

# 1. Sistema cardiovascular. Desde el embrión al anciano

## CARDIOVASCULAR SYSTEM. FROM THE EMBRYO TO THE ELDERLY

**Desirée Martínez Garrido**

Enfermera en el Servicio de Salud de Castilla La Mancha.

### RESUMEN

El corazón es un órgano muscular de tamaño pequeño, que se encuentra situado en la parte inferior de la cara anterior del mediastino. Constituido por tres capas de tejido y subdividido internamente en cuatro cámaras, comunicadas entre sí por las válvulas cardíacas. El corazón tiene una función de bomba, encargado de impulsar la sangre a todo el organismo, esto es posible gracias al ciclo cardíaco, una sucesión coordinada de movimientos de contracción y relajación, es decir, sístole y diástole.

El desarrollo del corazón en el ser humano sucede entre la tercera y sexta semana del desarrollo intrauterino, iniciándose en la placa cardiogénica del mesodermo embrionario, quien tras múltiples modificaciones dará lugar al corazón definitivo.

Tras los cambios ocurridos en el sistema cardiovascular del bebé tras el nacimiento, los cambios morfológicos y estructurales del corazón a lo largo de la vida de la persona son mínimos, hasta la llegada del envejecimiento fisiológico, que de nuevo desencadena una serie de modificaciones, sobre todo a nivel funcional, que favorecen el riesgo de patologías. La más frecuente de ellas, es la insuficiencia cardíaca, una enfermedad de evolución progresiva, en la que la enfermería juega un papel importante para la educación para la salud de la persona.

**Palabras clave:** Recuerdo anatomofisiológico, desarrollo embriológico, sistema cardiovascular, electrocardiograma, insuficiencia cardíaca, cuidados.

### ABSTRACT

*The heart is a small muscular organ located in the lower part of the anterior compartment of the mediastinum. It consists of three layers of tissue and is internally subdivided into four chambers, which are connected by heart valves. The heart acts as a pump, since it is responsible for pumping blood throughout the body, which is possible thanks to the cardiac cycle, a coordinated succession of contraction and relaxation movements, i.e., systole and diastole.*

*The human heart develops between the third and sixth week of intrauterine development, starting in the cardiogenic plate of the embryonic mesoderm, which after multiple modifications gives rise to the definitive heart.*

*Following the changes in the baby's cardiovascular system after birth, the morphological and structural changes of the heart throughout a person's life are minimal, until the physiological ageing, which again triggers a series of modifications, especially at a functional level, that increase the risk of pathologies. The most frequent of these is heart failure, a disease of progressive evolution, where nursing plays an important role in person's health education.*

**Key words:** *Anatomo-physiological memory, embryological development, cardiovascular system, electrocardiogram, heart failure, care.*

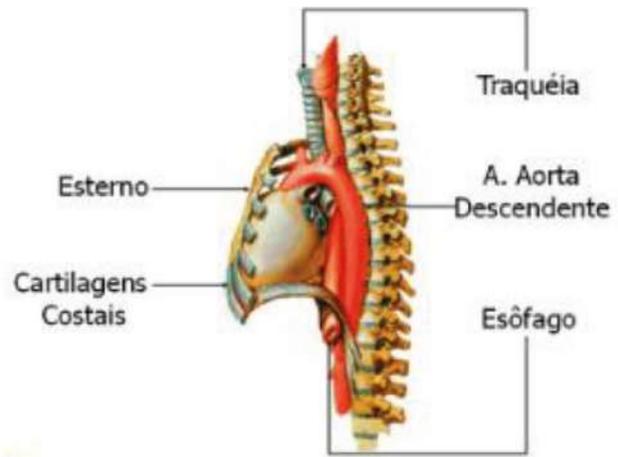
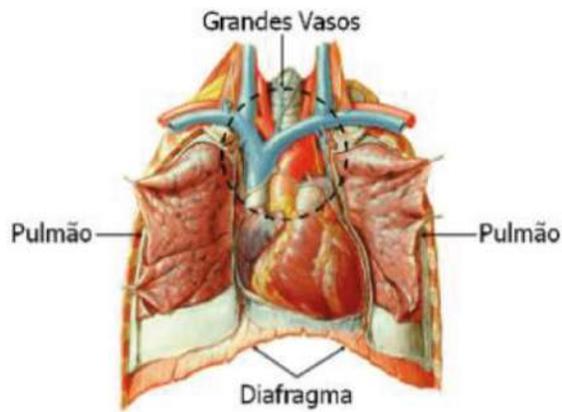
### RECUERDO ANATÓMICO DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR

“Corazón” palabra derivada del latín *cor*, que según la *Real Academia de la Lengua Española* se define como: Órgano de naturaleza muscular, común a todos los vertebrados y a muchos invertebrados, que actúa como impulsor de la sangre y que en el ser humano está situado en la cavidad torácica. (1)

El corazón es un órgano pequeño, a pesar de su potencia, habitualmente tiene el tamaño de unos 12 cm de largo aproximadamente y unos 9 cm en la parte más ancha, así como en torno a 6 cm de espesor. Su peso medio ronda los 250 g en mujeres y los 300g en hombres. (2)

Tanto el corazón como los grandes vasos que de él emergen, ocupan la zona inferior del mediastino en su cara anterior. Habitualmente se encuentra lateralizado hacia la izquierda, de tal forma que el ápex o la punta del corazón queda sobre el 4º-5º espacio intercostal izquierdo a la altura de la línea media de la clavícula. Aunque hay que tener en cuenta, que, aunque en raras ocasiones, también puede darse que el corazón esté en posición medial o mirando hacia la derecha. Por otro lado, está la parte más ancha del corazón, su base, que se orienta hacia atrás, hacia arriba y hacia la derecha del mediastino anterior. (2)

El corazón no es una estructura aislada, sino que se encuentra en relación con otros órganos, de tal forma que sus límites son: por la parte anterior se encuentra con el esternón y las costillas, por la parte inferior, descansa casi en su totalidad en el diafragma, por la parte derecha que se extiende desde la parte inferior hasta la base del corazón, se relaciona con el pulmón derecho. Por la parte izquierda o también llamado límite pulmonar, va desde la base hasta el ápex, se encuentra con el pulmón izquierdo y por último en su zona superior, se encuentran los grandes vasos del corazón (nacimiento en el cayado aórtico del tronco braquiocéfálico, la carótida primitiva izquierda y la subclavia izquierda además de la confluencia de importantes vasos que van a desembocar al corazón), así como la tráquea, el esófago y la arteria aorta descendente. (2)



Imágenes extraídas de: <https://www.auladeanatomia.com/es/sistemas/376/coracao>

### Capas de tejido que constituyen el corazón

El corazón es un órgano que no está constituido por una sola capa de tejido, sino que su estructura está compuesta por varias capas epiteliales y cada una de ellas con unas características diferentes y únicas que permiten que con el conjunto que forman el corazón pueda llevar a cabo sus funciones de la forma más eficaz.

Desde la capa más externa a la más íntima del corazón, éstas capas son: (2)

#### Pericardio

El pericardio es una membrana que se encarga de recubrir y proteger el corazón. Una de sus características fundamentales, es que el pericardio se encarga de limitar la situación del corazón dentro del mediastino, pero a su vez le permite tener un cierto movimiento que garantiza una contracción cardíaca suficiente para que el corazón cumpla con su función de bombear la sangre al resto del organismo. Además, el pericardio tiene otra característica y es que en él se diferencian dos capas, el pericardio fibroso y el seroso.

Por un lado, pericardio fibroso, es más superficial, está constituido por tejido conectivo que es más denso, resistente e inelástico, lo que le permite formar una especie de bolsa que recubre el corazón y está apoyado y adherido al diafragma.

Y, por otro lado, está el pericardio seroso, que es más profundo y está constituido por una doble capa más delgada y delicada que rodea al corazón. Ésta doble capa, está formada por una capa externa o parietal que se fusiona con el pericardio fibroso y una capa interna o visceral que está adherida firmemente a la superficie cardíaca. Entre ambas capas, se localiza la cavidad pericárdica, espacio potencial que contiene entre 30-50 ml de un líquido seroso que funciona como lubricante para disminuir la fricción cuando el corazón se contrae y se relaja.

#### Epicardio

Es una lámina fina del tejido seroso que conforma el revestimiento del corazón y que se continua con la capa visceral del pericardio seroso desde la base corazón.

#### Miocardio

Es la capa intermedia y más gruesa del corazón. Es la encargada de permitir que el corazón lleve a cabo su función de bombear la sangre a todo el organismo a través de los vasos sanguíneos, ya que está constituida por una capa de músculo cardíaco estriado que permite la contracción cardíaca.

#### Endocardio

Es la capa más interna del corazón, compuesta por una fina capa de tejido epitelial escamoso simple y otra de tejido conectivo. También recubre las válvulas cardíacas y se continua con el revestimiento de los vasos sanguíneos que entran y salen del corazón. Al ser una superficie lisa permite que la sangre circule fácilmente por el interior cardíaco.

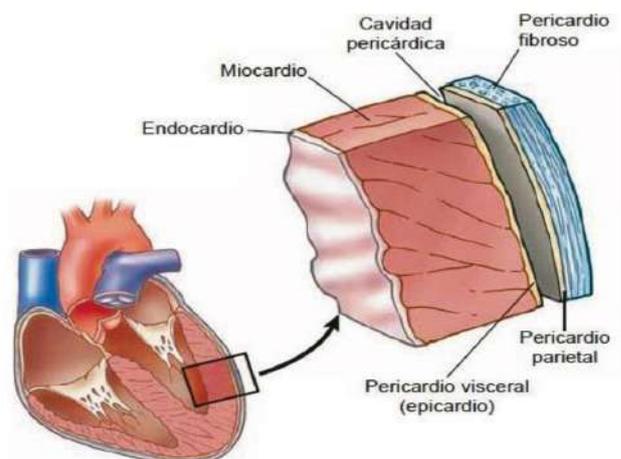


Imagen extraída de: <https://enfermeria.top/apuntes/fisiopatologia/sistema-cardiovascular/funcion-corazon/>

### Estructura del corazón

Antes de entrar a describir la configuración interna del corazón, se expondrán las diferentes zonas y elementos de su exterior que permitirán posteriormente entender de manera más clara tanto su estructura interna como su fisiología.

En el corazón se identifican diferentes caras, márgenes o bordes y surcos.

Respecto a las caras que conforman el corazón, se diferencia la cara anterior, inferior y pulmonar: (2)

- *Superficie anterior o esternocostal*: Ocupada en casi su totalidad por el ventrículo derecho.
- *Superficie inferior o diafragmática*: Se relaciona principalmente con el tendón central del diafragma y está formada, fundamentalmente por el ventrículo izquierdo y una parte del ventrículo derecho.
- *Superficie izquierda o pulmonar*: Situada entre los pulmones y formada en su mayoría por el ventrículo izquierdo.

En cuanto a los bordes o márgenes que se distinguen en el corazón son:

- *Borde derecho*: Constituido por la aurícula derecha que va desde la vena cava superior y la inferior.
- *Borde inferior*: Está ocupado fundamentalmente por el ventrículo derecho, pero también se puede distinguir una pequeña parte del ventrículo izquierdo.
- *Borde izquierdo*: Formado en su mayoría por el ventrículo izquierdo y una pequeña parte de la aurícula izquierda.
- *Borde superior*: Ocupado en su totalidad por las aurículas tanto derecha como izquierda en su vista anterior. Desde el borde superior nace estructuras de vital importancia como la aorta descendente y el tronco pulmonar por su lateral izquierdo y por su lateral derecho se encuentra la entrada de la vena cava superior. Además, entre el tronco pulmonar, la aorta y la vena cava superior se localiza en límite inferior del seno transversal del pericardio.

Los surcos identificados en el corazón son: (2)

- *Surco coronario*: Rodea el corazón hasta que es interrumpido en su zona anterior por la aorta y el tronco pulmonar y está ocupado por arterias y venas coronarias.
- *Surco interventricular anterior*: Se localiza en la superficie anterior del corazón y se corresponde con el tabique interventricular y en él se encuentran los vasos interventriculares anteriores.

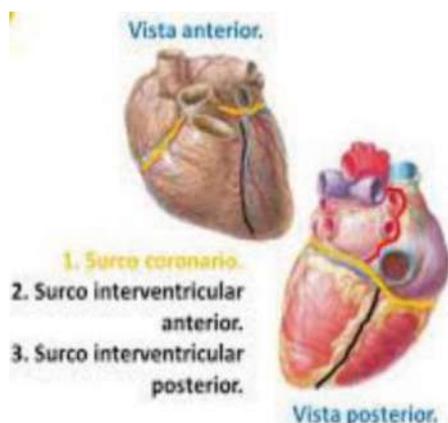


Imagen extraída de: <https://enfermeria.top/apuntes/fisiopatologia/sistema-cardiovascular/funcion-corazon/>

- *Surco interventricular posterior*: Se encuentra en la superficie diafragmática del corazón. Está ocupado por los vasos interventriculares posteriores y nace desde el surco coronario para descender hasta el vértice del corazón.

### Estructura interna

Adentrándonos en la estructura interna del corazón, lo primero que hay que diferenciar son las cuatro cámaras en la que se divide el órgano cardíaco, son dos aurículas, en la zona superior, encargadas de recibir la sangre que llega al corazón y que están separadas por el tabique interauricular. Y en la parte inferior, están los ventrículos, separados también entre sí por el tabique interventricular. (2)

#### Aurícula derecha

Situada en el borde derecho del corazón, es la encargada de recibir toda la sangre "sucia" de dióxido de carbono del organismo. La sangre llega hasta la aurícula derecha a través, de la vena cava superior que trae la sangre recogida de la parte superior del cuerpo, la vena cava inferior que recibe la sangre del territorio inferior y del seno coronario que recoge la sangre de los vasos que nutren al propio corazón. Los lugares por donde las venas acceden a la aurícula se denominan ostium de las venas cavas y donde entra el seno coronario se denomina ostium coronario.

La aurícula derecha está separada del ventrículo derecho por una válvula de tres valvas o cúspides, denominada válvula tricúspide. Y, por otra parte, se divide de la aurícula izquierda por el tabique interauricular, donde se localiza la fosa oval.

En la aurícula derecha se identifica el nodo sinusal, marcapasos natural del corazón.

#### Aurícula izquierda

Es una de las cuatro cavidades que conforman el corazón, se caracteriza por la delgadez de sus paredes y es la encargada de recibir la sangre oxigenada por los pulmones a través de las venas pulmonares.

Al igual que ocurre en la aurícula derecha, la izquierda está separada del ventrículo izquierdo por una válvula, esta vez con dos valvas y que se denomina válvula mitral o bicúspide.

#### Ventrículo derecho

Forma la gran mayoría de la superficie anterior del corazón. Y su interior está tapizado por una serie de elevaciones de fibras musculares que se denominan trabéculas carnosas. Las funciones que ocupan al ventrículo derecho, son por un lado la recepción de sangre rica en dióxido de carbono desde las aurículas, que como se ha comentado anteriormente, están separados por la válvula tricúspide, como su nombre indica está formada por tres valvas, anterior, posterior y septal. Estas valvas, son láminas membranosas que están unidas al miocardio que forma la pared del ventrículo por unos filamentos denominados cuerdas

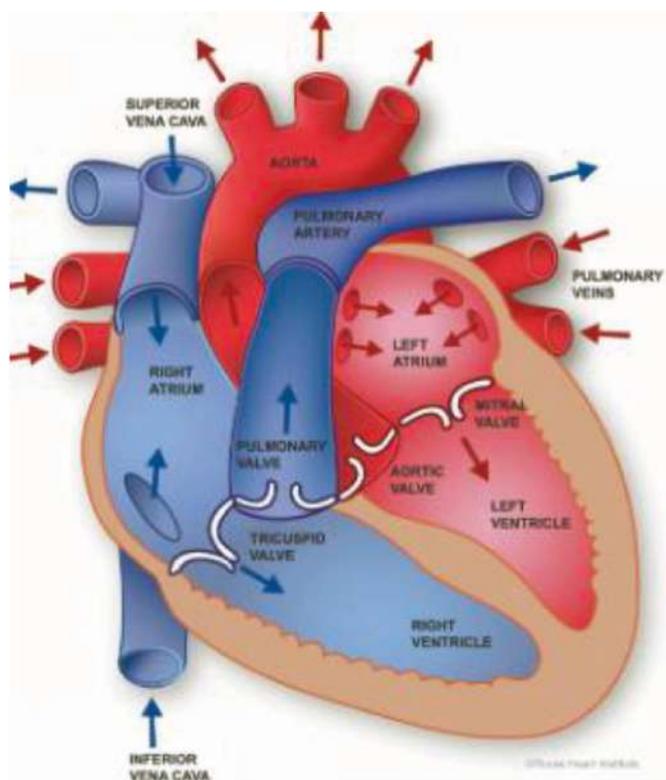


Imagen extraída de: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/anatomia-del-corazon/>

tendinosas que se insertan en los músculos papilares. Otra de las funciones del ventrículo derecho es la emisión "sucía" a los pulmones, esto se lleva a cabo a través de las venas pulmonares, que está separadas por las válvulas semilunares.

#### Ventrículo izquierdo

Ocupa en su totalidad el vértice del corazón. Al igual que el ventrículo derecho, está separado de las aurículas y de la arteria aorta por la válvula bicúspide y aórtica respectivamente, que están unidas por las cuerdas tendinosas a los músculos papilares del miocardio.

