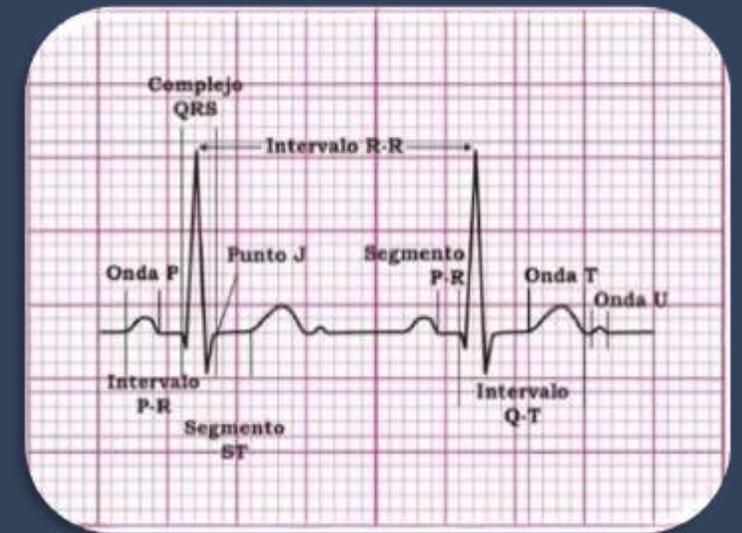


ELECTROCARDIOGRAMA NORMAL



Dra. Cecilia García



RECORDATORIO CLASE ANTERIOR

- 1. ¿Dónde se genera el impulso nervioso que conlleva a la contracción del músculo cardíaco?
- 2. ¿Qué sucede con el impulso a nivel del nódulo AV?
- 3. ¿De qué depende la capacidad de autoexcitación del músculo cardíaco?
- 4. ¿Qué efecto tiene el sistema nervioso simpático sobre la actividad del corazón?

OBJETIVOS

Detallar los componentes del electrocardiograma normal.





SUMARIO

- 1. Características del trazado electrocardiográfico.
- 2. Determinación de la frecuencia del latido cardíaco a partir del electrocardiograma.
- 3. Derivaciones bipolares estándares.
- 4. Derivaciones unipolares ampliadas de las extremidades.
- 5. Derivaciones precordiales.

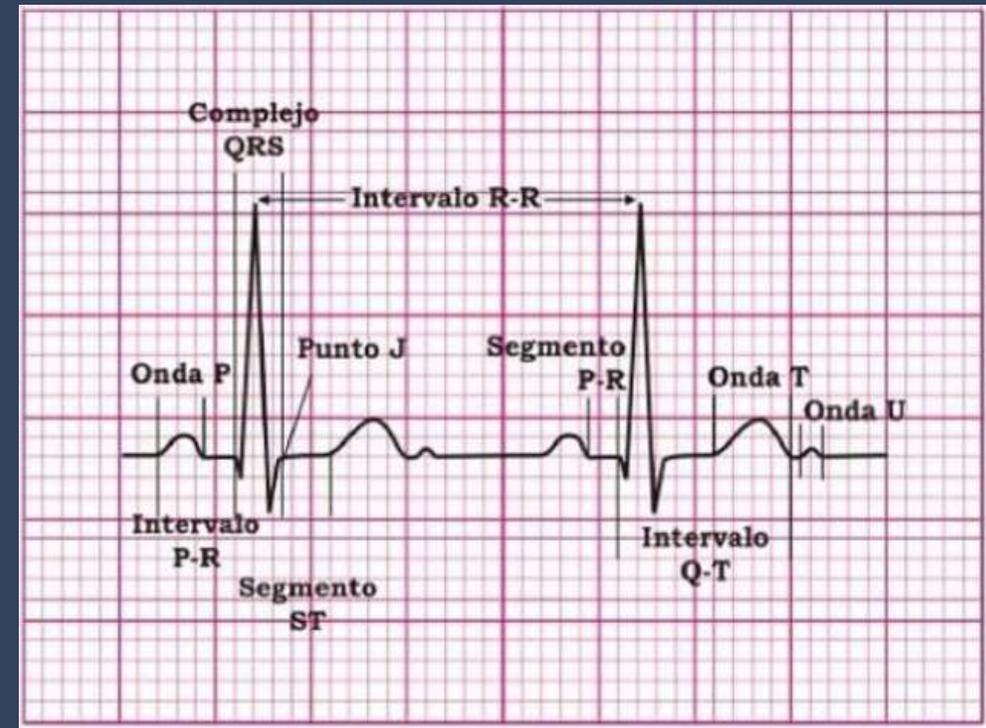


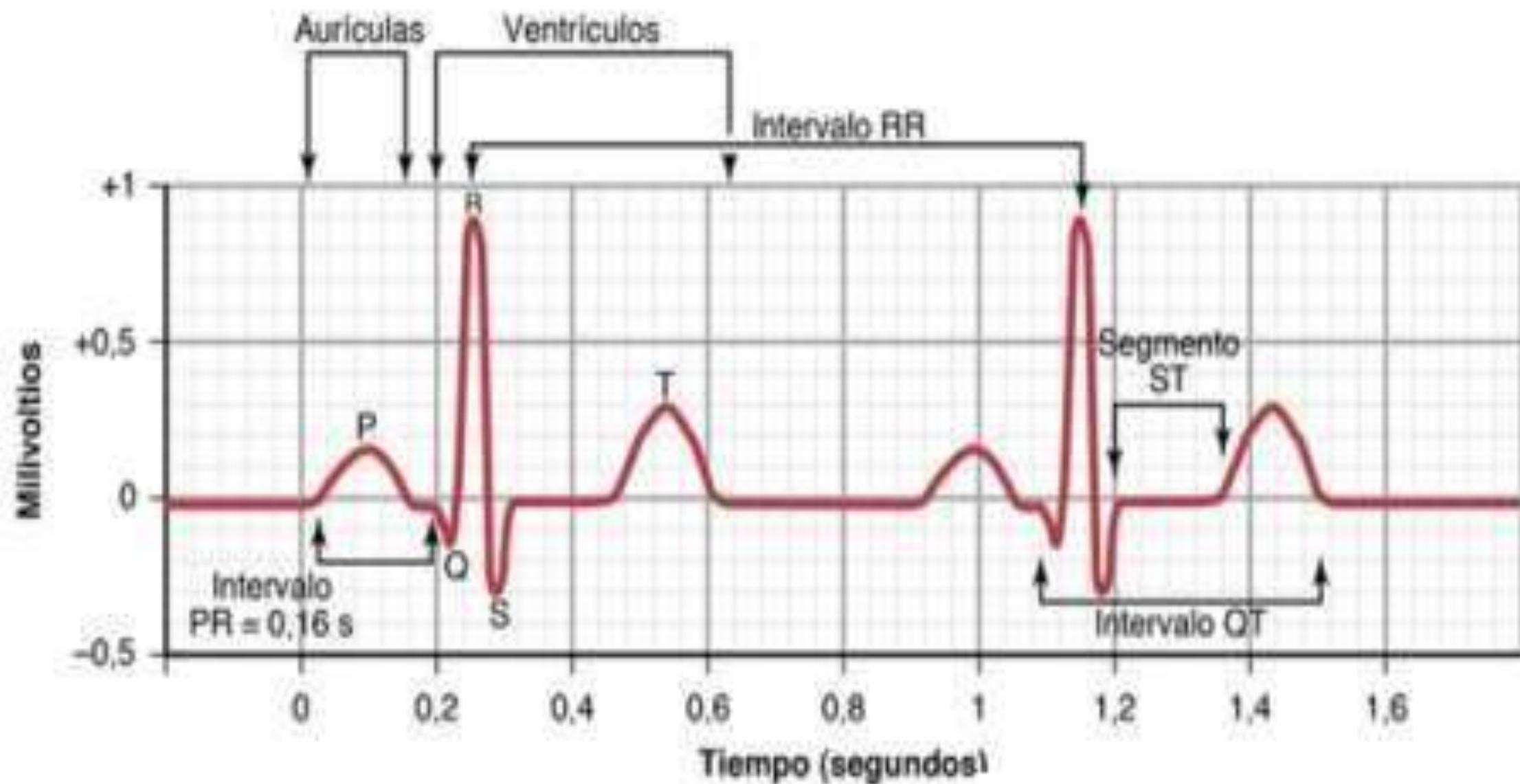
BIBLIOGRAFÍA

- Guyton y Hall. (2016). Tratado de Fisiología Médica. 13^a ed. Barcelona, España. Editorial Elsevier.

