

ANATOMÍA CARDIACA Y FUNCIONAMIENTO DEL CORAZÓN

1. Características Anatómicas

Órgano principal del aparato circulatorio, propulsor de la sangre en el interior del organismo de la sangre en el interior del organismo a través de un sistema cerrado de canales: los vasos sanguíneos.

Está compuesto esencialmente por tejido muscular (miocardio) y, en menor proporción, por tejido conéctivo y fibroso (tejido de sostén, válvulas), y subdividido en cuatro cavidades, dos derechas y dos izquierdas, separadas por un tabique medial; las dos cavidades superiores son llamadas aurículas; las dos cavidades inferiores se denominan ventrículos. Cada aurícula comunica con el ventrículo que se encuentra por debajo mediante un orificio (orificio auriculoventricular), que puede estar cerrado por una válvula: las cavidades izquierdas no comunican con las derechas en el corazón. El corazón está situado en la parte central del tórax (mediastino), entre los dos pulmones, apoyándose sobre el músculo diafragma y precisamente sobre la parte central fibrosa de este músculo; está en una situación no totalmente medial, ya que en su parte inferior está ligeramente inclinado hacia el lado izquierdo (cerca de un cuarto a la derecha y tres cuartos a la izquierda de la línea medial).

Tiene una forma que puede compararse a la de un cono aplanado, con el vértice abajo y hacia la izquierda, y la base arriba, dirigida hacia la derecha un poco dorsalmente; la base se continúa con los vasos sanguíneos arteriales y venosos (arteria aorta y pulmonar, venas pulmonares y cava), que contribuyen a mantenerlo y lo contiene, compuesta por dos hojas, una de ellas íntimamente adherida al órgano (epicardio) y otra que, continuándose con la primera, se refleja en la base en torno al corazón para rodearlo completamente (pericardio propiamente dicho); entre las dos hojas, que no están adheridas entre sí, existe una cavidad virtual que permite los libres movimientos de la contracción cardíaca.

Al exterior del pericardio existe tejido conectivo, muy laxo y débil, de la parte inferior del mediastino, que facilita todos los movimientos e incluso la colocación del corazón. El corazón está preferentemente formada por la aurícula y por el ventrículo derecho; la aurícula izquierda es totalmente posterior, y del ventrículo se ve sólo una pequeña parte que forma el margen izquierdo del corazón. En la unión de los dos ventrículos se forma un surco (interventricular), en el cual se encuentra la rama descendente de la arteria coronaria anterior. La punta del corazón está formada sólo por el ventrículo izquierdo. El margen derecho está formado por la pared superior de la aurícula derecha, que se continúa hacia arriba con la vena cava superior; el ventrículo derecho, que forma el borde inferior, se continúa hacia arriba con la arteria pulmonar, que sobrepasa el ventrículo izquierdo, dirigiéndose hacia el margen izquierdo del corazón.

Entre la vena cava superior y la arteria pulmonar se encuentra la parte inicial de la arteria aorta, que tiene su origen en la parte superior del ventrículo izquierdo y dirigiéndose también hacia la izquierda se cabalga sobre la arteria pulmonar y el bronquio izquierdo. Entre las aurículas y los ventrículos se forma un surco (aurículo-ventricular), por el cual van las ramas horizontales de las arterias coronarias, destinadas a la nutrición del corazón.

El tejido muscular del miocardio está compuesto por células fibrosas estriadas, las cuales, a diferencia de las fibras musculares de los músculos voluntarios, se unen a unas a las otras por sus extremidades de manera que forman un todo único (sincitio) para poder tener una acción contráctil simultánea; cada fibra contráctil está formada por fibrillas elementales, dispuestas longitudinalmente, que tienen la propiedad de acortarse y alargarse en su diámetro longitudinal. Estas fibras se unen para formar haces musculares, dispuestos en diversas capas, bien en sentido circular, bien en sentido longitudinal y oblicuo (respecto a la base del corazón), de manera que puedan ejercer de la mejor manera la función para la cual está destinado el miocardio, es decir, la expulsión de la sangre cardíaca hacia los vasos arteriales.