El ventrículo izquierdo recibe desde la aurícula izquierda, la sangre que previamente ha sido oxigenada en los pulmones. Y desde el ventrículo izquierdo la sangre se dirige a todo el organismo a través de la arteria aorta, aunque parte de ella se desvía hacia las arterias coronarias encargadas de nutrir al propio corazón.

El ventrículo izquierdo es el encargado de llevar a cabo la función principal del corazón, es la bomba que impulsa la sangre a todo el cuerpo, de tal forma que la pared muscular del ventrículo izquierdo es más gruesa que el resto.

#### Vascularización

De la irrigación del propio corazón se encargan las arterias coronarias y el seno coronario.

Las arterias coronarias son dos, la coronaria derecha y la coronaria izquierda, ambas transcurren por el surco coronario y las dos se originan en el seno de la aorta. (2)

La arteria coronaria derecha, es el origen de la arteria marginal derecha y la interventricular posterior, encargadas de la vascularización del margen derecho y la zona posterior del miocardio. Mientras que la arteria coronaria izquierda, se divide en la rama descendente anterior y la rama circunfleja justo después de pasar por detrás del tronco pulmonar. En la cara diafragmática del corazón, ambas coronarias se anastomosan.

La sangre venosa del miocardio, se recoge por varias venas coronarias que comienzan en el ápex y ascienden por el surco interventricular anterior hasta llegar al surco coronario, tras lo cual desembocan en la aurícula derecha, en el llamado seno coronario. (2)

También es importante decir, que hay venas muy pequeñas por toda la superficie del miocardio que van a desembocar directamente a las cavidades del corazón.

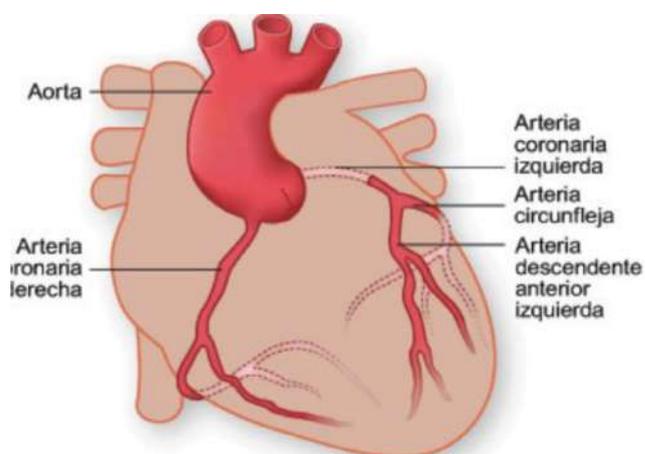


Imagen extraída de: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/las-arterias-coronarias/>

#### Inervación

La inervación del músculo cardíaco se caracteriza por ser de dos formas distintas, una extrínseca y otras intrínseca, sistema propio y único del corazón y que se encuentra en su interior.

En cuanto a la inervación extrínseca del corazón, el encargado es el sistema nervioso autónomo, simpático y parasimpático. El simpático, que acelera el corazón, está compuesto por los nervios cardíacos simpáticos, con sus tres ramas cervicales y las cuatro o cinco torácicas. Mientras, que, de la estimulación parasimpática, es decir el que se encarga de ralentizar el corazón, se encarga el nervio vago, que se divide en los nervios cardíacos parasimpáticos, dos cervicales y uno torácico. (2)

Sin duda, unas de las peculiaridades más llamativas del corazón, es su sistema de conducción o inervación intrínseca. El corazón tiene unas células especializadas que son autoexcitables, estas células forman una red de fibras musculares autorrimicas que se conocen como el marcapasos cardíaco, ya que tiene una actividad eléctrica intrínseca y rítmica. La excitación cardíaca tiene su origen en la aurícula derecha, donde se encuentra en nodo sinoauri-

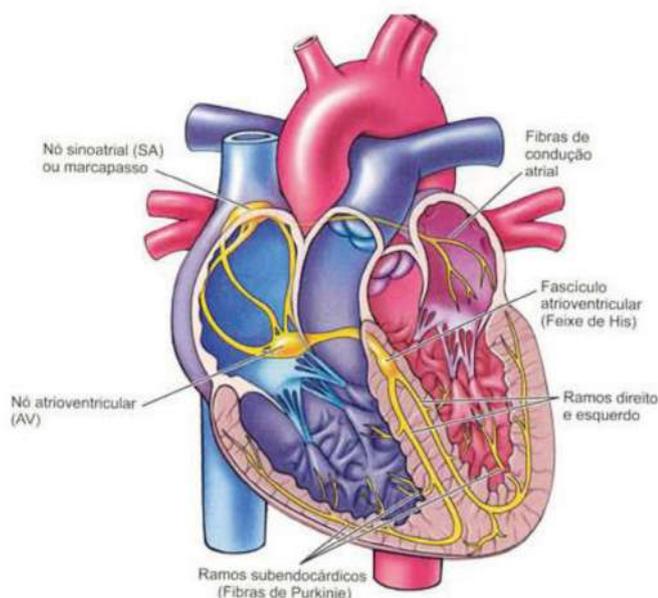


Imagen extraída de: <https://www.auladeanatomia.com/es/sistemas/376/coracao>

cular. La electricidad se propaga por las fibras musculares de las aurículas hasta que alcanza el nodo auriculoventricular, que se sitúa en el tabique auriculoventricular. Desde el nodo auriculoventricular, el potencial de acción se dirige hacia el Haz de His, que a través de sus ramas derecha e izquierda, lleva la electricidad cardíaca hasta el ápex del corazón. Finalmente, las fibras de Purkinje, miofibrillas conductoras, llevan el potencial de acción al resto del miocardio. (2)

### Ciclo cardíaco

Se denomina ciclo cardíaco al conjunto de eventos asociados entre sí que ocurren en un latido cardíaco. En un ciclo cardíaco considerado normal, ocurren dos eventos fundamentalmente, uno de contracción que se denomina sístole y otro de relajación que se llama diástole. Tanto la sístole como la diástole ocurren en aurículas y ventrículos de forma coordinada para que la sangre vaya fluyendo por el corazón. (2)

Cuando el corazón realiza un latido, lo primero que ocurre es que las aurículas, que previamente en la fase de relajación o diástole auricular se han llenado de sangre, se contraen, es decir hablamos de la sístole auricular, haciendo que la sangre que estaba recogida en ellas se dirija hacia los ventrículos. Éstos una vez se han llenado de sangre durante la diástole ventricular, se contraen, encontrándonos entonces en la sístole ventricular, capaz de expulsar la sangre del corazón hacia los pulmones para oxigenarse y al resto del organismo. (2)

Hay que tener en cuenta que para que el latido cardíaco sea eficaz, no solo es necesario una contracción rítmica y ordenada de las fibras musculares de todas las cavidades del corazón, sino que es imprescindible que el flujo de sangre a través del corazón siga la dirección adecuada, de ello se encargan las válvulas auriculoventriculares (tricúspide y mitral) y las localizadas entre el ventrículo y los grandes vasos que salen del corazón (válvula aórtica y la pulmonar). Con

éstas válvulas lo que se consigue es que la sangre circule de forma correcta y no haya retroceso.

En conclusión, el ciclo cardíaco está constituido por varios procesos de sístole y diástole organizados entre sí y que permiten que la sangre se oxigene y llegue a todo el organismo. Todo este proceso, está dirigido por las válvulas cardíacas, ya que, tras la sístole auricular, las válvulas auriculoventriculares se abren, dejando paso a la sangre que llena los ventrículos durante la diástole ventricular, pero una vez éstos se han llenado las válvulas se cierran herméticamente para evitar el reflujo de sangre en dirección contraria. Lo mismo ocurre durante la sístole ventricular, las válvulas aórtica y pulmonar, se abren dejando que la sangre vaya hacia los pulmones y el resto del cuerpo con la contracción de los ventrículos, una vez ha salido la sangre dichas válvulas se cierran para evitar el retroceso sanguíneo. (2)

### DESARROLLO EMBRIOLÓGICO DEL CORAZÓN

Entorno a la mitad de la tercera semana del desarrollo intrauterino del embrión, los mecanismos primitivos para satisfacer sus necesidades nutritivas ya no son del todo eficaces por lo que comienza el desarrollo del sistema cardiovascular, quien a partir de entonces se encargará de satisfacer dichas necesidades. (3)

Al inicio del proceso, tras la fecundación, las sustancias nutritivas se difunden desde la sangre materna al interior del embrión por una serie de canalículos a través de los mecanismos de ósmosis y difusión. Más tarde, cuando se forme el corazón, éste actuará como elemento impulsor principal.

La morfogénesis del corazón en el ser humano ocurre entre la tercera y sexta semana del desarrollo intrauterino, siendo el sistema cardiovascular el primero en alcanzar la madurez funcional en el embrión. (3)

El corazón inicia su desarrollo desde la placa cardiogénica del mesodermo embrionario, desde donde se forma el tubo cardíaco, y finaliza con la conformación del corazón definitivo.

Hacia el día 19 del desarrollo intrauterino, de la hoja esplácnica cardiogénica del mesodermo surgen unas agrupaciones de las células que se denominarán wolffianos, éstos formarán dos cordones macizos que serán bilaterales y simétricos, a ambos lados de la línea primitiva a nivel de nodo primitivo. Después, se desarrollarán unos puentes entre ellos que irán estableciendo una red hasta que permita la fusión completa de ambos cordones, dando así comienzo a la formación del que más tarde será el corazón definitivo. (3)

### Formación del tubo cardíaco

Hacia el día 22 de desarrollo embrionario, la estructura que se había formado a partir de los dos cordones macizos se ahueca y forma el tubo cardíaco. La parte superior se pliega hacia dentro, hacia abajo y a la derecha mientras que la porción inferior lo hace hacia fuera y hacia la

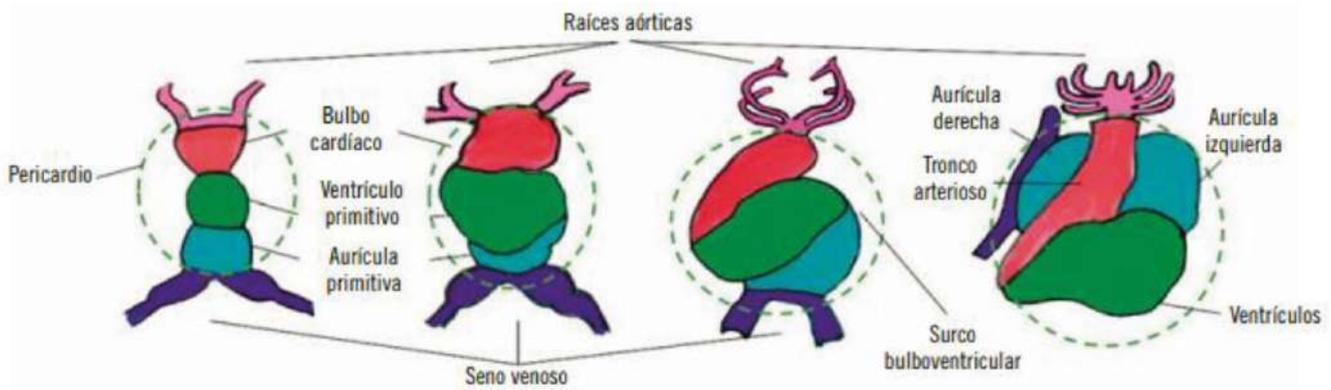


Imagen extraída de: Centeno Malfaz F, Salamanca Zarzuela B. Embriología básica cardíaca. *Pediatr Integral*. 2021; 25 (8): 438–442.

izquierda formando el asa cardíaca que terminará de completar el día 28. Ya en esta fase, se diferencian las primeras dilataciones: (3)

- **Porción bulboventricular o segmento arterial:** En ella, a su vez se diferencian dos segmentos, por un lado, el bulbo arterial que después formará en su tercio proximal la zona trabeculada del ventrículo derecho, en su tercio medio, también llamado cono arterial, formará los infundibulos y el tercio distal, formará los tractos de salida de los ventrículos. Y, por otro lado, encontramos el ventrículo primitivo, que dará lugar a los dos futuros ventrículos. La zona donde se unen el ventrículo primitivo y el bulbo cardíaco, se denomina surco bulboventricular o agujero interventricular primario. (3)
- **Porción auriculosinusal o segmento venoso:** Inicialmente se encuentra fuera de la cavidad epicárdica, y tras el desarrollo pertinente, dará lugar a la aurícula común y más tarde a las aurículas cardíacas definitivas. (3)
- **Unión auriculoventricular:** En este momento del desarrollo embrionario es todavía una zona muy estrecha pero más adelante será el futuro canal auriculoventricular. (3)

Las células que en este momento están formando el tubo cardíaco, serán las que después formarán en futuro endocardio.

A la misma vez que están ocurriendo los cambios estructurales en el tubo cardíaco, la matriz extracelular que está rodeando al endotelio va formando la hoja mioepicárdica, separada de la pared endotelial por la gelatina cardíaca y

que más adelante dará lugar al miocardio y epicardio o pericardio visceral.

### Tabicamiento cardíaco

La tabicación de las diferentes cámaras que conformarán en futuro corazón se inicia en el día 27 del desarrollo intrauterino y finaliza el día 37. Ocurre de forma distinta en cada una de las regiones: (3) (4)

- **Tabicamiento auricular:** Hacia el final de la cuarta semana de desarrollo embrionario, del techo de la aurícula común, crece una cresta falciforme que se dirige hacia la cruz cordis, que se llamará septum priario. Entre ambas estructuras se quedará un orificio, el septum primum, que quedará cerrado por otra cresta celular que nacerá desde las almohadillas endocárdicas.

La parte superior del septum primum, habrá unas perforaciones que conformarán el ostium secundum, correspondiente al foramen oval permeable o conducto de Botal. Ambas aurículas aumentan su tamaño, la derecha crece al incorporarse la prolongación sinusal, y la izquierda al aumentar su tamaño hace la pared posterior entre en contacto con los esbozos pulmonares que se están desarrollando, conformando así las cuatro venas pulmonares. (3)

- **Desarrollo del seno venoso:** Sobre la mitad de la cuarta semana de desarrollo embrionario, el futuro corazón recibe la sangre de dos prolongaciones, una situada a su

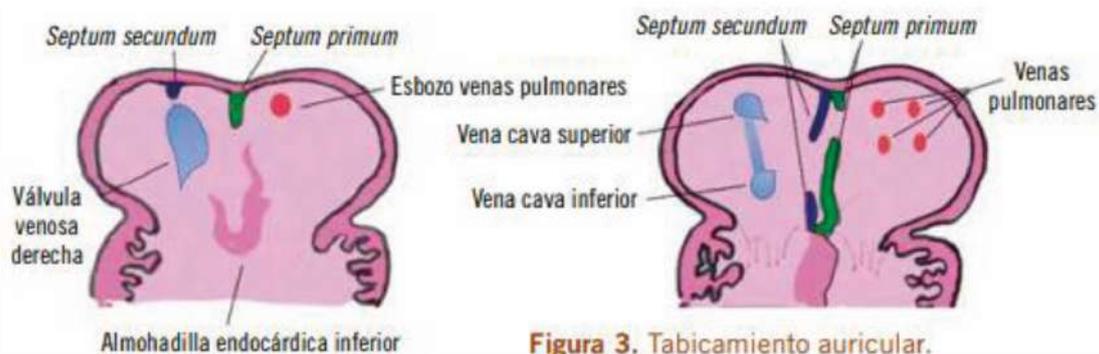
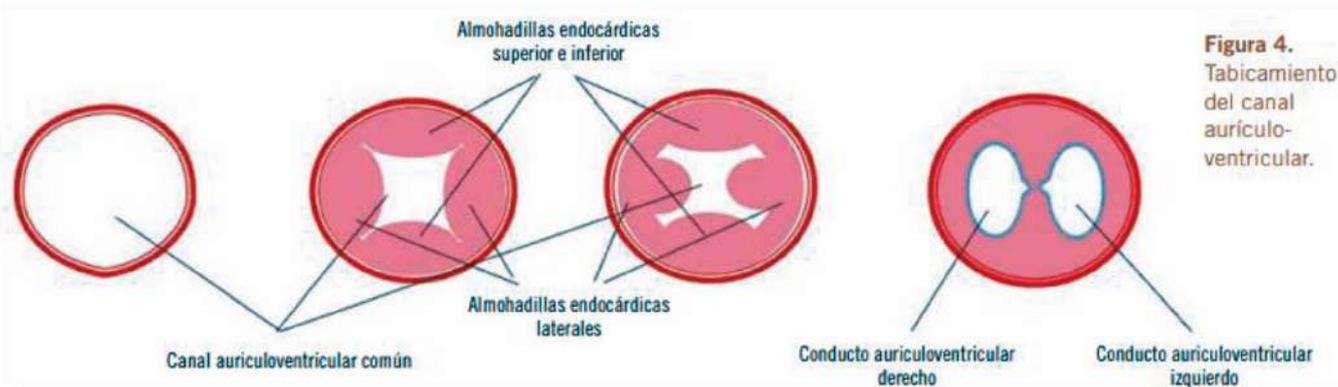


Figura 3. Tabicamiento auricular.

Imagen extraída de: Centeno Malfaz F, Salamanca Zarzuela B. Embriología básica cardíaca. *Pediatr Integral*. 2021; 25 (8): 438–442.



**Figura 4.**  
Tabicamiento del canal auriculoventricular.

Imagen extraída de: Centeno Malfaz F, Salamanca Zarzuela B. Embriología básica cardíaca. *Pediatr Integral*. 2021; 25 (8): 438–442.

derecha y otra a su izquierda. Cada una de éstas prolongaciones reciben la sangre procedente de tres venas distintos, la vena vitelina u onfalomesentérica, la umbilical y la cardinal.

