

ELECTROCARDIOGRAMA

A medida que los potenciales de acción se propagan a través del corazón, generan corrientes eléctricas que pueden ser detectadas desde la superficie corporal. Un electrocardiograma, abreviado ECG o EKG (de la palabra alemana elektrokardiogram), es un registro de las señales eléctricas. El ECG es una representación de los potenciales de acción producidos por todas las fibras musculares cardíacas durante cada latido. El instrumento utilizado para grabar estos cambios es el electrocardiógrafo. En la práctica clínica, para realizar el ECG se colocan electrodos en los brazos y piernas (derivaciones de los miembros) y en seis ubicaciones a nivel torácico (derivaciones precordiales). El electrocardiógrafo amplifica las señales eléctricas cardíacas y produce 12 trazados diferentes surgidos de diversas combinaciones de las derivaciones de los miembros y precordiales. Cada electrodo detecta una actividad eléctrica levemente diferente, según la posición que ocupa respecto al corazón.

Mediante la comparación de los trazados entre sí, y con trazados normales, es posible determinar: 1) si el sistema de conducción está alterado; 2) si el corazón está agrandado; 3) si ciertas regiones del corazón están dañadas y 4) la causa de la precordialgia. En un trazado típico, aparecen en cada latido tres ondas claramente reconocibles. La primera, denominada onda P, es una pequeña deflexión positiva. Representa la despolarización auricular, que se propaga desde el nodo SA, a través de las fibras contráctiles de ambas aurículas. La segunda onda, denominada complejo QRS, comienza con una deflexión negativa, continúa con una importante onda triangular positiva y termina con una onda negativa. El complejo QRS representa la despolarización ventricular rápida, a medida que el potencial de acción progresa a través de las fibras ventriculares contráctiles. La tercera onda es una deflexión positiva abovedada, la onda T. Representa la repolarización ventricular y aparece justo cuando los ventrículos están comenzando a relajarse. La onda T es más

pequeña y más ancha que el complejo QRS debido a que la repolarización se produce más lentamente que la despolarización. Durante la fase de meseta de la despolarización sostenida, el trazado del ECG permanece plano. En la lectura de un ECG, el tamaño de las ondas puede dar pistas sobre anomalías. Las ondas P grandes indican un agrandamiento auricular; una onda Q de mayor magnitud puede indicar un infarto de miocardio y las ondas R grandes suelen indicar agrandamiento ventricular. La onda T es más aplanada que lo normal cuando el músculo cardíaco está recibiendo insuficiente oxígeno, por ejemplo, en la enfermedad coronaria. La onda T puede estar elevada en la hiperpotasemia (nivel elevado de K^+ en sangre). El análisis del ECG también incluye la medición de los espacios existentes entre las ondas, denominados intervalos o segmentos. Por ejemplo, el intervalo P-Q es el lapso entre el comienzo de la onda P y el comienzo del complejo QRS. Representa el tiempo de conducción desde el comienzo de la excitación auricular hasta el inicio de la despolarización ventricular. Dicho de otro modo, el intervalo P-Q es el tiempo requerido para que un potencial de acción viaje a través de la aurícula, el nodo AV y las fibras remanentes del sistema de conducción. Cuando en el tejido cardíaco existen cicatrices, causadas por procesos como la enfermedad coronaria o la fiebre reumática, el potencial de acción debe desviarse y rodearlas, prolongando el intervalo P-Q. El segmento S-T comienza al final de la onda S y termina en el inicio de la onda T. Representa el tiempo en el que las fibras ventriculares contráctiles están despolarizadas en la fase de plateau o meseta del potencial de acción. El segmento S-T se eleva (por encima de la línea isoeletrica) cuando el corazón recibe un aporte de oxígeno insuficiente. El intervalo Q-T se extiende desde el comienzo del complejo QRS hasta el final de la onda T. Representa el tiempo que transcurre desde el comienzo de la despolarización ventricular hasta el final de la repolarización del ventrículo. El intervalo Q-T puede alargarse por lesión miocárdica, isquemia miocárdica (disminución del flujo sanguíneo) o por anomalías de la conducción. A veces, resulta útil evaluar la respuesta del corazón al estrés producido por el ejercicio físico. A pesar de que las coronarias parcialmente ocluidas pueden transportar suficiente cantidad de sangre oxigenada cuando una persona está en reposo, no podrán suplir la demanda miocárdica de oxígeno aumentada durante el