El tejido muscular es más abundante en el ventrículo izquierdo, que debe ejercer el trabajo de expeler la sangre a todo el organismo; un poco menos abundante es en el ventrículo derecho, que se limita a expeler la sangre sólo a la circulación pulmonar; por tanto, la pared del ventrículo izquierdo es de mayor espesor (más del doble) que la del derecho.

Las paredes de las aurículas tienen solamente una acción contenedora de la sangre que proviene de las venas, por tanto, el espesor de sus paredes es muy inferior al de las paredes de los ventrículos. En el interior, la pared de la cavidad cardíaca está recubierta por una membrana epitelial (endocardio) que reviste todas las anfractuosidades y los salientes y se continúa con aquélla (intima) de las arterias y de las venas; este revestimiento interno de las cavidades que contienen sangre es necesario para evitar que ésta se coagule. El tabique que divide las aurículas y los ventrículos (respectivamente Inter.-auricular e Inter.-ventricular) tiene en su parte auricular, y en la porción supero-anterior de la ventricular, una constitución fibrosa, casi privada, de fibras musculares; ello depende del hecho de formación del órgano, en estas zonas existen orificios que se cierran en un segundo tiempo, cuando los haces musculares están ya formados. Otro tejido fibroso forma el perímetro de los orificios aurículo-ventriculares, aórtico y pulmonar, con fuertes anillos que sirven de sostén a las válvulas y de implantación a los haces musculares. Las aurículas tienen una cavidad de forma irregularmente redondeada, más globosa la de la aurícula derecha, más ovoidal la de la aurícula izquierda; las cavidades ventriculares son más anchas hacia la base del corazón- (es decir, hacia arriba), mientras que se estrechan hacia la punta: la cavidad ventricular derecha tiene la forma de una pirámide irregular triangular, con el lado medial (hacia el tabique) cóncavo; la del ventrículo izquierdo tiene la forma de un cono aplanado en sentido látero-medial.

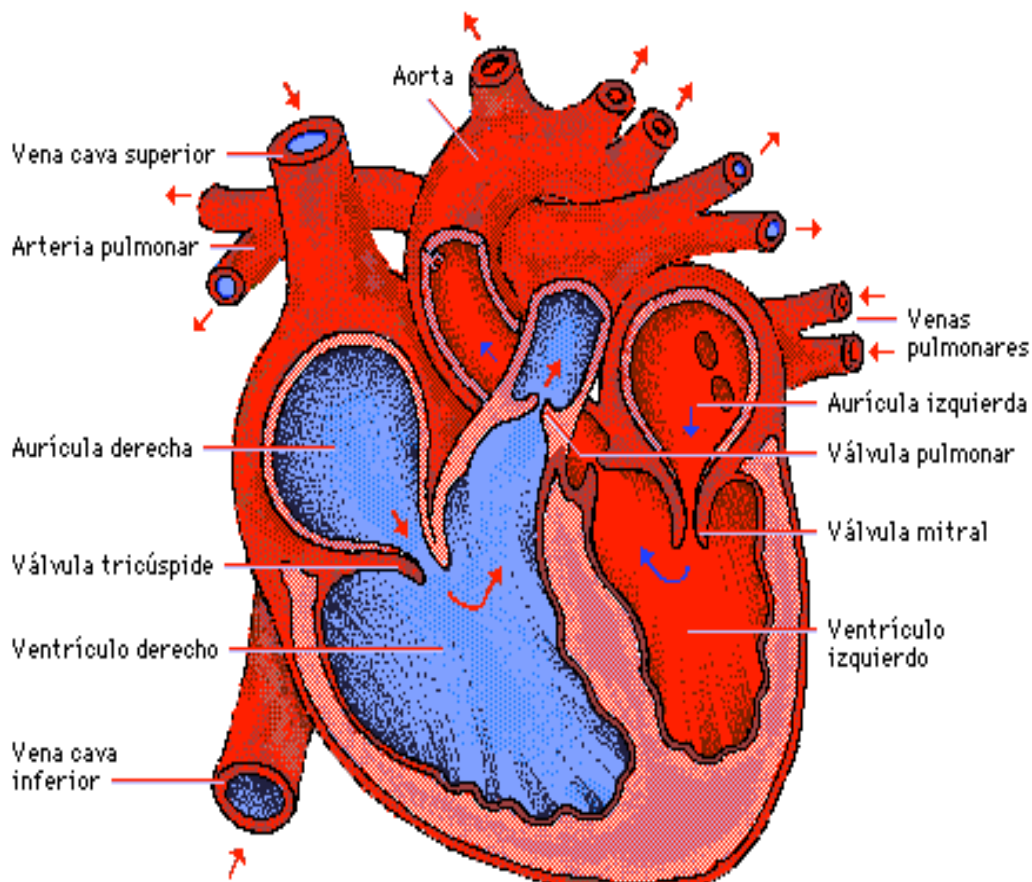
Las aurículas presentan entre ambas una prolongación anterior (orejuela) de fondo ciego que se prolonga sobre la cara anterior del corazón, rodeando lateralmente a la derecha el origen de la aorta, y a la izquierda el de la arteria pulmonar. Las paredes internas de las cavidades muestran el relieve de los haces musculares, especialmente en las partes más lejanas del tabique; en la aurícula derecha estos haces musculares se disponen más irregularmente, paralelo entre sí, cerca de la dirección longitudinal del corazón, recordando la disposición de los dientes de un peine (llamados por ello, músculos pectíneos), la aurícula izquierda tiene paredes generalmente lisas, los músculos pectíneos se encuentran exclusivamente en la orejuela. En los ventrículos existen unos haces musculares fuertes que sostienen las paredes, excrescencias musculares en forma de pirámides (músculos papilares) que parten de la pared del ventrículo y terminan con prolongaciones fibrosas (cuerdas tendinosas), las cuales se insertan en los márgenes libres y sobre la cara inferior de las válvulas aurículo-ventriculares. Durante la contracción cardíaca, cuando existe un fuerte aumento de la presión intraventricular, la contracción de los músculos papilares pone en tensión las cuerdas tendinosas y contribuye a mantener el cierre de las válvulas, evitando el reflujo hacia las aurículas.