En la prolongación izquierda, en la semana quinta, la vena onfalomesentérica se anula y ocurre lo mismo con la vena cardinal en la décima semana, de tal forma, que la prolongación izquierda se convierte en la vena oblicua izquierda y en el seno coronario. En el lado derecho, lo que ocurre es que la prolongación se incorpora a la aurícula y conformará su parte lisa. (3) (4)

- **Tabicamiento del canal auriculoventricular:** En un primer momento, el canal auriculoventricular va a comunicar solo con el ventrículo izquierdo primitivo y el reborde bulboventricular será quien separe éste ventrículo izquierdo primitivo del bulbo cardíaco. Posteriormente, el canal auriculoventricular crecerá hacia la derecha para comunicarse con los dos ventrículos.

Al final de la semana cuatro de desarrollo intrauterino, se formarán las almohadillas endocárdicas auriculoventriculares superior e inferior, que son dos rebordes mesenquimáticos. Éstas almohadillas, en la quinta semana, crecerán hasta fusionarse formando así los orificios auriculoventriculares. Más tarde, se desarrollarán las almohadillas auriculoventriculares laterales que formarán las futuras válvulas mitral y tricúspide además de los músculos papilares. Por otra parte, el tejido muscular será reemplazado por tejido conectivo cubierto de endocardio. (3) (4)

- **Tabicamiento del tronco arterioso y del cono arterial:** En la parte final de la quinta semana de desarrollo embrionario se produce la tabicación del bulbo arterial. Desde la parte alta del bulbo y en dirección al saco aórtico aparecen dos crestas bulbares que formarán una espiral. Ésta espiral, se corresponderá con el tabique aórtico pulmonar, dividiendo así al tronco en un canal aórtico y otro pulmonar. (3) (4)

Simultáneamente, en el cono arterial se desarrollan dos rebordes o almohadillas similares que van a crecer y a unirse distalmente, así dividirán el cono arterial en una porción anterolateral que será el infundíbulo del ventrículo derecho y otra posteromedial que será el del ventrículo izquierdo.

Al final del tabicamiento del tronco, aparecerán dos tubérculos que se desarrollarán hasta formar las válvulas semilunares pulmonar y aórtica.

- **Tabicamiento de los ventrículos:** El tabique definitivo que separa los dos ventrículos está constituida por tres porciones, la inferior que se forma a partir de células que se expanden en la cuarta semana desde el tabique muscular primitivo; la porción anterosuperior que crece desde la proliferación de las crestas bulbares y la parte anteroposterior que es derivada de la almohadilla endocárdica. (3) (4)

### Formación del sistema de conducción

Todo el sistema de conducción del futuro corazón deriva de la mesénquima cardiogénica. Hacia el día 23 del desarrollo intrauterino, el corazón empieza a latir y lo hace en sentido cefalocaudal, es decir de arriba hacia abajo.

Originalmente, el marcapasos se localiza en la parte inferior del tubo cardíaco izquierdo. Después, ésta función de marcapasos es asumida por el seno venoso, que al incorporarse a la aurícula derecha, forma el nodo sinoauricular, quedando situado muy cerca de la desembocadura de la cava superior. De ésta manera, lo primero que late es el bulbo arterial, la aurícula y el seno venoso. (3)

En cuanto al nodo auriculoventricular y el haz de His, se desarrollarán a partir de la pared izquierda del seno venoso y de las células del canal auriculoventricular, respectivamente.

Será a partir del día 24 de desarrollo cuando la sangre ya circulará por todo el embrión.

### Desarrollo del sistema cardiovascular

Entre las semanas cuatro y cinco de desarrollo intrauterino, se desarrolla en futuro sistema vascular.

Inicialmente se forman los arcos faríngeos, cada uno de ellos tiene su propio nervio craneano y su propia arteria. Las arterias se desarrollan desde el saco aórtico, el cual envía una rama a cada nuevo arco de manera ordenada desde la parte superior bajando hasta la zona inferior, dando

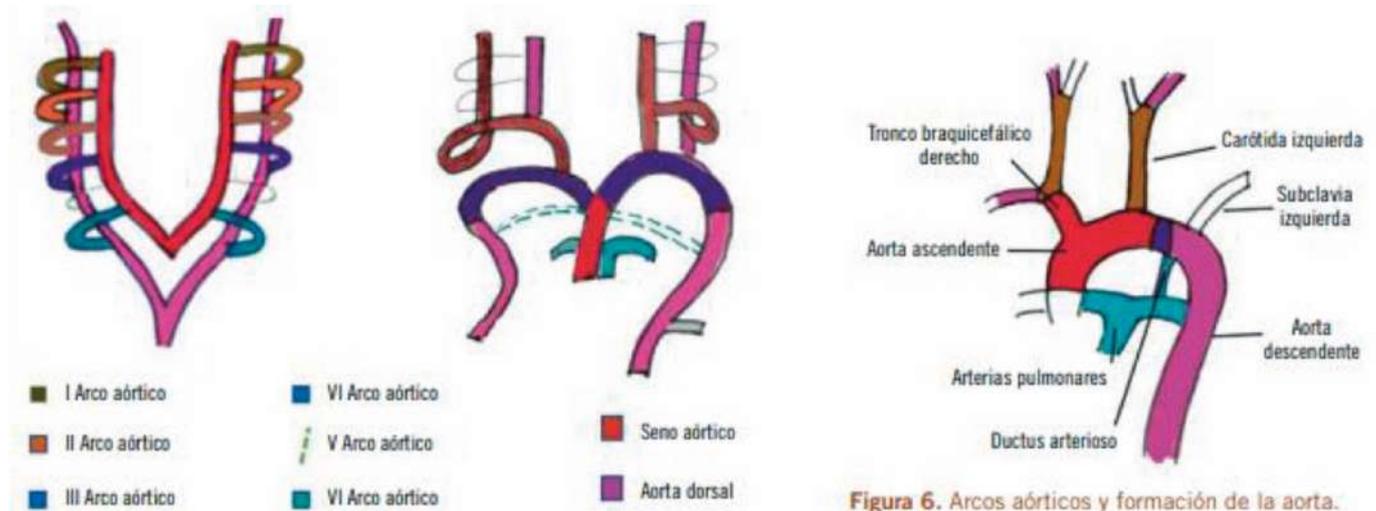


Figura 6. Arcos aórticos y formación de la aorta.

Imagen extraída de: Centeno Malfaz F, Salamanca Zarzuela B. Embriología básica cardíaca. *Pediatr Integral*. 2021; 25 (8): 438–442.

como resultado cinco pares de arterias que se denominan arcos aórticos. El quinto arco o bien no se forma o sufre luego una regresión de tal forma que permanecen los 4 primeros para un sexto que nace de forma más caudal. (4) (5)

El tercer arco aórtico nace la carótida primitiva y la primera porción de la carótida interna, que se completará con la parte superior de la aorta dorsal. De éste tercer arco aórtico nace un brote que será el origen de la carótida externa. (5)

Desde el sexto arco, nacerá el segmento proximal de la arteria pulmonar por su parte derecha y por la izquierda se desarrollará el conducto arterioso. (5)

### CAMBIOS DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR FETAL AL DEL RECIEN NACIDO

Cómo se ha comentado anteriormente, el sistema cardíaco se forma durante los primeros días de desarrollo intrauterino del embrión y se considera que es el primer sistema del organismo que empieza a funcionar en el feto, pero también hay que tener en cuenta que tanto el corazón como la circulación sanguínea fetal sufren importantes cambios en el momento en el que el feto nace y se corta la conexión con la madre a través de la placenta.

Tanto es así, que existen cuatro estructuras en el aparato cardiovascular del feto que después en el adulto no existirán. Éstas estructuras son: (6)

- **Conducto arterioso:** El conducto arterioso puede definirse como una anastomosis que une la arteria pulmonar principal, que lleva la sangre a los pulmones, y la arteria aorta, que lleva la sangre al resto del cuerpo y hacia la placenta. El objetivo del conducto arterioso es permitir que la circulación sanguínea del feto evite el paso por los pulmones, de tal forma que la gran mayoría de la sangre que pasa por el tronco arterioso pulmonar se va dirigir hacia la arteria aorta. Otra peculiaridad, que favorece en gran medida que la sangre fluya por el conducto arterioso hacia la aorta y no a los pulmones, es que los vasos pulmonares tienen una resistencia muy elevada durante el periodo
- **intrauterino,** de tal forma que los pulmones, durante la vida fetal, no tiene una función muy relevante. (6)
- **Placenta:** La placenta es un órgano con un tiempo de vida limitado, ya que solo aparece durante la vida fetal, pero juega un papel de vital importancia ya que en ella se produce el intercambio de sustancias, oxígeno y metabolitos, entre el feto y la madre. Hasta la placenta llega la sangre desoxigenada del feto a través de la arteria aorta descendente y las arterias umbilicales, aquí la sangre se oxigena y vuelve a dirigirse hacia el feto para ser bombeada al resto del organismo. (6)
- **Conducto venoso:** El conducto venoso es un pequeño vaso que comunica la vena umbilical, que transporta la sangre oxigenada de la placenta, y la vena cava inferior, que recoge la sangre desoxigenada de la parte inferior del cuerpo fetal. El objetivo de conducto venoso es evitar que la sangre circule hacia el hígado, es decir, tiene una función similar al conducto arterioso que pretendía evitar que la sangre fuera hacia los pulmones. Aunque, al contrario que ocurre con los pulmones fetales, el hígado lleva a cabo funciones relevantes en el feto como la hematopoyesis, la diferencia es que la irrigación del hígado necesita muy poca cantidad de sangre, que le llega desde la placenta desde la vena porta, de tal forma que la gran mayoría del volumen circulante de sangre por la vena umbilical pasa a la vena cava inferior por el conducto venoso. (6)
- **Foramen oval:** El foramen oval es una abertura en el tabique interauricular que permite que la sangre oxigenada procedente de la vena cava inferior fluya desde la aurícula derecha hacia la aurícula izquierda. El foramen oval está tapizado por una membrana que permite el flujo de derecha a izquierda, pero bloquea el flujo en sentido contrario. La principal función del foramen oval es evitar que se mezcle la sangre que procede de la vena cava superior y de la cava inferior, ya que cada una de ellas lleva sangre con diferentes concentraciones de oxígeno. Por un lado, la cava superior lleva sangre desoxigenada recogida en la parte superior del cuerpo del feto,

y, por otro lado, la cava inferior trae sangre oxigenada de la placenta que ha pasado por el conducto venoso y parte de sangre pobre en oxígeno de la parte inferior el cuerpo del feto. (6)

A continuación, se va a exponer el recorrido que lleva a cabo la circulación sanguínea en el feto y posteriormente, las diferencias que existen con las del adulto.

Situándonos en la aurícula derecha el corazón del feto, sabemos que hasta ella llega sangre procedente de dos venas, por un lado, la vena cava superior que trae sangre pobre en oxígeno de la parte superior del cuerpo y, por otro lado, la cava inferior que trae sangre oxigenada de la placenta y desoxigenada de la parte inferior del feto. De tal manera, que a la aurícula derecha llegan tres tipos de sangre, desoxigenada de la cava inferior y de la superior y oxigenada de la vena cava inferior. (6)

En este punto, toda la sangre desoxigenada pasa de la aurícula derecha al ventrículo derecho y desde aquí a través de la arteria pulmonar se dirige hacia dos destinos diferentes, puede ir hacia los pulmones o atravesar el conducto arterioso para desembocar en la arteria aorta descendente.

En el caso de la sangre que va desde el ventrículo derecho hasta los pulmones por las arterias pulmonares, cabe destacar, como se ha mencionado anteriormente, que es una cantidad mucho mejor que la que se dirige hacia la aorta descendente, debido fundamentalmente a la alta resistencia que ofrecen los vasos pulmonares. Esta escasa cantidad de sangre que ha llegado hasta los pulmones del feto, retorna hacia el corazón igual de pobre en oxígeno que ha llegado al pulmón ya que éstos todavía no realizan su función de oxigenación. A través de las venas pulmonares, la sangre se dirige a la aurícula izquierda, para desembocar después en el ventrículo izquierdo, quien a través de la arteria aorta mandará la sangre a la circulación sistémica, por un lado irrigará el propio corazón con las arterias coronarias, por otro lado llevará la sangre hasta el encéfalo con las arterias carótidas e irrigará las extremidades superiores, además el resto de la sangre circulará a través de la aorta descendente a la parte inferior del cuerpo. (6)

El otro camino que puede llevar la sangre tras pasar el ventrículo derecho, consiste en atravesar el conducto arterioso y viajar hacia la aorta descendente, la cual llevará parte de la sangre a la extremidades y órganos de la parte inferior del cuerpo del feto y otra parte de la sangre, la llevará hasta la placenta para oxigenarse y realizar el intercambio metabólico a través de las arterias umbilicales.

Una vez la sangre ha pasado por la placenta, tiene que volver al cuerpo del feto a través de la vena umbilical. La sangre que circula por la vena umbilical puede seguir dos recorridos, una parte de esa sangre se dirige al hígado por la vena porta para oxigenarlo, convirtiéndose así en sangre desoxigenada que viajará a la cava inferior para comenzar de nuevo el ciclo. Y la otra parte de la sangre, atraviesa directamente el conducto venoso y llega rica en oxígeno a la cava inferior. (6)

Como se acaba de mencionar y anteriormente también se había hecho, la vena cava inferior del feto lleva tanto sangre oxigenada como desoxigenada a lo largo de todo su recorri-

do, y contrario a lo que se podría pensar, ambas sangres no se mezclan salvo en algunos puntos concretos, ya que la circulación por la cava inferior es una circulación laminar. (6)

Lo mismo ocurre cuando la sangre rica en oxígeno y la desoxigenada desembocan en la aurícula derecha, éstas no se mezclan, ya que la entrada está regulada por la crista dividens, una estructura que forma parte del septum secundum y que gracias a su posición anatómica y su funcionamiento evita el mezclado. La función de la crista dividens, es direccionar la sangre oxigenada desde la aurícula derecha hacia la aurícula izquierda atravesando el foramen oval y la sangre pobre en oxígeno llevarla hasta el ventrículo derecho para seguir el recorrido que se ha detallado anteriormente. (6)

Una vez explicado, las estructuras y características propias de la circulación fetal, se va a explicar que ocurre en el momento del nacimiento, cuando se corta el cordón umbilical y que sucede con esas estructuras que no aparecerán en el cuerpo del adulto.

Al pinzar el cordón umbilical lo que se produce es un cese brusco de la circulación de las dos arterias umbilicales y de la vena umbilical. Esto va a ocasionar varios procesos, el primer acontecimiento que ocurre, es que la resistencia del sistema circulatorio sistémico se ve muy aumentado, como consecuencia la presión arterial al igual que la de la aurícula y el ventrículo izquierdos también aumentan. El segundo acontecimiento tiene que ver con la ventilación pulmonar, ya que las arterias pulmonares, que previamente ejercían mucha resistencia por la presión que les impartían los pulmones, con el primer aliento sufren una vasodilatación que favorece la disminución de su resistencia, de tal forma que ahora el flujo sanguíneo pasa por los pulmones y como consecuencia disminuye la presión de la arteria pulmonar y de la aurícula y ventrículo derechos.

A la misma vez, dentro de las estructuras del corazón fetal ocurren una serie de cambios irreversibles provocados con el pinzamiento del cordón umbilical y la primera ventilación pulmonar. Éstos cambios son: (6)

- *Cierre del foramen oval:* Durante la vida intrauterina del feto, las presiones entre la aurícula derecha y la aurícula izquierda son similares. Tras el nacimiento del bebé y con el primer aliento la presión de la aurícula izquierda se ve aumentada mientras que la de la aurícula derecha disminuye. Esto ocurre cuando se reducen la presión arterial pulmonar y aumenta el flujo de sangre en las venas pulmonares, la mayor cantidad de sangre que llega hasta la aurícula izquierda hace que la mayor presión sea suficiente para que el flujo sanguíneo venza al foramen oval y vaya hacia la aurícula derecha, cosa que no ocurría en la circulación fetal. Este hecho conduce al cierre fisiológico de la válvula que tapiza el foramen oval, en el transcurso de varios días, la válvula termina fusionándose con la valva el tabique interauricular y termina de producirse el cierre anatómico, de esta forma el flujo de sangre nunca más irá de aurícula izquierda a la derecha. (6)
- *Cierre del conducto arterioso:* Todo el circuito que forma la circulación sistémica, tras el momento del parto sufre

un gran aumento de la presión, lo cual hace la que la presión intraaórtica también se vea muy aumentada. Lo contrario ocurre en los vasos pulmonares, que durante la vida intrauterina tiene una presión más alta y tras la primera bocanada de aire, sufren una vasodilatación que disminuye en gran medida su presión. Justo tras el momento del nacimiento, ocurre un fenómeno curioso y es que la sangre empieza a fluir en sentido contrario, va desde la aorta descendente hasta las venas pulmonares pasando por el conducto arterioso. Pero pocas horas tras el parto, la pared muscular del conducto arterioso sufre una gran vasoconstricción que hace que quede completamente sellado. Éste fenómeno de la vasoconstricción está íntimamente relacionado con la concentración de oxígeno que hay en la sangre en ese momento. Aunque en condiciones normales el oxígeno es un gas que produce vasodilatación, concretamente en estos vasos actúa como potente vasoconstrictor, y cuando la sangre empieza a oxigenarse en los pulmones tras la primera ventilación pulmonar, la concentración parcial de oxígeno de la sangre que pasa por el conducto arterioso aumenta de los 15-20 mmHg de la sangre fetal al 100 mmHg de después del parto, de tal forma que los vasos sufren una fortísima vasoconstricción que cierra completamente el conducto arterioso.

