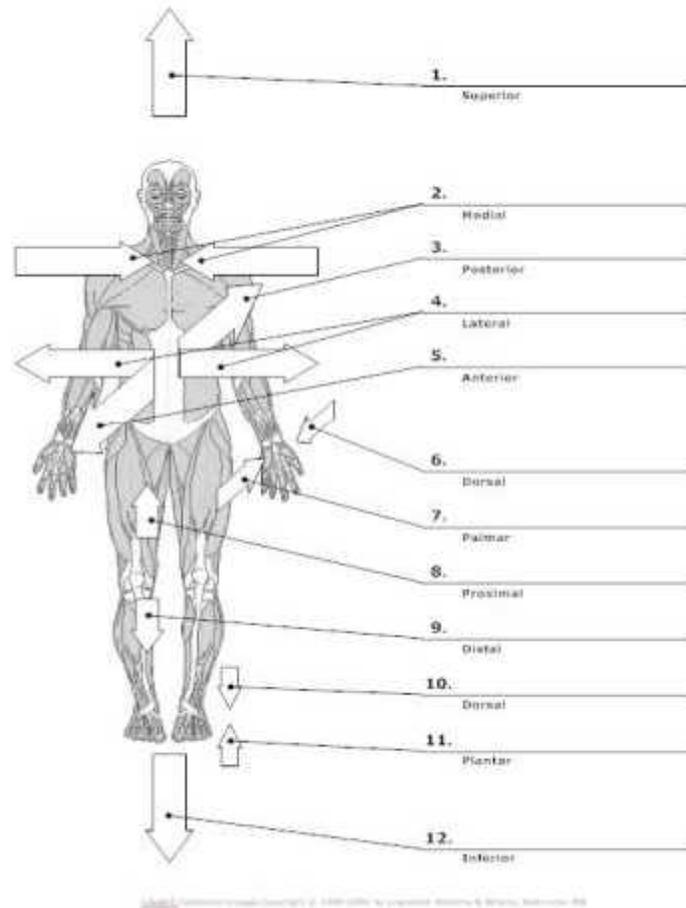
e. Medial- En el lado interior o hacia el centro.

f. Lateral-En el lado exterior o lejos del centro.

g. Proximal- Más cerca del origen de la parte del cuerpo o del punto de unión.

h. Distal- más lejos del origen de la parte del cuerpo o del punto de unión.

## Orientación visual y Planos Anatómicos



6. La *cavidad dorsal del cuerpo* y los dos subdivisiones- La cavidad dorsal del cuerpo encajona los órganos que componen el sistema nervioso central, el cerebro y la médula espinal.

7. La *cavidad ventral del cuerpo* y los las subdivisiones principales - Los dos subdivisiones principales de la cavidad ventral del cuerpo son la cavidad torácica y la cavidad abdominopélvica.

8. La *cavidad torácica*- La cavidad torácica contiene las cavidades pleurales que encajonan los pulmones y el mediastino medial. El mediastino encierra los órganos torácicos, así como la cavidad pericárdica, que rodea el corazón.

9. El *diafragma*- El diafragma es un músculo en forma de cúpula que es extremadamente importante para la respiración. Separa la cavidad torácica de la cavidad abdominopélvica inferior.

10. La *cavidad abdominopélvica*- La cavidad abdominopélvica contiene dos partes. La cavidad abdominal superior contiene el estómago, el hígado, el bazo y los intestinos, así como órganos relacionados.

11. La cavidad pélvica se encuentra en la parte inferior y contiene algunos órganos reproductivos, la vejiga y el recto.

#### IV. EL SISTEMA NERVIOSO

##### A. Las funciones básicas del Sistema de nervioso-

1. El sistema nervioso monitorea la información relacionada con los cambios dentro y fuera del cuerpo. Percibe o detecta información acerca de decisiones de cambio y forma.

2. Hace que respondan los músculos, glándulas, órganos y porciones adicionales del sistema nervioso (monitoreo, interpretación y comando). El sistema nervioso es el sistema de control/coordinación maestro en el cuerpo. El control/coordinación se lleva a cabo a través de:

- a. Monitoreo de cambios de las aportaciones sensoriales del cuerpo por dentro y por fuera
- b. La integración de las aportaciones sensoriales y la determinación de emisiones
- c. Respuestas de afectación (emisiones motoras)

3. El sistema Nervioso se asocia con el sistema endocrino. Las respuestas del Sistema Nervioso son rápidas y de corta duración, mientras que las respuestas endocrinas son más lentas y de mayor duración.

##### B. Las divisiones estructurales y funcionales del sistema de nervioso-

1. En general, el sistema nervioso se puede separar en dos divisiones principales, el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP).

2. El SNC consta del cerebro y la médula espinal y puede ser considerado como el centro de mando del cuerpo. El SNC recibe información, interpreta la información, y luego ordena las acciones basadas en la interpretación. El SNP puede ser pensado como el sistema que transporta los mensajes desde y hacia el SNC.

##### 3. Las subdivisiones del SNP-

a. Se puede partir al SNP en dos subdivisiones, uno que lleva la información hacia el SNC (la división sensorial o aferente) y uno que lleva los impulsos desde el SNC (sistema motor o eferente).

i. Fibras sensoriales envían impulsos de todo el cuerpo, como los ojos, los oídos, la nariz, la boca, la piel, las articulaciones, los órganos internos y los músculos hacia el SNC a través de la división aferente o sensorial del SNP.

b. La división motora o eferente transmite comandos desde el SNC a todas las partes del cuerpo, que se llaman órganos efectores, porque los impulsos nerviosos les afectan. Los órganos efectores responden entonces a las órdenes del SNC para realizar funciones que el SNC ha determinado como necesarias.

#### 4. La *división motora del SNP*-

a. Se puede considerar que la división motora tiene dos componentes principales, el sistema nervioso somático y el sistema nervioso autónomo (SNA).

b. A menudo al sistema nervioso somático se le llama el sistema nervioso voluntario porque las fibras nerviosas controlan el movimiento voluntario de los músculos esqueléticos. Por ejemplo, utilizamos estos nervios para ordenar a nuestros dedos que escriban en un teclado de computadora, o para tomar un libro para estudiar.

c. El SNA consta de nervios que regulan la actividad de los músculos lisos (como los vasos sanguíneos, músculos cardíacos y glándulas). Estas actividades generalmente se consideran fuera de nuestro control, por lo que este sistema se presenta a veces como el sistema nervioso involuntario. El SNA tiene dos subdivisiones funcionales, la rama simpática y la rama parasimpática.

#### 5. La visión histórica de la división funcional del SNA-

a. Se ha pensado que el propósito de la rama *simpática* del sistema nervioso autónomo está relacionado con la movilización de los sistemas del cuerpo para situaciones de estrés o de emergencia; la respuesta de lucha o huida. Se ha propuesto que la rama parasimpática apoya la conservación de la energía, las funciones de ausencia de emergencia, "descansar y digerir", etc

i. Estas descripciones de función a menudo se basan en el trabajo seminal de Walter Cannon en la primera mitad del siglo XX. Cannon y otros analizaron la función de la SNA en animales de experimentación y desarrollaron teorías que condujeron nuestro enfoque conceptual actual del SNA.

ii. Cannon acuñó la palabra "homeostasis", que se utiliza para describir los procesos fisiológicos coordinados que mantienen un estado de equilibrio en el organismo. Cannon creía que el sistema nervioso simpático es el responsable principal de mantener la homeostasis. Cannon también creía que el sistema nervioso simpático actuaba ampliamente (todo a la vez y por lo tanto el nombre de simpático) para restaurar los desequilibrios en homeostasis. Él creía que había una emisión generalizada y difusa dirigida a devolver el estado interno del cuerpo a la banda estrecha necesaria para mantener la vida.

iii. En contraste, las funciones de la rama parasimpática se consideraron más discretas, teniendo una mayor especificidad. Cannon creía que los efectos de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático eran generalmente opuestos en el mismo órgano y sus ideas de una

respuesta defensiva simpática de todo o nada y un sistema nervioso parasimpático reparador específico han influido en la concepción de la funcionalidad del SNA-

#### 6. Una visión *actual* de la división funcional del SNA-

a. Wilfrid Janig, un fisiólogo moderno, apunta una serie de inconsistencias en la separación funcional histórica de las divisiones de la SNA. Janig tiene un punto muy convincente para la idea de que la separación entre las ramas simpática y parasimpática del SNA es anatómica en lugar de funcional.

b. Los flujos de salida del parasimpático son craneal (desde el área de la cabeza) y sacra (desde el área inferior de la columna), mientras que las ramas simpáticas se originan en el torácico lumbar (desde las partes torácica y lumbar de la columna vertebral).

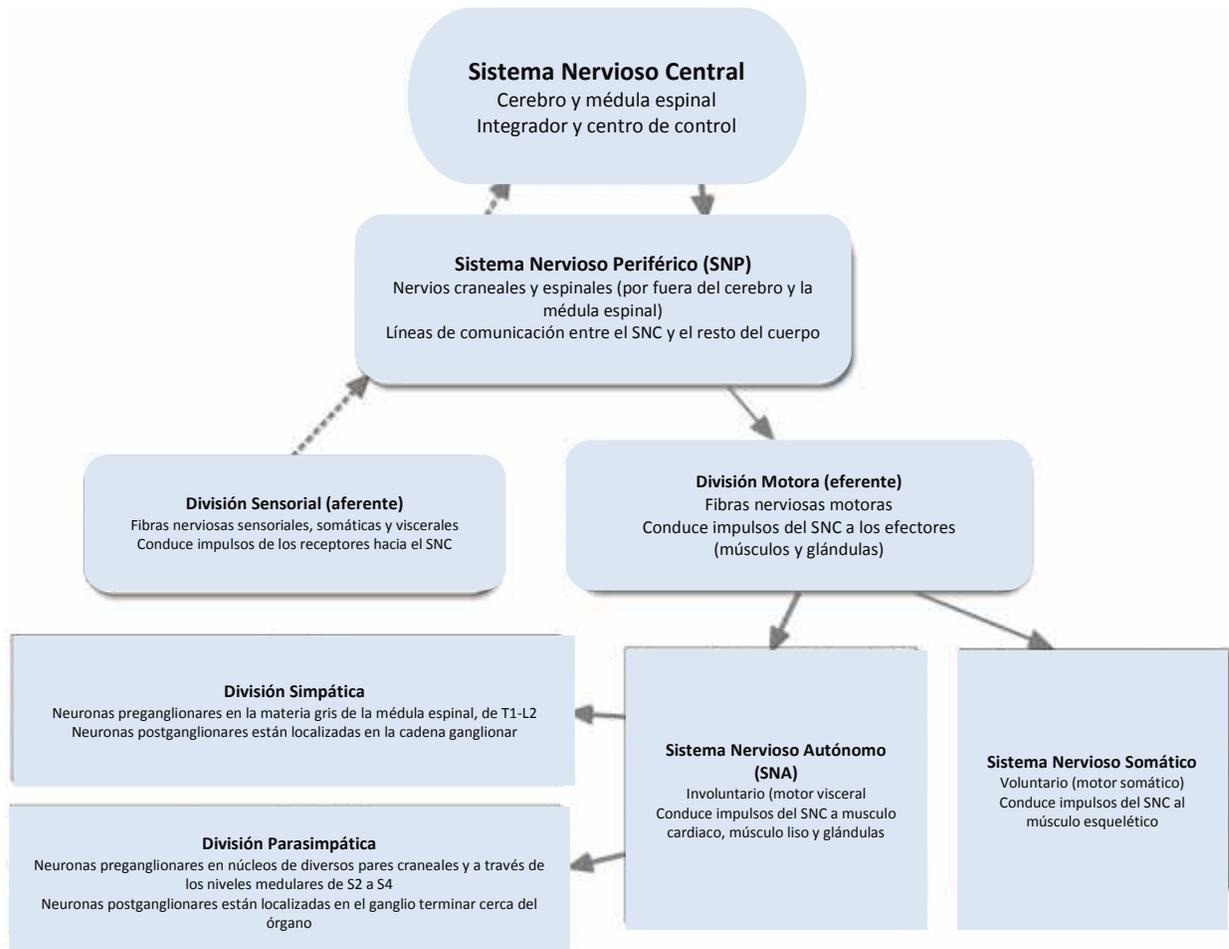
c. Algunos órganos están "doblemente inervados" lo que significa que están inervados por ambas ramas del SNA y estas acciones de inervación son antagónicas. Sin embargo, el resultado final es una respuesta coordinada, y posiblemente más grande o más "afinada". La inervación dual permite que el SNC active tanto las ramas simpática y parasimpática del SNA, que pueden mejorar sinérgicamente la respuesta. La frecuencia cardíaca es un ejemplo. La activación parasimpática puede resultar en la desaceleración del corazón, mientras que la inervación simpática acelerará la velocidad del corazón. Una acción coordinada (integrada) se compone de la reducción en la inervación parasimpática y el incremento de la inervación simpática lo que resulta en una respuesta potencialmente mayor y más rápida.

d. Janig señala que la evidencia moderna apoya fuertemente una teoría de acciones integradas del SNA, en oposición a una acción simple de todo o nada de una rama o la otra.

