

Universidad del Sureste.

Campus Tuxtla Gutiérrez.

Iris Rubí Vázquez Ramírez.

Lic. En medicina humana.

Segundo semestre.

Electrocardiograma.

Fisiología.

Dra. Magalli Guadalupe Escarpulli Siu.

Miércoles 26 de mayo del 2021.

Electrocardiograma.

Un electrocardiograma (ECG o EKG) es la representación gráfica de los potenciales de acción producidos por todas las fibras musculares cardiacas durante cada latido.

Se colocan electrodos en ambas muñecas y en el tobillo izquierdo del paciente para obtener las derivaciones estándares y aumentadas, los electrodos en realidad pueden ponerse en cualquier parte de las respectivas extremidades o en la parte superior e inferior del torso y se registrara la misma vista del corazón. Un cuarto electrodo se coloca en el tobillo derecho para estabilizar el ECG, pero este electrodo no participa en la formación de derivaciones.

Las derivaciones estándares se llaman *derivaciones bipolares* porque están compuestas por dos electrodos, uno negativo y uno positivo, y el ECG registra la diferencia de potencial eléctrico entre ellos.

- Derivación I: se forma con el electrodo del brazo derecho, que se designa como negativo y el brazo izquierdo, que se considera positivo.
- Derivación II: se forma con el electrodo del brazo derecho, que se designa como negativo, y el de la pierna izquierda, que se considera positivo.
- Derivación III: se forma con el electrodo del brazo izquierdo, que se designa como negativo, y el de la pierna izquierda, que se considera positivo.

Estas tres derivaciones forman un triángulo sobre el cuerpo y tienen una relación matemática entre sí, Einthoven lo describió como: la altura o profundidad de los registros de la derivación I más las derivaciones III es igual a la altura o profundidad del registro en la derivación II.

Los mismos tres electrodos que se usan para las derivaciones estándares se usan para crear las derivaciones aumentadas, solo que con combinaciones diferentes. Las derivaciones aumentadas se consideran *derivaciones unipolares* porque incluyen un electrodo positivo, ubicado en el brazo izquierdo, el brazo derecho o la pierna izquierda, que registra el potencial eléctrico en ese punto respecto de las dos derivaciones restantes. Debido a la manera en que se colocan estas derivaciones el voltaje es sumamente bajo y debe aumentarse para igualar el voltaje del resto del ECG.

- Derivación aVR (voltaje aumentado del brazo derecho): el brazo derecho es el electrodo positivo con respecto al brazo izquierdo y a la pierna izquierda. Esta derivación registra la actividad del corazón desde el brazo derecho.
- Derivación aVL (voltaje aumentado del brazo izquierdo): el brazo izquierdo es el electrodo positivo con respecto al brazo derecho y a la pierna izquierda. Esta derivación ve la actividad eléctrica del corazón desde el brazo izquierdo.

- Derivación aVF (voltaje aumentado del pie izquierdo): el pie izquierdo o la pierna izquierda es el electrodo positivo respecto del brazo izquierdo y el brazo derecho. Esta derivación ve la actividad eléctrica del corazón desde la base del corazón.

Las seis derivaciones precordiales son derivaciones unipolares y registran la actividad eléctrica del corazón en el plano horizontal. Con el objetivo de obtener la colocación correcta de las derivaciones precordiales se usan las siguientes posiciones para colocar un electrodo ventosa sobre el tórax:

- V₁: 4to espacio intercostal inmediatamente a la derecha del esternón.
- V₂: 4to espacio intercostal, inmediatamente a la izquierda del esternón.
- V₃: directamente entre V₂ y V₄.
- V₄: 5to espacio intercostal en la línea axilar anterior izquierda.
- V₅: 5to espacio intercostal, en la línea axilar anterior izquierda.
- V₆: 5to espacio intercostal, en la línea medioaxilar izquierda.

VECTORES.