- *Cierre del conducto venoso:* En la actualidad no se conoce exactamente el proceso por el que el conducto venoso queda sellado tras el parto. Pero lo que sí se sabe, es que cuando el feto nace, la sangre deja de fluir por la vena umbilical y que la pared muscular que forma el conducto venoso se contrae interrumpiendo el flujo, de tal forma que la presión que se genera en la vena porta se ve muy aumentada y la sangre empieza a fluir e irrigar el hígado. (6)

Un punto a destacar y que resulta curioso en esta etapa de desarrollo y maduración del sistema cardiaco del ser humano es lo que ocurre si no se pinza el cordón umbilical tras el parto, hecho que es muy infrecuente. Lo llamativo es que los cambios que se producen en el feto son los mismo, se pinche o no el cordón umbilical, aunque ocurren en distinto orden.

Cuando no se pinza, lo primero que sucede es la ventilación pulmonar, que ocasionará una disminución de la resistencia de las venas pulmonares y un aumento de la presión parcial de oxígeno en las arterias umbilicales y volviendo a la función vasoconstrictora que el oxígeno tiene en este caso, producirá el cierre de los vasos del cordón umbilical. De esta manera, la circulación placentaria será interrumpida y al aumentar la resistencia de los vasos sistémicos se desencadenarán los cambios anteriormente mencionados en las estructuras características del feto. (6)

## SISTEMA CARDIOVASCULAR EN LA INFANCIA

Tras el nacimiento del bebé y pasadas las primeras horas de vida, el sistema cardiovascular se encuentra perfectamente desarrollado y maduro, de tal forma que, a largo de la niñez y adolescencia del niño, tanto el corazón como los vasos sanguíneos siguen siendo prácticamente iguales, sin sufrir grandes cambios ni morfológica ni fisiológicamente.

Al igual que ocurre con el resto del cuerpo, el corazón es un órgano que va aumentando de tamaño y creciendo a la

vez que lo hace el niño, adaptándose así a las cambiantes necesidades, sobre todo en las primeras etapas de crecimiento. De tal forma, que podría decirse que la principal diferencia que existe entre el corazón de un niño y el de una persona en la edad adulta, es su tamaño.

Refiriéndonos concretamente al propio funcionamiento del corazón, un elemento que se modifica dependiendo de la etapa vital de la persona es la frecuencia cardiaca, un bebé en los primeros años de vida puede llegar a tener 150 latidos por minuto, el hecho que explica esta taquicardia fisiológica, es la enorme y constante actividad en la que se encuentra el cuerpo de los niños, lo cual hace que las necesidades de sangre sean muy elevadas para satisfacerlas.

Éste ritmo cardiaco, a medida que va aumentando la edad del niño se va estabilizando, hasta que entorno a los 10 años de edad, la frecuencia cardiaca alcanza los valores considerados normales para el ser humano, 60-100 latidos por minuto.

Para concluir, puede decirse el sistema cardiaco es una parte del cuerpo humano que tras el nacimiento y unas cuantas horas previas, se queda perfectamente formado y estructurado, de tal forma que los únicos cambios que ocurren en la infancia y adolescencia es el crecimiento de los órganos de acuerdo con el crecimiento del niño.

## SISTEMA CARDIOVASCULAR EN LA EDAD ADULTA Y EL ENVEJECIMIENTO

Al contrario de lo mencionado anteriormente con respecto a los mínimos cambios que ocurren en el sistema cardiovascular durante las primeras décadas de la vida de las personas, cuando los años van pasando y la edad adulta va avanzando hacia el envejecimiento de las personas, son múltiples los cambios que ocurren en gran parte de los elementos que forman el sistema cardiovascular humano.

Uno de los procesos más importantes que ocurren, es el envejecimiento cardiaco. La función del corazón de los ancianos sanos en reposo, no sufre grandes cambios si se tiene en cuenta la fracción de eyección del ventrículo izquierdo o el volumen diastólico final. Sin embargo, si hablamos del envejecimiento del corazón durante un ejercicio físico, es donde realmente se notan los cambios, ya que la distensibilidad cardiaca y la respuesta fisiológica a la actividad física se ven disminuidos. (7)

Otra situación que ocurre en el corazón durante el envejecimiento de la persona, es que la rigidez de la pared ventricular es mayor que en las personas más jóvenes. Esto supone un aumento de la presión al final de la diástole de los ventrículos, tanto en reposo como con el ejercicio físico, además de un aumento moderado del espesor de la pared del ventrículo izquierdo en ausencia de otras patologías que la provoquen. De otra forma, se podría decir que, con el paso del tiempo, quizás uno de los cambios más significativos que se observan en el corazón, es el aumento en el grosor de las paredes del ventrículo izquierdo, fundamentalmente en su pared posterior. Las causas

más habituales que explican esta situación serían el aumento de la tensión arterial sistólica, así como el aumento en la rigidez de grandes vasos como la aorta, la mayor actividad simpática a nivel cardiaco y el aumento de la insulinoresistencia, que además por la edad puede estar ocasionada por factores genéticos. (7) (8)

El aumento de la sensibilidad del endotelio de los vasos sistémicos por el sodio, es otra característica especial del proceso de envejecimiento cardiovascular. Éste hecho ocurre por el significativo incremento del número de canales endoteliales de sodio, lo cual implica una mayor interacción entre el sodio y el endotelio, generando a su vez un aumento en la rigidez de los vasos como respuesta vascular. La mayor rigidez de los vasos, está asociada inevitablemente con un mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en la población mayor.

Se estima que, en el corazón de las personas jóvenes, los cardiomiocitos son aproximadamente el 75% de las células cardiaca. Sin embargo, en el corazón durante el envejecimiento de la persona, se asocia el proceso de hipertrofia cardiaca con la disminución del número total de cardiomiocitos, ya sea por necrosis o por apoptosis, idea que se apoya en la teoría del acortamiento de los telómeros en los cromosomas. (7)(8)

De tal manera, que se ha aceptado que la pérdida de los cardiomiocitos, además de los cambios en la composición de la matriz extracelular y otros componentes del corazón, serían los desencadenantes de la hipertrófica fisiológica del corazón, y fundamentalmente, del ventrículo izquierdo.

Al estudiar las características funcionales de los cardiomiocitos durante el envejecimiento, se ha observado cómo se altera su función de activación, contracción y relajación. Otros ejemplos de pérdidas de funciones de los cardiomiocitos, pueden ser la alteración de la expresión de las proteínas transportadores que se encargan del homeostasis del calcio libre intracelular o alteración de las proteínas de la cadena respiratoria de las mitocondrias.

La matriz extracelular es otro de los elementos a tener en cuenta cuando se habla del envejecimiento cardiaco. Entiendo la matriz celular como el tejido de soporte y anclaje de las células que componen el tejido cardiaco, con el paso de los años, éste aumenta su contenido total de colágeno miocárdico además de aumentar el entrecruzamiento de sus fibras colágenas, dando como resultado la fibrosis miocárdica. Las consecuencias derivadas de los cambios en la matriz extracelular cardiaca en el envejecimiento serían, una disminución en la eficiencia del acoplamiento excitación-contracción, aumentaría el riesgo de arritmias, disminución de la efectividad para transmitir las fuerzas de acortamiento por parte de los cardiomiocitos, disminución del volumen ventricular, etc. (8)

Como resultado, del aumento de la rigidez de la pared de los ventrículos, la fase de llenado ventricular se ve disminuida según aumenta la edad de la persona, éste cambio termina reflejándose en el electrocardiograma. (9)

Con la vejez de la persona, tampoco hay que olvidar los cambios estructurales que ocurren en las válvulas cardia-

cas, ya que un alto porcentaje de las personas mayores tendrán problemas de rigidez, calcificación y cicatrización de las valvas que forman las válvulas del corazón. Éstos cambios en la estructura de las válvulas son los causantes del aumento de la prevalencia de estenosis e insuficiencia aórtica en personas de edad avanzada, así como la calcificación del anillo mitral. De forma general, los cambios en las válvulas cardiacas tienen un efecto negativo sobre el corazón al aumentar la postcarga cardiaca y la necesidad de remodelación de la pared ventricular. (9)(10)

Con respecto a las cámaras que conforman el corazón, con la vejez se puede visualizar una reducción de las dimensiones durante la sístole y la diástole sobre todo en el ventrículo izquierdo, por todo lo comentado anteriormente. Sin embargo, la aurícula izquierda aumenta su tamaño, lo cual sirve como elemento que intenta ayudar en el llenado del ventrículo izquierdo en la parte final de la diástole.

Sin lugar a dudas, uno de los efectos más llamativos del envejecimiento sobre el funcionamiento cardiaco se puede observar durante el ejercicio físico y no durante el reposo de la persona. Hay que tener en cuenta, que los mecanismos utilizados por el corazón de las personas mayores para adaptarse a las necesidades durante la actividad física son diferentes a las utilizadas por personas más jóvenes.(10)

El corazón de un anciano sano, durante el ejercicio físico mantiene una buena capacidad de respuesta. El corazón que ha envejecido utiliza como mecanismo compensatorio un aumento del volumen de llenado del ventrículo, de forma que paralelamente aumenta el volumen de eyección en cada latido.

Durante la realización de una actividad física, las personas de mayor edad no sufren un aumento llamativo de la frecuencia cardiaca, aunque sí aumenta sus valores de presión arterial, esto es debido a que su capacidad de respuesta fisiológica a las catecolaminas está disminuida, además de la degeneración de los axones en las neuronas que inervan las aurículas. También hay que tener en cuenta, que el número de células marcapasos del nodo sinusal, disminuye con la edad al igual que ocurre con el tejido que se encarga de transmitir el impulso eléctrico, el haz de His y sus ramas.

El sistema nervioso autónomo, también sufre un deterioro con el paso de los años, lo cual se refleja en una pérdida de la ritmicidad del latido cardiaco en reposo en la vejez. Este hecho, acompañado de los cambios en la matriz extracelular y las modificaciones que sufre en el corazón con los años, podría explicar cómo la fibrilación auricular, considerada la arritmia crónica más habitual en el ser humano, aumenta de manera llamativa su prevalencia de manera directamente proporcional con la edad.

Las arterias coronarias, son otro elemento del sistema cardiovascular que durante el envejecimiento sufre algunas modificaciones. Las coronarias se dilatan y su recorrido se vuelve más tortuoso, además se produce un aumento en el número y el tamaño de sus ramas colaterales. La mayor acumulación de depósitos de calcio, fosfolípidos y colesterol, hace que su capa íntima sufra un espesamiento pro-

Tabla extraída de: Ribera Casado J.M. La edad y el envejecimiento del corazón. En: López Farré A, Macaya Miguel C, coordinadores. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA; 2009. P 195-202.

**TABLA 1. Principales cambios morfológicos cardíacos durante el envejecimiento**

Aumenta el grosor de las paredes del ventrículo izquierdo
Los miocitos o células cardíacas disminuyen en número y su tamaño aumenta
Aparecen calcificaciones en las válvulas mitral y aórtica y en el correspondiente aparato subvalvular
La válvula mitral, y en menor medida la tricúspide, tienden a la degeneración mixoide
Aparecen áreas de fibrosis (expresión de microinfartos)
Aumenta la cuantía del colágeno intersticial y se modifican sus características
Tiene lugar una presencia creciente de depósitos de tejido amiloide (sobre todo en las personas muy ancianas: mayores de 85 años)
Se reduce el número de células sinusales
Se produce la pérdida de receptores adrenérgicos
Las coronarias se hacen más rígidas y estrechas por la pérdida de tejido elástico
Se forman depósitos de calcio, fosfolípidos y esteres de colesterol en su íntima
Tienen lugar cambios en la disposición de las células endoteliales

gresivo. Las consecuencias más llamativas de éstos eventos, es el aumento de la rigidez activa y pasiva de la pared de los vasos coronarios, lo cual limita el paso del flujo de san-

Tabla extraída de: Ribera Casado J.M. La edad y el envejecimiento del corazón. En: López Farré A, Macaya Miguel C, coordinadores. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA; 2009. P 195-202.

**TABLA 2. Principales cambios funcionales cardíacos que se producen con el envejecimiento**

Aumentan la tensión arterial sistólica y la poscarga
Tiene lugar un acortamiento de la diástole a expensas de una reducción en su fase de llenado rápido
Existen peor llenado ventricular y peor perfusión coronaria
La aurícula tiene una mayor participación en el llenado ventricular
Se produce una incapacidad progresiva para alcanzar frecuencias cardíacas máximas muy altas con el ejercicio
El mantenimiento de un volumen minuto normal con el ejercicio ocurre a expensas de un aumento del volumen de eyección (mecanismo de Frank Starling)
Se produce una reducción progresiva del consumo máximo de oxígeno (capacidad aeróbica)
La respuesta barorreceptora es más pobre
Se modifican los niveles de las hormonas reguladoras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elevan las catecolaminas y el péptido atrial natriurético</li> <li>• Se reducen la renina, la angiotensina y la aldosterona, así como la producción de óxido nítrico por parte de las células endoteliales</li> </ul>

gre a través de ellas, dificultando, por lo tanto, el riego del propio corazón. Hay que destacar, que éstos procesos, además de en las coronarias, también ocurren en vasos más grandes como la arteria aorta y sus principales ramificaciones. (7)

Otra modificación que se puede encontrar en el aparato cardiovascular de las personas mayores, tiene que ver con el reflejo barorreceptor, éste es el encargado de mantener las cifras de presión arterial en rango independientemente de los cambios de postura que realice la persona. De tal forma, que cuando los mecanismos barorreceptores se ven comprometidos, la adaptación de la tensión arterial a los cambios posturales es mucho peor, explicando así lo propensas que son las personas de edad avanzadas a la hipotensión ortostática, al síncope o a las caídas.

No se puede dejar pasar la ocasión para destacar que el corazón que envejece sano es capaz de adaptarse durante mucho tiempo a los cambios fisiológicos que va sufriendo de manera muy eficaz recurriendo a sus mecanismos compensatorios. Pero, no hay que olvidar que, junto con el declive propio del proceso de envejecer, hay otros muchos factores que favorecen la aparición de distintas enfermedades cardíacas y cambios a nivel de la fisiología y morfología del aparato cardiovascular. La secuencia que se podría establecer sería, estado de normalidad en un corazón joven, cambios inducidos por el proceso del envejecimiento y los factores que pueden acelerarlo, aparición del fracaso cardíaco diastólico y fracaso sistólico. (8)

Todos estos cambios y modificaciones fisiológicas que se han ido exponiendo a lo largo del tema, no son cuestiones banales que pasan desapercibidas para la salud de la persona mayor, sino que tiene consecuencias clínicas, las principales de ellas son: (8)

- Las personas mayores tienen mayor facilidad para desarrollar un fallo cardíaco e insuficiencia cardíaca ante cualquier situación de estrés, teniendo ésta un peor pronóstico y mayores posibilidades de todo tipo de complicaciones.
- Con el aumento de la edad, simultáneamente aumenta el riesgo de que el corazón enferme, de forma que patologías como la insuficiencia cardíaca, las enfermedades coronarias o la hipertensión arterial, aumentan su incidencia y prevalencia de forma paralela a la edad.
- Las enfermedades cardíacas no solo son más frecuentes en las personas de edad avanzada, sino que las formas atípicas de manifestación de dichas enfermedades es más habitual que en personas jóvenes, lo cual implica que la presentación de signos y síntomas no deben utilizarse exclusivamente para hacer el diagnóstico, hay que recurrir con mayor asiduidad a las pruebas complementarias.
- Con las personas mayores, es muy importante tomar una actitud en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades muy cuidadosa, en la que el factor de la edad debe jugar un papel imprescindible.

## ECG EN PERSONAS DE EDAD AVANZADA

Una técnica tan accesible, sencilla y económica como es el electrocardiograma, cuenta con múltiples aplicaciones en todos los grupos de personas, independientemente de su edad, sexo, patologías, etc.

Es cierto, que, en las personas más mayores, es una técnica de realización casi obligatoria ante cualquier sospecha de patología o intervención quirúrgica, ya que son numerosos los estudios que destacan como en electrocardiogramas rutinarios hechos a personas de edad avanzada, revelan patologías o posibles trastornos cardíacos, así como modificaciones fisiológicas por la edad. (12)

Que la población mayor es cada vez más prevalente en la sociedad actual, es un hecho inconfundible, por lo tanto, las posibilidades de que un profesional sanitario tenga entre manos el ECG de un anciano son muy altas, de manera que hay que conocer aquellas características propias del ECG de un mayor para reconocerlas y diferenciarlas de las patologías que puedan derivar. Éstas características propias, tienen que ver con el proceso natural de envejecimiento cardíaco, así como de su sistema excito-conductor, y las patologías que pueden aparecer con más frecuencia en esta etapa vital. (13)

Algunos de los hallazgos más relevante que se pueden encontrar son:

### Activación de las aurículas

Las modificaciones que ocurren a nivel auricular, se reflejan en el ECG como alteraciones de la onda P. En condiciones normales, la activación auricular se inicia con el impulso producido en las células marcapasos de nodo sinusal, situado en la aurícula derecha. La frecuencia de descarga del nodo sinusal, o lo que es lo mismo, la frecuencia cardíaca depende del equilibrio de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático, de las condiciones en la que se encuentre en nodo, y otros factores extrínsecos que tiene que ver con la mecánica cardíaca o la administración de ciertos fármacos.