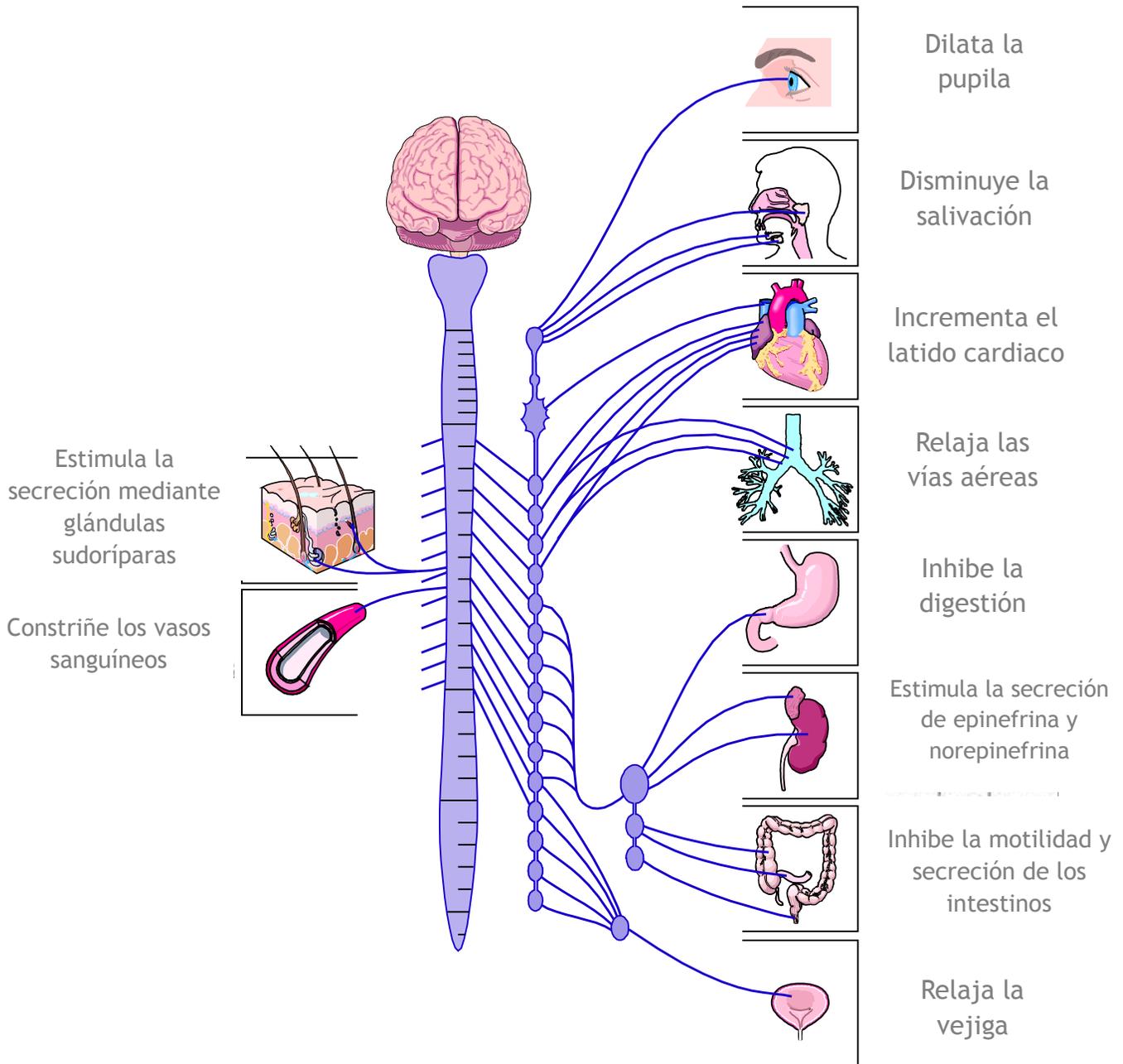
e. Berntson y Cacioppo también han cuestionado la doctrina histórica de que las dos ramas son sistemas funcionalmente opuestos. Señalan que ambas ramas pueden tener efectos similares sobre ciertos órganos. Ellos han demostrado que en algunos casos, un sistema se activa en momentos determinados, mientras que el otro sistema se activa en otros momentos. Por ejemplo, ante mayor presión de sangre, la frecuencia cardíaca se controla principalmente por la actividad vagal (parasimpática), mientras que ante una menor presión de sangre, es por la actividad simpática.

i. Berntson y Cacioppo propusieron un modelo multidimensional de la regulación autonómica para tener en cuenta condiciones donde los dos sistemas no son recíprocos, pero sí desacoplados (no actúan al mismo tiempo) o coactivos.

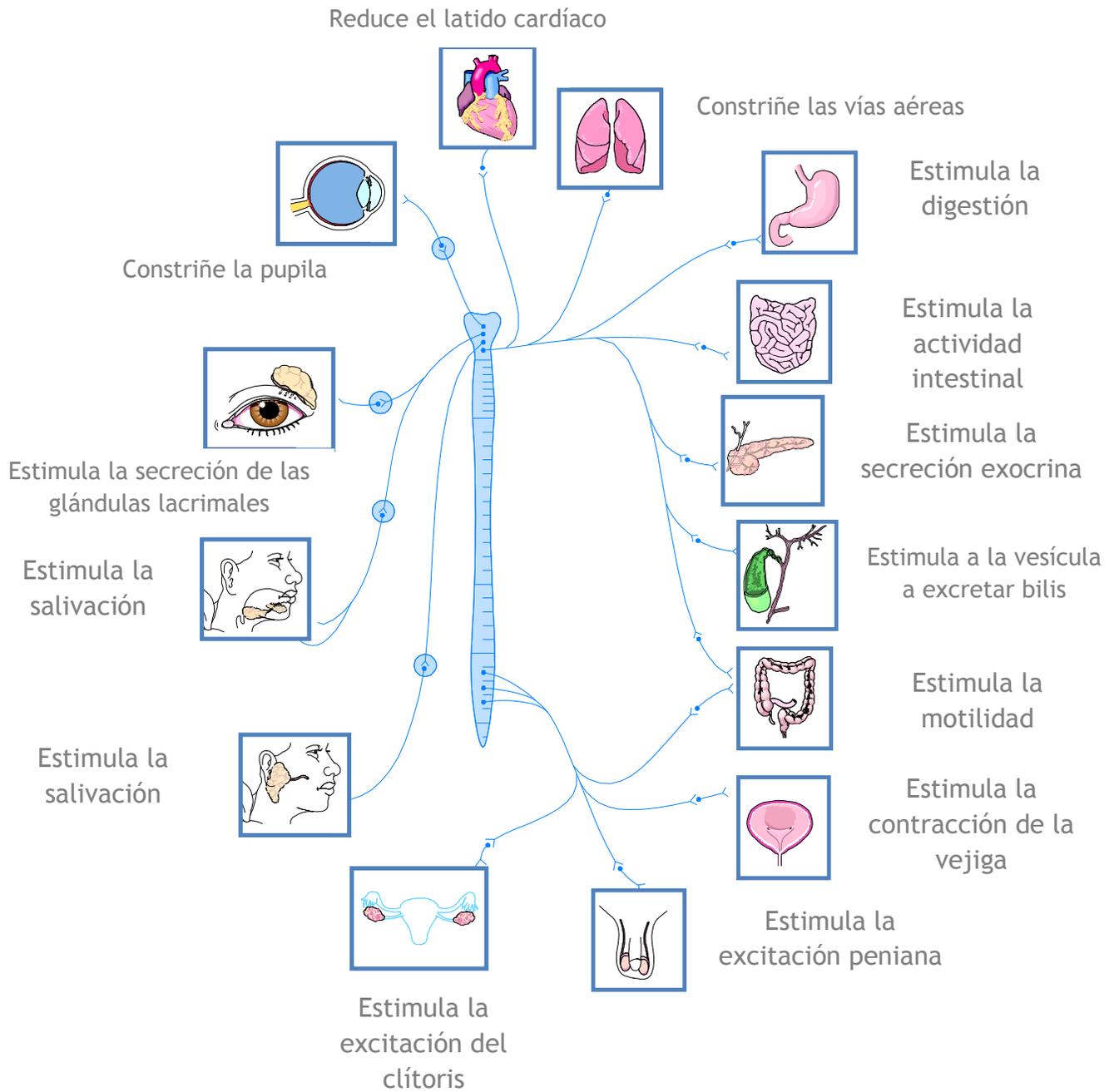
## 7. Un esquema general del sistema nervioso



8. órganos inervados por el sistema nervioso simpático.

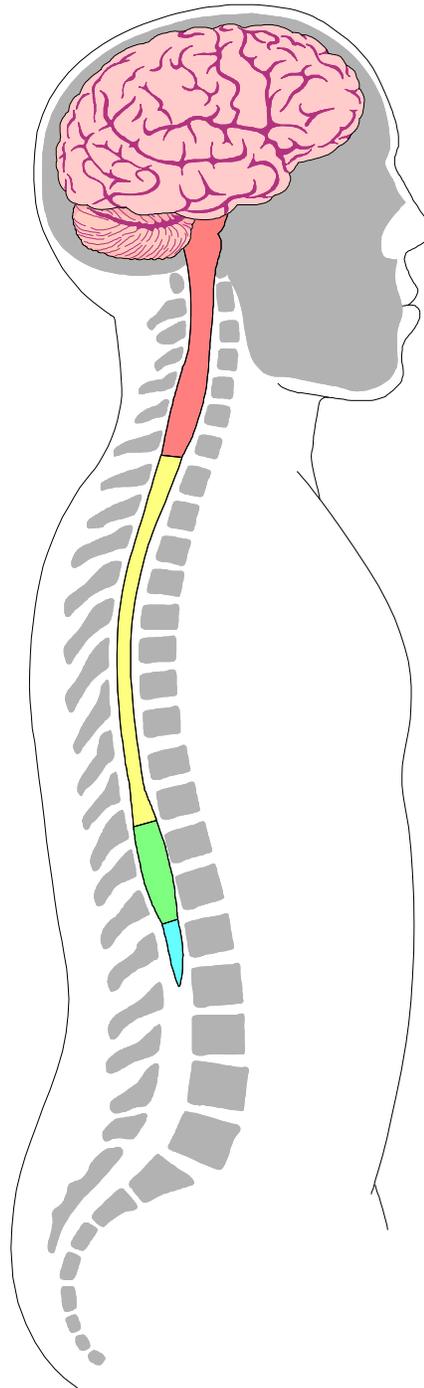


9. órganos inervados por el sistema nervioso parasimpático.



## 10. La ubicación del CNS

Vista lateral de una figura mostrando el sistema nervioso central y estructuras asociadas que lo revisten.



## 11. Los dos tipos principales de células nerviosas

a. El tejido del sistema nervioso se puede dividir básicamente en dos tipos principales de células: neuronas, las células nerviosas que transmiten las señales, y la neuroglia o células de soporte que rodean, ayudan y apoyan a las neuronas.

b. Algunas de las funciones de neuroglia- Las neuroglia o "glial" son células de apoyo que forman el 85-90% de todas las células cerebrales. Hay cinco tipos diferentes principales de células neuroglia.

c. En el SNC hay cuatro células "gliales" diferentes; astrocitos, microglia, ependimarias y oligodendrocitos.

d. Las células gliales del PNS son células de Schwann. Toda glial tiene funciones únicas pero un objetivo importante es proporcionar apoyo a las neuronas al mantenerlas separadas una de otra. Además, algunas células gliales mejoran la comunicación entre las células al envolverse alrededor de una porción de la neurona, por lo tanto la aísla. Esto resulta en una conducción más rápida, muy parecido a envolver una manguera de jardín con fugas con cinta adhesiva, ya que mueve el agua más rápidamente de un extremo a otro de la manguera mediante la reducción de las fugas.