La aurícula derecha presenta en su parte superior, cerca del tabique, dos anchos orificios, uno superior y otro inferior, correspondientes a la desembocadura de las respectivas venas cavas y que no están provistos de válvulas. La parte medial de la aurícula fue indicada por los antiguos anatomistas como seno de la vena cava y el núcleo del tejido miocárdico especial, del cual se origina el estímulo para la contracción cardíaca, situado en el límite anterior de la desembocadura de la vena cava superior; fue denominado nódulo del seno. La parte inferior de la aurícula derecha está casi toda ella ocupada por un amplio orificio, orificio aurículo-ventricular, sobre el cual está implantada la válvula tricúspide; entre su margen posterior y la desembocadura de la vena cava inferior se encuentra la desembocadura del seno coronario, que descarga en la aurícula la sangre de la circulación del sistema de las coronarias.

La aurícula izquierda, en su porción postero-superior, presenta las desembocaduras de las venas pulmonares, las dos derechas en la parte medial, cerca del tabique interauricular, y las dos izquierdas más lateralmente, hacia la izquierda; la parte inferior está casi toda ella ocupada por el orificio aurículo-ventricular, sobre el cual está implantada la válvula mitral (porque se asemeja a la mitra de los obispos). Estas válvulas están formadas por pliegues del endocardio que se reflejan sobre un soporte de tejido fibroso, llamado cúspide, que tienen un margen adherente al orificio aurículo-ventricular y un margen libre hacia el centro del orificio; a la derecha la válvula está formada por tres cúspides (tricúspide), y a la izquierda por dos (bicúspide). Estas válvulas se adaptan a sus paredes cuando la válvula está abierta, y permiten pasar libremente la sangre de la aurícula al ventrículo; cuando, por el contrario, se produce la contracción ventricular, forzadas por la presión sistólica, se alejan de las paredes y se cruzan entre sí por sus márgenes libres, causando el cierre del orificio e impidiendo con ello el reflujo de la sangre desde el ventrículo a la aurícula.