El recorrido que hace el impulso nervioso desde el nodo sinusal, hasta la aurícula izquierda y el nodo auriculoventricular, se refleja en el ECG como la onda P, de tal forma que cualquier anomalía a nivel auricular se reflejará en dicha onda, ya sea en sus dimensiones, su morfología, su presencia o ausencia, etc. Las alteraciones que más comúnmente aparecen son los cambios en la masa de las aurículas, ya sea la derecha, izquierda o ambas, así como el aumento de la propia cavidad. (12) (13)

Los marcadores de envejecimiento fisiológico que se pueden encontrar a este nivel son:

- Disminución de la frecuencia cardíaca que puede llegar hasta bradicardia sinusal, es decir, tiene un ritmo normal iniciado en el nodo sinusal, pero con una frecuencia cardíaca menos de 60 latidos por minuto.
- Disminución de la arritmia sinusal respiratoria.
- La variabilidad de la frecuencia cardíaca disminuye, es decir, los cambios entre unos latidos y otros son menos llamativos.

- Presencia de fibrilación auricular sin cardiopatía valvular evidenciable, su frecuencia aumenta directamente proporcional a la edad de la persona.
- Incremento de la frecuencia cardíaca, por encima de 85 latidos por minuto y en reposo, lo que se identifica como un factor de riesgo cardiovascular para personas de edad avanzada. Este aumento está directamente relacionado con la presencia de aterosclerosis, rigidez arterial, entre otros factores. (12)

El resumen de los elementos concretos que hay analizar en un ECG para visualizar las alteraciones en las aurículas, se resumen en la siguiente tabla:

*Tabla extraída de: Pérez Barreda A, Puig Fernández M.J. Alteraciones electrocardiográficas en el anciano. Invest Medicoquir. 2014;6(1):133-44.*

Anomalía de la AI	Anomalía de la AD
Duración mayor de 120 ms en DII.	Ondas P picudas, altas > de 0.25 mV en DII.
Muesca prominente en la P, más visible en DII con intervalo entre las muescas mayor de 40 ms.	Desviación a la derecha del eje medio de la P por encima de 75°.
Cociente duración onda P/duración segmento PR en DII > 1.6.	Aumento del área bajo la parte positiva inicial de la P en V1 mayor de 0.06 mm-s.
Aumento de la duración y la profundidad de la parte negativa terminal de la P en V1.	
Desviación a la izquierda del eje medio de la P entre -30° y +45°.	

### Conducción del impulso nervioso por el nodo auriculoventricular

En el ECG está representado por el segmento PR, que se identifica como una línea isoelectrica que comienza al acabar la onda P y termina al inicio del complejo QRS, forma parte del intervalo PR. Lo que representa esta parte del ECG, es lo que ocurre desde que se activa el nodo auriculoventricular, el impulso pasa por el haz de His, las ramas fasciculares y el sistema de conducción intraventricular, coincidiendo además con la repolarización de las aurículas, de tal forma que sus anomalías pueden derivar de afectación en las aurículas o en los ventrículos. Su longitud normal, oscila entre 120-200ms. (12) (14)

Al igual que ocurría anteriormente, hay una serie de marcadores que reflejan el envejecimiento fisiológico de esta región cardíaca. Éstos son:

- Prolongación, por encima de los 200ms del segmento PR, lo que haría pensar en un bloqueo auriculoventricular de primer grado, así como los de segundo o tercer grado que ya suelen ir acompañados de otras patolo-

gías como la calcificación de la válvula aórtica o mitral, entre otras patologías.

- Las alteraciones a este nivel, y en esta etapa de la vida de la persona, es habitual que los cambios en el ECG estén relacionados con el uso de fármacos como digitálicos, betabloqueantes, anticálcicos, etc. cuyos efectos aumentan el envejecimiento de las propias células cardíacas de conducción.

#### Activación de los ventrículos

La excitación de los ventrículos del corazón, son el resultado de dos funciones cardíacas que se solapan en el tiempo, por un lado, se produce la activación endocárdica y por otro lado, la activación transmural. La actividad ventricular, se traduce en el electrocardiograma en tres ondas rápidas, cuya interpretación es de vital importancia, ya que los cambios en su duración, voltaje o morfología pueden reflejar algún trastorno potencialmente habitual en las personas mayores. Éstas tres ondas son, la onda Q que refleja la activación del tabique interventricular y las ondas R y S que expresan la excitación de las paredes del ventrículo. Uno de los parámetros más importante a tener en cuenta al analizar el complejo QRS es su duración, que no debe ser mayor de 120 ms. (12)

Los signos o marcadores que reflejan el envejecimiento en la activación de los ventrículos son: (12)

- Desaparición de las ondas Q septales, que sería indicativo de fibrosis, aunque cabe destacar que en otro contexto que no sea el de la persona mayor, cabría sospechar de infarto septal.
- Aparición de microvoltaje, es decir, que los complejos QRS tiene su voltaje reducido.
- Problemas o trastornos en la conducción interventricular.
- De forma frecuente puede ocurrir que se den contracciones prematuras, tanto supraventriculares como de los propios ventrículos.

Como se ha comentado a lo largo del presente trabajo, en las personas mayores, es habitual encontrar una hipertrofia en los ventrículos, que en el ECG se refleja con una serie de cambios en el segmento ST y en la onda T, que no pueden considerarse como cambios fisiológicos del envejecimiento.

to. Éste hecho, engloban a las personas de edad avanzada en un grupo de riesgo importante de aumento de la morbimortalidad cardiovascular. (13) (14)

En las personas mayores que padecen algún tipo de cardiopatía, los cambios en el ECG que indican hipertrofia del ventrículo izquierdo se asocian con un cuadro clínico más grave; lo mismo ocurre con la presión arterial, también será mayor en pacientes con hipertrofia del ventrículo izquierdo que en pacientes hipertensos sin modificaciones electrocardiográficas de hipertrofia, en los pacientes con coronariopatías será habitual que su función ventricular esté en peores condiciones si hay un aumento del tamaño del ventrículo izquierdo que si no lo hay, etc. (14)

Si nos referimos al ventrículo derecho en concreto, al ser más pequeño, en la mayoría de las ocasiones sus fuerzas eléctricas quedan ocultas por las del ventrículo izquierdo, pero esto no debe restarle importancia, ya que existen algunas alteraciones eléctricas del ventrículo derecho, que se producen frecuentemente en las personas mayores. Quizás una de las de mayor relevancia sería la que aparece en personas con EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), ya que ésta enfermedad aumenta el riesgo de desarrollar una hipertrofia en el ventrículo derecho, además de cambios en la posición del corazón en el tórax e hiperinsuflación pulmonar. Algunos de los cambios en el ECG que se pueden identificar son, la disminución en la amplitud del complejo QRS, la desviación del eje cardíaco hacia la derecha o el retraso en la transición en las derivaciones precordiales. (12)

Las alteraciones electrocardiográficas en las personas mayores durante la activación de los ventrículos, también pueden tener su origen en los retrasos en la conducción eléctrica que sufre un proceso degenerativo, lo cual produce una serie de patrones en el ECG que se identifican como bloqueos de rama y bloqueos fasciculares, siendo el más común el del fascículo izquierdo.

En cuanto a los bloqueos de rama, el bloqueo de rama derecha suele ser el más común entre la población y generalmente no refleja ningún tipo de cardiopatía estructural ni supone un grave problema para la salud, sin embargo, el bloqueo de rama izquierda, suele aparecer en pacientes con cardiopatías previas, con patologías coronarias en estadio avanzado o disfunción del ventrículo izquierdo

Tabla extraída de: Pérez Barreda A, Puig Fernández M.J. Alteraciones electrocardiográficas en el anciano. *Invest Medicoquir.* 2014;6(1):133-44.

Criterios para el diagnóstico de los bloqueos fasciculares	
Bloqueo del fascículo anterior izquierdo	Bloqueo del fascículo posterior izquierdo
Eje medio de QRS en el plano frontal entre $-45^\circ$ y $-90^\circ$ con patrones rS en las derivaciones DII, DIII y aVF y un patrón qR en aVL	Eje medio de QRS en el plano frontal de $\pm 120^\circ$
Duración de QRS inferior a 120 ms	Patrones RS en las derivaciones DI y aVL con patrones qR en las derivaciones inferiores
	Duración de QRS inferior a 120 ms <sup>(1,21)</sup>

entre otras, características todas habituales de las personas de edad avanzada. (12)

### *Recuperación de los ventrículos*

Se refleja en el ECG como la onda ST-T, que en condiciones de normalidad es una onda de amplitud escasa y que se transforma gradualmente en una onda de mayor tamaño, la onda T, su inicio corresponde con el punto J. El elemento más importante que hay que analizar en dicha onda, tanto en las personas de edad avanzada como en la población más joven es su orientación, más que su voltaje.

A modo de resumen y como conclusión respecto a las modificaciones que sufre el electrocardiograma en las personas de edad avanzada, los puntos a tener en cuenta y que no hay que dejar pasar por alto son: (12) (13) (14)

- El voltaje de los complejo QRS en los mayores es más bajo que en las personas de menor edad.
- Los defectos de conducción intraventricular, dejan visibles QRS anchos y con melladuras en el ECG.
- En las derivaciones precordiales, las ondas R tiene un crecimiento menor.
- Aparición de ondas QS debido a la fibrosis septal, en las derivaciones V1 y V2.
- Como consecuencia de la localización más horizontal del corazón en las personas mayores, además de la hipertensión arterial, el eje cardiaco está desplazado a la izquierda.
- Las ondas T se encuentran más aplanadas.
- La repolarización tiene alteraciones inespecíficas.
- Con el envejecimiento, aparece la fibrilación auricular "senil".
- La fibrosis del sistema de conducción, del haz de His y del sistema de conducción periférico, así como la calcificación de los anillos de las válvulas aórtica y mitral, favorecen la aparición de bradicardia y bloqueos en las personas mayores.
- Alargamiento fisiológico del PR.

En definitiva, muchas de los eventos que ocurren en el ECG de una persona mayor, serían considerados patológicos en personas jóvenes, mientras que, en los ancianos, sin no presentan sintomatología, no tienen ningún significado.

En las personas de edad avanzada, siempre es importante revisar la polifarmacia que tiene pautada, ya que, en muchas ocasiones, son estos fármacos los responsables de las alteraciones o modificaciones electrocardiográficas.

También es importante destacar y no perder nunca de vista, que el ECG es una prueba complementaria para el diagnóstico y que siempre debe ir acompañado de una adecuada historia clínica, así como disponer de un ECG previo que nos permita comparar con el actual.

La realización de una analítica básica a las personas mayores, es importancia relevante, ya que las alteraciones en el

ECG muchas veces se pueden explicar por alteraciones electrolíticas, principalmente en el grupo de personas de edad avanzada.

### **INSUFICIENCIA CARDIACA**

Centrándonos en las patologías que afectan fundamentalmente a las personas de edad avanzada, sin lugar a dudas una de las más importantes es la insuficiencia cardiaca.

La insuficiencia cardiaca puede definirse según las guías clínicas europeas más recientes, como un síndrome clínico que se caracteriza por presenta diferentes signos y síntomas típicos, tales como crepitante pulmonares, presión venosa elevada en la vena yugular, edemas en zonas periféricas, disnea, fatiga, etc, y todos ellos causados por una disminución en el gasto cardiaco o un aumento de las presiones internas del corazón, secundarias a anomalías, estructurales y/o funcionales, en el aparato cardiovascular. (16)

Es importante tener en cuenta, que la definición de insuficiencia cardiaca se queda pobre a la hora de englobar a todos los pacientes que la padecen, ya que se focaliza en aquellos que ya han desarrollado los signos y síntomas característicos de la insuficiencia, pero no engloba a aquellos que se encuentran en las primeras fases de la enfermedad y que no han desarrollado todavía los signos a pesar de que las disfunciones cardiacas ya están presentes. (16)

Por este motivo, la identificación precoz de las anomalías en el sistema cardiovascular, son imprescindibles para establecer un diagnóstico y tratamiento precoz y evitar, tanto el progreso de la enfermedad como el aumento de la morbimortalidad en estas personas. También, hay que tener en cuenta, que tan importante es identificar rápidamente el cuadro de insuficiencia, como determinar su etiología y el lugar donde se produce el fallo cardiaco, ya que la instauración de un tratamiento específico es imprescindible para la adecuada evolución. (16)

La insuficiencia cardiaca se ha convertido en un problema de salud pública de primer orden en nuestra sociedad. En los países desarrollados la incidencia de personas en edad adulta que sufre insuficiencia cardiaca está entorno al 2%, hecho que crece exponencialmente a medida que aumenta la edad del paciente, pasando del escaso 1% de las personas de menos de 50 años que desarrollan insuficiencia cardiaca, duplicándose progresivamente, hasta llegar al aproximadamente 8% en los mayores de 75 años. Precisamente este aumento exponencial de los casos con el aumento de los años en las personas, hace que la insuficiencia cardiaca sea un problema muy habitual en la cada vez más envejecida población española. Concretamente en nuestro país, según la revisión bibliográfica de estudios reciente, las incidencias oscilan desde los, aproximadamente, un caso y medio por cada mil personas en un año en pacientes de entere 50-59 años, los casi cinco casos y medio por cada mil personas de entre 65-69 años, hasta los más de 17 casos cada mil pacientes por año en mayores de 75 años. Lo cual refleja muy significativamente, el aumento de la incidencia de la insuficiencia cardiaca

en las personas de edad avanzada, así como la importancia que tiene dicho problema en la etapa de envejecimiento. (17)

Otro punto a tener en cuenta, es que la población actual cada vez está más envejecida ya que la esperanza de vida cada vez es más elevada, de tal forma que por la íntima relación que existe entre el envejecimiento y la insuficiencia cardiaca, ésta cada vez es más habitual y, en consecuencia, el consumo de recursos sanitarios relacionados con la insuficiencia también se ve muy aumentado. La insuficiencia cardiaca es una patología que por sus características y evolución requiere de múltiples ingresos hospitalarios, por lo que es una de las primeras causas de hospitalización y por tanto su gasto sanitario suele ser bastante elevado. (17)

### **Clasificación de insuficiencia cardiaca**

La insuficiencia cardiaca es una patología bastante compleja que engloba una enorme variedad de paciente, con múltiples características, que hacen que su clasificación sea complicada, de tal forma que existen diferentes clasificaciones en función del criterio que se escoja.

Una de las clasificaciones más utilizadas, es la que tiene en cuenta la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). Entendemos la fracción de eyección como el resultado obtenido de calcular el volumen diastólico final menos el volumen sistólico final dividido entre el volumen diastólico final, de tal forma que la fracción de eyección no tiene que ver con la capacidad de contractilidad que tenga el corazón, si no con las presiones y volúmenes que en él se mueven en cada momento. (16)

No hay que perder de vista, que la fracción de eyección es un valor que hay que analizar dentro del contexto clínico del paciente, ya que el corazón cuenta con una serie de mecanismos compensatorios que pueden llegar a mantener una fracción de eyección conservada a pesar de que la funcionalidad miocárdica esté comprometida. Alguno de éstos mecanismos son la dilatación e hipertrofia del ventrículo izquierdo. (16)

La diferenciación de la insuficiencia cardiaca según los valores de la FEVI, es bastante importante, ya que el rango en el que se encuentre en paciente va a condicionar tanto las comorbilidades que puedan derivar y el tratamiento que va a impartirse como la etiología del cuadro patológico.

Es importante recordar, que no siempre la insuficiencia cardiaca tiene que ver con daño miocárdico, sino que enfermedades de las válvulas, la hipertensión pulmonar u otras enfermedades sistémicas como la anemia también puede cursar con insuficiencia cardiaca o exacerbar su sintomatología. (16)

De tal forma, que la clasificación de la insuficiencia cardiaca en función de la FEVI sería: (16)

- *Insuficiencia cardiaca con FEVI normal:* También se denomina insuficiencia cardiaca con FEVI conservada. La fracción de eyección se mantiene por encima del 50%. El diagnóstico de este tipo de pacientes es el más complejo de realizar, ya que no suelen tener dilatación del

ventrículo izquierdo y normalmente por el aumento de las presiones presentan un aumento del tamaño de la aurícula izquierda, lo que habitualmente produce una disfunción diastólica que es la causa más frecuente de insuficiencia cardiaca en este tipo de personas.

- *Insuficiencia cardiaca con FEVI reducida:* La fracción de eyección está por debajo del 40%. Éstos pacientes también suelen presentar disfunción diastólica.
- *Insuficiencia cardiaca con FEVI en rango medio:* Se clasificaría aquí a los pacientes que tiene una fracción de eyección comprendida entre 40-50%.

Pasando a otra de las clasificaciones, en esta ocasión se va a tener en cuenta la evolución en tiempo de la insuficiencia cardiaca. En esta clasificación no se puede encorsetar a un paciente de manera permanente en un subgrupo, ya que dependiendo de las circunstancias su localización puede cambiar. (16)

- *Insuficiencia cardiaca crónica:* Los síntomas se mantienen durante un tiempo prolongado. Si durante un mes la clínica se mantiene sin cambios, hablaríamos de una insuficiencia crónica estable, mientras que si los síntomas sufren altibajos se denominaría insuficiencia crónica descompensada, la cual por norma general requiere de hospitalización.
- *Insuficiencia cardiaca aguda:* La aparición de los síntomas es de forma rápida, puede ocurrir de forma secundaria a otra patología cardiaca como un síndrome coronario agudo.
- *Insuficiencia cardiaca subaguda:* Los síntomas debutan de forma rápida pero no tanto como para considerarse aguda, se desarrollan en semanas o meses hasta que se realiza el diagnóstico.