## SNC Células de la Neuroglia

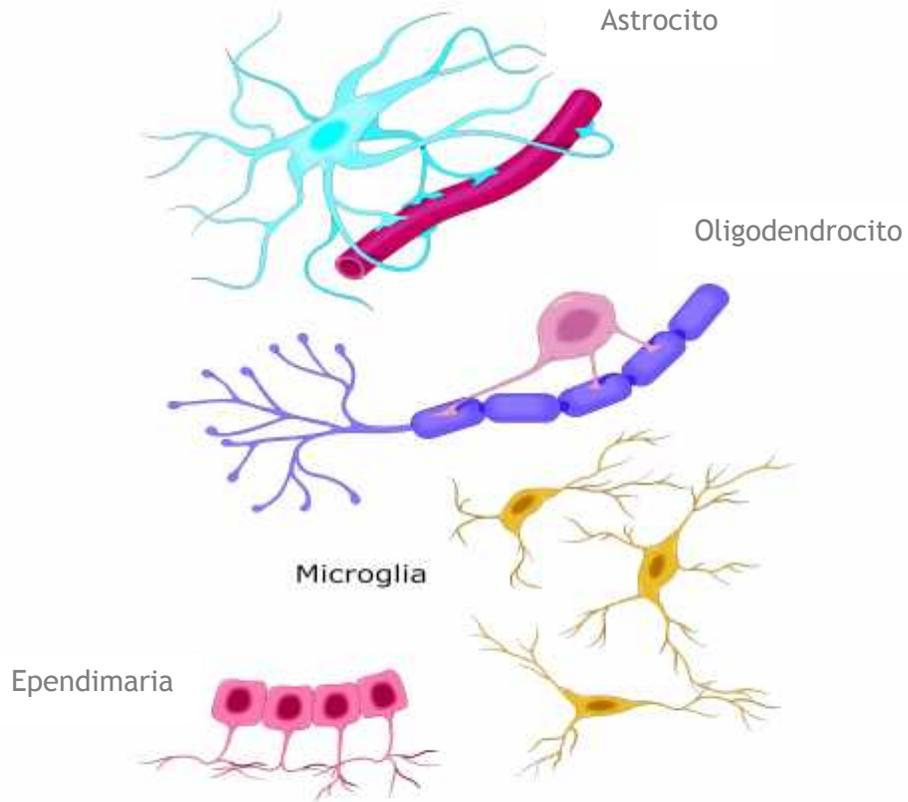


Imagen mostrando los cuatro tipos de células gliales en el SNC

## 12. Las partes básicas de la neurona y una descripción de sus propósitos-

a. Cuerpo celular- El cuerpo celular (o soma) contiene el *núcleo* y otros organelos que participan en las actividades biosintéticas para sustentar la vida y la función celular.

b. Dendritas- Las dendritas comprenden las áreas principales de entrada o receptoras de la célula. Ellas reciben la información que ingresa de numerosas fuentes y transmiten esta información en hacia el cuerpo celular.

c. Axones- Cada neurona tiene un solo axón que se proyecta desde una parte de la neurona llamada el axón Hillock. Una vez que el axón sale del axón Hillock, se estrecha hasta un diámetro relativamente uniforme para el resto de su extensión. Los axones pueden variar en longitud desde lo inexistente hasta varios pies. Los axones normalmente tienen un proceso único en la mayor parte de su extensión, aunque pueden tener ramas o colaterales. Al final de los axones, hay numerosas (miles) de ramas terminales llamadas terminales de los axones. Los axones son el componente de conducción de la neurona durante su comunicación con otras neuronas. Los axones transmiten los impulsos nerviosos hacia afuera desde el cuerpo celular a las terminales de los axones.

d. Terminales del Axón. Las terminales del Axón son los bulbos de línea-de perilla al extremo terminal del axón. Ellos contienen el componente secretor de la neurona. Al llegar a las terminales, un impulso hace que los químicos (neurotransmisores) allí almacenados sean liberados de los terminales de los axones. Estos neurotransmisores interactúan con las células adyacentes y pueden causar que esas células se exciten o inhiban.

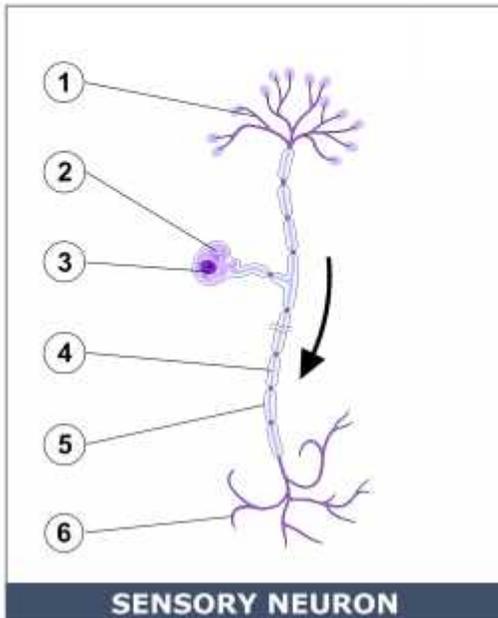
e. Mielina- La mielina es un tejido graso de color blanco, que cubre algunos axones. La mielina protege el axón y lo aísla de otros axones. Las fibras mielinizadas son capaces de conducir más rápido a los impulsos nerviosos que aquellos que no están mielinizados.

i. La mielina en el SNP se compone de células de Schwann y la mielina en el SNC se compone de oligodendrocitos. En el SNP, las células de Schwann envuelven el axón pero dejan pequeños espacios llamados nodos de Ranvier. Debido al tamaño de la célula de Schwann que proporciona la mielinización, estos espacios están en intervalos regulares a lo largo del axón. Los espacios contribuyen al incremento en la velocidad de la conducción.

### 13. Partes principales del "modelo neuronal" sensorial o motor

## SISTEMA NERVIOSO

### Tipos de Neuronas



#### 1. DENDRITA/RECEPTOR...

delgada proyección ramificada de una neurona, que conduce la estimulación eléctrica recibida de otras células hacia o de una célula del cuerpo, o soma, de la neurona a partir de la que se

#### 2. CUERPO CELULAR (SOMA)...

extremo bulboso de una neurona que contiene el núcleo y es donde ocurre la mayoría de la síntesis proteica

#### 3. NÚCLEO...

extremo bulboso de una neurona que contiene el núcleo y es donde ocurre la mayoría de la síntesis proteica

#### 4. AXÓN...

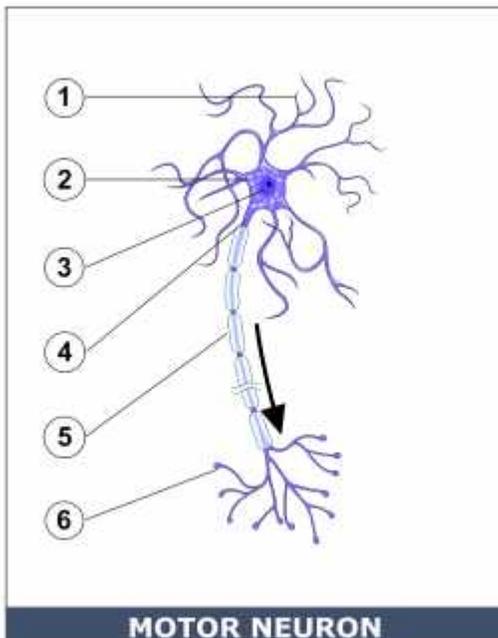
proyección larga y delgada de la neurona que conduce el impulso eléctrico lejos del cuerpo neuronal

#### 5. VAINA DE MIELINA...

capa de fosfolípidos que rodea a los axones de muchas neuronas y las aísla eléctricamente, está compuesta por un 80% de grasa lipídica y cerca de un 20% de proteína. Ayuda a prevenir que la corriente salga del axón causando un cortocircuito en el cerebro

#### 6. AXÓN TERMINAL...

estructura especializada al final del axón que es usada para liberar neurotransmisores y comunicarse con neuronas blanco



14. *Potenciales de acción*- Un potencial de acción es la conductancia de un impulso eléctrico a través de la longitud de un axón. Es la manera en que se comunican la mayoría de las neuronas excitables es a través de los potenciales de acción.

a. Recuerda nuestra discusión sobre las células. La membrana celular tiene un potencial (diferencia de voltaje) a través de ella como una batería. Este potencial de membrana negativo (más negativo dentro de la membrana celular en comparación con el exterior de la membrana celular) resulta por la concentración de iones. Un potencial de acción resulta en una breve (un par de milisegundos o milésimas de segundo) despolarización de la membrana y esto continúa a lo largo del axón hasta que llega a las terminales donde los neurotransmisores son liberados.

b. Los potenciales de acción no se gradúan; mantienen la misma fuerza de principio a fin. Si una neurona es suficientemente estimulada, puede transmitir un potencial de acción o impulso nervioso. La propagación del potencial de acción proviene de la apertura de puertas en el axón que son sensibles a los cambios de voltaje y permiten que ciertos iones atraviesen debido al decremento en el voltaje.

c. ¿Recuerdas cuando previamente hablamos del sodio y potasio y se mencionó que eran iones involucrados en la comunicación neuronal. Los cambios en el voltaje abren y cierran puertas a lo largo del axón que permite que los iones entren o salgan. Esto reduce el voltaje de la sección adyacente del axón y las puertas se abren y cierran permitiendo mayor movimiento de iones y esto disminuye el voltaje de la siguiente parte adyacente del axón. Esta "reacción en cadena" de la despolarización y apertura de puertas permite que la corriente se mueva hacia abajo del axón a las terminales de los axones donde finalmente ocurre la liberación del neurotransmisor desde los bulbos terminales.

15. Los dos tipos de *canales iónicos de la membrana cerrada*- Las membranas de plasma o celulares contienen dos tipos básicos de canales iónicos cerrados: cerrado químicamente y cerrados por voltaje. El término cerrado se utiliza para describir la idea de que hay una puerta en la membrana que está abierta o cerrada.

a. Los canales cerrados químicamente o cerrados por neurotransmisores, se abren o cierran cuando se une el neurotransmisor apropiado. Se puede visualizar como una puerta abierta o cerrada con llave y que sólo se desbloquea cuando se utiliza la llave correcta (neurotransmisor) y entonces cambia de abierta a cerrada o viceversa.

b. Del mismo modo, los canales iónicos cerrados por voltaje abren o cierran basándose en el potencial de la membrana.

i. Cada canal iónico es generalmente selectivo solamente hacia el tipo de ion o iones que permitirá pasar cuando esté abierto. Cuando se abre, los iones pasan rápidamente a través de la puerta basándose en la carga eléctrica y química o gradiente de concentración. Los iones se alejarán de una zona de carga similar hacia un área de carga opuesta que sea acorde a su potencial eléctrico. Los iones van a fluir desde las áreas de mayor a las de menor concentración, que se

conoce como gradiente de concentración. Juntos, los gradientes eléctricos y de concentración se refieren como gradientes electroquímicos y son ellos quienes efectúan el movimiento de iones a través de los canales iónicos abiertos. Los iones tenderán a balancearse con base en los gradientes electroquímicos.

16. La acción de los neurotransmisores- Los neurotransmisores son químicos que liberan las neuronas y que estimulan o inhiben otras neuronas o células efectoras.

a. Las neuronas utilizan sus neurotransmisores y señales eléctricas para comunicarse con otras células (neuronas, glándulas y músculo). La célula que libera el neurotransmisor se llama célula presináptica y la célula sobre la que actúa se llama neurona postsináptica.

b. El neurotransmisor se libera en un espacio pequeño lleno de fluido entre la neurona y la célula efectora que se llama el espacio sináptico. Este espacio funcional o punto de contacto entre dos neuronas o entre una neurona y una célula efectora se llama la sinapsis. Algunas neuronas liberan un solo neurotransmisor en la sinapsis, pero la mayoría hacen y/o liberan más de un neurotransmisor. Algunos de los neurotransmisores que discutiremos son;

i. La acetilcolina (ACh) - Este fue el primer neurotransmisor en ser identificado y probablemente es el más estudiado. La ACh se libera en las uniones neuromusculares, que es donde las neuronas hacen sinapsis con las células musculares para el movimiento. En el SNA, la ACh es el neurotransmisor presináptico tanto simpático como parasimpático para todas las neuronas preganglionares. La ACh es el neurotransmisor postsináptico para todas las fibras postganglionares parasimpáticas. Es también el neurotransmisor de las fibras postganglionares para las glándulas sudoríparas ecrinas, que son parte del sistema nervioso simpático y son responsables de la actividad electrodérmica medida en polígrafo.

ii. La norepinefrina (NE) - Un neurotransmisor excitatorio o inhibitorio, dependiendo del receptor. La NE se encuentra en el SNC y el SNP. En el SNP, la NE es la célula postganglionar principal del sistema nervioso simpático.

iii. GABA Este es el neurotransmisor inhibitorio principal del SNC en el cerebro. El alcohol y las drogas contra la ansiedad de la clase del benzodiazepam refuerzan el efecto GABA. El GABA manifiesta su efecto inhibitorio en las células mediante la apertura de canales de cloruro y permite que entre en la célula el cloruro de carga negativa extra. Esta carga negativa adicional hiperpolariza la célula, llevándola más lejos del umbral y haciendo más difícil para la célula que se dispare e inicie un potencial de acción. Tiende a hacer a las células menos activas.

iv. Glutamato- Este es el neurotransmisor excitatorio principal del SNC en el cerebro. El glutamato es muy importante para el aprendizaje y la memoria debido a su acción en el lóbulo temporal medio del cerebro. Una pequeña cantidad logra mucho, sin embargo, el exceso de glutamato conduce a la excitotoxicidad. Esto ocurre cuando las neuronas literalmente se excitan hasta la muerte, y es común durante los accidentes cerebrovasculares. Algunos tratamientos

médicos para los accidente cerebrovasculares incluyen hoy en día fármacos para combatir el exceso de glutamato liberado durante estos eventos para prevenir la muerte celular en el cerebro.