ELECTROCARDIOGRAMA NORMAL

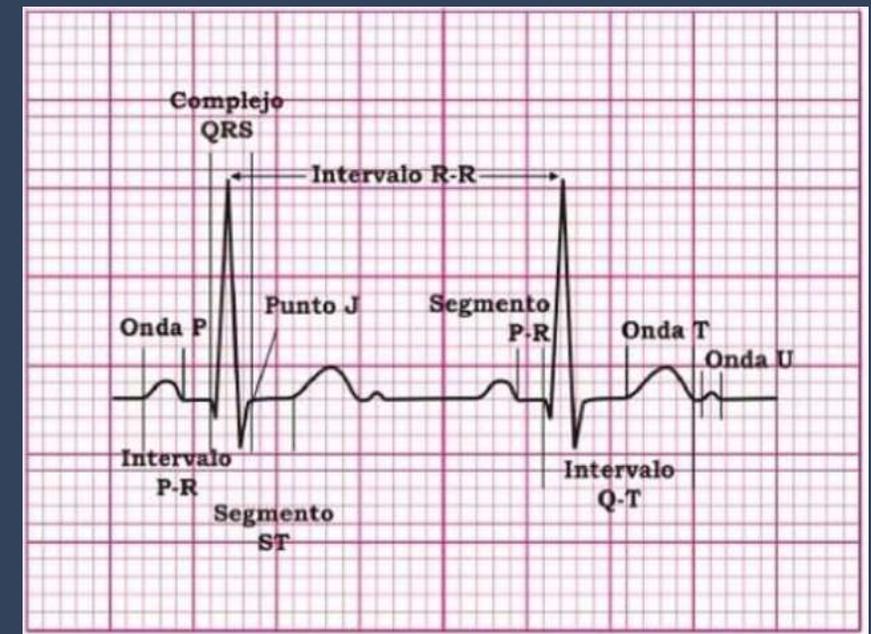
- El impulso cardíaco atraviesa el corazón, la corriente eléctrica se propaga desde el corazón hacia los tejidos adyacentes, pequeña parte se propaga a la superficie corporal.
- Colocan electrodos en la piel en lados opuestos del corazón se pueden registrar los potenciales eléctricos que se generan por la corriente; el registro se conoce como *electrocardiograma (ECG)*.





Características del electrocardiograma normal

- Formado por una onda P, un complejo QRS y una onda T.
- El complejo QRS tres ondas separadas
- La *onda P* está producida por los potenciales eléctricos que se generan cuando se despolarizan las aurículas antes del comienzo de la contracción auricular.
- El complejo QRS está formado por los potenciales que se generan cuando se despolarizan los ventrículos antes de su contracción, es decir, a medida que la onda de despolarización se propaga por los ventrículos.
- Por tanto, tanto la onda P y QRS son las *ondas de despolarización*.