Otra clasificación sencilla de la insuficiencia cardiaca, es la que estratifica a los pacientes en función de la cámara cardiaca que esté dañada o disfuncional. Esto también condicionará la clínica que va a presentar el paciente. (16)

- *Insuficiencia cardiaca izquierda:* En este caso es el ventrículo izquierdo quien tiene la disfunción, de tal forma que los síntomas que se evidenciarán será fundamentalmente congestión pulmonar, y, por tanto, disnea, ortopnea, intolerancia a la posición de decúbito y disnea paroxística durante la noche, etc.
- *Insuficiencia cardiaca derecha:* La cámara cardiaca dañada es el ventrículo derecho, por lo tanto, los síntomas predominantes son derivados de la congestión venosa sistémica, entre ellos, edemas, aumento de la presión en la vena yugular, hepatomegalia, ascitis, etc.

Por último, la NYHA es la clasificación de la insuficiencia cardiaca propuesta por la New York Heart Association. Realiza su clasificación en función de la gravedad de los síntomas que presenta el paciente y la intolerancia al ejercicio físico que puede tener la persona. Pero, esta escala no tiene una correlación adecuada al ser una medición subjetiva y que puede cambiar en periodos de tiempo cortos.

Tabla extraída de: Sánchez-Prieto Castillo J, López Sánchez F.A. Insuficiencia cardíaca. Generalidades. *Medicine*. 2017;12(35):2085-2091.

### Clasificación de la insuficiencia cardíaca

Según FEVI	IC-FEc FEVI ≥ 50%	IC-FEm FEVI 40-49% Péptidos natriuréticos elevados Al menos un criterio adicional 1. Enfermedad estructural cardíaca relevante (HVI o DAi) 2. Disfunción diastólica	IC-FEr FEVI < 40% Péptidos natriuréticos elevados Al menos un criterio adicional 1. Enfermedad estructural cardíaca relevante (HVI o DAi) 2. Disfunción diastólica	
Curso clínico	Aguda	Subaguda	Crónica	
Síntomas	Izquierda (congestión pulmonar)	Derecha (congestión sistémica)		
Gravedad sintomática (clasificación de la NYHA)	I Sin limitación para la actividad física. La actividad física normal no causa excesiva disnea, fatiga o palpitaciones	II Ligera limitación para la actividad física. Cómodo en reposo pero la actividad física normal da como resultado una excesiva disnea, fatiga o palpitaciones	III Marcada limitación para la actividad física. Cómodo en reposo, si bien una actividad física menor de lo normal da como resultado una excesiva disnea, fatiga o palpitaciones	IV Incapacidad para mantener actividad física sin molestias Puede haber síntomas en reposo
Gravedad sintomática en el contexto del infarto (clasificación de Killip)	I Paciente sin signos ni síntomas de insuficiencia cardíaca izquierda	II Paciente con estertores o crepitantes húmedos, tercer ruido cardíaco o aumento de la presión venosa yugular	III Paciente con edema agudo de pulmón	IV Pacientes en <i>shock</i> cardiogénico, hipotensión y evidencia de vasoconstricción periférica (oliguria, cianosis o diaforesis)

DAi: dilatación auricular izquierda; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; HVI: hipertrofia ventricular izquierda; IC-FEc: insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada; IC-FEm: insuficiencia cardíaca con fracción de eyección en rango medio; IC-FEr: insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida; NYHA: *New York Heart Association*.

### Factores de riesgo de la insuficiencia cardíaca

Existen múltiples situaciones o comorbilidades que pueden asociarse con el aumento de que una persona pueda sufrir algún defecto en la estructura o la funcionalidad cardíaca y que desemboque en el desarrollo de una insuficiencia cardíaca. De tal forma, que la pronta identificación y tratamiento de dichas situaciones, servirá para minimizar el riesgo de insuficiencia cardíaca.

Algunos de los factores de riesgo más destacables son: (16)

- **Diabetes Mellitus:** La diabetes Mellitus entendida como una resistencia orgánica a la insulina, es uno de los factores de riesgo de insuficiencia cardíaca más destacados, puesto que incrementa el riesgo de padecerla incluso en pacientes sin deficiencias estructurales en el miocardio. Además, una vez instaurada la insuficiencia cardíaca, el pronóstico de las personas diabéticas se ve todavía más comprometido.
- **Hipertensión arterial:** Puede considerarse como el factor de riesgo de mayor relevancia para la insuficiencia cardíaca, ya que el porcentaje de personas hipertensas que desarrollan una insuficiencia cardíaca es mucho más elevado que en las personas con cifras de tensión dentro de los valores de normalidad. Si a la hipertensión arterial, se le añade el hecho de ser persona de edad avanzada, el riesgo de insuficiencia cardíaca se eleva exponencialmente. Debido al gran número de personas con hipertensión en la población actual, las estrategias de control de la tensión juegan un papel imprescindible para disminuir la incidencia de la insuficiencia cardíaca.
- **Síndrome metabólico:** Denominaríamos síndrome metabólico, a la agrupación de alteraciones metabólicas formado por la obesidad, los niveles bajos de colesterol tipo HDL, elevadas concentraciones en sangre de triglicéridos, hipertensión arterial e hiperglucemia. De la misma forma que ocurre con la hipertensión arterial, las estrategias de seguimiento y control del síndrome metabólico, a su vez son una estrategia para disminuir el riesgo de insuficien-

cia cardíaca en la población actual, la cual presenta una incidencia cada vez mayor de ésta patología.

- **Enfermedad aterosclerótica:** Aquellas personas que sufran una enfermedad aterosclerótica conocida, ya sea coronaria, cerebral o periférica, tiene un elevado porcentaje de desarrollar una insuficiencia cardíaca. Del mismo modo, que en este tipo de personas, el pronóstico de hospitalización, empeoramiento de los signos y síntomas y muerte por descompensación de la insuficiencia es mayor que en el resto de los casos.

### Diagnóstico

#### Signos y síntomas

Habitualmente los signos y síntomas de la insuficiencia cardíaca son inespecíficos, de tal forma que no ponen fácil la discriminación entre el diagnóstico de insuficiencia y otros problemas de salud. (19)

Si en cualquier momento de la vida de la persona que se desarrolle la insuficiencia cardíaca la identificación e interpretación de los síntomas inespecíficos es complicada, todavía se complica más en personas de edad avanzada o con problemas de obesidad y/o enfermedades pulmonares crónicas, ya que la clínica puede ser muy similar y el diagnóstico muy complicado de diferenciar. Al más fácil de interpretar la clínica es en las personas de menor edad ya que la presentación clínica y la evolución es más evidente que en los ancianos.

Debido a esta falta de especificidad en la clínica de la insuficiencia cardíaca, una historia clínica adecuada y bien detallada tiene un papel de vital importancia a la hora de hacer un diagnóstico acertado y preciso. También hay que tener en cuenta, que una persona que no tenga una historia clínica relevante, es menos común que desarrolle una insuficiencia cardíaca, a no ser que debute con una causa potencialmente susceptible de que aparezca dicha insuficiencia como sería el caso de un daño cardíaco agudo.

Tabla extraída de: Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) de diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardiaca aguda y crónica. Guía ESC 2016 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardiaca aguda y crónica. Rev Esp Cardiol. 2016;69(12): 1167.e1-e85.

Síntomas y signos típicos de insuficiencia cardiaca

Síntomas	Signos
Típicos	Más específicos
Disnea	Presión venosa yugular elevada
Ortopnea	Reflujo hepatoyugular
Disnea paroxística nocturna	Tercer sonido cardiaco (ritmo galopante)
Tolerancia al ejercicio disminuida	Impulso apical desplazado lateralmente
Fatiga, cansancio, más tiempo hasta recuperarse del ejercicio	
Inflamación de tobillos	
Menos típicos	Menos específicos
Tos nocturna	Aumento de peso (> 2 kg/semana)
Sibilancias	Pérdida de peso (IC avanzada)
Sensación de hinchazón	Pérdida de tejido (caquexia)
Pérdida de apetito	Soplo cardiaco
Confusión (especialmente en ancianos)	Edema periférico (tobillos, sacro, escroto)
Decaimiento	Crepitantes pulmonares
Palpitaciones	Menor entrada de aire y matidez a la percusión en las bases pulmonares (derrame pleural)
Mareo	Taquicardia
Síncope	Pulso irregular
Bendopnea <sup>23</sup>	Taquipnea
	Respiración de Cheyne Stokes
	Hepatomegalia
	Ascitis
	Extremidades frías
	Oliguria
	Presión de pulso estrecha

Lo contrario ocurre, cuando se realiza una historia clínica de una persona con enfermedades cardiacas u otros problemas de salud susceptibles de potenciar el riesgo de insuficiencia cardiaca, aquí si es imprescindible seguir indagando para completar el diagnóstico. (19)

En cada toma de contacto con el paciente, es de gran importancia evaluar los signos y síntomas de insuficiencia cardiaca, teniendo especial atención a los signos de congestión.

Los signos y síntomas no solo son importantes y necesarios para el diagnóstico de la insuficiencia cardiaca, sino que una vez diagnóstico y puesto el tratamiento, nos sirven para evaluar la respuesta del paciente. La persistencia de los síntomas a pesar del tratamiento, generalmente lleva a pesar en la necesidad de un tratamiento adicional, así como el empeoramiento de dichos síntomas, es indicativo de un proceso de mayor gravedad que pone en riesgo la vida del paciente, por lo que su hospitalización y actuación médica debe ser en el menor tiempo posible. (16) (19)

### Pruebas iniciales básicas

Además de la completa y detallada historia clínica imprescindible para centrar el diagnóstico de insuficiencia cardiaca como se ha mencionado anteriormente, es de vital importancia realizar una serie de pruebas complementarias que ayuden tanto al diagnóstico como a centrar una adecuada estrategia de tratamiento.

En un primer momento, se realizan una serie de pruebas básicas que aportan una información inicial y de gran ayuda. (19)

Algunas de estas pruebas son:

- **Medición de la concentración plasmática de péptidos natriuréticos:** Suele utilizarse como una prueba inicial para el diagnóstico, para situaciones que no sean agudas y cuando no se disponga de forma inmediata de un ecocardiograma. La elevación del péptido natriurético, ya sirve como punto inicial para identificar aquellos pacientes que tiene un elevado riesgo de desarrollar una insuficiencia cardiaca y que requieren de pruebas cardiacas adicionales. Mientras que aquellos pacientes que tengan una concentración del péptido por debajo de los valores, se excluyen de la realización del ecocardiograma. Los pacientes que presentan concentraciones del péptido natriurético normales, tienen muy pocas probabilidades de tener insuficiencia cardiaca. (19)

De tal forma, que la utilización del péptido natriurético se realiza más para descartar la insuficiencia cardiaca que para confirmarla.

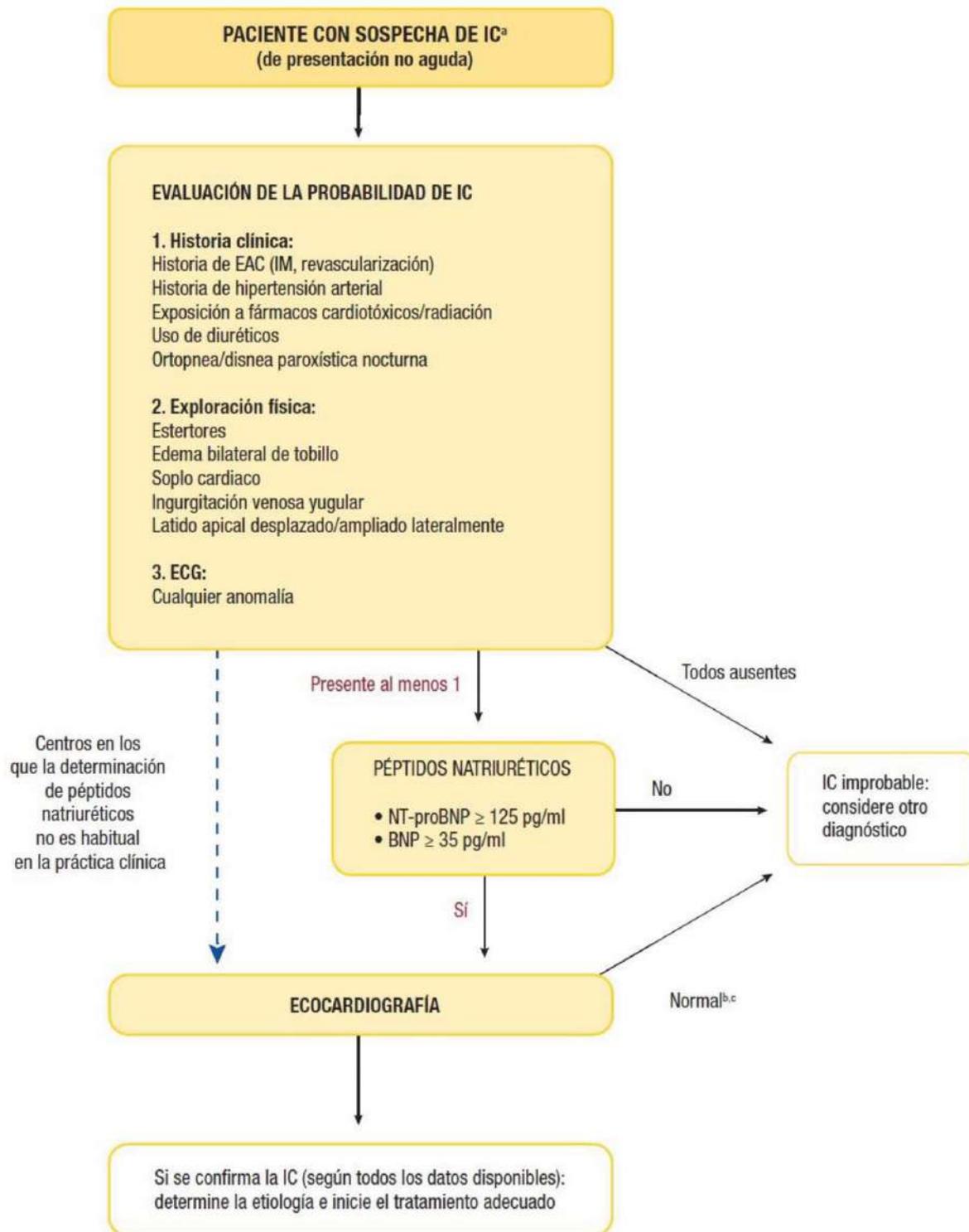
La elevación del péptido puede producirse por múltiples causas, tanto cardiacas como no cardiacas, una de los motivos de su elevación es la edad, de tal forma que en las personas mayores la elevación en la concentración del péptido no tiene una capacidad diagnóstica muy real. (19)

- **Electrocardiograma:** El electrocardiograma es una prueba complementaria con una especificidad baja para la insuficiencia cardiaca, pero la aparición de alguna anomalía en él aumenta las posibilidades de diagnóstico de insuficiencia, además aportar información sobre la etiología y orientar en el tratamiento. La probabilidad de que una persona con un electrocardiograma normal desarrolle una insuficiencia cardiaca es muy baja, de tal forma, que se recomienda realizar ECG de control, sobre todo en personas de edad avanzada, para identificar de forma temprana su aparición. (19)
- **Ecocardiografía:** Es la prueba más útil y de mayor disponibilidad para realizar un diagnóstico de insuficiencia cardiaca y determinar el tratamiento a seguir tras el diagnóstico, ya que proporciona información inmediata sobre el volumen de sangre que se mueve en las cámaras cardiacas, la función tanto sistólica como diastólica del ventrículo izquierdo, así como del espesor de su pared, la funcionalidad de sus válvulas, etc. (19)

Generalmente con la información recibida de una minuciosa historia clínica, y las pruebas anteriormente mencionadas, se tienen datos suficientes para diagnosticar la insuficiencia cardiaca y plantear su tratamiento inicial. Sólo en el caso de que alguna de las pruebas tenga un resultado dudoso, se deberían realizar otro tipo de pruebas que confirmen o no la insuficiencia. (19)

Como se desarrolló anteriormente, existen múltiples clasificaciones de la insuficiencia cardiaca según distintos criterios, pero centrándonos en las características de las personas de edad avanzada, la insuficiencia cardiaca que mayor probabilidades tienen de desarrollar es la crónica, en la que la aparición de disfunciones y problemas en las estructuras cardiacas, pueden estar debidos simplemente

Tabla extraída de: Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) de diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Guía ESC 2016 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Rev Esp Cardiol. 2016;69(12): 1167.e1-e85.



por el envejecimiento, sin olvidar, que existen multitud de etiologías que también pueden ocurrir.

De tal forma, que, para el diagnóstico de la insuficiencia cardíaca en contextos no agudos, que sería, generalmente, el caso de las personas mayores, se ha establecido un algoritmo de actuación que permita hacer un diagnóstico más rápido y directo.