Cada una de las 12 derivaciones electrocardiográficas ve el corazón desde un ángulo diferente, por lo que cada derivación tiene un patrón diferente y a veces característico. Las derivaciones estándares y aumentadas ven el corazón en un plano frontal desde seis posiciones diferentes, las seis derivaciones precordiales examinan el corazón en un plano horizontal.

Un vector ilustra la magnitud y la dirección de la onda de despolarización dentro del corazón. Un vector QRS ilustra una onda de despolarización promedio en una parte del corazón (por ejemplo, el vector P representa la despolarización auricular o el vector QRS medio muestra la despolarización ventricular).

- Una onda de despolarización que se acerca a un electrodo se registrara como una deflexión positiva en un ECG.
- Una onda de despolarización que se aleja de un electrodo producirá una deflexión negativa en un ECG.
- Una onda de despolarización que se mueve en ángulo recto con respecto a un electrodo no causara ninguna deflexión o apenas una deflexión muy pequeña en un ECG.

Configuraciones de derivaciones estándares, aumentadas y precordiales.

La onda de despolarización auricular se desplaza hacia abajo y a la izquierda del paciente, directamente hacia la derivación II en un ECG. La derivación II registra la onda P más alta. La onda de despolarización auricular se desplaza alejándose de aVR, de forma que en esta derivación se registrara una onda P negativa. La onda de despolarización auricular se desplaza en un ángulo aproximadamente recto

respecto a la derivación III o a aVL, por lo que en estas derivaciones se verá la onda P más pequeña. La onda P siempre debe ser positiva en la derivación II y no más ancha de 0,11 s ni más alta de 2,4 mm. La derivación aVR siempre debe presentar una onda P invertida.

Después de la despolarización auricular, la onda de despolarización pasa a los ventrículos a través del nodo AV, del haz de His y de las ramas del haz. La despolarización ventricular se divide en tres etapas principales, cada una de ellas representadas por un vector:

- Vector 1: activación septal y despolarización temprana del ventrículo derecho; la primera activación de los ventrículos tiene lugar en el tabique, que se despolariza de izquierda a derecha. También tiene lugar la despolarización temprana del ventrículo derecho.
- Vector 2: activación apical; la segunda activación ventricular importante es la despolarización de la punta de los ventrículos derecho e izquierdo y la finalización de la despolarización del ventrículo derecho.
- Vector 3: activación del ventrículo izquierdo. El resto del ventrículo izquierdo se despolariza hacia la pared lateral. Debido a que el ventrículo derecho ya ha completado la despolarización, el ventrículo izquierdo se despolariza sin oposición del derecho, de forma que en ese momento se registre un voltaje grande.

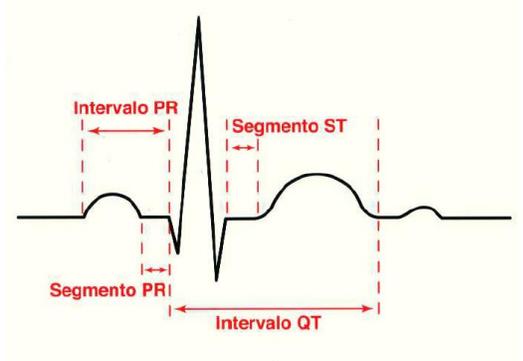
Aunque las derivaciones de las extremidades tienen cierta variabilidad en su configuración, las derivaciones del tórax deben permanecer dentro de un formato más convencional para considerarse normales. El QRS debe tener una onda R pequeña y una onda S más grande en V₁; la onda R se agranda de manera progresiva y la onda S disminuye progresivamente o es inexistente cuando se alcanza V₆. La zona de transición, en la que la onda R se torna igual o más grande que la onda S, debe verse en V₃ o V₄. Si la transición ocurre en V₁ o V₂ se considera una *transición temprana* y si ocurre en V₅ o V₆ se considera una *transición tardía*.