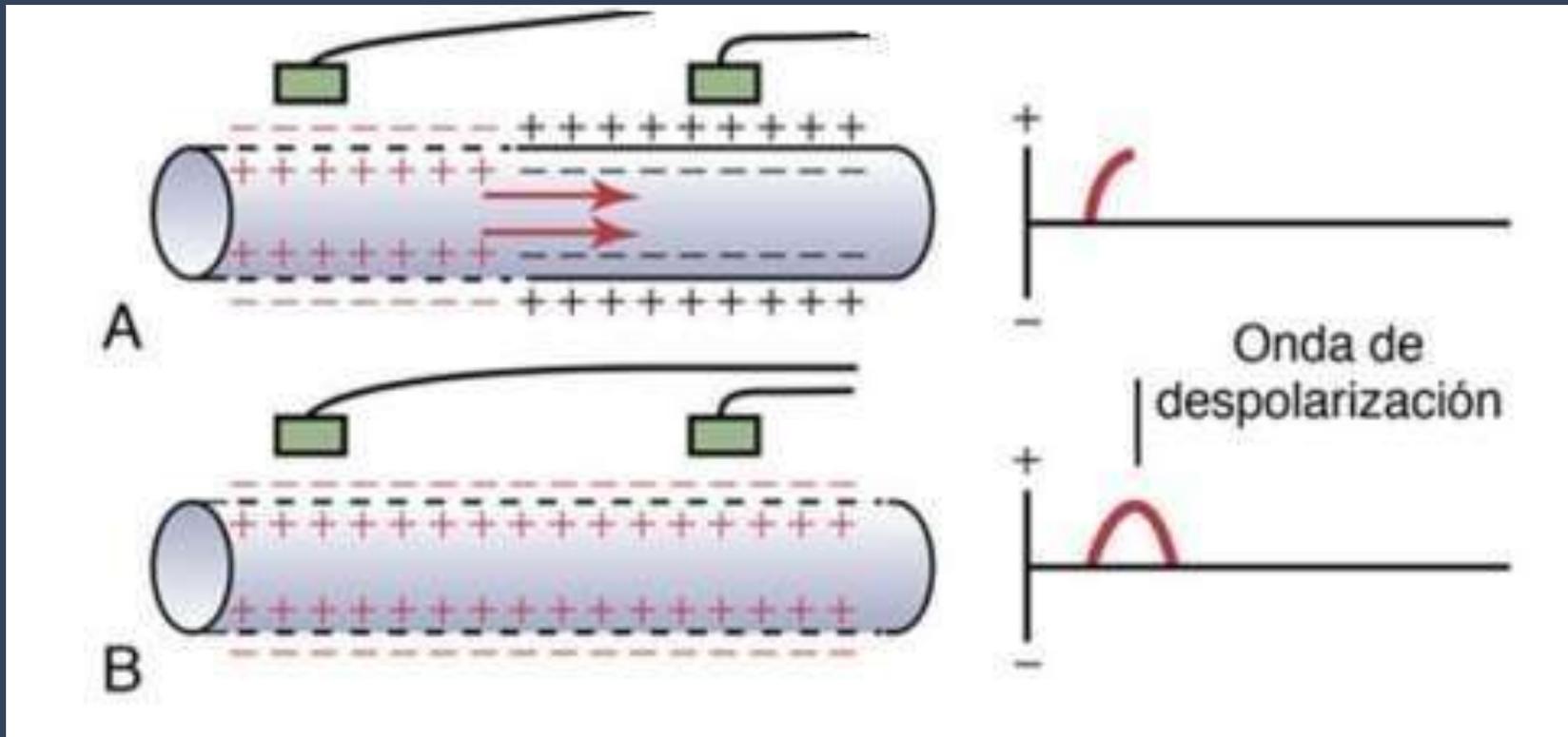


Características del electrocardiograma normal

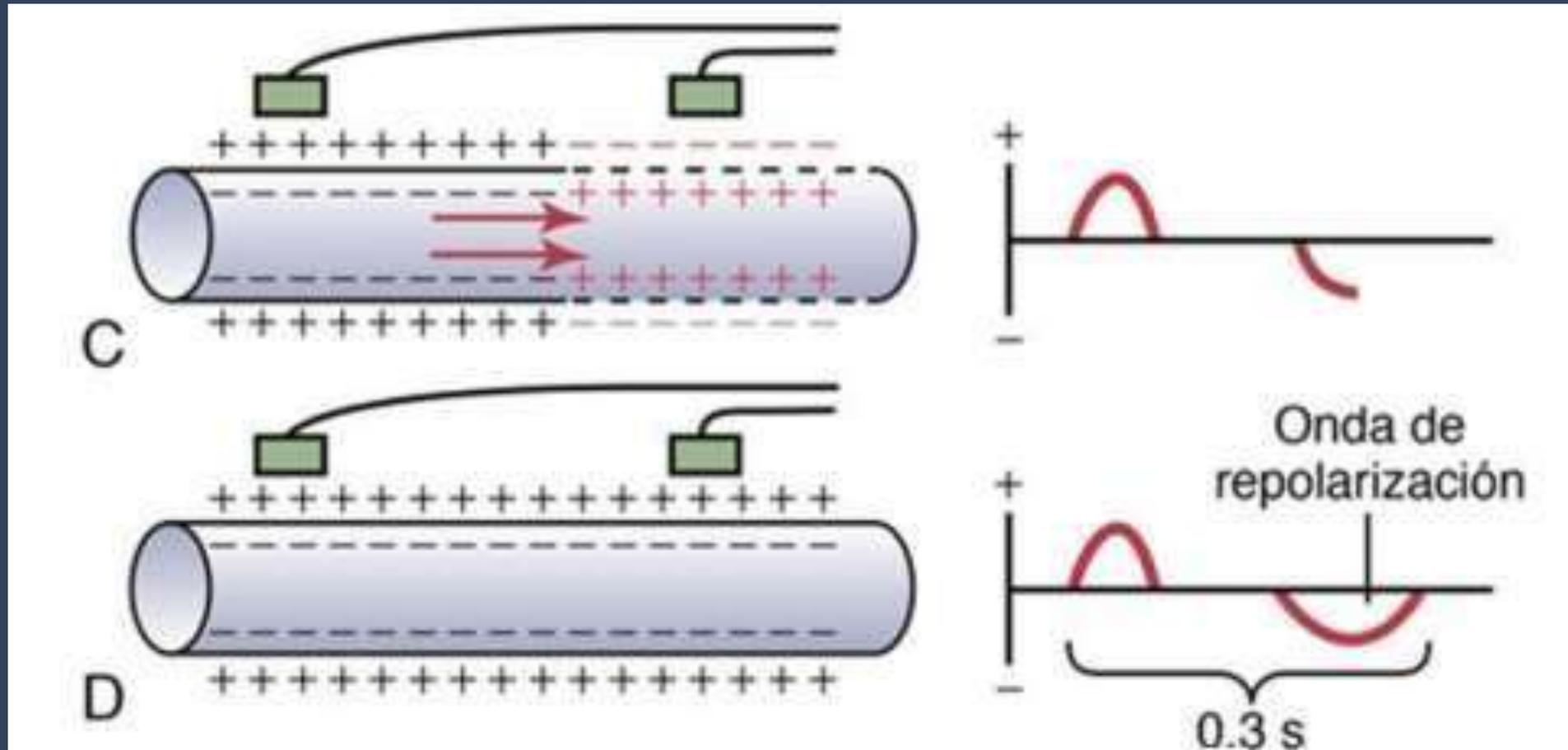
- La *onda T* está producida por los potenciales que se generan cuando los ventrículos se recuperan del estado de despolarización.
- Este proceso normalmente aparece en el músculo ventricular entre 0,25 y 0,35 s después de la despolarización.
- La onda T se conoce como *onda de repolarización*.
- El ECG está formado por ondas tanto de despolarización como de repolarización.
- La distinción entre ondas de despolarización y ondas de repolarización es tan importante en electrocardiografía que requiere una aclaración

Ondas de despolarización frente a ondas de repolarización

- Durante la despolarización el potencial negativo normal del interior de la fibra se invierte y se hace ligeramente positivo en el interior y negativo en el exterior.

