

Anatomía y Fisiología del Aparato Cardiovascular

Objetivos:

1. El estudiante debería entender los términos “Sistema cardiovascular” y “circulación”.
2. El estudiante se debería familiarizar con la anatomía del corazón y los conceptos de diástole y sístole.
3. El estudiante debería entender cómo la presión arterial se genera y se mide.

Introducción:

El corazón es una bomba muscular que ha sido una fuente de fascinación y preguntas para la mente curiosa por cientos de años. Tan temprano como en el año 275 AC Inhotep de Egipto dedujo que la frecuencia del pulso estaba relacionada con el funcionamiento del corazón. En el año 400 AC Hipócrates escribió acerca del corazón como un músculo fuerte. Fue tan sólo en 1628 que William Harvey publicó una explicación sobre la circulación de la sangre. Entre los años 1857 y 1882, los obreros Marey y Dudgeon, trabajando separadamente, diseñaron aparatos para medir la presión sanguínea. En años recientes, la disciplina acerca de la biología molecular ha ayudado a desenmarañar aún las maravillas más intrincadas de esta obra maestra de ingeniería confirmando las palabras del Salmista de que hemos sido “creados en forma formidable y maravillosa” (Slmo 139:14).

El término “cardiovascular” describe el corazón y todos los vasos sanguíneos del cuerpo. A veces se hace referencia a los vasos sanguíneos como el árbol vascular.

El Corazón

El corazón es un órgano muscular hueco que se encuentra situado en el centro del tórax, extendiéndose en forma más prominente hacia el lado izquierdo. Tiene dos cavidades superiores llamadas aurículas y dos inferiores llamadas ventrículos. El corazón se encuentra dividido funcionalmente en corazón derecho y corazón izquierdo; el corazón derecho bombea la sangre hacia los pulmones y el corazón izquierdo bombea la sangre al resto del cuerpo. Esta última circulación se conoce como sistémica, mientras que la del lado derecho relacionada con los pulmones recibe el nombre de circulación pulmonar.

La cavidad superior o aurícula recibe la sangre y la bombea hacia el ventrículo quien luego bombea la sangre fuera del corazón. Para asegurar que la sangre fluya en una dirección existen válvulas en el interior y el exterior de cada ventrículo.

Ventrículo Izquierdo: La sangre penetra en el ventrículo izquierdo a través de la válvula mitral. Esta válvula tiene dos valvas que se abren cuando el ventrículo se relaja (diástole), permitiendo por tanto que la sangre fluya hacia el ventrículo desde la aurícula izquierda. Cuando se completa el llenado ventricular y el ventrículo se contrae, la fuerza de la

contracción fuerza la sangre contra la cara inferior de las valvas de la válvula mitral haciendo que esta se cierre. Esto asegura que la sangre fluya hacia una dirección fuera del ventrículo hacia la aorta.

La válvula exterior del ventrículo izquierdo es la válvula aortica. Tiene tres cúspides o valvas que se abren durante la contracción del ventrículo, permitiendo que la sangre fluya hacia el cuerpo o circulación sistémica. A medida que el ventrículo se relaja y la presión en el ventrículo disminuye por debajo de la presión de la aorta, la sangre comienza a fluir hacia atrás. Este flujo retrógrado hace que las cúspides de la válvula aortica descendan y se aproximen (toquen) unas a otras. Esto cierra la válvula para prevenir el flujo retrógrado de la sangre al ventrículo izquierdo.

Ventrículo Derecho: La válvula interna es la tricúspide la cual tiene tres valvas. Esta permite el flujo de la sangre en una dirección de la aurícula derecha al ventrículo derecho. La sangre entonces es lanzada hacia la arteria a través de la válvula pulmonar y fluye hacia los pulmones. Las válvulas tricúspide y pulmonar se cierran y se abren siguiendo los mismos principios fisiológicos de cómo lo hacen las válvulas mitral y tricúspide respectivamente. Las valvas de la válvula mitral y tricúspide están fijadas a las paredes de los ventrículos mediante cuerdas de tejido y músculo llamadas cuerdas tendinosas y músculos papilares. Estas

estructuras evitan que las valvas se balanceen hacia atrás hacia la aurícula y permitan que la sangre fluya hacia atrás. Si estas valvas, cuerdas o músculos papilares se dañan por las enfermedades, las válvulas no se cierran en forma apropiada y pueden dejar escapar la sangre. Hay otras enfermedades que causan estrechamiento de las válvulas y por lo tanto disminuyen el flujo de sangre a través de las válvulas. Las válvulas se pueden dañar por ambos procesos (estrechamiento y fisura) lo cual resulta en compromiso de la función cardíaca y deterioro de la circulación