Puede calcular un vector QRS promedio que representa la dirección y la magnitud medias de despolarización a través de ambos ventrículos. Este vector apuntaría hacia abajo y a la izquierda del paciente, en alguna parte del cuarto inferior del corazón. Las derivaciones que se encuentran en esta parte del corazón serán predominantemente positivas porque el vector QRS promedio está acercándose a ellas y las derivaciones que están fuera de este segmento tendrán diversas combinaciones, de acuerdo con su situación exacta.

La onda T debe ser positiva en las derivaciones aVR. Si hay una onda U, debe estar en la misma dirección que la onda T. el segmento ST debe ser isoelectrico y no debe tener variaciones de más de 1 mm por encima o por debajo de la línea isoelectrica.

ONDAS, COMPLEJOS, SEGMENTOS E INTERVALOS.

Una onda de despolarización comienza en el nodo SA, se propaga a ambas aurículas a través de las vías internodales y ambas aurículas se despolarizan. La despolarización auricular está representada por la onda P. Las ondas P son habitualmente ascendentes y ligeramente redondas. La repolarización auricular está representada por la onda Ta, y su dirección es opuesta a la onda P. Esta onda no es visible en el ECG, porque suele coincidir con el complejo QRS y es imposible de reconocer. La repolarización ventricular está representada por la onda T. La onda T es normalmente ascendente y ligeramente redondeada.



En ocasiones se logra observar una onda U después de la onda T. Se cree que se relaciona con los sucesos de repolarización tardíos de los ventrículos. La onda U debe tener la misma dirección que la onda T.

Cada intervalo está compuesto por ondas y segmentos (líneas isoelectricas), representan las breves pausas antes de la despolarización o repolarización.

- Intervalo PR: el tiempo transcurrido desde el principio de la onda P hasta el principio del complejo QRS. Este intervalo de tiempo representa la despolarización de las aurículas y la propagación de la onda de despolarización hasta el nodo AV, con despolarización de este nodo.
- Segmento PR: representa el periodo de tiempo entre la onda P y el complejo QRS.
- Segmento ST: es la distancia entre el complejo QRS y la onda T desde el punto donde determina el complejo QRS (punto J) hasta el comienzo de la rama ascendente de la onda T. En el ECG, este segmento es un indicador sensible de isquemia o lesión del miocardio.
- Intervalo QT: es el tiempo desde el principio del complejo QRS hasta el fin de la onda T. Este intervalo representa la despolarización y repolarización ventriculares.
- Tiempo de activación ventricular: es el tiempo desde el principio del complejo QRS hasta el punto máximo de la onda R y representa el tiempo que requiere la onda de despolarización para viajar desde el endocardio hasta el epicardio.

Nuestro punto de referencia en el ECG es la línea isoelectrica. Cualquier movimiento de la aguja sobre esta línea se considera positivo y cualquier movimiento de aguja debajo se considera negativo.

Un complejo QRS puede estar compuesto por la onda Q, una onda R y una onda S, o diversas combinaciones de ellas. Las ondas R son solo ondas positivas y la onda Q y S son solo ondas negativas. Un complejo de despolarización ventricular siempre se llama QRS, independientemente de si las tres ondas estas presentes o no.

Es posible que haya más de una onda positiva en un complejo QRS. Estas ondas pueden ser solo ondas R y para diferenciar ambas ondas R, la segunda onda R se denomina R prima (R'). la representación de una onda S se designa como S prima (S').

PAPEL MILIMETRADO.

Sobre el eje vertical se mide el voltaje o altura en milímetros (mm). Cada cuadrado pequeño tiene 1 mm de alto y cada cuadrado grande tiene 5 mm de alto. La línea isoelectrica siempre es el punto de referencia.