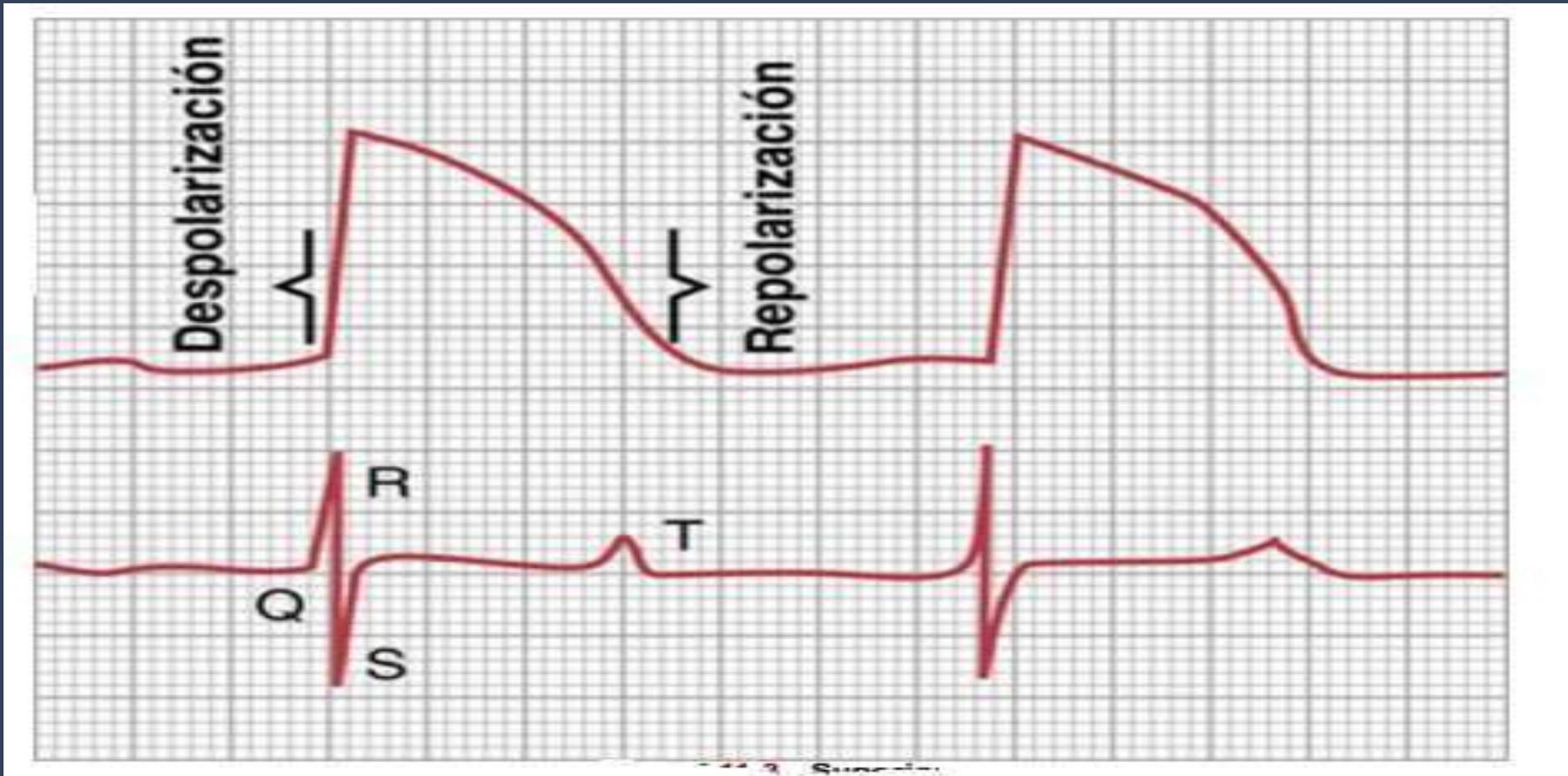


ONDAS DE REPOLARIZACIÓN



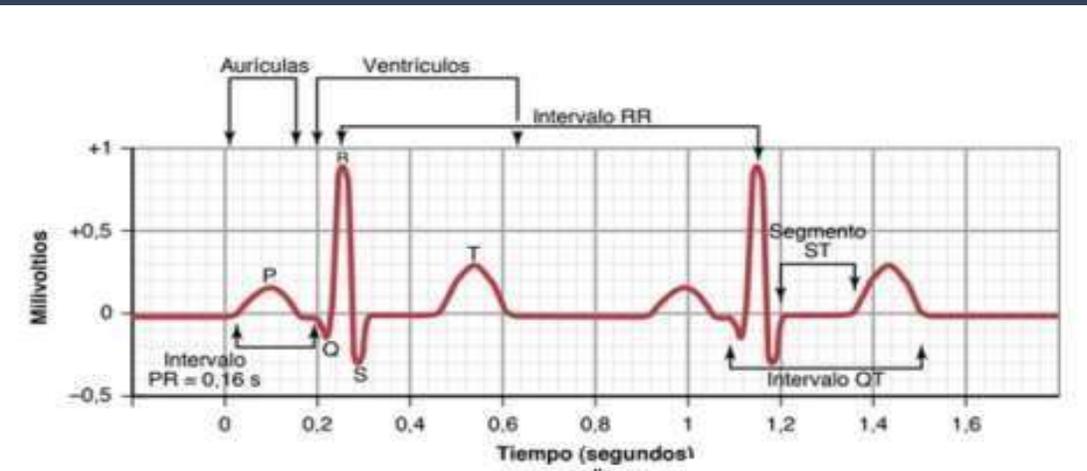
Ondas QRS y T del electrocardiograma estándar

- El potencial de acción del músculo ventricular normalmente dura entre 0,25 y 0,35 s.



Relación de la contracción auricular y ventricular con las ondas del electrocardiograma

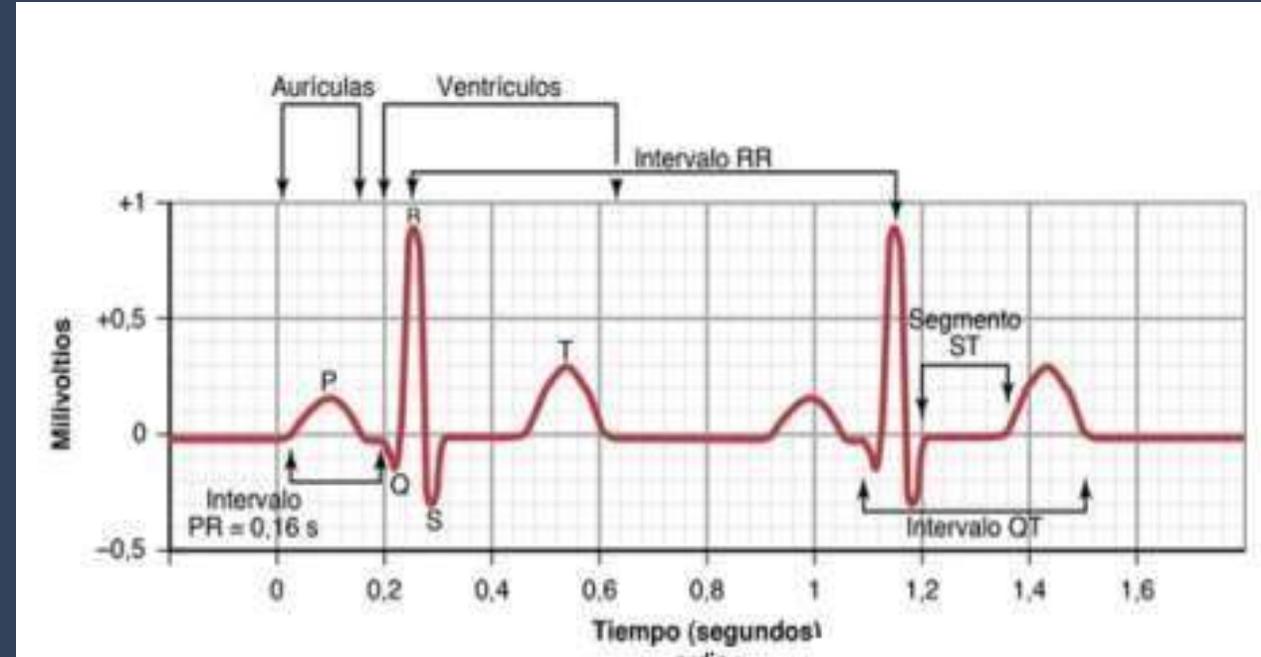
- Antes de que se pueda producir la contracción del músculo, la despolarización se debe propagar por todo el músculo para iniciar los procesos químicos de la contracción.
- La onda P se produce al comienzo de la contracción de las aurículas y el complejo QRS de ondas se produce al comienzo de la contracción de los ventrículos. Los ventrículos siguen contraídos hasta después de que se haya producido la repolarización, es decir, hasta después del final de la onda T.
- Las aurículas se repolarizan aproximadamente 0,15 a 0,2 s después de la finalización de la onda P, lo que coincide aproximadamente con el momento en el que se registra el complejo QRS en el ECG.



Por tanto, la onda de repolarización auricular, conocida como *onda T auricular*, habitualmente está oscurecida por el complejo QRS, que es mucho mayor. Por este motivo

CONTINUACIÓN

- La onda de repolarización ventricular es la onda T del ECG normal. Habitualmente el músculo ventricular comienza a repolarizarse en algunas fibras aproximadamente 0,2 s después del comienzo de la onda de despolarización (el complejo QRS), pero en muchas otras fibras tarda hasta 0,35 s.
- Así, el proceso de repolarización ventricular se extiende a lo largo de un período prolongado, de aproximadamente 0,15 s. Por este motivo la onda T del ECG normal es una onda prolongada, aunque el voltaje de la onda T es mucho menor que el voltaje del complejo QRS, en parte debido a esta duración prolongada.