17. La médula espinal- Este manajo de tejidos nerviosos va desde la base del tallo cerebral hacia algún lugar entre la primera a la tercera región lumbar y proporciona las vías de conducción aferentes (hacia el cerebro) y eferentes (desde el cerebro).

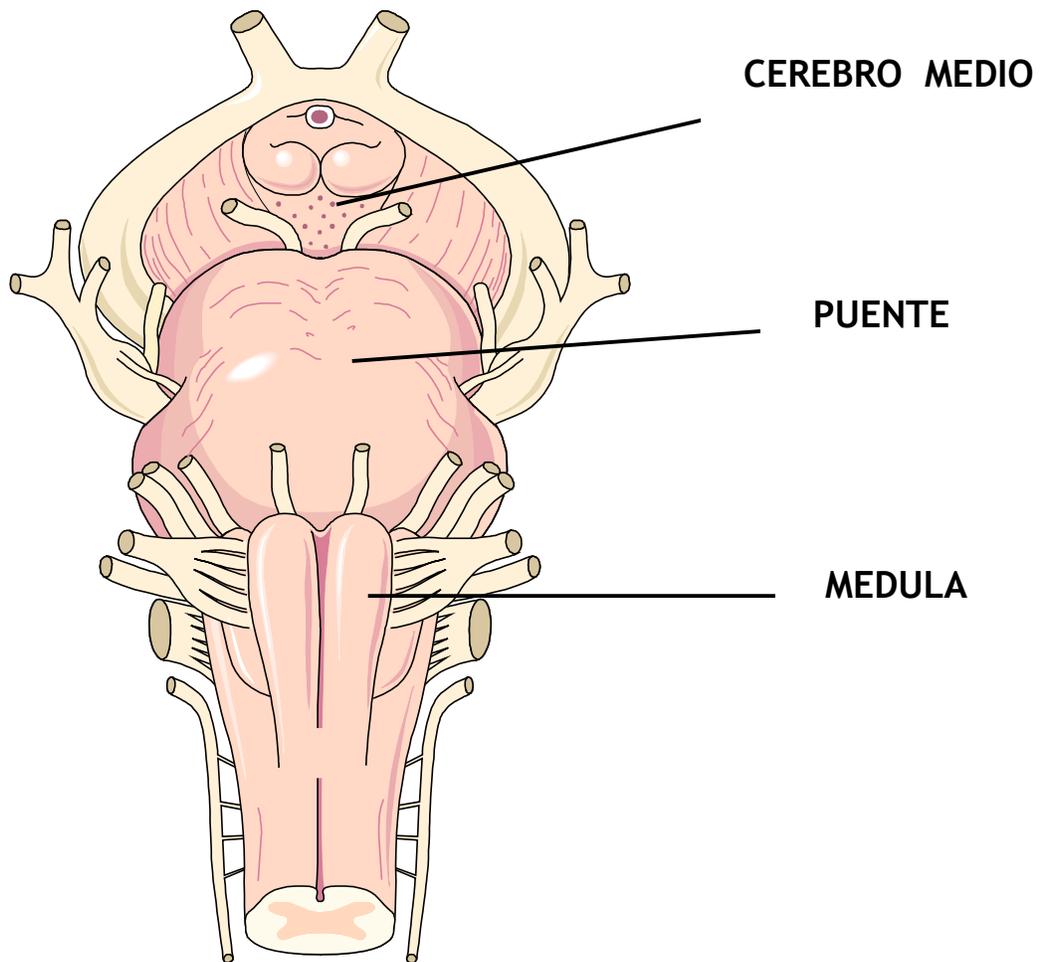
a. La médula espinal se compone de "materia blanca" y "materia gris." La materia gris está compuesta principalmente por cuerpos celulares de neuronas y de neuroglia, y tiene la forma de una mariposa o de la letra H. La materia gris se puede dividir en una mitad dorsal (atrás) que es generalmente la entrada sensorial y una mitad ventral (adelante), que es generalmente la salida motora.

b. Las fibras aferentes sensoriales entran a través de la mitad dorsal donde se conectan a los cuerpos de las células sensoriales en una zona conocida como el ganglio de la raíz dorsal. Los cuerpos celulares de la salida motora, se encuentran principalmente en un área llamada el asta ventral, enviando sus fibras a través de las raíces ventrales.

c. La materia blanca de la médula espinal se compone de fibras nerviosas, tanto mielinizadas como no mielinizadas. Hay fibras que ascienden hacia el cerebro, llevando información sensorial, y fibras que descienden para la salida motora. Adicionalmente, hay fibras que cruzan de un lado a otro de la médula espinal llamadas fibras transversales o comisurales. La materia blanca es la sección de transporte de la comunicación de la médula espinal, muy parecida a líneas telefónicas para las telecomunicaciones.

18 El tronco cerebral- Trabaja en dirección de inferior a superior, el tronco cerebral está compuesto por el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo.

- a. El tallo cerebral contiene muchos grupos nucleares importantes que generan los programas de comportamiento autónomos necesarios para la supervivencia. El tronco cerebral proporciona una vía para tractos de fibras que corren entre el centro cerebral alto y bajo.



Vista anterior del tallo cerebral. Cerebro medio (mesencéfalo), puente, médula oblongata y médula espinal

19. Las funciones previstas por el cerebelo- El cerebelo es una estructura grande situada dorsalmente con respecto a la protuberancia y bulbo raquídeo. Procesa las aportaciones de las áreas corticales responsables de las acciones motoras, de los receptores sensoriales y de las entradas del tronco encefálico. El cerebelo se ocupa de la coordinación de los movimientos.

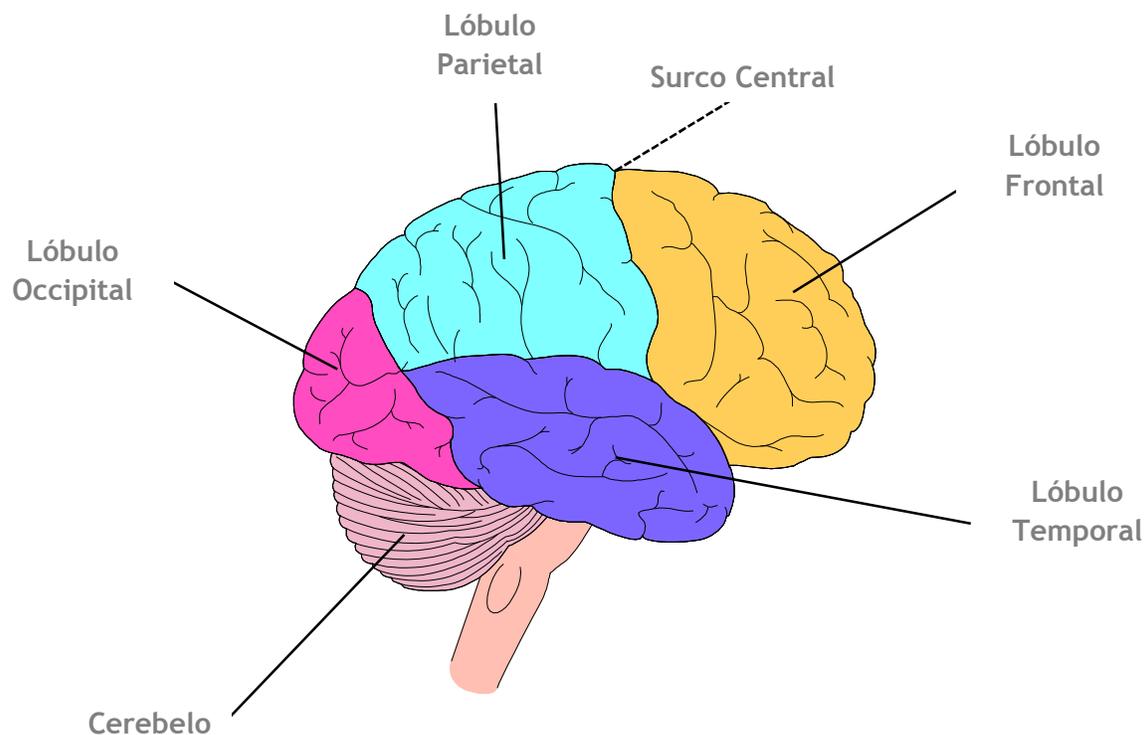
20. Los *lóbulos* del cerebro humano- Los hemisferios del cerebro se subdividen en cinco lóbulos principales sobre la base de algunos de los principales surcos.

a. El *lóbulo frontal* está conformado por el área del frente, lo que se conoce como el surco central y es el más grande de todos los lóbulos. Contiene en la parte posterior importantes áreas motoras y de lenguaje y en la parte frontal muchas de las funciones relacionadas con el comportamiento social y las actividades mentales superiores.

b. El lóbulo parietal se encuentra paralelo al surco central y contiene gran parte de la corteza relacionada con lo somatosensorial.

c. El lóbulo occipital está relacionado principalmente con las funciones visuales y se encuentra en la parte posterior del cerebro.

d. El lóbulo temporal contiene muchas regiones diferentes, incluyendo las áreas sensoriales para las funciones auditivas y olfativas. Este lóbulo contiene dos estructuras muy importantes relacionadas con la memoria y la emoción llamada la amígdala y el hipocampo.



Vista lateral del cerebro con los distintos lóbulos representados en

21. El *diencéfalo* y algunas funciones - El diencéfalo forma la porción central del cerebro anterior y consta del tálamo, el hipotálamo y el epítalamo.

a. El tálamo es la parte más grande del diencéfalo y contiene cerca de cincuenta núcleos más pequeños, quienes tienen cada uno su propia especialidad funcional. Tálamo es una palabra Griega que significa "habitación interior." Recibe prácticamente todas las aportaciones hacia el cerebro incluyendo las aportaciones relacionadas con lo sensorial, emocional y motor. La única información sensorial que no pasa por el tálamo es el sistema olfativo. El tálamo juega un papel clave en la integración y la mediación de la actividad motora, la sensación, la excitación cortical, el aprendizaje y la memoria. El tálamo es el medio por el cual casi toda la información llega a la corteza para ser procesada.

b. El hipotálamo se llama así por su posición justo debajo del tálamo (hipo significa más bajo). A pesar de su pequeño tamaño, el *hipotálamo* es el gran conductor del control homeostático del cuerpo. El hipotálamo es parte del centro de control autonómico, el centro de control de la respuesta emocional, y dirige las conductas de soporte de la supervivencia, tales como la ingesta de alimentos y agua y dormir. El hipotálamo controla la liberación de hormonas del sistema endocrino que también ayuda a mantener el equilibrio homeostático del cuerpo.

c. El *epítalamo* consta de la glándula pineal, que ayuda a regular el sueño, y el plexo coroideo, que fabrica líquido cefalorraquídeo.

22. Conceptos de psicofisiología relacionados con el SNC. El concepto del "*sistema límbico*" desde una perspectiva histórica, anatómica, y actual-

a. Alrededor de 1939, un anatomista estadounidense llamado James Papez propuso que las partes centrales del cerebro, incluyendo el hipotálamo, partes del tálamo, el giro cingulado, el hipocampo, y sus interconexiones, forman un "mecanismo armonioso" mediante el cual se generan todas las emociones, y de las expresiones emocionales resultantes. Siguiendo la propuesta de Papez, el tamaño y las estructuras atribuidas a este "sistema límbico" se han ampliado para incluir una porción sustancial del cerebro. Neurocientíficos modernos parecen estar de acuerdo en que no hay justificación científica del "sistema límbico". Muchas de las llamadas estructuras límbicas tienen múltiples propósitos que van más allá de la emoción. De hecho, algunas no contribuyen a la generación y expresión de las emociones, pero esta asociación poco razonada no justifica un "sistema" específico del cerebro dedicado exclusivamente a la emoción.