ejercicio intenso. Esta situación crea cambios que pueden verse en el ECG. Las anomalías de la conducción cardíaca y la disminución del flujo sanguíneo miocárdico pueden aparecer sólo en forma impredecible o durante cortos intervalos. Para detectar estos problemas, se pueden utilizar electrocardiógrafos continuos ambulatorios. En este procedimiento, la persona porta un monitor operado con baterías (monitor Holter) que graba un ECG continuamente durante 24 horas. Los electrodos colocados en el tórax se conectan al monitor, donde la información se almacena, para luego poder ser recogida por el personal médico. Como se analizó anteriormente, las aurículas y los ventrículos se despolarizan y luego se contraen en momentos diferentes porque el sistema de conducción transmite los potenciales de acción por rutas muy específicas. El término sístole (contracción) es la fase de contracción; la fase de relajación es la diástole (dilatación o expansión). Las ondas electrocardiográficas predicen el momento de ocurrencia de las sístoles y las diástoles auricular y ventricular. A una frecuencia cardíaca de 75 latidos por minuto, la secuencia es la que sigue.

Un potencial de acción parte del nodo SA. Se propaga a través del músculo auricular y hacia el nodo AV en aproximadamente 0,03 segundos. A medida que las fibras auriculares contráctiles se despolarizan, aparece la onda P en el ECG. Después de que la onda P comienza, las aurículas se contraen (sístole auricular). La conducción del potencial de acción se enlentece en el nodo AV debido a que sus fibras presentan diámetros menores y menor cantidad de uniones tipo hendidura (gap). (El tráfico se enlentece de manera similar a lo que ocurre cuando se estrecha una autopista de cuatro carriles a un solo carril, en una zona de construcción.) El retraso resultante de 0,1 se les otorga tiempo a las aurículas para contraerse, y permite aumentar el volumen de sangre en los ventrículos, antes de que la sístole ventricular comience. El potencial de acción se propaga rápidamente, luego de llegar al haz auriculoventricular. Luego de 0,2 s de producida la onda P, el potencial de acción se propaga a través de las ramas del haz, fibras de Purkinje y de todo el miocardio ventricular. La despolarización progresa a lo largo del tabique, asciende luego

desde el vértice y hacia afuera desde la superficie endocárdica produciendo el complejo QRS. Al mismo tiempo, ocurre la repolarización auricular, pero ésta no suele evidenciarse en el ECG, ya que el complejo QRS la enmascara. La contracción de las fibras ventriculares contráctiles (sístole ventricular) comienza no bien aparece el complejo QRS en el trazado electrocardiográfico y continúa durante el segmento S-T. A medida que la contracción progresa desde el vértice hacia la base del corazón, la sangre es dirigida hacia las válvulas semilunares. La repolarización de las fibras ventriculares comienza en el vértice y se propaga por todo el miocardio ventricular. Esto produce la onda T en el ECG aproximadamente 0,4 s luego del registro de la onda P. Poco después de que la onda T comienza, los ventrículos empiezan a relajarse (diástole ventricular). A los 0,6 s se completa la repolarización ventricular y las fibras ventriculares contráctiles se encuentran relajadas. Durante los siguientes 0,2 s, las fibras contráctiles de las aurículas y ventrículos están relajadas. A los 0,8 s, la onda P aparece nuevamente en el ECG, la aurícula comienza a contraerse y el ciclo se repite. Como puede deducirse, los fenómenos en el corazón ocurren en ciclos que se repiten durante toda la vida. Próximamente veremos cómo los cambios de presión que se producen durante la relajación y la contracción de las cámaras cardíacas permiten al corazón llenarse de sangre y luego eyectarla hacia la aorta y el tronco pulmonar.