Calibración del voltaje y el tiempo del electrocardiograma

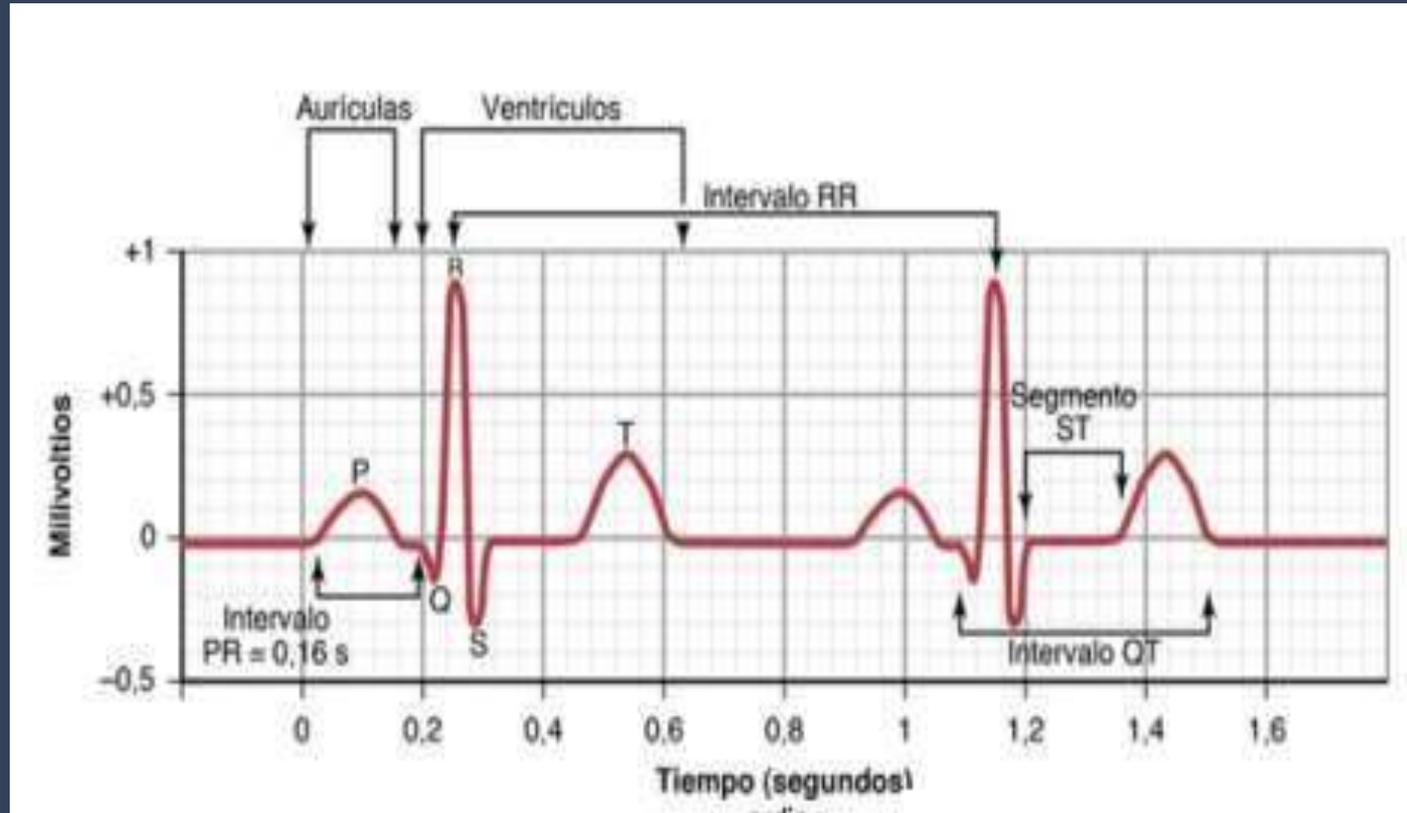
- Todos los registros de los ECG se hacen con líneas de calibración adecuadas sobre el papel de registro.
- Estas líneas de calibración pueden estar ya señaladas en el papel, como ocurre cuando se utiliza un registrador de pluma, o se registran en el papel al mismo tiempo que se registra el ECG, como en los tipos fotográficos de electrocardiógrafos.
- Las líneas de calibración **VERTICAL** están dispuestas de modo que 10 de las divisiones de las líneas pequeñas hacia arriba o hacia abajo en el ECG estándar representan 1 mV, con la positividad hacia arriba y la negatividad hacia abajo.
- Las líneas **HORIZONTALES** del ECG son las líneas de calibración del tiempo. Un ECG típico se realiza a una velocidad de papel de 25 mm/s, aunque en ocasiones se emplean velocidades más rápidas.
- Por tanto, cada 25 mm en dirección horizontal corresponden a 1 s y cada segmento de 5 mm, indicado por las líneas verticales oscuras, representa 0,2 s.
- Después los intervalos de 0,2 s están divididos en cinco intervalos más pequeños por líneas finas, cada una de las cuales representa 0,04 s.

Voltajes normales en el electrocardiograma

- Los voltajes de las ondas que se registran en el ECG normal dependen de la manera en la que se aplican los electrodos a la superficie del cuerpo y de la proximidad de los electrodos al corazón.
- Cuando un electrodo está colocado directamente sobre los ventrículos y un segundo electrodo está localizado en otra localización del cuerpo alejada del corazón, el voltaje del complejo QRS puede ser de hasta 3 a 4 mV. Incluso este voltaje es pequeño en comparación con el potencial de acción monofásico de 110 mV que se registra directamente en la membrana del músculo cardíaco.
- Cuando los ECG se registran con electrodos en los dos brazos o en un brazo y una pierna, el voltaje en el complejo QRS habitualmente es de 1 a 1,5 mV desde el punto más elevado de la onda R hasta el punto más profundo de la onda S; el voltaje de la onda P está entre 0,1 y 0,3 mV, y el de la onda T está entre 0,2 y 0,3 mV.