## **V. EL EDA Y EL SISTEMA TEGUMENTARIO-**

A. El sistema tegumentario

1. La piel se compone de un conjunto complejo de órganos llamado sistema tegumentario, que cumple una función protectora. Limitaremos nuestra discusión de la piel principalmente a aquellos aspectos relacionados con la comprensión de los mecanismos de la actividad electrodérmica (EDA).

a. La piel protege al cuerpo de las amenazas ambientales tales como la temperatura, químicos, mecánicos, y los microorganismos infecciosos.

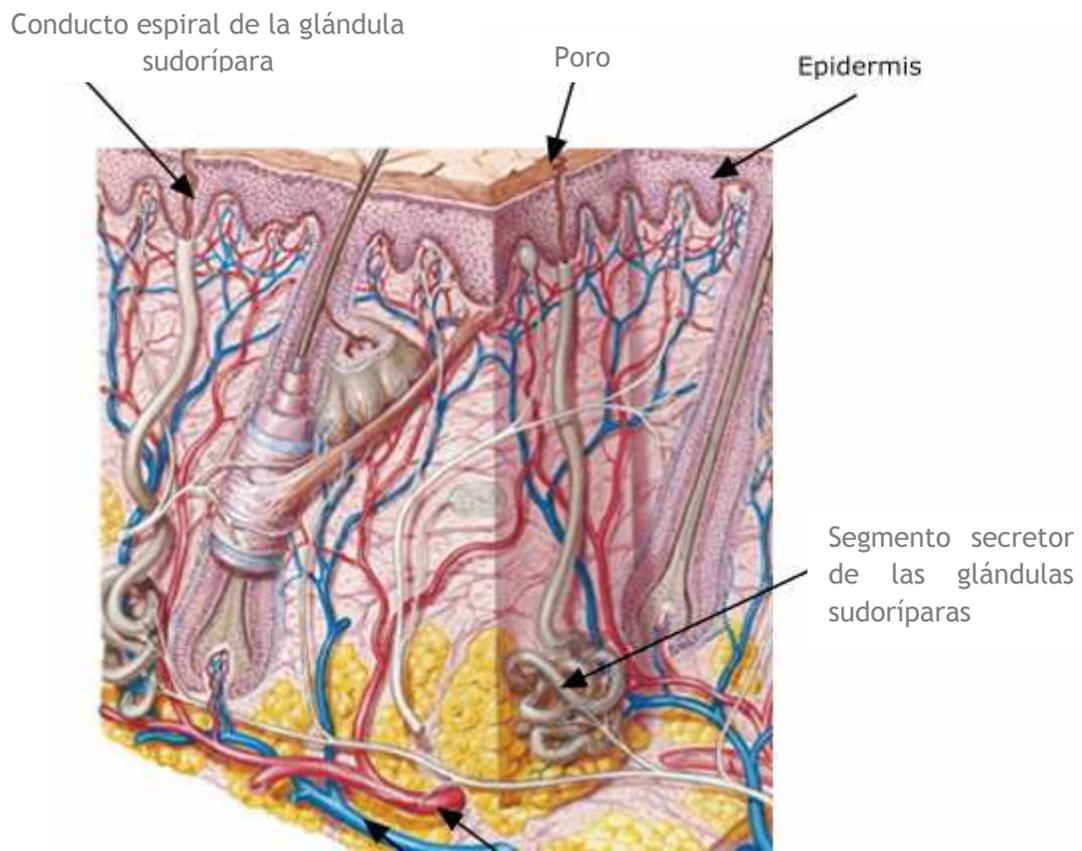
b. Desde un punto de vista sensorial, la piel alberga diversos receptores para proporcionar información aferente relacionada con el tacto, dolor y temperatura.

c. La piel participa en la transpiración, lo que mantiene la piel húmeda y permite que el cuerpo excrete líquidos. La piel puede ser peluda o glabra (lampiña).

2. Una sección transversal típica de la piel y algunas de sus características importantes-

a. La piel se compone de varias capas características, aunque todas las capas no se encuentran de manera uniforme en toda la piel. La piel consta esencialmente de dos capas principales; una capa externa llamada epidermis, y una capa inferior más gruesa, la dermis.

b. La epidermis se compone de cinco capas y cada capa se vuelve progresivamente más callosa (dura y callosa). La capa externa de la epidermis es el estrato córneo. La epidermis, la capa más importante para el EDA, se compone de células dispuestas regularmente que se vuelven más secas a medida que avanzan hacia el estrato córneo. La piel lampiña encontrada en las palmas (palmar) y las plantas de los pies (plantar) tiene una epidermis gruesa y también un estrato córneo relativamente grueso. El estrato córneo juega un rol muy importante en la producción de EDA que medimos en el polígrafo.



### 3. La acción de sudoración de las glándulas sudoríparas *ecrinas*-

a. Las glándulas sudoríparas secretan directamente sobre la superficie de la piel. La mayor densidad de glándulas sudoríparas se encuentra en la frente, las palmas y las plantas de los pies.

b. Las glándulas sudoríparas de la palma se consideran glándulas sudoríparas *ecrinas*, lo que significa que las secreciones no contienen algo llamado citoplasma.

c. Las glándulas sudoríparas se pueden subdividir en la porción secretora y el conducto. La sección secretora se localiza profundamente dentro de la piel y está compuesta por un conducto en espiral irregular. El conducto se extiende desde la sección secretora hasta la apertura de los poros de las glándulas sudoríparas en la superficie de la piel.

d. Las fibras eferentes del sistema nervioso simpático inervan las glándulas sudoríparas *ecrinas*. Estas se conocen como fibras sudorisorretoras. Las fibras sudorisorretoras utilizan acetilcolina para inervar la parte secretora de la glándula sudorípara.

e. El hipotálamo es considerado generalmente como el centro de control para todas las funciones del SNA incluyendo la inervación de las glándulas sudoríparas. La actividad simpática hipotalámica puede ser provocada por una serie de estructuras cerebrales, sin ser el menos importante, se incluye la corteza cerebral. Se ha demostrado que una variedad de funciones mentales tienen la capacidad de activar las glándulas sudoríparas *ecrinas* y causar una reacción EDA.

### 4. Un mecanismo de sudoración y cómo contribuye esto al EDA-

a. El sudor humano contiene una cierta cantidad de iones de sodio y cloruro. El precursor del sudor en los humanos tiene una concentración considerablemente alta de ambos. En cuanto el sudor inicia su camino hacia arriba a través del conducto, pierde algunos iones de sodio y cloruro. Esta es la teoría detrás de la reabsorción del NaCl, donde la reabsorción puede evitar la pérdida excesiva de NaCl. El sudor no fluye continuamente fuera del conducto de sudor sino que más bien se expulsa en pulsos. Se cree que las contracciones rítmicas de las porciones secretoras y de los conductos de sudor son la fuente de los pulsos que se sospecha son la fuerza que impulsa al sudor hacia arriba y hacia afuera de los conductos.

5. "Sudoración emocional" – El aumento de la sudoración como resultado de la actividad mental, especialmente durante la excitación emocional, se conoce como "sudoración emocional." La sudoración emocional se produce principalmente en la piel glabra de las superficies palmares y plantares del cuerpo y es probable que se activen a través del hipotálamo. Las reacciones del EDA durante las pruebas de polígrafo pueden ser un resultado de la sudoración emocional.

### 6. Algunos de los orígenes putativos del SNC del EDA-

a. El EDA puede ser obtenido por procesos de alto nivel del SNC (corticales), pero también puede venir de estructuras que se consideran subcorticales. El hipotálamo parece ser uno de los

iniciadores primarios de las reacciones del EDA desde un punto de vista emocional. Una parte del cerebro llamada ganglio basal podría contribuir a las respuestas del EDA en preparación de las acciones motoras.

#### 7. Algunas de las funciones biológicas sugeridas del EDA-

a. La sudoración podría ser una función biológica adaptativa que sirve para varios propósitos. La hidratación proporciona fricción óptima y la sensibilidad táctil. Uno es capaz de sentir y agarrar mejor cuando las manos están un poco húmedas. La pisada es sin duda mejor cuando los pies están un poco húmedos o pegajosos. La piel es también menos propensa a sufrir lesiones cuando está ligeramente húmeda.

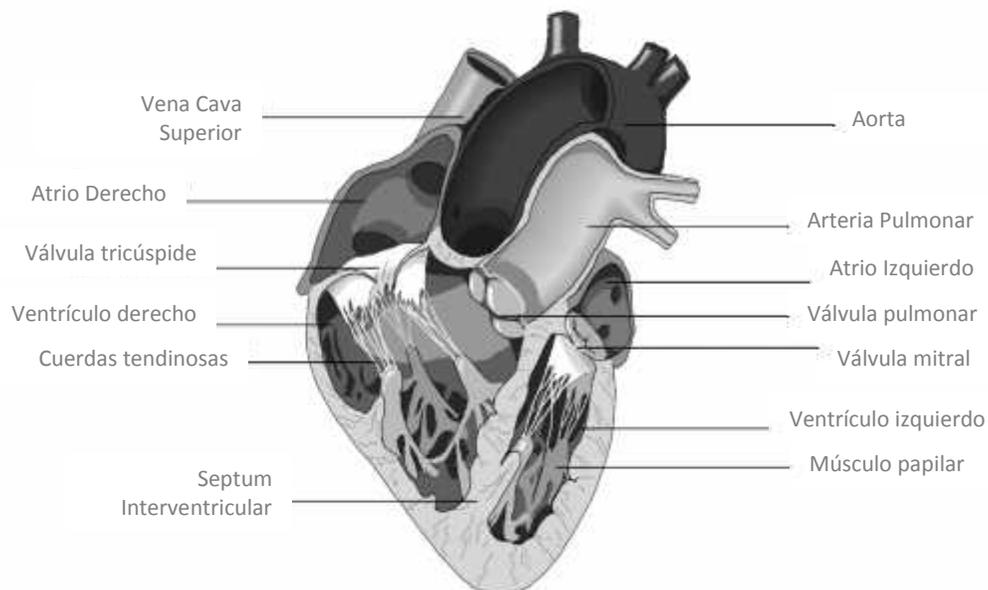
b. La piel es más resistente a la abrasión y cortes cuando está húmeda que cuando está seca.

## VI. EL SISTEMA CARDIOVASCULAR

### A. Las cavidades del corazón-

1. El corazón tiene cuatro cavidades, dos ventrículos y dos aurículas. Los ventrículos son las cavidades de descarga y descargan la sangre hacia el cuerpo (ventrículo izquierdo) o hacia los pulmones (ventrículo derecho). Las aurículas son las cavidades de recepción de la sangre que regresa del cuerpo (aurícula derecha) o de los pulmones (aurícula izquierda).

### Partes Internas del Corazón



## B. Las válvulas principales del corazón-

1. Hay dos válvulas auriculoventriculares (AV), una a cada lado del corazón que separan la aurícula del ventrículo, evitando el flujo de retorno.

2. La válvula derecha AV se llama válvula tricúspide porque tiene tres cúspides o solapas flexibles. La válvula izquierda AV se llama la válvula bicúspide, porque sólo tiene dos cúspides o solapas.

a) La válvula bicúspide se refiere a veces como la válvula mitral, ya que se dice que se asemeja a una mitra, el sombrero usado por un obispo.

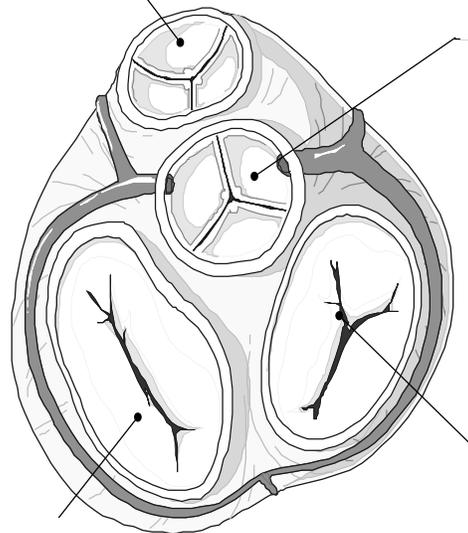
3. Hay dos válvulas semilunares (SL), una en el sitio de descarga de cada ventrículo. Las válvulas SL protegen contra el reflujo por aplanamiento y portazos cuando la presión es mayor en el lado de descarga.

a) Las válvulas SL se llaman así por sus tres cúspides en forma de luna creciente.