Para facilitar la función y evitar que se reflejen hacia la cavidad auricular, están las cuerdas tendinosas de los músculos papilares descritos, que se ponen en tensión por la contracción ventricular.

Los ventrículos presentan entre ambos en la base, además del orificio aurículo-ventricular, un orificio arterial, que se encuentra en posición más anterior, respectivamente para la arteria pulmonar en el ventrículo izquierdo. La cavidad ventricular hacia arriba se va estrechando hacia estos orificios, formando en ambos ventrículos el cono arterial, en cuyo extremo se encuentra el orificio. Los orificios arteriales están provistos de válvulas, formada semilunar (por lo cual se llaman válvulas semilunares o sigmoides); cada pared de la arteria tiene un margen cóncavo libre y arqueado, formando una especie de saco (seno de Valsalva) con la pared vascular y que está formado por repliegue del endocardio sobre un débil soporte fibroso. Con el reflujo de la sangre al final de la sístole ventricular las lengüetas se separan de las paredes y se ponen en tensión, uniéndose entre sí por sus márgenes libres hasta cerrar completamente el orificio e impedir con ello el reflujo de la sangre en la cavidad ventricular.



© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

2. Arterias Coronarias

En correspondencia de los dos senos de Valsalva anteriores (derecho e izquierdo) de la arteria aorta, toman origen las arterias coronarias derecha (o posterior) e izquierda (o anterior), que van por el curso aurículo-ventricular e Inter.-ventricular, ramificándose y distribuyéndose por todo el miocardio por ramas transversales y ramas descendentes, de las cuales parten las ramificaciones directas a las fibras musculares y que discurren fuera del corazón. A este propósito es necesario hacer notar que las ramificaciones que irrigan el ventrículo izquierdo penetran en ángulo recto entre las fibras miocárdicas y se encuentran fuertemente comprimidas hasta llegar al cierre completo durante la contracción del mismo; de tal modo la nutrición de la musculatura del ventrículo izquierdo puede producirse sólo durante la relajación de las fibras musculares. Así, sucede que cuando existe una prolongación de la fase sistólica (como se da en la estenosis aórtica) o una hipertrofia de las fibras miocárdicas (miocarditis crónica) o incluso en la disminución del período diastólico que existe en el aumento de la frecuencia cardíaca, todas estas causas producen un obstáculo local a la nutrición del ventrículo izquierdo.



3. Innervación Autónoma

Un tejido miocárdico especial (específico) es el que forma el sistema de origen y conducción de los estímulos eléctricos que provocan las contracciones cardíacas.

Este está dividido fundamentalmente en dos partes distintas: el nódulo del seno o nódulo de Keith y Flack, centro de formación de los estímulos, que se encuentra, como se ha dicho, en el seno de la vena cava; y el sistema del fascículo aurículo-ventricular, en el cual se pueden distinguir una porción superior (nódulo de Tawara), situado en la base del tabique interauricular, a la derecha de la pared posterior de la parte fibrosa de la aorta, y una prolongación hacia el tabique interventricular (Fascículo de His), que rápidamente se divide en dos ramas (izquierda y derecha), que se ramifican en filamentos cada vez más finos, tomando contacto con las fibras miocárdicas hasta en su punta. Este tejido ha sido llamado nodal porque los elementos musculares que lo forman presentan una disposición en forma de nudo; están formados por una red de delicadas fibras diferenciadas del restante tejido miocárdico, con unas estrías limitadas ricas en núcleo y entremezcladas por elementos conectivos. Este tejido especial, aun siendo muscular, no tiene función contráctil, pero por su especial metabolismo es capaz de producir automáticamente y de transmitir los estímulos eléctricos que van a excitar la contracción del miocardio. Los estímulos se originan normalmente en el nódulo del seno; de éste se difunden al miocardio auricular (a través de los haces de miocardio no diferenciado) hasta alcanzar el nódulo de Tawara y después de éste, a través del fascículo de His y de sus ramas, llegar a los dos ventrículos. La transmisión de estos estímulos eléctricos produce corrientes de acción que se registran con el electrocardiograma. En la nomenclatura habitual los estímulos que parten del nódulo del seno forman el ritmo sinusal (normal), mientras que en condiciones patológicas se originan en el nódulo de Tawara, produciéndose un ritmo nodal; existe, además, el origen en cualquier zona de los ventrículos de cierto tipo de estímulos produciéndose el ritmo idio-ventricular. La formación de estos estímulos es automática por el tejido específico, pero puede ser modificada en el tiempo y en el modo de conducción por excitaciones nerviosas que pueden alcanzar o a la inervación autónoma que el corazón posee, intrínsecas al órgano e independiente del sistema nervioso central, o por el sistema nervioso vegetativo formado por los grandes sistemas autónomos de nuestro organismo (vago y simpático), que pueden influir por vía refleja a continuación de los estímulos que parten de otros órganos, según las necesidades particulares de cada momento funcional de éstos; todas las excitaciones nerviosas cardíacas son independientes de la voluntad.