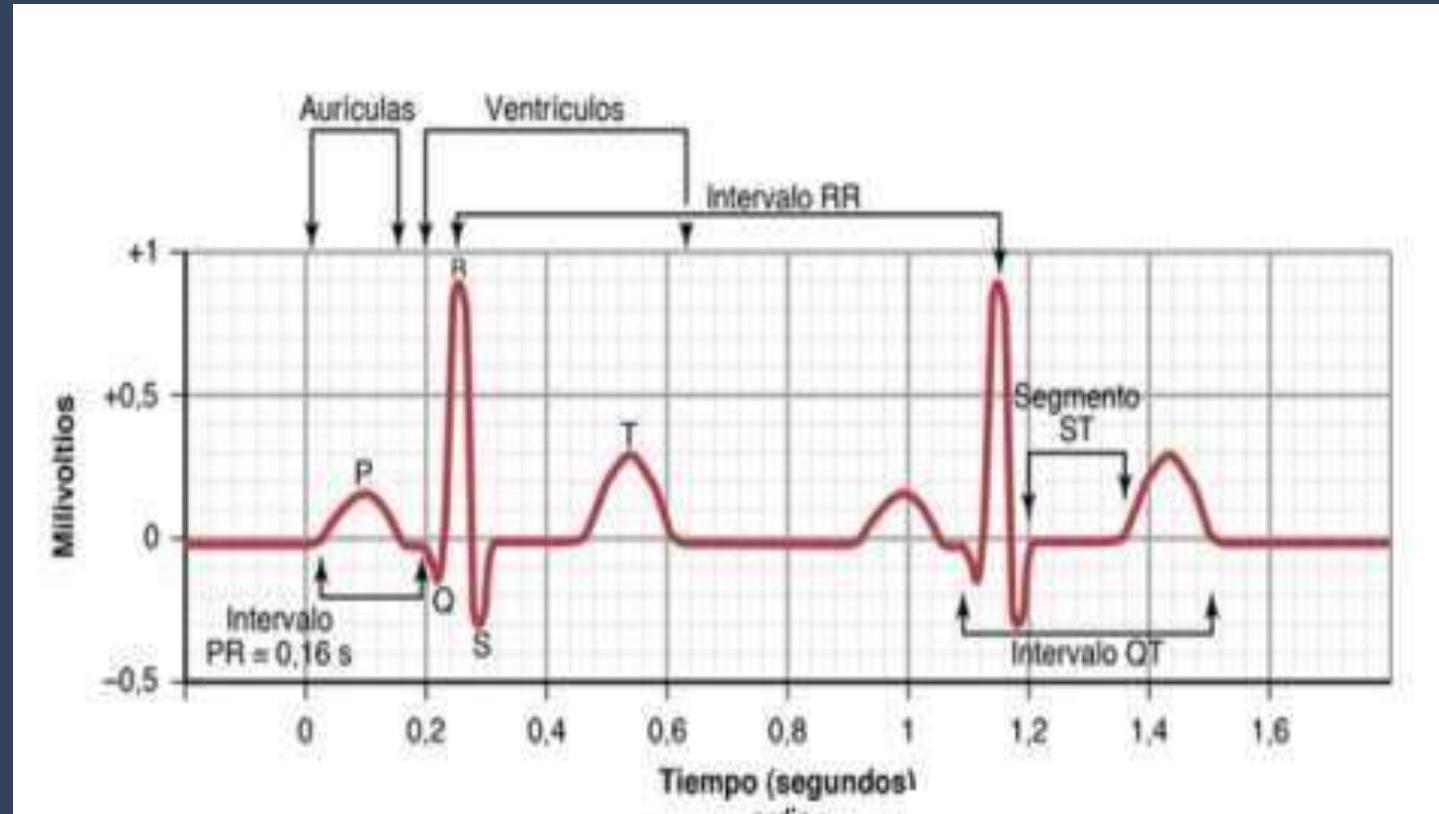
Intervalo P-Q o P-R

- El tiempo que transcurre entre el comienzo de la onda P y el comienzo del complejo QRS es el intervalo que hay entre el inicio de la excitación eléctrica de las aurículas y el inicio de la excitación de los ventrículos.
- Este período se denomina *intervalo P-Q*.
- El intervalo P-Q normal es de aproximadamente 0,16 s. (Con frecuencia este intervalo se denomina *intervalo P-R* porque es probable que no haya onda Q.)



Intervalo Q-T

- La contracción del ventrículo dura casi desde el comienzo de la onda Q (onda R si no hay onda Q) hasta el final de la onda T.
- Este intervalo se denomina *intervalo Q-T* y habitualmente es de aproximadamente 0,35 s.

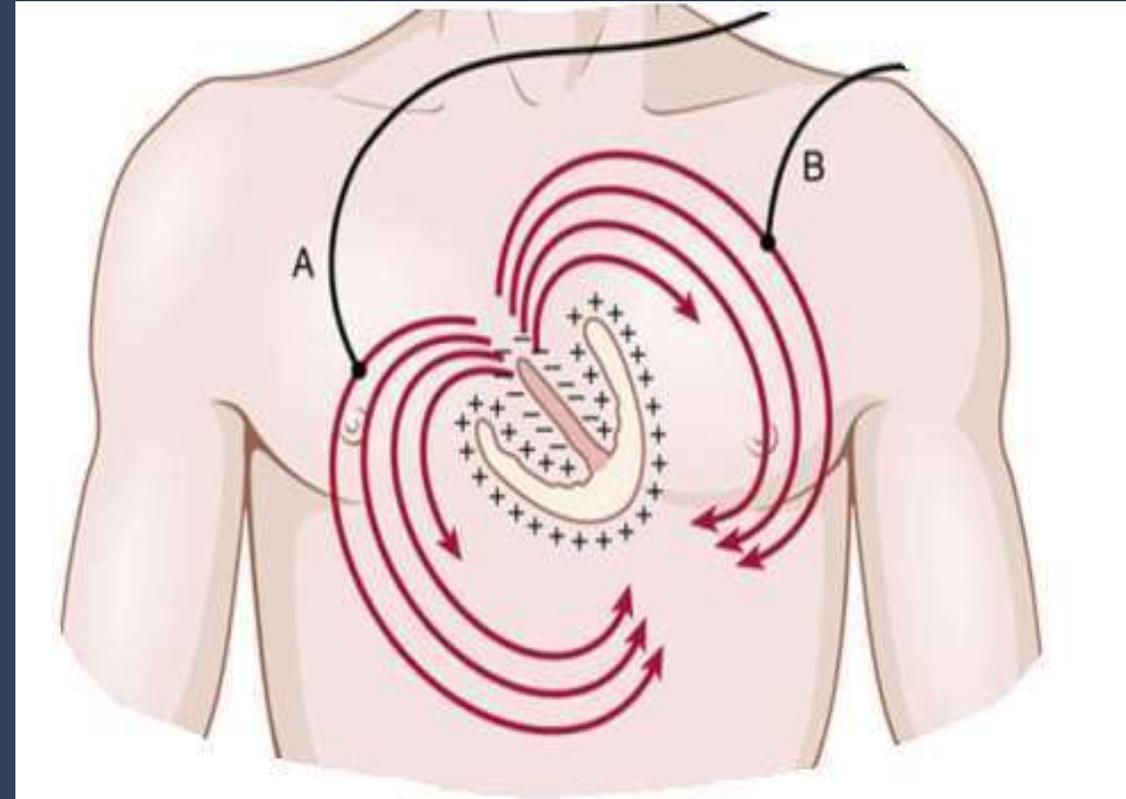


Determinación de la frecuencia del latido cardíaco a partir del electrocardiograma

- La frecuencia del latido cardíaco se puede determinar fácilmente a partir del ECG porque la frecuencia cardíaca es el recíproco del intervalo de tiempo entre dos latidos cardíacos sucesivos.
- Si el intervalo entre dos latidos, que se determina a partir de las líneas de calibración del tiempo, es de 1 s, la frecuencia cardíaca es de 60 latidos/min.
- El intervalo normal entre dos complejos QRS sucesivos en una persona adulta es de aproximadamente 0,83 s, lo que corresponde a una frecuencia cardíaca de $60/0,83$ veces por minuto, o 72 latidos/min.