## Válvulas del Corazón

1. Válvula Pulmonar Semilunar

2. Válvula Aórtica Semilunar



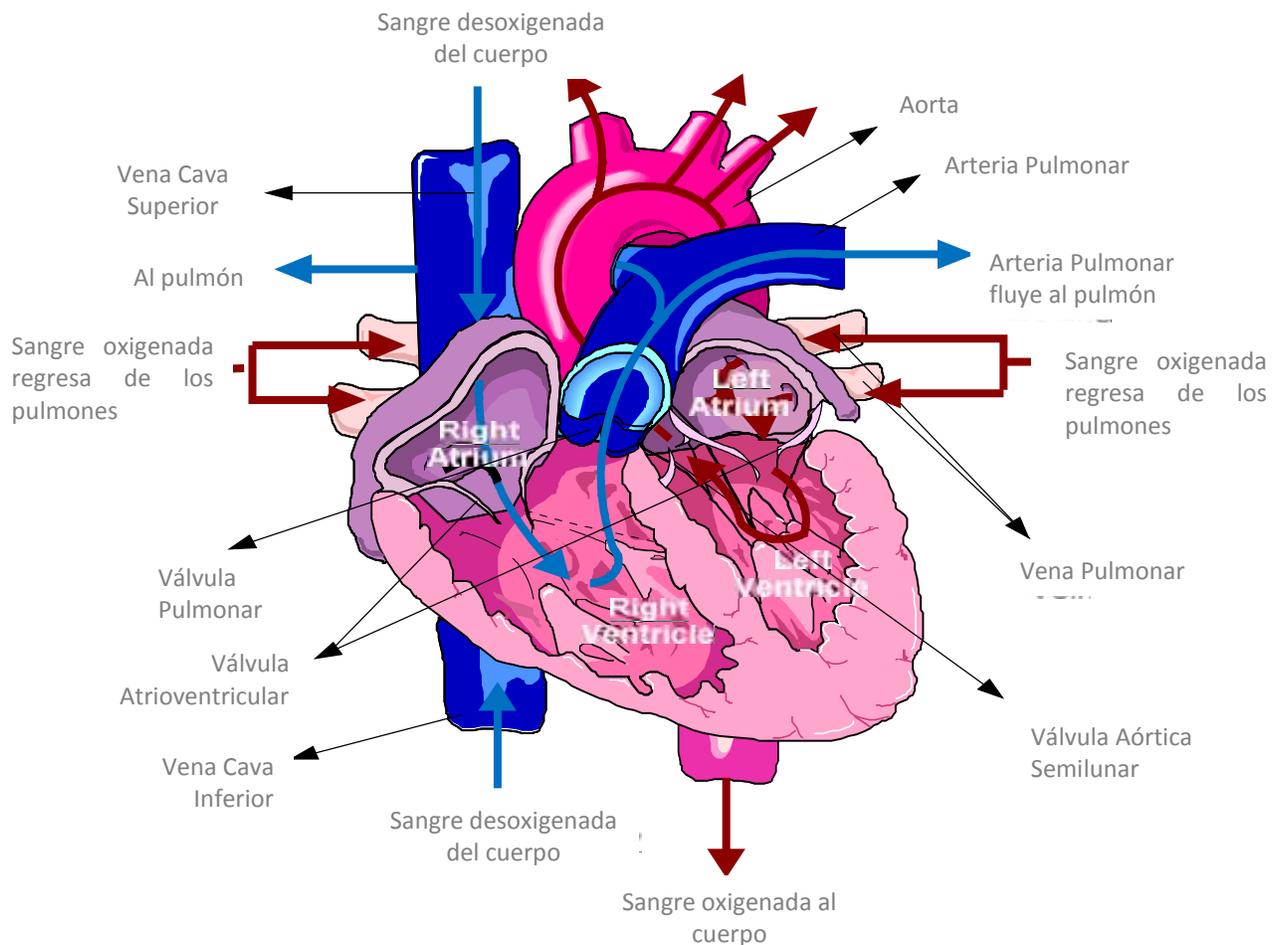
3. Válvula Tricúspide

4. Válvula Bicúspide

### C. La vía del flujo sanguíneo a través del corazón-

1. El lado derecho del corazón es el *circuito pulmonar* que envía la sangre rica en dióxido de carbono hacia los pulmones. La sangre que regresa, entra y llena la aurícula derecha. La aurícula derecha se contrae, forzando a la sangre a través de la válvula tricúspide hacia el ventrículo derecho. El ventrículo derecho se contrae, enviando la sangre fuera de la válvula pulmonar semilunar a los pulmones a través de las arterias pulmonares. Es ahí donde se intercambia el dióxido de carbono por oxígeno.

2. El lado izquierdo del corazón es la bomba del *circuito sistémico*. Es responsable de la transportación de la sangre a través del sistema cardiovascular. La sangre oxigenada se devuelve a la aurícula izquierda del corazón a través de las venas pulmonares. La aurícula izquierda se contrae y dirige la sangre a través de la válvula bicúspide o mitral hacia el ventrículo izquierdo, que bombea sangre fuera de la válvula aórtica semilunar hacia la aorta.



#### D. El propósito del *sistema de cardiovascular*-

1. El sistema cardiovascular es una estructura completamente cerrada que consta del músculo cardíaco, las arterias, los capilares y las venas. Un propósito principal del sistema cardiovascular es transportar nutrientes y oxígeno a los tejidos del cuerpo y eliminar los desechos metabólicos y dióxido de carbono de los tejidos del cuerpo.

#### E. La *presión sanguínea* y cómo se mide-

1. La presión sanguínea es una medición de la fuerza por unidad de área ejercida sobre una pared del vaso sanguíneo. Se expresa típicamente en unidades de milímetros de mercurio, escrito "mmHg". La presión sanguínea por lo general se expresa médicamente en términos de la presión sistólica sobre presión diastólica.

2. En la prueba del polígrafo, la forma de onda cardiografía representa cambios en la presión arterial relativa a lo largo del examen. Por motivos de nuestra publicación, cuando hablamos de la presión sanguínea, nos referimos a la presión arterial sistémica, medido en el sitio de monitoreo, a menos que se indique lo contrario.

#### F. Resistencia periférica -

1. El flujo sanguíneo se produce dentro del sistema circulatorio cerrado del cuerpo y normalmente se expresa en mililitros por minuto, escrito como "ml / min". La resistencia periférica es un término utilizado para describir la restricción general del flujo sanguíneo dentro de los vasos sanguíneos y es una función de la viscosidad de la sangre, el largo del vaso y el diámetro del vaso. Tanto una sangre más gruesa, vasos más largos, o vasos de menor diámetro, incrementarán la resistencia del flujo.

#### G. ¿Cómo el gasto cardíaco y la resistencia periférica afectan la presión de la sangre-

1. La presión sanguínea se determina por el gasto cardíaco y la resistencia periférica. El gasto cardíaco es la cantidad de sangre que bombea el corazón en un período dado de tiempo. El gasto cardíaco es una función del volumen de latido por el número de latidos por minuto.

2. El volumen del latido es la cantidad que el corazón bombea (ml / latido) y es una función de la fuerza con que el corazón late (fuerza de contracción) y de cuanta sangre está disponible para ser bombeada (volumen diastólico final, o VDF).

3. VDF es el volumen de sangre en un ventrículo al final del llenado. Cuanto mayor sea el VDF, mayor es la distensión (estiramiento) del ventrículo. Un aumento de VDF aumenta la precarga en el corazón. Aumenta la cantidad de sangre expulsada por el ventrículo durante la sístole, mediante el mecanismo de Frank-Starling. El VDF se controla generalmente por el retorno venoso de la sangre devuelto a la vena cava antes de ser enviado a la aurícula derecha.

4. Adicionalmente, un fisiólogo llamado Bainbridge observó que la distensión auricular derecha produce un aumento en la frecuencia cardíaca. Bainbridge encontró que el arco reflejo

responsable de esta taquicardia era mediada a través de un incremento en el efecto simpático y un decremento en el efecto parasimpático.

5. Hay dos factores principales que incrementan el retorno venoso: el bombeo respiratorio y el bombeo muscular. El bombeo respiratorio traza los cambios de presión en la vena cava producidos por la respiración. A medida que inhalamos, la presión en el pecho disminuye, se genera presión negativa, y la sangre se "chupa" de vuelta hacia el corazón. Mientras más fuerte es la profundidad o longitud de la inhalación, mayor será la cantidad de influencia de presión negativa creada para el retorno venoso. La bomba muscular traza la manera en que la contracción muscular esquelética presiona en contra de las venas para forzar la sangre de vuelta hacia el corazón.

6. La resistencia periférica afecta la presión arterial mediante el incremento o decremento de la presión contra la cual el corazón bombea. Cuanto mayor es la vasoconstricción general, mayor será la presión. Cuando se produce la vasodilatación, la presión sanguínea disminuye.

7. En resumen, existen varios factores que afectan la presión sanguínea. El gasto cardiaco sube mediante la aceleración de la frecuencia cardíaca, la fuerza de contracción, o al final del volumen diastólico. Al alterarse el diámetro de los vasos sanguíneos aumenta o disminuye la resistencia periférica al flujo. Cualquier combinación de estos factores puede dar lugar a un aumento de la presión sanguínea.

#### H. El sistema de conducción eléctrica a través del corazón-

1. El corazón es capaz de contraerse (latido) sin la influencia de los sistemas nerviosos externos. Hay, sin embargo, una gran cantidad de nervios de entrada al corazón, que coordinan las actividades del corazón con el de otros sistemas que mantienen la vida.

2. La conducción eléctrica comienza en el nodo sinoauricular (SA) en la aurícula derecha, que genera intrínsecamente impulsos a una velocidad aproximada de 75 veces por minuto. Esta pequeña masa se conoce como el "marcapasos", ya que establece la cadencia que se conoce como el ritmo sinusal.

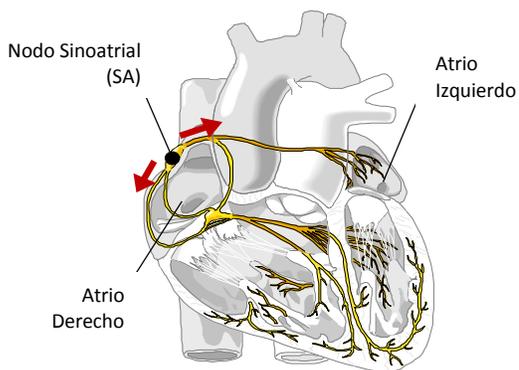
3. Desde el nodo SA, la señal se envía a través de fibras intermodales en ambas paredes del músculo auricular, y luego hacia el nodo auriculoventricular situado cerca de la válvula tricúspide. Este nodo contiene por un momento la señal, lo que permite que las aurículas se contraigan completamente antes de pasar la señal.

4. Desde el nodo AV, la señal avanza hacia el haz auriculoventricular (AV), que se encuentra en la parte superior del tabique que separa los ventrículos. Esto a veces se llama el haz de HIS, nombrado por quien lo descubrió.

5. Desde el haz de HIS, la señal se divide en las ramas derecha e izquierda del haz a medida que avanzan por el tabique. La rama derecha e izquierda del haz envían los impulsos a las fibras de Purkinje que se encuentran en los ventrículos. El ventrículo izquierdo tiene una pared muscular

más gruesa debido a los mayores requerimientos de presión necesarios para bombear sangre a través de la resistencia en aumento de todo el cuerpo en comparación con el ventrículo derecho que solamente bombea hacia los pulmones.