4. Metabolismo del corazón

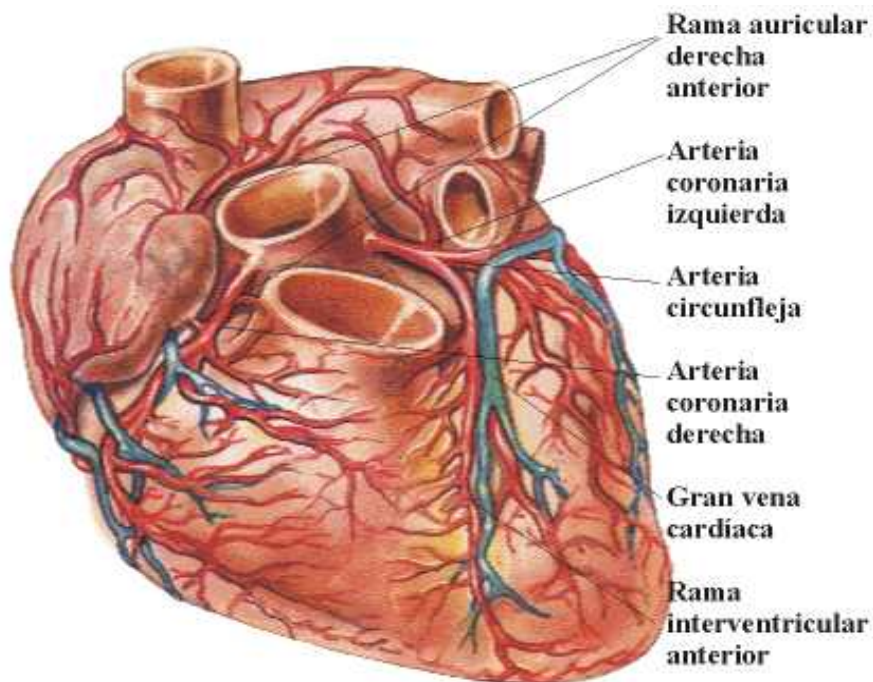
Las pulsaciones cardíacas se inician mucho antes del nacimiento, en el embrión de pocas semanas y duran ininterrumpidamente durante toda la vida sin pararse jamás. Esto es posible por el metabolismo especial de la fibra muscular cardíaca, regulado por mecanismos químicos y humorales muy complejos y todavía no bien aclarados. Sobre ellos influyen seguramente iones activos (especialmente potasio, calcio y magnesio) que regulan la acción de las enzimas las cuales rompen el ATP (ácido adenosín-trifosfato) en ADP (ácido adenosín-difosfato) y ácido fosfórico, que modifica la estructura espacial de las moléculas de miosina contenidas en la fibra muscular, causando la contracción.

El ATP posteriormente se reconstituye con el ácido fosfórico que está contenido en la fosfocreatina (que se regenera a expensas del ácido fosfopirúvico y del glucógeno); todas estas reacciones suceden sólo en presencia de oxígeno y proveen la energía necesaria para la contracción muscular.