La onda R se mide desde la parte superior de la línea isoelectrica hasta el punto más alto de la onda R. las ondas Q y S se miden desde la parte inferior de la línea isoelectrica hasta el punto más bajo de la onda Q o S. la elevación del ST se mide desde la parte superior de la línea isoelectrica hasta el segmento ST, y la depresión de ST se mide desde la parte inferior de la línea isoelectrica hasta el segmento ST.

Sobre el eje horizontal se mide el tiempo en segundos. Cada cuadrado pequeño representa un lapso de 0,04 s con una velocidad del papel normal de 25 mm/s, y cada cuadrado grande representa 0,2 s. cinco cuadrados grandes es igual a 1 s.

Mediciones.

- Intervalo PR: se mide desde el principio de la onda P, en el punto en que la onda P comienza a elevarse desde la línea isoelectrica, hasta el principio de la primera onda del complejo QRS. Se cuenta intervalos de 0,04 s a lo largo del eje horizontal (0,04; 0,08; etc.) hasta que se obtenga la distancia correcta entre los dos puntos. Los intervalos normales del intervalo PR son de 0,12 a 0,2 s. si la velocidad de conducción del impulso sinusal a través del nodo AV es más rápida que 0,12 s, se usa el termino *conducción acelerada*. Si la velocidad de conducción del impulso del seno a través del nodo AV es más lenta de 0,2 existe un *bloqueo AV de primer grado*.
- Intervalo QRS: se mide desde el principio de la primera onda QRS, en el punto en que se eleva a partir de la línea isoelectrica, hasta el final de la última onda del QRS, donde se encuentra con la línea isoelectrica. Se cuenta a lo largo del eje horizontal intervalos de 0,04 s hasta obtener la distancia entre los dos puntos. Los valores normales son de 0,04 a 0,11 s.

FRECUENCIA CARDIACA Y RITMO CARDIACO.

La frecuencia cardiaca es el número de latidos que ocurren en un minuto. En ECG la frecuencia cardiaca se mide de una onda R a la siguiente onda R para determinar la frecuencia ventricular, y de una onda P a la siguiente onda P para determinar la frecuencia auricular.

- 300-150-100-75-60-50: este método es el más fácil y el más rápido para la determinación de la frecuencia. Se busca una onda R que se encuentre sobre o muy cerca de la línea gruesa del papel de ECG. La primera línea hacia la derecha es la línea 300, la segunda es la línea 150, la tercera línea 100, la cuarta es la línea 75, etc. Si la siguiente onda R coincide con la cuarta línea gruesa a la derecha, la frecuencia cardiaca es de 75 lpm.
- Tiempo entre ondas R: se cuenta el tiempo en segundos entre dos ondas R y se divide 60 por este número; esta cifra es la frecuencia cardiaca.

El RC normal empieza en el nodo SA y prosigue con la despolarización de la aurícula; en el ECG aparece una onda P. el impulso cardiaco viaja hacia el nodo AV y el haz de His, atraviesa las ramas del haz de His y las fibras de Purkinje y se registra un intervalo PR. El impulso alcanza después el musculo ventricular y aparece un QRS, seguido de un segmento ST isoelectrico y una onda T. este ritmo se llama *ritmo sinusal*. Los ritmos sinusales se diferencian entre sí por la frecuencia: 1) ritmo sinusal: 60 a 100 lpm; 2) bradicardia sinusal: menos de 60 lpm; 3) taquicardia sinusal: más de 100 lpm.

La arritmia sinusal es un ritmo que empieza en el nodo SA con una frecuencia irregular. Esto normalmente se encuentra en los niños y los adultos jóvenes y se considera normal. Los ciclos PP y RR varían en más de 0,16 s.

EJE QRS.

El eje QRS indica la dirección del vector QRS promedio dentro del corazón. Puede determinarse usando el sistema de referencia hexaxial, el cual se construye poniendo las seis derivaciones del plano frontal de un ECG alrededor del corazón en sus respectivas posiciones y por sus polos positivos.