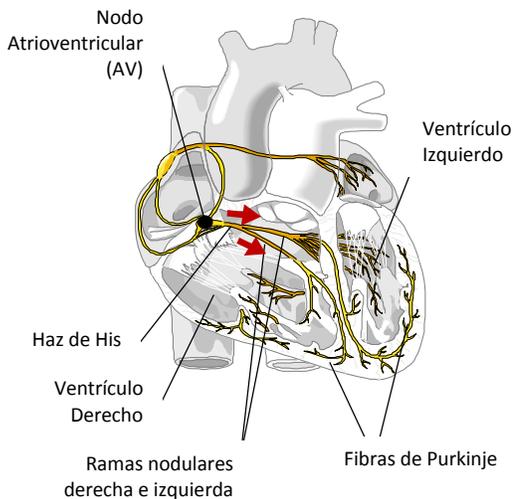
## Sistema de Conducción Eléctrica del Corazón (sistema de conducción cardiaca)



El sistema eléctrico del corazón controla todos los eventos que ocurren cuando el corazón bombea sangre. Cada latido del corazón inicia con una señal eléctrica proveniente del nodo sinusal, llamado nodo SA

La señal es generada mientras las dos venas cavas llenan el atrio derecho del corazón con sangre proveniente del cuerpo. La señal se propaga a través de las células del atrio derecho e izquierdo. Esta señal genera que el atrio se contraiga, acción que empuja la sangre a través de las válvulas abiertas del atrio hacia ambos ventrículos

La señal llega al nodo AV cerca de los ventrículos donde se ralentiza por un instante para permitir a los ventrículos llenarse de sangre. La señal es liberada y se mueve al Haz de His localizado en las paredes de los ventrículos



La señal es liberada y se mueve al lado del Haz de His localizado en los ventrículos. A partir del Haz de His las fibras de señal se dividen en ramas derecha e izquierda y corren a través del septum

La señal deja las ramas del nodo derecho e izquierdo a través de las fibras de Purkinje que conectan directamente a las células de las paredes de los ventrículos. Conforme la señal se propaga a través de las células de las paredes ventriculares, ambos ventrículos se contraen aunque no exactamente al mismo tiempo. El ventrículo izquierdo se contrae un instante antes que el derecho. Esto empuja la sangre a través de la válvula pulmonar (para el ventrículo derecho) a los pulmones, y a través de la válvula aórtica (para el ventrículo izquierdo) al resto del cuerpo

Conforme la señal pasa, las paredes de los ventrículos se relajan y esperan la siguiente señal.

## VII. EL SISTEMA RESPIRATORIO

### A. La función de la *respiración*-

1. La función principal del sistema respiratorio es suministrar de oxígeno a las células del cuerpo, y para desocupar el cuerpo del dióxido de carbono.

2. La ventilación pulmonar (*respiración*) traza las acciones colectivas que llevan el aire dentro y fuera de los pulmones.

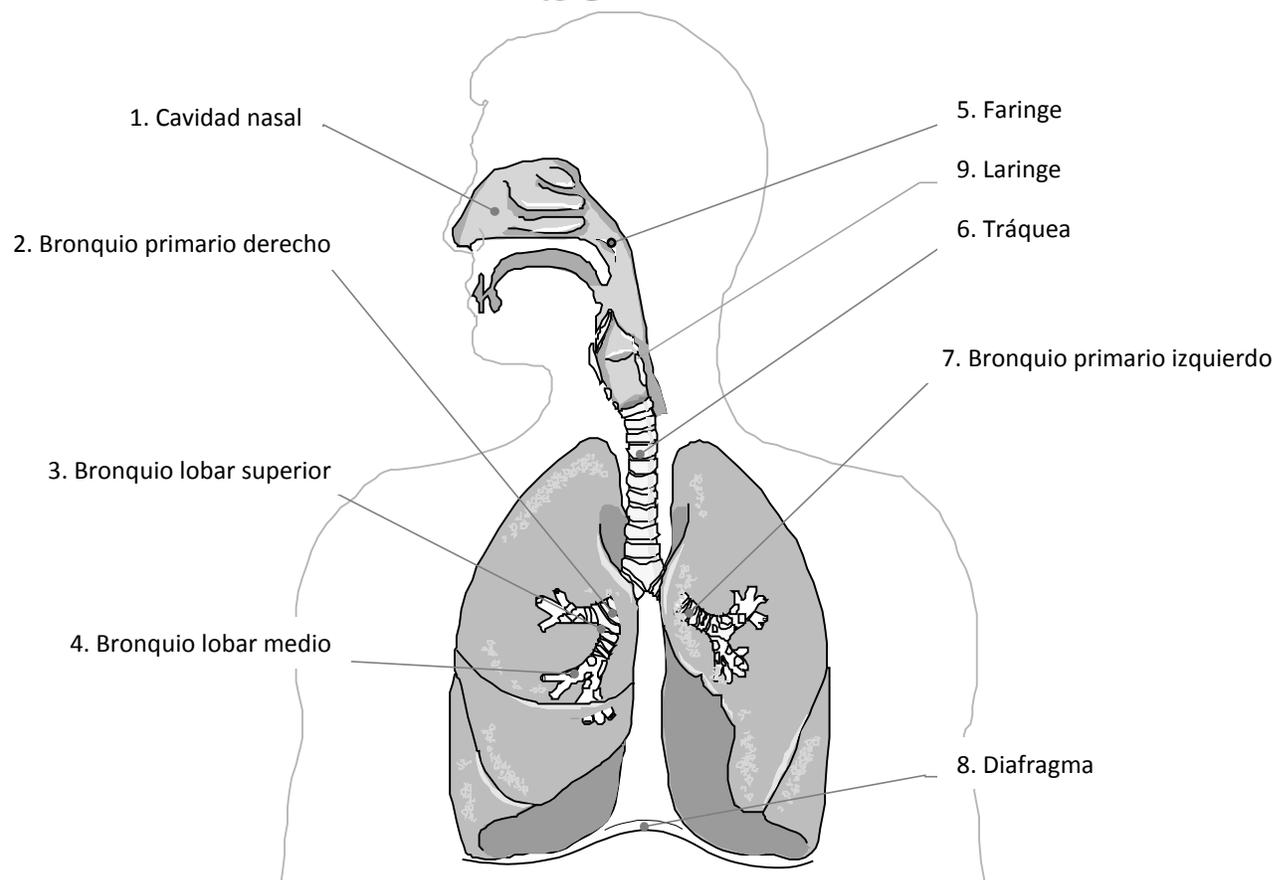
3. La respiración externa traza el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono en los alvéolos, los sacos de aire microscópicos en los pulmones.

4. La respiración interna traza el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono entre la sangre y los tejidos.

5. La respiración celular traza las reacciones metabólicas celulares que consumen el oxígeno para producir moléculas de energía y dióxido de carbono.

## *Sistema Respiratorio*

Copyright LIFEART



## B. Descripción de la *respiración*-

1. La respiración implica el movimiento de aire a través de la vía respiratoria (espacio de aire muerto) compuesto por la cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, árbol bronquial de bronquios, y entonces hacia los pulmones.

2. La vía respiratoria, por la que viaja el aire, calienta, humidifica y limpia el aire antes de dirigirlo hacia los pulmones.

3. El pasaje nasal contiene receptores olfativos que son inusuales ya que su aporte no pasa por el tálamo y se envía directamente a las áreas de sistemas corticales y límbicos del cerebro que estimulan la memoria.

4. La faringe conecta la cavidad nasal y la boca con la laringe.

5. La laringe está compuesta principalmente de cartílago, cuerdas vocales, y otros tejidos conectores, y conecta la faringe con la tráquea.

6. La tráquea, compuesta de anillos cartilaginosos en forma de C, es un tubo flexible que conecta la laringe con los bronquios.

7. Los bronquios dentro de los pulmones se ramifican para formar los bronquios secundarios y terciarios, llegando a bronquiolos terminales y finalmente en los sacos de aire de los alvéolos.

8. Los capilares pulmonares rodean los sacos alveolares proporcionando la vía para el flujo de sangre hacia y desde ellos. Es en este cruce donde se lleva a cabo el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono.

## C. La mecánica de la respiración;

1. La mecánica de la respiración genera una presión diferencial de entre el interior y el exterior de los pulmones, provocando que el aire se mueva en una dirección o la otra.

2. El aire, como los fluidos, se mueve desde zonas de presión alta hacia regiones de menor presión. Justo antes de la inspiración, la presión diferencial entre el interior y el exterior de los pulmones (presión intrapulmonar) es cero. En cero, no hay movimiento de aire.

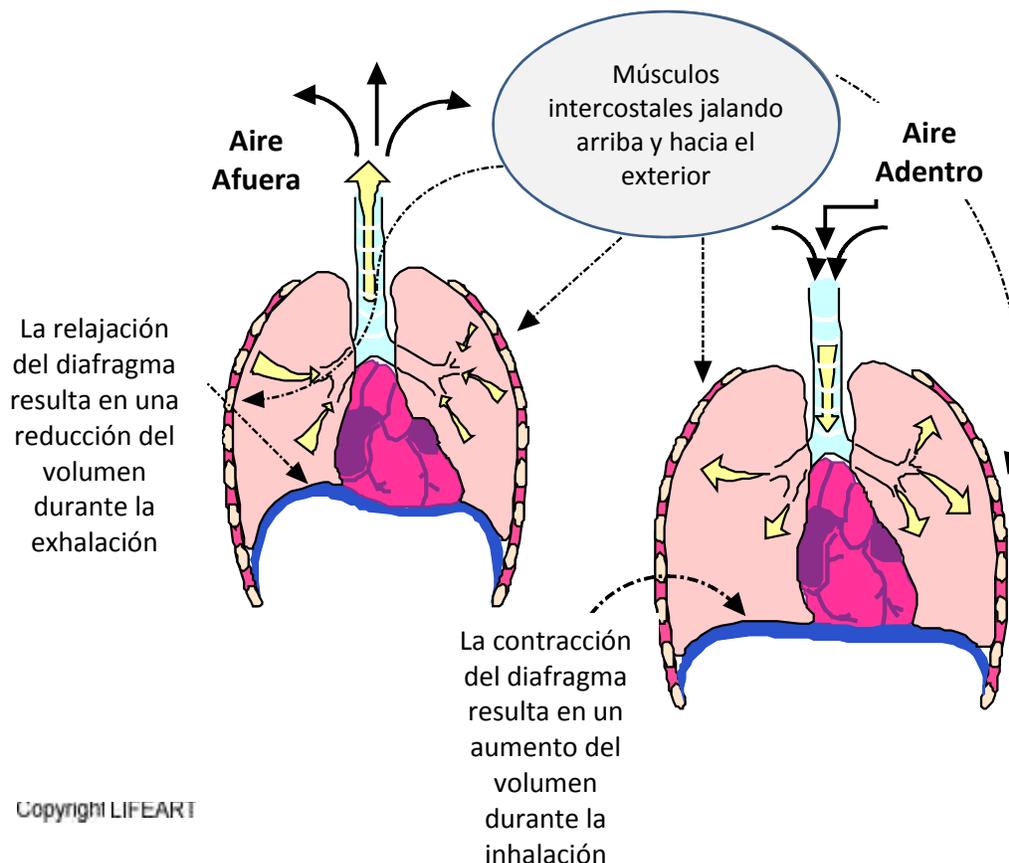
3. El acto de respirar causa que la presión dentro de los pulmones sea menor que la del exterior y por lo tanto el aire fluye hacia adentro (Ley de Boyle), similar al concepto succionar un fluido dentro de una jeringa. Se hace posible esta presión intrapulmonar negativa por la expansión de los pulmones, resultado de la dinámica de ventilación de los músculos diafragmáticos e intercostales.

4. Los músculos de la inspiración normal, tranquila (eupnea) incluyen el diafragma y los intercostales externos. El diafragma es un músculo grande, en forma de cúpula que separa la

cavidad abdominal de la cavidad torácica. El diafragma está unido al esternón y es el músculo principalmente responsable de la respiración eupneica. Durante la respiración normal tranquila el diafragma se contrae, causando su descenso de aproximadamente media pulgada dentro de la cavidad abdominal. Esto da como resultado el estiramiento de la cavidad torácica hacia abajo, aumentando su volumen.

5. Al mismo tiempo, la contracción de los músculos intercostales externos levantan la caja torácica y tiran del esternón hacia afuera, como la asa de una cubeta. Los músculos intercostales externos están inervados por nervios que salen del primer segmento torácico hacia el onceavo de la columna vertebral.

6. Los pulmones son pasivos. No tienen la capacidad de expandirse o contraerse por sí mismos y están sujetos a fuerzas externas, al igual que una esponja absorbe y libera agua. Cada pulmón está recubierto por un tejido seroso continuo plegado sobre sí mismo, llamado membrana pleural. La porción pleural parietal está unida a la pared exterior de la cavidad torácica con la pleura visceral unida directamente a los pulmones. Esto crea un pequeño espacio entre las dos pleuras que se llama el espacio interpleural, o cavidad pleural. Ambas pleuras secretan un fluido en la cavidad que reduce la fricción entre ellos. Justo antes de la inspiración, la presión dentro de la cavidad pleural es de aproximadamente 4 mmHg por debajo de la presión atmosférica. Esta presión negativa entre las membranas pleurales mantiene los pulmones aspirados hacia la pared del pecho lo que impide que se colapsen hacia adentro. A medida que la cavidad torácica se expande, los pulmones se jalan hacia un modo de expansión, reduciendo la presión en los alvéolos (presión intrapulmonar), dando como resultado que el aire que se jale hacia los pulmones.