Función Cardíaca

La función del corazón es bombear la sangre a través de la circulación sistémica (todo el cuerpo) y la circulación pulmonar (pulmones). La mitad derecha del corazón bombea la sangre hacia los pulmones donde el dióxido de carbono es eliminado de la sangre y el oxígeno añadido a la misma. La mitad izquierda del corazón bombea la sangre al resto del cuerpo distribuyendo oxígeno y nutrientes a los tejidos. Los productos de desecho también se añaden a la sangre para que puedan ser eliminados por órganos tales como los pulmones, los riñones y el hígado. La contracción y relajación del corazón representa el ciclo cardíaco y se puede detectar al percibir el latido de la sangre que fluye a través de las arterias. Esto se puede hacer comprimiendo las arterias en

ciertos lugares específicos contra estructuras óseas (e.g., la muñeca, el tobillo, el cuello).

El latido que se percibe de esta forma es creado como resultado de una onda de presión que viaja a lo largo de las arterias causando una expansión pulsátil de las paredes arteriales. Este se puede contar durante un período de 60 segundos e indica la frecuencia del pulso. Este es aproximadamente 72 latidos/minuto en el adulto saludable (promedio 65-90).

Cada latido del corazón o Ciclo Cardíaco tiene Dos Fases

Diástole: (o relajación del músculo cardíaco)

Durante esta fase, el músculo cardíaco se encuentra relajado para aceptar el siguiente volumen de sangre. La aurícula entonces se contrae para “cubrir” el volumen de sangre en los ventrículos.

Sístole:

La siguiente fase es la sístole o contracción de los ventrículos durante un tiempo en el cual la sangre es bombeada (acción de exprimir) fuera del corazón. La aurícula comienza a relajarse durante esta fase para recibir más sangre para que el ciclo se repita.

No sólo se puede sentir el pulso, sino que el ciclo cardíaco se puede seguir escuchando los sonidos del corazón a través de la pared del tórax utilizando un instrumento llamado estetoscopio. Los sonidos se describen como “lub-dup” donde lub, el primer sonido indica el cierre de

las válvulas mitral y tricúspide. El segundo sonido, “dup” representa el cierre de las válvulas aórticas y pulmonares. Los sonidos adicionales generalmente indican alguna anomalía del funcionamiento de las válvulas del corazón y/o del músculo cardíaco. Los sonidos más comunes que indican malfuncionamiento valvular reciben el nombre de murmullos o soplos. Estos sonidos son generados cuando ocurre un flujo turbulento de la sangre debido a cambios estructurales en el aparato valvular. Normalmente el flujo de la sangre es suave, lineal y no turbulento.

Actividad Eléctrica del Corazón

Para que el corazón pueda latir en una secuencia ordenada, tiene marcapasos y un sistema especializado de conducción. Esto asegura que el corazón funcione eficientemente, permitiendo un tiempo adecuado para su llenado y contracción (eyección).

Las estructuras que constituyen el sistema de conducción son:

- El nódulo sinusal– El marcapaso de la aurícula derecha.
- La vía de conducción de la aurícula entre el nódulo sinusal y el nódulo auriculoventricular.
- El nódulo auriculoventricular en el tabique entre los dos ventrículos.
- El haz de His que conduce a la red de Purkinje.

Las diferentes partes del sistema de conducción y aún las partes del corazón por sí mismo son capaces de latir a diferentes frecuencias. El sistema de conducción permite una actividad secuencial a partir del nódulo sinusal en la aurícula derecha hacia los ventrículos para que se lleve a cabo de concierto. Este sistema eléctrico permite que los impulsos alcancen el músculo cardiaco en todas las áreas. Este también se debe a que el músculo cardiaco funciona como un sincitio (ver conferencia sobre células especializadas). La actividad eléctrica durante el ciclo cardiaco se puede medir en el electrocardiograma.

Electrocardiograma (ECG o EKG).

La Ruta de la Circulación

La sangre circula a través del cuerpo en una forma ordenada para cumplir sus funciones específicas. Cuando el oxígeno se agota en la sangre al pasar por los tejidos, se carga con dióxido de carbono,

esta fluye a través de las venas hacia dos grandes venas en el cuerpo (la vena cava superior y la vena cava inferior) que desembocan en la aurícula derecha. Durante la relajación del ventrículo derecho, la sangre fluye hacia el ventrículo derecho. La aurícula derecha se contrae al final del periodo de llenado y “colma” el ventrículo derecho. Entonces el ventrículo derecho se contrae y lanza la sangre a través de la válvula de la arteria pulmonar que alimenta los pulmones. Aquí la sangre fluye a través de diminutos vasos llamados capilares que rodean los sacos alveolares (o alveolos). El intercambio de gases toma lugar, y el dióxido de carbono es recogido y exhalado. El oxígeno que ha sido inhalado se absorbe y la sangre fluye a través de las venas pulmonares hacia la aurícula izquierda. Durante la relajación del ventrículo izquierdo este se llena de sangre. Al final de la fase de relajación (diástole), la aurícula izquierda se contrae, lanzando sangre adicional hacia el ventrículo. Entonces el ventrículo izquierdo se contrae (sístole) lanzando sangre a través de la válvula aortica hacia la aorta que es la arteria más grande del cuerpo. Esta circulación que transporta oxígeno hacia todo el cuerpo excepto los pulmones, recibe el nombre de circulación sistémica.