5. Actividad Cardíaca

El número de las pulsaciones por minuto (frecuencia) varía de organismo en distintas condiciones de desarrollo o funcionales. La frecuencia, como la fuerza de la sístole cardíaca, varía según las necesidades del organismo. El funcionamiento del corazón se compara al de una bomba que aspira y expelle (preferentemente expelle). La sangre llega al corazón a la aurícula derecha a través de las dos venas cavas superior e inferior (de la circulación general), y del seno coronario (de la circulación propiamente cardíaca); en la aurícula izquierda las cuatro venas pulmonares que llevan la sangre oxigenada después del paso por la circulación pulmonar. El flujo de sangre es continuo y se lleva a cabo porque la nueva sangre que llega a través del territorio pulmonar al corazón es lanzada a la circulación de todo el organismo hasta volver otra vez al corazón; desde las aurículas la sangre pasa fácilmente a los ventrículos a través de los amplios orificios aurículo-ventriculares con las válvulas abiertas, mientras las paredes de los ventrículos relajados, no oponen ninguna resistencia hasta que las cavidades no están totalmente llenas (diástole de los ventrículos). Al final del período diastólico se produce la contracción de las aurículas, que sirve para completar, con un aumento de la fuerza, el llenado ventricular. Una vez llenas las cavidades ventriculares las válvulas tricúspide y mitral se cierran de manera total. Se inicia ahora la contracción (sístole) de los ventrículos, las válvulas puestas en tensión y luego sostenidas por los tendones de los músculos papilares, de manera que, a pesar del aumento de presión que sucede en la cavidad ventricular, resisten sin abrirse hacia arriba: de tal modo colaboran perfectamente con los márgenes libres, cerrando el orificio aurículo-ventricular. Así el retorno de sangre se ve impedido, no pudiendo, por tanto, refluir hacia las aurículas; apenas la presión en el interior de los ventrículos es mayor que la existente en la arteria pulmonar y en la aorta, se abren las válvulas de los respectivos orificios y la sangre sale a las arterias. Terminada la sístole ventricular, el miocardio se relaja y la presión en las arterias supera a la existente en los ventrículos: ello produce el reflujo de la sangre nuevamente a la cavidad ventricular, pero esto es impedido por la tensión y cierre de las válvulas semilunares pulmonar y aórtica, que cierra perfectamente los orificios. Así la progresión de la sangre es sólo desde el corazón hacia las arterias. Los términos sístole y diástole se refieren a los ventrículos; se habla también de sístole y diástole auricular. La acción aspirante de la cavidad ventricular, es como una diástole activa, muy escasa; mientras existe un notable influjo sobre el retorno de la sangre al corazón desde la periferia por la ventilación pulmonar, que durante la inspiración produce una presión negativa (es decir, inferior a la atmosférica) en el tórax y, por tanto, en el mediastino, actuando sobre las venas cavas y sobre las aurículas.

La sístole ventricular cada vez y por cada ventrículo envía una cantidad de sangre de unos 60-70 ml. (lanzamiento sistólico), que es inferior al contenido total de la cavidad; por tanto, no se produce un vaciamiento completo, y por ello no existe un momento en el cual los ventrículos estén completamente vacíos de sangre. Existiendo lógicamente la posibilidad de una pequeña diferencia en cada una de las sístoles entre el lanzamiento sistólico del ventrículo derecho y el del izquierdo, esta diferencia será compensada en las sístoles sucesivas; porque si existe constantemente una diferencia, aún por mínima que sea entre la cantidad de sangre que sale por los dos ventrículos multiplicada ésta por el número de sístoles, se alcanzaría en breve tiempo el efecto de que toda la sangre estaría acumulada en la circulación mayor (periférica) o en la circulación menor (pulmonar); circunstancia ésta incompatible con la vida. El complejo de los movimientos del corazón se denomina ciclo cardíaco. Consiste en distintas fases: la diastólica o de llenado, la sistólica o de expulsión; la fase diastólica comprende la de dilatación de los ventrículos y el ingreso de la sangre en sus cavidades desde las aurículas, hasta el llenado completo que llega al máximo con la sístole auricular; la fase sistólica va desde el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares hasta la completa expulsión de la cantidad de sangre que forma el lanzamiento sistólico a través de los orificios arteriales. Este complejo de movimientos produce fenómenos mecánicos y fenómenos acústicos. Los fenómenos mecánicos, que interesan en medicina, son aquellos que se reconocen clínicamente se pueden reconocer sólo las pulsaciones cardíacas y las de los vasos arteriales (aparato circulatorio). Está producido por el movimiento que tiene la punta del corazón contra la pared torácica, en el momento de la sístole que provoca un aumento de espesor de la pared del ventrículo izquierdo y con ello un mayor contacto con la pared del tórax, por una leve rotación del corazón de izquierda a derecha