De forma habitual, la primera toma de contacto con este tipo de paciente se realiza en los centros de atención prima-

ria o ambulatoria, de forma que cuando una persona presente signos y síntomas compatibles con la insuficiencia cardíaca, en primer lugar se debe evaluar la probabilidad de que estemos ante un cuadro de insuficiencia buscando información en la historia clínica del paciente, monitorizar sus síntomas, realizar una adecuada exploración física y hacer un electrocardiograma en reposo para tomarlo con punto de partida. Si todos estos elementos son normales, el diagnóstico de insuficiencia cardíaca es poco probable, y se deberían tener en cuenta otros diagnósticos. Si uno de los elementos da un resultado anormal, se debería analizar

los niveles plasmáticos de péptidos natriurético, para cribar así los pacientes que precisan un ecocardiograma para concretar el diagnóstico, como se ha comentado anteriormente. (19)

### **Prevención o retraso de la aparición de la insuficiencia cardiaca**

Conociendo los factores de riesgo que favorecen la aparición y desarrollo de la insuficiencia cardiaca, así como que una de sus etiologías más probables es la disfunción sistólica del ventrículo izquierdo, se pueden planificar estrategias para disminuir o retrasar la aparición de la insuficiencia controlando dichos factores de riesgo y mejorando la funcionalidad del ventrículo izquierdo. (19)

Es bastante la evidencia que ha demostrado que, controlando la hipertensión arterial, la manifestación de la insuficiencia cardiaca se retrasa, e incluso el riesgo de muerte disminuye. Se ha comprobado, que sobre todo en personas mayores, algunos fármacos antihipertensivos como los IECA, antagonistas del receptor de la angiotensina II o los diuréticos son efectivos para pacientes con insuficiencia cardiaca, teniendo o no antecedentes de infarto de miocardio. (19)

En otro de los factores de riesgo de padecer insuficiencia cardiaca como es la diabetes mellitus, se ha demostrado que algunos fármacos como el Empaglifozina, mejorando el control de la diabetes, también reducen la mortalidad de los pacientes que desarrollan la insuficiencia y disminuyen el número de hospitalizaciones en dichos pacientes. Por el contrario, otros fármacos hipoglucemiantes, no han demostrado su eficacia para prevenir la insuficiencia cardiaca, incluso algunos de ellos incrementar su riesgo.

Fumar, otro factor de riesgo no solo de la insuficiencia, sino de cualquier enfermedad cardiaca. Aunque no hay demostración de que dejar de fumar disminuya el riesgo de desarrollar insuficiencia cardiaca, la deshabituación tabáquica sí que tiene evidencia de que minimiza la aparición de otras enfermedades cardiovasculares, las cuales son en muchas ocasiones el origen de la insuficiencia, de tal forma, que por consiguiente dejar de fumar también es beneficioso en la prevención de la insuficiencia cardiaca. Lo mismo ocurre con el consumo de alcohol, que, aunque no hay evidencia científica de su relación con la insuficiencia, el mayor consumo favorece la aparición de cardiopatías y por lo tanto la evolución de la cardiopatía. (19)

### **Tratamiento de la insuficiencia cardiaca**

#### *Tratamiento no farmacológico*

Una de las primeras estrategias de tratamiento que se debe seguir para la insuficiencia cardiaca, es la prevención de los factores de riesgo que se han indicado anteriormente. Para ellos, la intervención de un tratamiento no farmacológico, juega un papel de máxima importancia. Algunas de las recomendaciones que se proponen son: (20)

- **Dieta:** Uno de los elementos más importantes es la reducción de la cantidad de sodio en la dieta, en casos de insu-

ficiencia leve o moderada, se restringirá a menos de 3 g/día. En los casos de insuficiencia grave, descompensada o cuando la dosis de diuréticos pautaada se alta, la cantidad de sodio en la dieta debe ser todavía menor. Algunas recomendaciones para disminuir el consumo de sodio, puede ser evitar alimentos precocinados, conservas, embutidos, cocinar con poca sal, evitar el consumo de bicarbonato sódico, etc. (20)

Si nos encontramos ante una insuficiencia grave, descompensada y que además está acompañada de un mal ajuste a los diuréticos prescritos, se recomienda reducir el consumo de agua a menos de 1.5l/diarios.

Independientemente del tipo de insuficiencia cardiaca, la ingesta de alcohol debe restringirse al máximo, aunque cabría decir que está totalmente desaconsejada.

- **Control de peso:** En los pacientes que padecen insuficiencia cardiaca, es muy recomendable el control diario del peso, ya que un aumento significativo, como puede ser un aumento de dos o más kilos en menos de tres días puede indicar retención hídrica, y puede dejar ver un empeoramiento de la situación. La aparición de edemas periféricos y dificultad para respirar, también con indicativos de alarma. En definitiva, el control de la obesidad, solo tiene beneficios para el manejo y pronóstico de la insuficiencia cardiaca. (20)
  - **Evitar el estrés físico y psíquico:** El bienestar físico y psíquico es muy importante para el correcto control de la insuficiencia, algunas medidas que se recomiendan son, evitar el ejercicio físico isométrico, adecuar la ingesta de líquidos a las condiciones ambientales en la que se encuentra la persona, evitar el estrés emocional, la ansiedad y el insomnio. (20)
  - **Ejercicio físico:** Sólo se recomienda la disminución de la actividad física en los casos de insuficiencia cardiaca descompensada o muy avanzada. Por el contrario, en el resto de casos, lo que se desaconseja es inactividad o el reposo. Seguir un programa de ejercicio físico suave y de manera regular, favorece la tolerancia al esfuerzo y es beneficioso para aquellas personas que tienen un grado de insuficiencia cardiaca que les permite realizarlo y que tiene una situación de estabilidad clínica. (20)
- Tampoco hay que olvidar, que el sedentarismo favorece el riesgo de trombosis venosa profunda y demás enfermedades cardiacas, que pueden desembocar en una insuficiencia cardiaca.
- **Prevención de infecciones y anemia:** Es muy aconsejable, que las personas con insuficiencia cardiaca tengan completo su calendario vacunal, además de administrar de forma sistemática las vacunas anuales antigripal y anti-neumocócica. (20)

La anemia es una situación bastante frecuente en los pacientes de edad avanzada y además es considerado un factor precipitante de la insuficiencia cardiaca, de tal forma que se recomienda un control analítico, que permita identificar precozmente la aparición de anemia en personas mayores. (20)

### Tratamiento farmacológico

La insuficiencia cardiaca es una patología que cursa con una fisiopatología muy compleja y que se caracteriza por tener un carácter progresivo, de tal forma que para su abordaje con un tratamiento farmacológico, habitualmente se emplean combinaciones de fármacos. (21)

Los objetivos que se pretende conseguir con el tratamiento farmacológico de la insuficiencia cardiaca son, disminuir los síntomas, favorecer la capacidad funcional del paciente, corregir los trastornos hemodinámicos que puedan derivar de la insuficiencia, ayudar a los mecanismos compensadores neurohormonales, retrasar el deterioro de la función cardiaca, así como intentar mejorar la calidad y tiempo de vida de la persona.

Algunos de los tipos de fármacos utilizados son: (21)

#### *Inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina (IECAS)*

Los IECAS son aquellos fármacos que se dedican a inhibir a la enzima que se encarga de convertir la angiotensina I en angiotensina II en el riñón. En consecuencia, también se inhibe el sistema renina-angiotensina-aldosterona, y, por tanto, se produce una vasodilatación de las arteriolas y venas, lo que reduce la retención de sodio al haber menores niveles de secreción de aldosterona.

Los beneficios que aportan los IECAs en las personas con insuficiencia cardiaca se basan en sus efectos hemodinámicos, antiarrítmicos, ayudan a evitar la isquemia y protegen al miocardio.

Se ha demostrado con diferentes estudios, que los IECAs ralentizan el avance de la insuficiencia cardiaca y aumentan la esperanza de vida de las personas que padecen un deterioro de la función del ventrículo izquierdo, sean o no asintomáticos. (21)

Los principales IECA utilizados para el tratamiento de la insuficiencia cardiaca, son: Captopril, Enalapril, Lisinopril, Trandolapril, etc. Todos ellos se diferencian en sus características farmacocinéticas, pero las diferencias en su eficacia son insignificantes. En la pauta con IECA, se recomienda empezar con dosis bajas e ir aumentándolas progresivamente hasta alcanzar la dosis necesaria. En cuanto a los efectos adversos que puedan derivar de su administración, los más destacados y/o habituales son, hipotensión e insuficiencia renal por la supresión de la angiotensina II o la tos y edema angioneurótico derivado del aumento de las concentraciones de cininas endógenas. (21)

Las contraindicaciones que presenta la administración de los IECA son, la hipotensión sintomática, hiperpotasemia, insuficiencia renal establecida, estenosis bilateral de la arteria renal o antecedentes de angioedema, entre otros.

#### *Diuréticos*

Son considerados los fármacos de elección para tratar síntomas característicos de la insuficiencia cardiaca, como son la retención de agua y sodio, además de los síntomas congestivos. Su mecanismo de acción se basa en eliminar agua

y sodio para reducir la cantidad de líquidos que llegan al corazón. Suelen utilizarse como terapia desde el inicio del desarrollo de la insuficiencia cardiaca y su administración debe acompañarse de una ingesta reducida de sodio.

Existen tres grupos de fármacos diuréticos: (21)

- *Diuréticos de asa:* Habitualmente los más utilizados son Furosemida y Torasemida. Son los diuréticos más potentes.
- *Tiazidas:* Son fármacos diuréticos de potencia intermedia y a este grupo pertenecen la Hidroclorotiazida y la Clortalidona.
- *Ahorradores de potasio:* Los diuréticos ahorradores de potasio, también llamados inhibidores de la aldosterona, se encargan de bloquear los receptores que fijan la aldosterona, además de otros receptores de las hormonas esteroideas, aunque éstos con otro grado de afinidad diferentes.

Los más utilizados son la Amilorida y Espironolactona. Éstos fármaco tienen una potencia baja como diuréticos, pero la Espironolactona es un fármaco antialdosterónico, es decir, tiene capacidad de inhibición neurohormonal. (21)

Cuando se produce una desestabilización de la insuficiencia cardiaca, se pautan dosis altas de diuréticos del asa, después, cuando el cuadro se va volviendo a estabilizar, se va reduciendo la dosis de diuréticos del asa hasta conseguir la mínima dosis efectiva que permita un estado asintomático y estable para el paciente. (21)

Actualmente, los diuréticos del asa y las tiazidas, se utilizan combinados con otros fármacos.

Como se ha comentado anteriormente, los únicos diuréticos que pueden causar una inhibición neurohormonal es la espironolactona, mientras que los diuréticos del asa y las tiazidas causan hipopotasemia, más o menos grave según la dosis administrada. (21)

Se importante saber, que se debe evitar el uso al mismo tiempo de AINEs con los diuréticos y los IECA, ya que pueden minimizar su eficacia.

#### *Digitálicos*

El fármaco digitálico por excelencia es la Digoxina. Su función se basa en la inhibición de la boma ATP-asa Na/K, que se encarga de aumentar la concentración de sodio dentro de la célula y disminuir los niveles de potasio. Además, se encarga de facilitar la entrada de calcio al interior de la célula, lo que daría respuesta al aumento de la contractilidad cardiaca. En conclusión, los efectos que produce la administración de Digitálicos, es el aumento del gasto cardiaco, la mejoría de la diuresis y la disminución de la presión de llenado del ventrículo, mejorando así la congestión pulmonar. (21)

La digoxina es un fármaco muy eficaz para el tratamiento de la insuficiencia cardiaca cuando ésta está causada por una fibrilación auricular, además se aconseja su utilización

cuando, a pesar de la administración de IECA y diuréticos, los síntomas de insuficiencia cardiaca continua.

La intoxicación por digoxina es una patología muy frecuente y sobre todo en personas de edad avanzada, ya que su margen terapéutico es muy estrecho. Sus efectos adversos más habituales son todos los tipos de arritmia cardiaca. Además, mientras que se está utilizando la digoxina, hay que tener un control muy estricto de los niveles de potasio y la función renal.

#### *Bloqueadores beta*

Los fármacos beta bloqueantes, se utilizan en la insuficiencia cardiaca para disminuir la hiperactividad del sistema nervioso simpático, el cual juega un papel relevante en la fisiopatología de la insuficiencia desde el inicio de su evolución. (21)

El inicio de la administración de bloqueadores beta, se hará cuando el paciente esté estable y pautarán dosis muy bajas, las cuales se irán aumentando progresivamente hasta alcanzar la cantidad mínima efectiva. Éstos fármacos suelen asociarse en el tratamiento de diuréticos e IECAs.

Algunos ejemplos de beta bloqueantes son el Bisoprolol y el Carvedilol, que a su vez son dos de los más utilizados. (21)

En cuanto a los efectos adversos que puedan derivar de su administración, es muy importante avisar al paciente, que con la administración de las primeras dosis no sería raro que aparecieran mareos. Cuando se inicia el tratamiento, al principio puede darse un empeoramiento de la insuficiencia, y no será hasta pasados los dos primeros meses, cuando sea evidente la mejoría en la capacidad para realizar ejercicio por parte del paciente.

Las condiciones que contraindican la utilización de beta bloqueantes son, el asma bronquial, EPOC de grado moderado/severo, enfermedades cardiacas tales como patologías del nodo sinusal, bloqueos auriculoventriculares, bradicardia sinusal o incluso hipotensión. (21)

#### *Antagonistas de los receptores de la angiotensina II (ARA II)*

Estos fármacos se encargan del bloquear la acción de la angiotensina II, pero no provocan el aumento de los niveles de bradicinina, sustancia responsable de algunos efectos adversos de los IECAs como la tos o el angioedema. A pesar de ello, la evidencia actual rechaza la idea de sustituir los ARA II por los IECA como primera opción de tratamiento. De hecho, los antagonistas de los receptores de la angiotensina II, precisamente están indicados cuando el paciente no tolera el tratamiento con IECAs. Actualmente, hay algunas líneas de investigación que están apoyando los efectos positivos que puede tener la asociación de fármacos ARA II e IECA en el mismo tratamiento. (21)

El ARA II que más frecuentemente se utiliza es el Losartan, aunque tiene su principal contraindicación en paciente que presentan insuficiencia renal, hiperpotasemia o hipotensión, ya sea sintomática o asintomática.

#### *Vasodilatadores*

Los vasodilatadores son fármacos que basan su actividad en mejorar la función ventricular, actúan sobre su componente vascular produciendo bien, una dilatación venosa, que reduce la precarga, o bien una dilatación de las arterias que se encarga de reducir la postcarga. (21)

Los vasodilatadores venosos, como son la nitroglicerina, el dinitrato de isorbida, etc, tiene un efecto de mejoría sobre los signos de congestión a nivel pulmonar y sistémico. Además, mejoran el trabajo del corazón, disminuyen las necesidades miocárdicas de oxígeno y mejoran la isquemia cardiaca, ya que minimizan la tensión de la pared de los ventrículos. La administración continuada de vasodilatadores venoso, reduce su efectividad. Éstos fármacos, están indicados cuando se presenta alguna contraindicación para la administración de IECA o ARA II. (21)

Los vasodilatadores venosos están contraindicados cuando la persona padece de hipotensión sintomática o la presión arterial sistólica no supera los 90 mmHg.

Por otro lado, están los vasodilatadores arteriales, entre los que destaca la Hidralazina, como el más habitualmente utilizado. Se encargan de mejorar el volumen minuto y la perfusión periférica, ya que las resistencias vasculares periféricas las minimizan. Aunque, los vasodilatadores arteriales, tiene un efecto muy poco significativo sobre la congestión pulmonar y la presión arterial del paciente.

Algunos estudios han demostrado que el tratamiento simultáneo con un vasodilatador venoso y otro arterial, como es el caso de la hidralazina administrada junto con el dinitrato de isosorbida, mejora el tiempo de vida de la persona que sufre la insuficiencia cardiaca. (21)

#### *Antagonistas del calcio*

La función básica de los antagonistas del calcio es impedir que el calcio entre a la célula miocárdica y las células de las arterias, de tal forma que al bloquear el paso del calcio se produzca una menor contracción miocárdica y vasodilatación arterial. Algunos de los antagonistas del calcio más utilizados son, el Verapamilo y el Diltiazem, que su principal contraindicación es que deprimen la capacidad de contracción del corazón. El Amlodipino, que está muy recomendado su uso cuando el paciente presenta hipertensión arterial y cardiopatía isquémica o cuando la insuficiencia cardiaca tiene como origen la disfunción diastólica de los ventrículos. (21)

#### *Anticoagulantes*

La utilización de los anticoagulantes como tratamiento en la insuficiencia cardiaca, está indicado fundamentalmente cuando existe, además, fibrilación auricular, en la historia clínica del paciente ha presentado antecedentes de tromboembolismo o se evidencia la presencia de trombos en las cavidades internas del corazón.

Aquellos pacientes con insuficiencia cardiaca en un estadio avanzado y que tengan que permanecer encamados,

tienen muy recomendada la utilización de heparina como tratamiento anticoagulante. (21)

#### Otros fármacos

Actualmente, se están estudiando varios grupos de fármacos para demostrar su eficacia como tratamiento para la insuficiencia cardiaca, todas éstas familias de fármacos actúan modulando los sistemas neurohormonales, los cuales se ha visto que son uno de los mecanismos que mejores resultados han demostrado, en cuanto a la supervivencia de los pacientes con insuficiencia cardiaca. (21)

Entre estos grupos de medicamentos, encontramos algunos ejemplos como los inhibidores de la vasopresina, los antagonistas de la endotelina, los inhibidores de la endopeptidasa, antagonistas de los péptidos natriuréticos o los inhibidores del factor de la necrosis tumoral, entre otros.