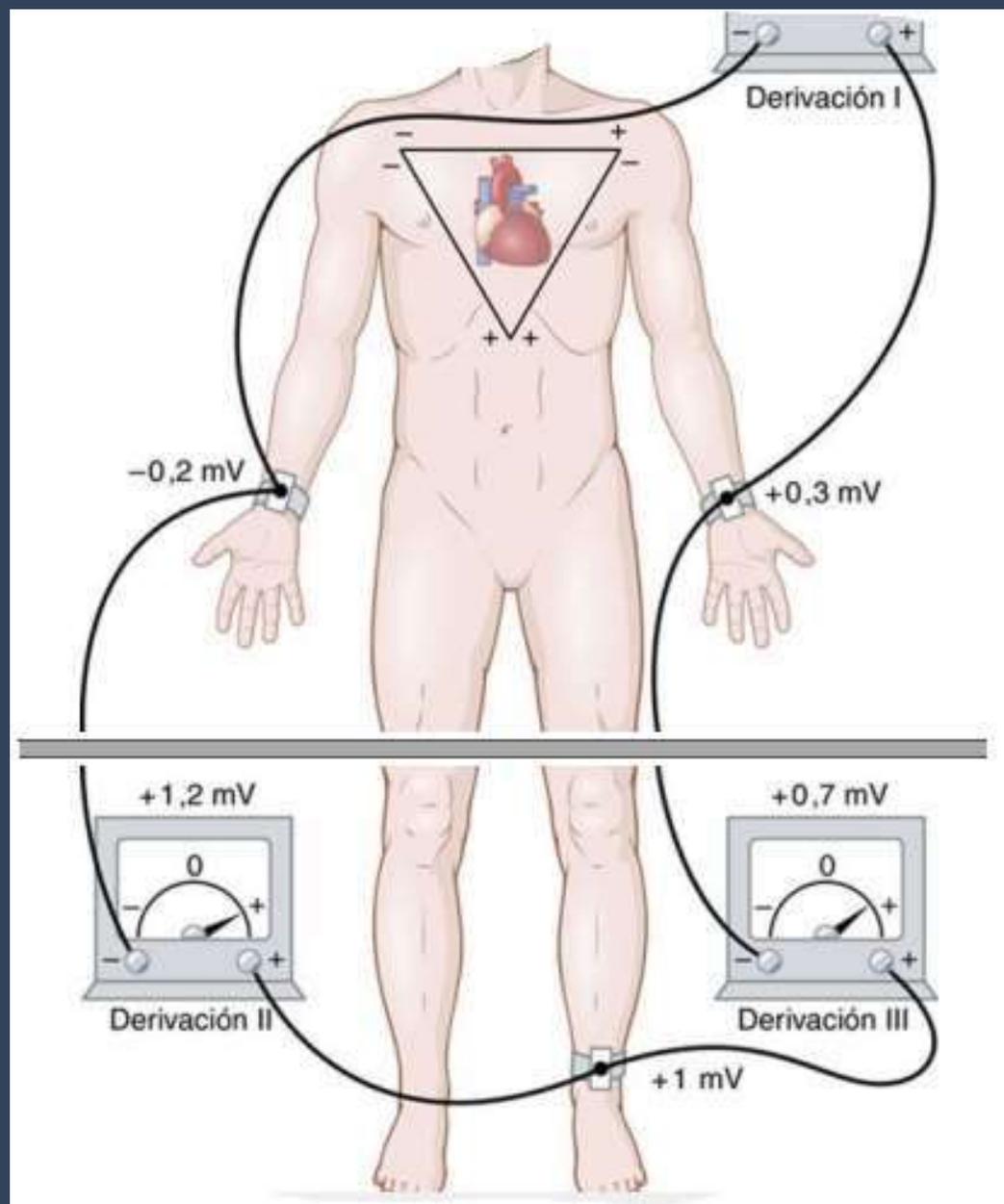
Flujo de corrientes eléctricas en el tórax alrededor del corazón

- Incluso los pulmones, aunque están llenos de aire en su mayor parte, conducen la electricidad en una magnitud sorprendente, y los líquidos de los demás tejidos que rodean el corazón conducen la electricidad incluso con más facilidad.
- Por tanto, el corazón realmente está suspendido en un medio conductor.
- Cuando una porción de los ventrículos se despolariza y, por tanto, se hace electronegativa en relación con el resto, la corriente eléctrica fluye desde la zona despolarizada hacia la zona polarizada en



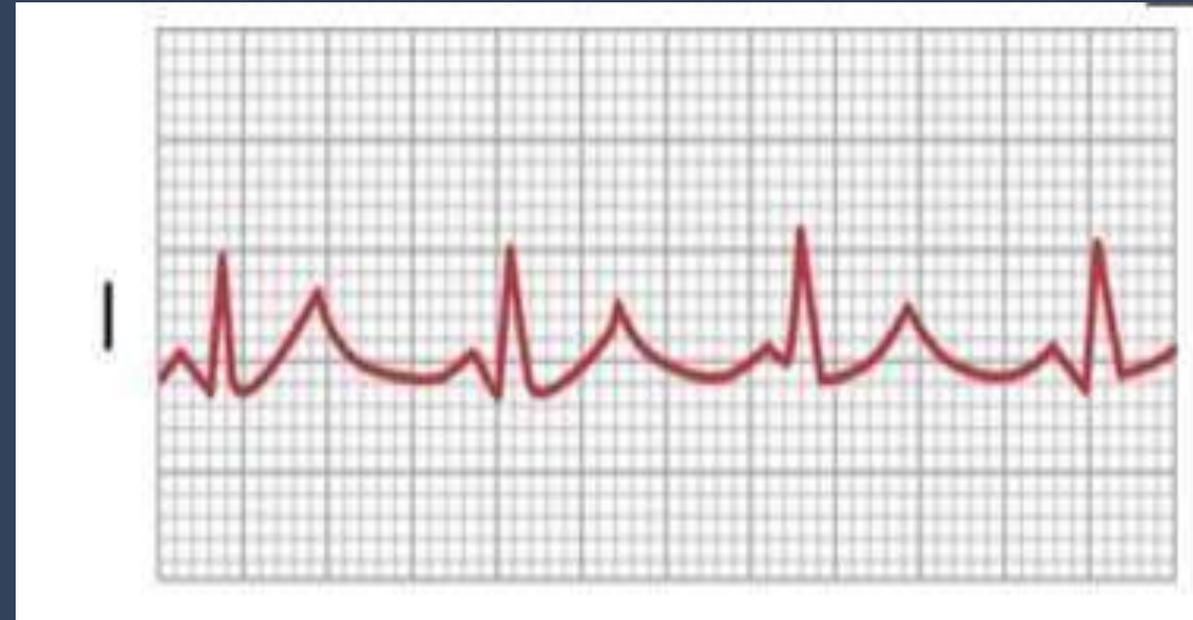
Tres derivaciones bipolares de las extremidades

- La imagen muestra las conexiones eléctricas entre las extremidades del paciente y el electrocardiógrafo para registrar ECG de las denominadas *derivaciones bipolares estándar de las extremidades*. El término «bipolar» significa que el electrocardiograma se registra a partir de dos electrodos que están localizados en lados diferentes del corazón, en este caso en las extremidades.
- Así, una «derivación» no es un único cable que procede del cuerpo, sino una combinación de dos cables y sus electrodos para formar un circuito completo entre el cuerpo y el electrocardiógrafo.
- En cada uno de los casos el electrocardiógrafo se representa en el diagrama mediante un medidor eléctrico, aunque el electrocardiógrafo real es un sistema informático de alta velocidad con una pantalla electrónica.



Derivación I

- Cuando se registra la derivación I, el terminal negativo del electrocardiógrafo está conectado al brazo derecho y el terminal positivo al brazo izquierdo. Por tanto, cuando el punto en el que el brazo derecho se conecta con el tórax es electronegativo respecto al punto en el que se conecta el brazo izquierdo el electrocardiógrafo registra una señal positiva, es decir, por encima de la línea de voltaje cero del ECG.
- Cuando ocurre lo contrario el electrocardiógrafo registra una señal por



Derivación II

- Para registrar la derivación II de las extremidades, el terminal negativo del electrocardiógrafo se conecta al brazo derecho y el terminal positivo a la pierna izquierda.
- Por tanto, cuando el brazo derecho es negativo respecto a la pierna izquierda, el electrocardiógrafo registra una señal positiva



Derivación III

- Para registrar la derivación III de las extremidades, el terminal negativo del electrocardiógrafo se conecta al brazo izquierdo y el terminal positivo a la pierna izquierda.
- Esta configuración significa que el electrocardiógrafo registra una señal positiva cuando el brazo izquierdo es negativo respecto a la pierna izquierda.