Vasos Sanguíneos Los vasos sanguíneos constituyen un sistema cerrado de canales que llevan la sangre desde el corazón hacia diferentes órganos y tejidos y luego de regreso al corazón. La sangre fluye primariamente debido a la acción de bombeo del corazón; en el sistema arterial, el retroceso elástico de las paredes arteriales durante la diástole cardiaca también ayuda el flujo retrógrado. Durante el ejercicio, la contracción de los músculos esqueléticos ayuda la propulsión de la sangre a lo largo de las venas de regreso al corazón; la presión negativa en la cavidad torácica se crea durante la respiración y esto además ayuda a que la sangre retorne al corazón.

La resistencia al flujo de la sangre depende principalmente en el diámetro de los vasos sanguíneos. Los vasos más importantes que contribuyen a la resistencia son las arteriolas. El flujo de la sangre hacia varios órganos y tejidos está regulado por el sistema nervioso así como por hormonas y sustancias químicas en los mismos tejidos. Estos mecanismos reguladores dilatan o constriñen los vasos sanguíneos permitiendo variaciones en varias regiones sin afectar el flujo general de la sangre en el sistema circulatorio.

Arterias y Arteriolas

Las paredes de las arterias están constituidas por varias capas:

Capa exterior Tejido conjuntivo llamado adventicia.

Capa media Músculo liso, llamado la media.

Capa interna Endotelio, llamada la íntima. Las paredes de las arterias de gran calibre y la aorta contienen tejido elástico también. El tejido elástico le permite a las arterias estirarse durante el sístole y retroceder durante el diástole. Las paredes de las arteriolas contienen más músculo liso y menos tejido elástico que el de las arterias. Esta última característica capacita a las arteriolas para ser los principales vasos que modifican la resistencia al flujo de la sangre. Pequeños cambios en el diámetro de estos vasos causa cambios significativos en la resistencia al flujo de la sangre. Esta resistencia o fuerza contra la cual el corazón bombea la sangre recibe el nombre de resistencia periférica total. Las arterias se dividen en vasos sanguíneos más pequeños llamados metarteriolas que terminan transformándose en capilares. La apertura arterial o “upstream” de cada capilar tiene un anillo de músculo liso llamado esfínter pre capilar. Cuando estos esfínteres se dilatan o abren, permiten que los hematíes pasen a través de ellos como si fuera en una “sola fila”. La pared de cada capilar está formada por una sola capa de células endoteliales. Esto permite la transferencia de nutrientes, oxígeno, dióxido de carbono y otros productos de desecho. Los capilares dan origen a las vénulas. Las paredes de las vénulas son ligeramente más gruesas que las de los capilares. Las vénulas no contienen mucho músculo liso y se distienden fácilmente

Endotelio: Las células endoteliales revisten las paredes de los vasos sanguíneos y constituyen un órgano grande e importante. Ellos

responden a los cambios en el flujo sanguíneo, estímulos de estiramiento y un número de sustancias químicas circulantes. Las células endoteliales producen sustancias que tienen influencia en las actividades de los propios vasos sanguíneos.

Presión Arterial

La sangre fluye en forma pulsátil. Esto significa que el flujo se relaciona con la fuerza producida por el bombeo del corazón. La contracción del corazón aumenta la presión arterial y la relajación del corazón trae como resultado una caída de la presión arterial. La elasticidad de los vasos sanguíneos contribuye a la resistencia contra el bombeo del corazón. Esta elasticidad también proporciona el retroceso (como elástico) que ayuda a mantener la presión arterial cuando el corazón se relaja. Por estas razones, la presión arterial tiene dos lecturas:

Sistólica La lectura más alta, que coincide con la contracción del corazón.

Diastólica La lectura inferior, que coincide con la relajación del corazón. La presión arterial se registra en forma convencional como presión arterial sistólica sobre la presión diastólica, en milímetros de mercurio (Hg) (e.g., 120/70 mm Hg). La presión arterial normal debería ser igual o menor de 120/80. La presión del pulso es la diferencia entre la presión sistólica y la diastólica y es normalmente de 50 mm Hg. La presión media es la presión promedio durante el ciclo cardiaco.