Una vez descritos los grupos de fármacos que se utilizan habitualmente en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca, se han establecido unas pautas de tratamiento que agrupa a los medicamentos en función de sus características, de sus indicaciones y contraindicaciones, así como los beneficios que su asociación puede producir en la evolución de la insuficiencia cardiaca.

Tradicionalmente, la terapia farmacológica clásica que se ha seguido para el tratamiento de la insuficiencia cardiaca se basaba en unas determinadas pautas, la más reconocida es aquella que utiliza medicamentos que actúan sobre el sistema renina-angiotensina-aldosterona, es decir, los IECAs y los ARA II. La función de estos fármacos es antihipertensiva, controlando así los efectos del eje renina-angiotensina-aldosterona. (22)

Otros de los medicamentos utilizados en la terapia clásica son los beta bloqueantes, que tiene como objetivo terapéutico disminuir los efectos vasoconstrictores del sistema nervioso simpático. Ésta función, la llevan a cabo bloqueando los receptores beta adrenérgicos y produciendo así la relación de los músculos lisos, tanto a nivel vascular como a nivel cardiaco. Como se ha enumerado anteriormente, los beta bloqueantes más utilizados son el Carvedilol, Bisoprolol, Metoprolol, Nebivolol, etc. Existe evidencia científica, que corrobora que con el tratamiento de la insuficiencia cardiaca con este tipo de medicamentos, se han obtenido beneficios como una evolución más lenta de la enfermedad, una mejoría tanto en los síntomas como en la capacidad de realizar ejercicio físico en las personas que la padecen, un aumento progresivo de la fracción de eyección de los ventrículos del corazón, la disminución del número de hospitalizaciones por empeoramiento de la situación clínica del paciente y una reducción de los casos de muertes por insuficiencia cardiaca. (22)

Los diuréticos, también son fármacos de gran importancia en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca, habitualmente se utilizan como coadyuvantes con otros medicamentos, y juegan un papel fundamental en el control de los signos y síntomas congestivos de la insuficiencia cardiaca. Los diuréticos tiazídicos, son los que habitualmente se eligen como primera opción de tratamiento y sobre todo en los estadios iniciales de la insuficiencia. Mientras, los diuréticos de asa,

tiene un protagonismo más importante en las fases agudas de la insuficiencia, así como en los estados más avanzados de la enfermedad, ya que su principal característica es producir una cantidad abundante de orina. (22)

Cualquiera de las opciones en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca con diuréticos es perfectamente válida, pero también hay que tener en cuenta, que ambas cuentan con un efecto adverso común, que pueden ocasionar una hipokalemia sin no hay un correcto control de ellos.

Por otro lado, están los diuréticos ahorradores de potasio, que como se ha mencionado anteriormente, los más habituales son la Espironolactona, Amilorida y Esplerenona, normalmente éstos medicamentos están asociados a una pauta con diuréticos tiazídicos con el objetivo de contrarrestar algunos efectos adversos como la hipokalemia. También se ha corroborado con diferentes estudios, que la asociación de ambos tipos de diuréticos, se contrarrestan los efectos que el hiperaldosteronismo tiene sobre el sistema cardiovascular, además de mejorar la disfunción endotelial, la inflamación alrededor del sistema vascular y el remodelado del corazón, lo que supone una reducción de la hipertrofia y fibrosis del miocardio. (22)

Después de haber descrito la terapia farmacológica clásica para el tratamiento de la insuficiencia cardiaca, actualmente existen una serie de novedades terapéuticas que pretenden modernizar y mejorar el tratamiento de dicha patología.

Una de las novedades que mejores resultados han demostrado y que han conseguido disminuir el riesgo de que un paciente que padece insuficiencia cardiaca fallezca por causa cardiovascular, es la combinación de dos fármacos que son el Sacubitrilo y el Valsartán. (22)

El Valsartán, un diurético ARA II y el Sacubitrilo, un inhibidor de la neprilisina, han demostrado que en tratamiento combinado tiene una capacidad mayor que los IECAs, como el Enalapril, para minimizar el riesgo de fallecimiento u hospitalización en pacientes con insuficiencia cardiaca sintomática y con FEVI menos del 35% que estaban siendo tratados con un betabloqueante y un antagonista de los receptores mineralocorticoides. Sus mejores resultados que el tratamiento con IECAs se basa en que la combinación de Valsartán y Sacubitrilo actúan sobre dos de los sistemas neurohormonales que participan en la fisiopatología de la insuficiencia cardiaca, por un lado, bloquea el eje renina-angiotensina-aldosterona y por otro lado, inhibe el sistema de péptidos natriuréticos, produciendo así un efecto vasodilatador, natriurético y antifibrótico, entre otros. Otro de los avances que ha conseguido esta nueva combinación de fármacos, es disminuir algunos efectos adversos que presentan los medicamentos más clásicos como son la hipotensión, la hiperkalemia o la insuficiencia renal. (22)

La Ivabradina, es otra de las nuevas recomendaciones en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca. Éste nuevo fármaco es un inhibidor específico y selectivo del canal iónico que se encuentra en diferentes localizaciones del miocardio como el nodo sinoauricular, en la unión entre las aurículas y los ventrículos y en las fibras de Purkinje.

Su principal recomendación es para el grupo de pacientes de insuficiencia cardíaca que mantengan una fracción de eyección menos del 35% y que, a pesar de estar tratados con dosis máximas de betabloqueantes, tiene un ritmo sinusal con frecuencias cardíacas mayores de 75 latidos por minuto. Su objetivo es minimizar el riesgo de taquicardia cardíaca y controlar el empeoramiento de la insuficiencia. Al contrario de lo que ocurre con los betas bloqueantes, la Ivabradina, disminuye la frecuencia cardíaca sin producir hipotensión ni disminuir la contractilidad del corazón. (22)

La Ivabradina, está contraindicada como tratamiento en personas con una insuficiencia cardíaca descompensada, en pacientes con tendencia a la hipotensión y tensión arterial sistólica menos de 90mmHg o que presenten un bloqueo auriculoventricular de tercer grado. Se ha visto que en personas de edad avanzada, mayores de 70 años, se ha mejorado su calidad de vida después de seis meses de tratamiento con Ivabradina. (22)

## PLAN DE CUIDADOS DE ENFERMERIA PARA LA INSUFICIENCIA CARDIACA

Como se ha estado comentando a lo largo del presente trabajo, la insuficiencia cardíaca es una patología cada vez más frecuente en nuestra sociedad actual, una sociedad cada vez más envejecida y con un aumento de la esperanza de vida, lo que hace que el número de personas de edad avanzada es cada vez mayor. Generalmente, la insuficiencia cardíaca, es una enfermedad que suele aparecer y desarrollarse en personas mayores, bien sea por las características propias del envejecimiento o por las comorbilidades que pueda presentar la persona.

Además, la insuficiencia cardíaca es una enfermedad que puede cursar de forma aguda, pero normalmente presenta una evolución progresiva que va condicionando la calidad y forma de vida de la persona que lo sufre.

En este contexto, el papel de la enfermería es de vital importancia, tanto para seguir la evolución de la patología como para favorecer una mejoría de la calidad de vida del paciente a través de una adecuada educación para la salud y promoción y prevención de la enfermedad.

Utilizando todos estos argumentos, es muy importante plantear desde el punto de vista enfermero una serie de diagnósticos enfermeros genéricos para la insuficiencia cardíaca después se podrán individualizar en el caso de cada persona.

Algunos ejemplos de éstos diagnósticos y siguiendo la taxonomía enfermera NANDA, son: (23)

- Riesgo de intolerancia a la actividad. (23)
  - Código del diagnóstico: 00094
  - Dominio: 4
  - Clase: 4
  - Definición: Energía física o psíquica insuficiente para tolerar o completar las actividades diarias precisas o deseadas.

- Factores de riesgo: Problemas circulatorios y/o respiratorios
- Intolerancia a la actividad (23)
  - Código del diagnóstico: 00092
  - Dominio: 4
  - Clase: 4
  - Definición: Estado en que el individuo carece de la energía física o psíquica suficientes para desarrollar o acabar las actividades cotidianas que requiere o desea.
  - Factores relacionados: Desequilibrio entre las demandas y el aporte de oxígeno y/o Debilidad generalizada.
  - Características definitorias: Malestar o disnea al efectuar esfuerzos referencias verbales de sentir fatiga o debilidad, alteraciones en la frecuencia cardíaca, la tensión arterial o la frecuencia respiratoria ante la actividad física o cambios electrocardiográficos como arritmias, isquemia, etc.
- Exceso del volumen de líquidos. (23)
  - Código diagnóstico: 00026
  - Dominio: 2
  - Clase: 5
  - Definición: El exceso de volumen de líquidos es el estado en que se presenta aumento de la retención de líquidos corporales isotónicos y edemas.
  - Factores relacionados: Alteración de los mecanismos reguladores (producción de aldosterona, producción de hormona antidiurética, sistema renina-angiotensina).
  - Características definitorias: Edema que puede progresar a anasarca, derrame pleural, disnea y ortopnea, cambios en el patrón respiratorio, congestión pulmonar, distensión de la yugular, entre otras.
- Riesgo de deterioro de la integridad cutánea (23)
  - Código diagnóstico: 00047
  - Dominio: 11
  - Clase: 1
  - Definición: Estado en que la piel del individuo corre el peligro de sufrir una alteración.
  - Factores de riesgo: Alteración de la circulación, alteración de la circulación, medicamentos, alteraciones metabólicas, inmovilización física, etc.

Con la evolución de la insuficiencia cardíaca, los diagnósticos de enfermería irán variando en función de las características de cada momento y la adaptación que la persona y su entorno vaya teniendo a la progresión de la enfermedad, pero algunos diagnósticos relacionados con el estrés,

el miedo a la nueva situación o al tratamiento, son muy habituales en éstos casos. Algunos ejemplos de ellos son:

- Ansiedad (23)
  - Código del diagnóstico: 00146
  - Dominio: 9
  - Clase: 2
  - Definición: Vaga sensación de malestar o amenaza acompañada de una respuesta autonómica (cuyo origen con frecuencia es desconocido para el individuo); sentimiento de aprensión causado por la anticipación de un peligro.
- Gestión ineficaz de la propia salud (23)
  - Código del diagnóstico: 00078
  - Dominio: 1
  - Clase: 2
  - Definición: patrón de regulación e integración en la vida diaria de un régimen terapéutico para el tratamiento de la enfermedad y sus secuelas que no es adecuado para alcanzar los objetivos de salud específicos.
- Afrontamiento ineficaz (23)
  - Código del diagnóstico: 00069
  - Dominio: 9
  - Clase: 2
  - Definición: Estado en que el individuo presenta una incapacidad para llevar a cabo una apreciación válida de los agentes estresantes, para elegir adecuadamente las respuestas habituales o para usar los recursos disponibles.
  - Factores relacionados: Nivel de confianza inadecuado para el afrontamiento, incapacidad para conservar la energía adaptativa, incertidumbre, alto nivel de amenaza, etc.

En cuanto a los objetivos enfermeros que nos podemos plantear conseguir trabajando con y para las personas que sufren insuficiencia cardiaca, así como con su entorno, nos dirigíamos a la taxonomía enfermera NOC. De tal forma que algunos ejemplos pueden ser: (24)

- 0002 Conservación de la energía.
- 0005 Tolerancia a la actividad.
- 1601 Conducta de cumplimiento.
- 1609 Conducta terapéutica: enfermedad o lesión
- 1402 Control de la ansiedad.
- 1101 Integridad tisular: piel y membranas mucosas.
- 1902 Control del riesgo
- 1300 Aceptación del estado de salud.

- 1302 Superación de problemas
- 0603 Severidad de la sobrecarga de líquidos.

Para finalizar el planteamiento del ejemplo plan de cuidados que la enfermería podría seguir para trabar con un paciente que presenta una insuficiencia cardiaca, habría que concretar las actividades enfermeras a seguir, para ellos se utilizará la taxonomía NIC.

Ejemplos de éstas actividades pueden ser: (25)

- 1835 Conocimiento: manejo de la insuficiencia cardiaca.
- 2080 Manejo líquidos / electrolitos.
- 2300 Administración de medicación.
- 590 Manejo de la eliminación urinaria.
- 5270 Apoyo emocional.
- 3540 Prevención de úlceras por presión
- 5820 Disminución de la ansiedad.
- 5230 Aumentar el afrontamiento.
- 5616 Enseñanza: medicación prescrita.
- 5602 Enseñanza: proceso de enfermedad
- 1813 Conocimiento: régimen terapéutico
- 0180 Manejo de la energía
- 4046 Cuidados cardiacos: rehabilitación
- 0200 Fomento del ejercicio

En conclusión, cabe destacar que tanto los diagnósticos enfermeros planteados, como los objetivos y actividades propuestas, son un ejemplo genérico atendiendo a las características generales que puede tener un paciente que cursa con una insuficiencia cardiaca, pero lo realmente importante e imprescindible en el planteamiento de un plan de cuidados enfermero es individualizarlo en cada persona y en cada momento. Éste hecho, tiene todavía más importancia en una enfermedad como la insuficiencia cardiaca, que tiene una evolución progresiva y que requiere la adaptación continua de la persona y su entorno a cada momento de la enfermedad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. <https://dle.rae.es>
2. San Mauro M. Anatomía cardíaca: una manera integral de estudiar las estructuras del corazón y los grandes vasos. 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2013.
3. Centeno Malfaz F, Salamanca Zarzuela B. Embriología básica cardíaca. *Pediatr Integral*. 2021; 25 (8): 438–442.
4. Gómez Gómez M, Danglot Banck C, Santamaría Díaz H, Riera Kinkel C. Desarrollo embriológico y evolución

- anatomofisiológica del corazón (Primera Parte). Rev. Mex. de Pediatría. 2012;79(2):92-101.
5. Portela Torrón F. Embriología, anatomía quirúrgica, evolución. Elsevier. 2014;21(2):74-78.
  6. García Moro P. Circulación Fetal. CT.2018; 10:141-152.
  7. Salech F, Jara R, Michea L. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. REV. MED. CLIN. CONDES.2012; 23(1) :19-29.
  8. Ribera Casado J.M. La edad y el envejecimiento del corazón. En: López Farré A, Macaya Miguel C, coordinadores. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA; 2009. P 195-202.
  9. Pemberthy López C, Jaramillo Gómez N, Velásquez Mejía C.A, Cardona Vélez J, Contrera Martínez H, Jaramillo Restrepo V. Conceptos actuales sobre el envejecimiento y la enfermedad cardiovascular. Rev Colomb Cardiol. 2016;23(3):210-217.
  10. Acosta Gómez Y, Rodríguez Acosta G, Rodríguez Fabrega O, Espín Falcón J.C, Valdés Mora M. Envejecimiento cardiovascular saludable. Rev Cubana Med Gen Integr. 2015; 31(2).
  11. Carracedo J, Bodega G, Rafael Ramírez R, Alique M. El papel del envejecimiento en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares asociadas a patologías renales. RIECS. 2020; 5(1).
  12. Pérez Barreda A, Puig Fernández M.J. Alteraciones electrocardiográficas en el anciano. Invest Medicoquir. 2014;6(1):133-44.
  13. Peralta Giménez R.M, Enciso Andino E.M , Arias Ruiz A.L, Cubelli Alvarenga G, Cabrera Dávalos R.M, Martínez Caballero M.E. Anomalías electrocardiográficas en pacientes añosos internados en el Servicio de Clínica Médica del Hospital Nacional en 2018. Rev.Nac. (Itauguá) 2018;10(2):076-092.
  14. Rojas Fariñas L. de la C, Carmona Puerta R, López Machado R. Alteraciones electrocardiográficas en pacientes adultos mayores hospitalizados. CorSalud. 2019;11(2):129-138.
  15. González Guerrero J.L, Alonso Fernández T, López Romero A.B, Rodríguez Rosa A. Electrocardiograma y función sistólica ventricular en pacientes ancianos con insuficiencia cardíaca atendidos en una unidad de geriatría. Elsevier. 2011;46(2):113-114.
  16. Sánchez-Prieto Castillo J, López Sánchez F.A. Insuficiencia cardíaca. Generalidades. Medicine. 2017;12(35):2085-2091.
  17. Sayago Silva I, García López F, Segovia Cuber J. Epidemiología de la insuficiencia cardíaca en España en los últimos 20 años. Rev Esp Cardiol. 2013;66(8):649-656.
  18. Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) de diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Guía ESC 2021 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Rev Esp Cardiol.2022;75(6):523.e1-523.e114.
  19. Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) de diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Guía ESC 2016 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica. Rev Esp Cardiol. 2016;69(12): 1167.e1-e85.
  20. Rosas M.R. Abordaje terapéutico de la insuficiencia cardíaca. Diagnóstico y tratamiento. Elsevier. 2008;27(5):82-91.
  21. Silvera G, Ricca Mallada R. Insuficiencia Cardíaca. Tratamiento Farmacológico. Arch. Med Int. 2009; 31(1).
  22. Vinuesa Aguay G.J, Chiluisa Mancheno A.R, Aveiga Flores C.N. Insuficiencia cardíaca: desafíos en la terapia farmacológica. Revista Digital de Postgrado. 2019;8(3).
  23. NANDA diagnósticos enfermeros: definiciones y clasificación 2018-2020. 11ª ed. Barcelona: Elsevier España S.L 2019.
  24. Moorhead S, Swanson E, Johnson M, Maas M. Clasificación de Resultados de Enfermería (NOC): Medición de Resultados en Salud. 6ª ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
  25. Butcher M, Bulechek G, Dochterman J.M, Wagner C.M. Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC). 7ª ed. Barcelona: Elsevier; 2019.