6. Fenómenos Estetoacusticos

Los fenómenos acústicos, normalmente advertibles, están producidos bien por la contracción de la musculatura cardíaca, bien por el cierre de las válvulas de los orificios aurículo-ventriculares y arteriales; en la fase sistólica se distinguen un componente muscular y uno y uno valvular, en la fase diastólica actúa un componente arterial y valvular; la contracción auricular, habitualmente no produce fenómenos acústicos advertibles. Cada sístole cardíaca produce dos tonos; el primero correspondiente a la contracción de los ventrículos, el segundo al cierre de las válvulas semilunares de los orificios arteriales aórtico y pulmonar. Los tonos se escuchan en determinados puntos del tórax, llamados focos de auscultación; el foco mitral, sobre la región del latido de la punta (y en el que se tiene en cuenta principalmente la actividad del ventrículo izquierdo); el foco pulmonar, en el segundo espacio intercostal izquierdo, en las proximidades del esternón (en el que se advierte la actividad de la válvula pulmonar y en parte la de la aórtica); y el foco aórtico, en el extremo esternal del segundo espacio intercostal derecho (en el que se advierte la actividad aórtica). A estos focos se une habitualmente la auscultación sobre el *centrum cordis* (en el extremo esternal del cuarto y tercer espacio intercostal izquierdo); existen además otros puntos de auscultación externos a la superficie de proyección cardíaca, que pueden estar en todas las regiones del tórax. La contracción de los ventrículos es simultánea, por lo que existirá una fusión de los fenómenos acústicos en un solo primer tono e igualmente simultáneo es el cierre de las válvulas arteriales, por lo que se ausculta un solo segundo tono.

Sobre los focos de la punta (mitral, tricúspide) el primer tono es autóctono, el segundo se transmite a la base, debiéndose esto al cierre de las válvulas de los orificios arteriales; en los focos de la base (aórtico, pulmonar), los tonos son de génesis local. El primer tono tiene un componente debido a la contracción miocárdica, acústicamente menor, que es más un rumor que un tono, debido a la irregularidad de las vibraciones producidas por las fibras musculares que se contraen y a un componente valvular para el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares (tricúspide y mitral), que producen vibraciones regulares y, por tanto, un verdadero tono.

Este tono se advierte en correspondencia de los focos de auscultación de la parte inferior del corazón (mitral, tricúspide y *centrum cordis*); más hacia arriba, hacia la base, se auscultarán los tonos debidos a la actividad arterial (focos de auscultación aórtico y pulmonar), y donde el primer tono se debe a la rápida expansión de la pared arterial que vibra bajo el impulso imprevisto de la onda esfígmica, consecutiva a la sístole ventricular, y el segundo tono, que es debido a la expansión de la onda esfígmica contra las cúspides valvulares sigmoideas, que simultáneamente se ponen en tensión y, por tanto, vibran.

El líquido (sangre), que corre con una cierta presión en un sistema de cavidades y de tubos comunicantes entre sí, pero no con el exterior, puede sufrir variaciones de velocidad y de cantidad a lo largo de su recorrido; estas variaciones le pueden imprimir una mayor velocidad o un enlentecimiento, una vía distinta a la normal y una progresión modificada, todas ellas circunstancias que pueden, a su vez, producir fenómenos acústicos.

Es una ley general (definida por Concato y Bacceli en el siglo actual) que la difusión de los ruidos circulatorios suele ser siguiendo la dirección de la corriente sanguínea o bien el curso de los huesos, que son óptimos conductores de las vibraciones.