El corazón se divide como si fuera un circulo de segmentos separados entre sí cada 30°. El polo positivo de derivaciones I corresponde a 0° y cada división sigue en el sentido de las agujas del reloj con incrementos de 30° y valores positivos.

El eje normal varia de 0° a +90°. Un eje izquierdo varia de -1° a -90° y un eje derecho varia de +91° a +180°. El último segmento del circulo que carece de designación, varia de -179° a -91°. Esta porción puede considerarse como una derivación extrema del eje a la izquierda o a la derecha.

Existen tres maneras rápidas y fáciles de calcular el eje QRS en un ECG mediante el empleo de las derivaciones I, II, III, aVR, aVL y aVF:

1. El QRS más alto se encuentra en la derivación electrocardiográfica que apunta directamente hacia el eje QRS.
2. El QRS más negativo se ven la derivación electrocardiográfica que apunta directamente hacia afuera del eje QRS.
3. Un QRS equifasico se encuentra en la derivación electrocardiográfica que está en ángulo recto con respecto al eje QRS.

Para empezar la determinación del eje, primero se deben observar las seis derivaciones del plano frontal en el ECG y encontrar la derivación en la que el QRS tiene mayor voltaje, sea positivo o negativo. Si el mayor voltaje es positivo (onda R), apunta directamente hacia el eje. Si el mayor voltaje es negativo (ondas Q o S), apunta directamente hacia afuera del eje. Si el mayor voltaje se encuentra en la derivación II y es positivo, el eje QRS apuntara directamente hacia esa derivación y el eje se encontrará en la derivación III de un ECG, pero el voltaje es negativo el eje QRS apuntara directamente hacia afuera de esta derivación y el eje será de -60° .

Si se encuentra un ECG que tiene QRS equifasico en una derivación, esa derivación está en un ángulo recto con respecto al eje QRS. Si hay un QRS equifasico en la derivación I, el eje estará en un ángulo recto a la derivación, es decir $+90^\circ$ o -90° . Para decidir cuál es la dirección real, se debe observar la derivación II en el ECG. Si esa derivación tiene un QRS predominante positivo, el eje QRS está en esa dirección general, que sería $+90^\circ$. Si se verifica la derivación II y se descubre que el QRS es predominante negativo, se sabrá que el eje QRS se aleja de la derivación II y por lo tanto el eje sería -90° .

A veces se encuentra un ECG en el que las seis derivaciones planas frontales son equifasicas. Esta configuración vuelve imposible decidir cuál es el eje correcto y por lo tanto este eje se denomina indeterminado.

ESTANDARIZACIÓN.

Para asegurarse que un trazado electrocardiográfico es correcto en lo que respecta al voltaje la línea basal debe presentar una deflexión de exactamente de 10 mm con 1 mV. Si los voltajes son sumamente grandes cabe emplear la *seminormalización*, que tendrá como resultado voltajes de la mitad de su tamaño normal. A menudo solo las derivaciones precordiales tienen voltaje extremo y se registran con semiestandarización, mientras las derivaciones de las extremidades se registran con estandarización completa. Estas adaptaciones se muestran por medio de las marcas de estandarización o calibración. Siempre se debe controlar la estandarización de un ECG antes de interpretarlo.

INTERPRETACION.

1. Medir el intervalo PR en la derivación II. la variación normal es de 0,12 a 0,2 s. Se considera que un intervalo PR menor de 0,12 s indica conducción AV

acelerada y un intervalo PR mayor de 0,2 s es un bloqueo AV de primer grado.

2. Medir el intervalo QRS. Las variaciones normales son de 0,04 a 0,11s.
3. Calcular la frecuencia y el ritmo cardiacos.
4. Calcular el eje QRS.
5. Examinar el segmento ST para ver si tiene más de 1 mm de elevación o depresión.
6. Verificar la onda T, que debe ser positiva en todas las derivaciones, excepto en aVR, V₁ y posiblemente III.
7. Si no hay ninguna anomalía presente, la interpretación será ECG normal.