7. La combinación de las contracciones de los músculos intercostales y diafragmáticos resultan en una acción que aumenta la cavidad torácica por aproximadamente 500 mililitros. Este aumento provoca una caída de la presión intrapulmonar de alrededor de 1-2 mmHg y el aire entra en los pulmones.

8. La expiración durante la respiración eupneica es pasiva y se lleva a gracias a la naturaleza elástica de los pulmones y a la relajación de los músculos inspiratorios. A medida que los músculos se relajan y los pulmones se contraen, el volumen de la cavidad torácica se decrementa y ya no hay una diferencia en la presión entre el interior y el exterior de los pulmones. Adicionalmente, los conductos alveolares y los bronquiolos tienen fibras elásticas que se retraen hacia el interior, expulsando aire. Finalmente, la presión hacia el interior, resultante de la tensión en la superficie del vapor de agua en los alvéolos, también contribuye a la disminución del volumen pulmonar. La presión intrapulmonar se eleva a alrededor de 1 mmHg por encima de la presión atmosférica para forzar el aire hacia afuera de los pulmones.

#### D. El control regulatorio de la respiración-

1. Las regulaciones vegetativas de los órganos viscerales del cuerpo, incluyendo las dinámicas respiratorias, son controladas en parte por los núcleos y centros en el tronco cerebral.

2. Los centros de ritmicidad respiratoria se encuentran en el tallo cerebral inferior, bulbo raquídeo, con centros reguladores de refinación en la protuberancia.

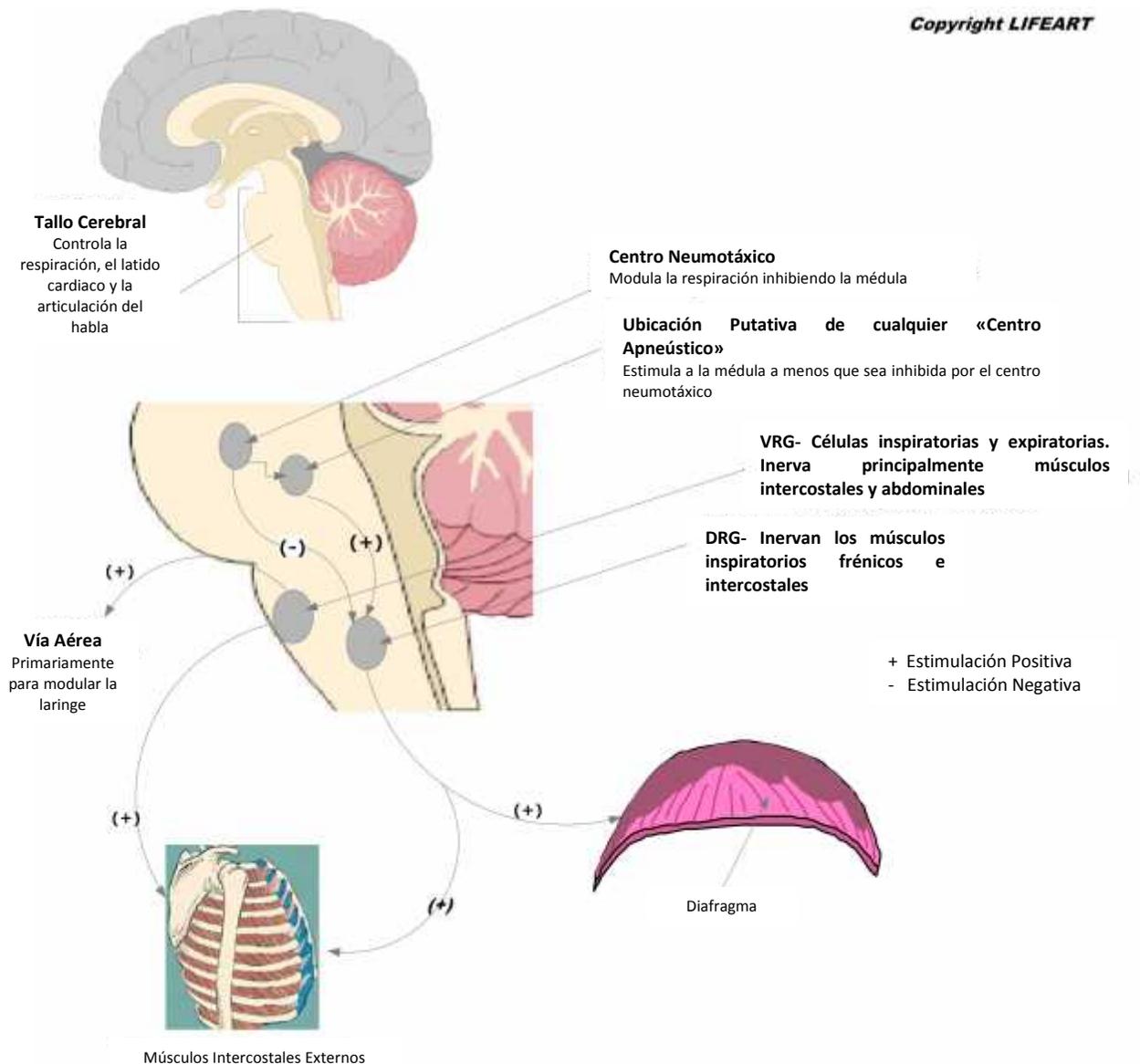
3. En la médula, el centro respiratorio rítmico se compone de dos áreas respiratorias distintas conocidas como el grupo respiratorio dorsal (GRD) y el grupo respiratorio ventral (GRV). Las neuronas GRD son las inervaciones primarias del nervio frénico y por lo tanto del músculo del diafragma.

4. El GRV, una columna de núcleos individuales apilados uno sobre otro, contiene neuronas espiratorias principalmente y recibe la entrada de empuje desde el GRD. El GRV también está involucrado en la inervación de la laringe y la faringe a través de las motoneuronas vagales, que ayuda a mantener la permeabilidad de la vía respiratoria. Durante la inhalación, el GRV inerva los músculos intercostales externos y tienen una conexión con el nervio frénico. Las neuronas espiratorias, originadas en el GRV, se proyectan hacia los músculos intercostales internos y los músculos abdominales. Estos músculos, sin embargo, funcionan principalmente durante la exhalación intensa y rápida, como durante el ejercicio cuando la exhalación pasiva tomaría mucho tiempo.

5. Los centros moduladores como el grupo respiratorio pontina (antes llamado pneumotaxico) y un supuesto "centro apnéustico", situado en la zona superior de la protuberancia, parecen estar asociados con la actividad relacionada con la actividad relacionada con la fase. Si existen núcleos que forman un centro apnéustico, parece que pueden funcionar como un "interruptor de corte", para la inspiración. Debido a que este centro no ha sido identificado positivamente, se presume que se encuentra aproximadamente en el mismo nivel que

el grupo respiratorio pontino. Los investigadores que han seccionado experimentalmente el tronco cerebral a este nivel, han sido capaces de producir apneusis (espasmos o calambres en la inspiración), pero sólo si ellos sirven también al nervio vago. Esto sugiere que cualquier "centro apneustico" que exista, recibe entradas a través de los nervios vagos a fin de evitar apneusis. Ya que no está bien definido, la función de las neuronas respiratorias relacionadas en el puente parece ser la de "afinar" la acción de la respiración eupneica, ayudando a proporcionar una transición suave entre la inspiración y la espiración. Sin embargo, el centro de ritmicidad respiratoria ponto-medular, puede estar influenciada por los centros emocionales del sistema límbico, así como por las áreas corticales cerebrales cognitivas.

Copyright LIFEART



Ubicaciones generales de los núcleos del sistema nervioso central responsables de control regulatorio rítmico de la respiración. Ubicación general del DRG y VRG y sus efectos sobre los músculos diafragmáticos e intercostales durante la respiración eupneica. Derechos de Autor de LifeArt y reimpresso con el permiso de LifeArt y SmartDraw, Inc.

#### E. Los reflejos principales que afectan el ciclo de respiración

1. Una serie de acciones reflejas (automáticas) puede tener un efecto en la profundidad y el ritmo de la respiración.
2. Los receptores de estiramiento dentro de las vías respiratorias tienen el potencial de influir en el ciclo respiratorio. Uno de esos reflejos receptores del estiramiento, conocido como el reflejo de inflación de Hering-Breuer, puede resultar en un empuje disminuido de la respiración. Cuando los pulmones se expanden mediante la inflación pulmonar, se activan los sensores de estos receptores de estiramiento, que se proyectan a través del nervio vago hacia el GRD y el grupo respiratorio pontina. El resultado final es la dilatación bronquial y el incremento del tiempo de expiración, lo que resulta en un decremento en la tasa de respiración. Esto parece ser un reflejo de protección, que se ha desarrollado para evitar en los pulmones una sobre-expansión.
3. Los receptores irritantes se encuentran a lo largo de las vía respiratoria y pueden ser activados por ciertos productos químicos, gases, humo, polvo y aire muy frío. La activación por estos vectores se transmite principalmente por el nervio vago y puede provocar la constricción bronquial, que funciona para proteger las vías respiratorias del agente nocivo.
4. Los quimiorreceptores se encuentran centralmente en la médula y periféricamente en los grandes vasos del cuello. Los quimiorreceptores centrales son exquisitamente sensibles al dióxido de carbono, que es el factor químico más estrechamente controlado. El dióxido de carbono se disemina en el fluido espinal cerebral y forma ácido carbónico, que libera iones de hidrógeno, dando como resultado una caída en el pH del fluido espinal cerebral. Son estos iones de hidrógeno los que realmente excitan los quimiorreceptores centrales en la médula, que a su vez estimulan la ventilación. Sin embargo, los quimiorreceptores periféricos son más sensibles a los niveles de oxígeno en la sangre. Los quimiorreceptores sensibles al oxígeno se encuentran en los cuerpos aórticos y carotideos. Si el nivel circulante de oxígeno cae sustancialmente, éstos actúan para estimular la tasa y profundidad respiratoria. En condiciones normales, los niveles de oxígeno en la sangre afectan la respiración sólo de forma indirecta mediante el aumento de la sensibilidad de los sensores centrales del dióxido de carbono.

## REFERENCIAS Y LECTURAS SUGERIDAS

- Berntson, G.G., and Cacioppo, J.T. (2007). Integrative Physiology: Homeostasis, Allostasis, and the Orchestration of Systemic Physiology, in Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G., & Berntson, G.G. (Eds.). Handbook of Psychophysiology, 3rd edition (pp. 433-449). New York, NY: Cambridge University Press.
- Boucsein, W. (2002). Electrodermal Activity, Second Edition. New York, NY: Springer.
- Cannon, W.B. (1932). The Wisdom of the Body. Nueva York: Norton Prensa.
- Handler, M. D. & Reicherter, J. M. (2008). Respiratory blood pressure fluctuations observed during polygraph examinations. *Polygraph*, 37(4), 256-262.
- Handler, M.D., Rovner, L. and Nelson, R. (2008). The concept of allostasis in polygraph testing. *Polygraph*, 37(3), 228-233.
- Handler, M.D., Reicherter, J., Nelson, R. and Fausett, C. (2009). A respiration primer for polygraph examiners. *Polygraph*, 38(2), 130-144.
- Handler, M.D., Nelson, R., Krapohl, D.J. and Honts, C.R. (2010). An EDA primer for polygraph examiner. *Polygraph*, 39(2), 68-108.
- Handler, M.D., Nelson, R., Krapohl, D.J. & Honts, C.R. (2011). An updated EDA primer for polygraph examiner. *Police Polygraph Digest*, pp. 9-35.
- Handler, M., Deitchman, G., Kuzcek, T., Hoffman, S. and Nelson, R. (2013). Bridging emotion and cognition: A role for the prefrontal cortex in polygraph testing. *Polygraph*, 42(1), 1-17.
- Marieb, E.N. (1999). Human Anatomy & Physiology. Old Tappan, NJ: Benjamin.
- Janig, W (2006). The Integrative Action of the Autonomic Nervous System: Neurobiology of Homeostasis. Nueva York: Cambridge University Press.
- Schulkin, J. (2003). Rethinking Homeostasis, Allostatic Regulation in Physiology. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Sterling, P. (2004) Principles of Allostasis: Optimal Design, Predictive Regulation, Pathophysiology and Rational Therapeutics. In Schulkin, J. (Eds.). Allostasis, Homeostasis, and the Costs of Adaptation. Cambridge, Massachusetts: The Cambridge University Press.
- Sterling, P., and Eyer, J. (1988). Allostasis: A New Paradigm to Explain Arousal Pathology. In: Fisher, S., Reason, J. (Eds.) Handbook of Life Stress, Cognition and Health. pp 629-649. New York, NY: J. Wiley and Sons.