Medida de la Presión Arterial

La presión arterial puede ser medida fácilmente y con ligera incomodidad. El instrumento comúnmente utilizado es el esfigmomanómetro. Este consiste en un brazalete de caucho suave conectado a un medidor que registra la presión en el brazalete. El individuo se sienta con el brazo desnudo y descansando en aproximadamente el mismo nivel que el corazón. El tamaño del brazalete necesita ser determinado en proporción de la circunferencia del brazo. Si el brazalete es demasiado pequeño o demasiado grande, la lectura de la presión arterial será inexacta (brazaletes pequeños muestran lecturas altas falsas; brazaletes grandes muestran lecturas bajas falsas). Escuchando con el estetoscopio colocado sobre la arteria humeral (debajo del brazalete), se infla el brazalete apretando el bulbo (algunos instrumentos son electrónicos) hasta que el flujo de la sangre se detenga temporalmente (alrededor de 30 mm de Hg por encima de la presión sistólica normal para ese individuo). El brazalete se desinfla entonces gradualmente. La presión en la cual se escucha el primer latido de la arteria es la presión sistólica. El brazalete continúa desinflándose y en el punto donde el sonido del flujo se detiene, este es el nivel de la presión diastólica. La medida en el miembro superior es más fidedigna. Algunas veces es necesario medir la presión en ambos brazos (como comparación). Este es un método indirecto.

En algunos entornos es importante tener una lectura muy precisa de la presión arterial momento tras momento. Esto se necesita a menudo en

algunas unidades de cuidados críticos (intensivos). La presión arterial se puede medir directamente insertando un catéter en la arteria acoplado a un monitor de presión. Esta es una técnica invasiva. La presión arterial varía durante el lapso normal de la vida. Los párvulos y los niños tienen una presión arterial más baja que los adultos. La presión arterial aumenta con el envejecimiento. Esta presión arterial elevada, especialmente la sistólica una vez se pensó que era normal— no es así. La presión arterial elevada en forma anormal en cualquier edad no es saludable y necesita ser controlada/tratada en forma apropiada.

El Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona (SRAA) El SRAA es una serie de reacciones diseñadas para ayudar a regular la presión arterial.

1. Cuando la presión arterial cae (sistólica menor de 100 mm de Hg), los riñones liberan la enzima renina en la corriente sanguínea. 2. La renina fragmenta el angiotensinógeno inactivo, una larga proteína que circula en la corriente sanguínea, en pedazos. Un fragmento es angiotensina I. 3. La angiotensina I es dividida por la enzima angiotensinconvertasa (ACE). Esta reacción resulta en angiotensina II que es muy potente. 4. La angiotensina II es una hormona que hace que las arteriolas se contraigan, elevando la presión arterial. La angiotensina II es uno de los más potentes vasoconstrictores en el cuerpo. Este desencadena la liberación de la hormona aldosterona por las glándulas suprarrenales.

5. La aldosterona hace que los riñones retengan sodio y excreten potasio. El sodio trae como resultado la retención de agua lo cual aumenta el volumen sanguíneo y en consecuencia la presión arterial. El SRAA es un ejemplo amplio de un mecanismo homeostático. Esto regula la presión arterial y por tanto ayuda en el medio interno del cuerpo para que se mantenga constante. Además de cambiar el volumen de sangre y el diámetro de las arterias, el cuerpo puede cambiar la cantidad de sangre que este bombea. Al bombear con más fuerza y rapidez, el corazón puede efectuar un aumento en la presión de la sangre. Todos los mecanismos homeostáticos están integrados y el sistema nervioso juega un importante papel en esta integración. El sistema nervioso simpático puede estimular la dilatación de las arteriolas, al corazón para que aumente sus latidos y pueda estimular los riñones para conservar sal y

agua. ¡El diseño y la eficiencia del sistema son imponentes e inspiradores!

Este capítulo ha servido como una breve introducción al sistema cardiovascular. Este muestra como el corazón y los vasos sanguíneos están diseñados para funcionar normalmente. A medida que estudiemos el capítulo sobre las enfermedades cardiacas, usted puede reflexionar en Isaías 37:26 “Te daré un corazón nuevo, y pondré un espíritu nuevo dentro de ti”. Gracias a Dios que la renovación del “corazón” siempre es posible, aunque no pueda ser posible un trasplante físico del corazón.

- Referencias:** 1. El Manual Merck de Información Médica, 2da. Edición, pág. 133
2. Revista de Fisiología Médica, 22da. Edición, William Ganong,
3. Elementos de Medicina de Cecil, 6ta. Edición, Andreoli et al,