Triángulo de Einthoven

- *Triángulo de Einthoven*, alrededor de la zona del corazón.
- Este diagrama ilustra que los dos brazos y la pierna izquierda forman vértices de un triángulo que rodea el corazón. Los dos vértices de la parte superior del triángulo representan los puntos en los que los dos brazos se conectan eléctricamente a los líquidos que rodean el corazón y el vértice izquierdo es el punto en el que la pierna izquierda se conecta a los líquidos.

Ley de Einthoven

- La ley de Einthoven afirma que si los ECG se registran simultáneamente en las tres derivaciones de las extremidades, la suma de los potenciales registrados en las derivaciones I y III debe ser igual al potencial en la derivación II.
- En otras palabras, si en cualquier momento dado se conocen los potenciales eléctricos de dos cualesquiera de las tres derivaciones electrocardiográficas bipolares de las extremidades, se puede determinar la tercera simplemente sumando las dos primeras. Ha de tenerse en cuenta, sin embargo, que se deben observar los signos positivos y negativos de las diferentes derivaciones cuando se haga esta suma.

Ley de Einthoven

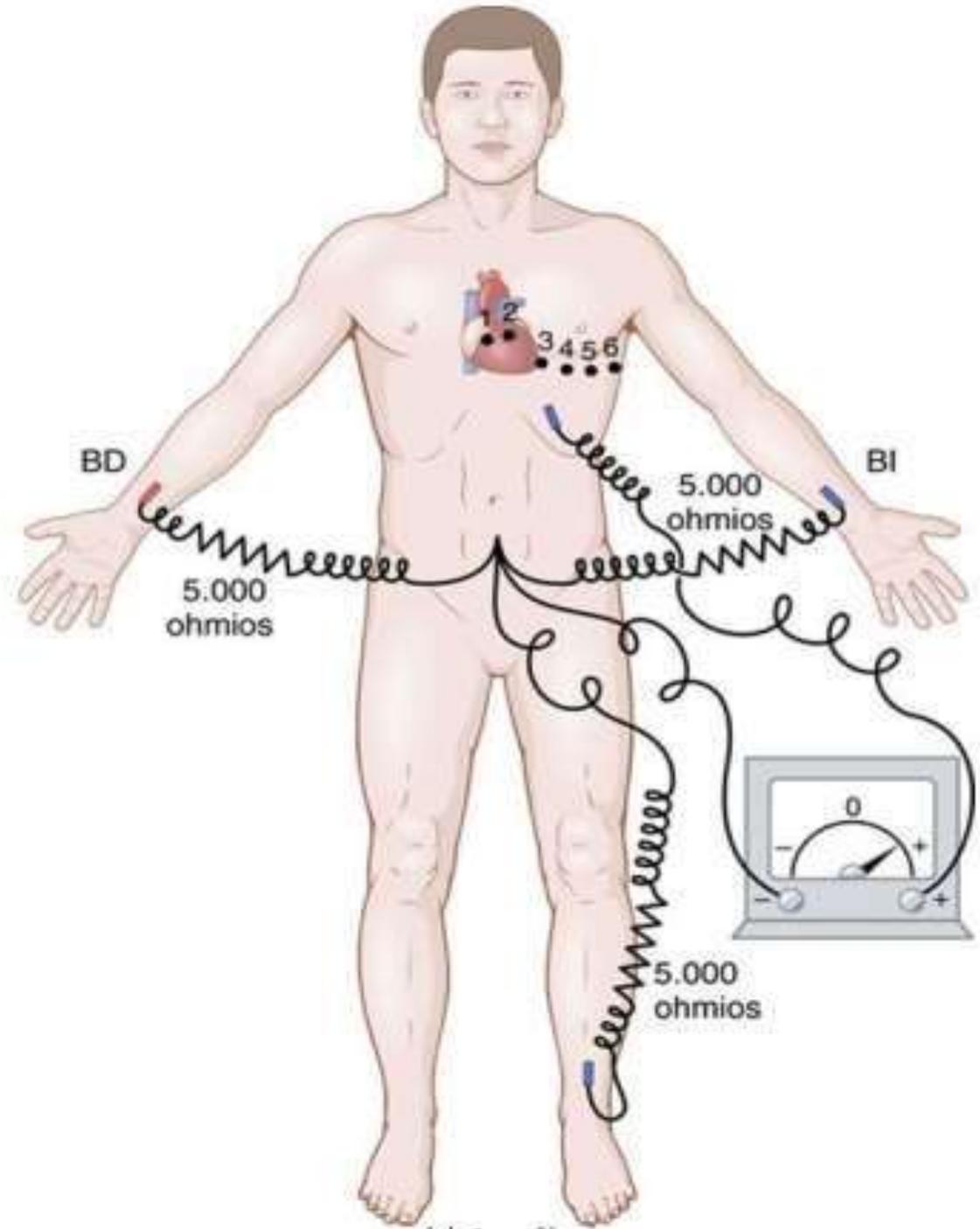
- Por ejemplo, consideremos que momentáneamente, como se señala en la **figura 11-6**, el brazo derecho es $-0,2$ mV (negativo) respecto al potencial medio del cuerpo, el brazo izquierdo es $+0,3$ mV (positivo) y la pierna izquierda es $+1$ mV (positivo). Observando los medidores de la figura se puede ver que la derivación I registra un potencial positivo de $+0,5$ mV, porque esta es la diferencia entre los $-0,2$ mV del brazo derecho y los $+0,3$ mV del brazo izquierdo. De manera similar, la derivación III registra un potencial positivo de $+0,7$ mV, y la derivación II registra un potencial positivo de $+1,2$ mV, porque estas son las diferencias de potencial instantáneas entre los pares de extremidades

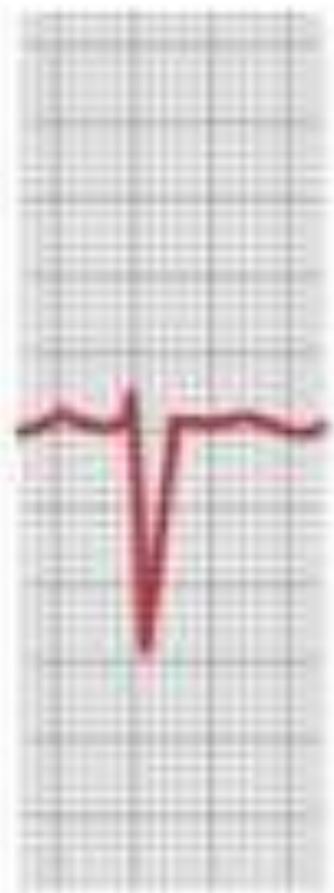
Derivaciones del tórax (derivaciones precordiales)

- Con frecuencia se registran ECG con un electrodo situado en la superficie anterior del tórax directamente sobre el corazón en uno de los puntos.
- Este electrodo se conecta al terminal positivo del electrocardiógrafo, y el electrodo negativo, denominado *electrodo indiferente*, se conecta a través de resistencias eléctricas iguales al brazo derecho, al brazo izquierdo y a la pierna izquierda al mismo tiempo, como también se muestra en la figura.

Habitualmente se registran seis derivaciones estándar del tórax, una cada vez, desde la pared torácica anterior, de modo que el electrodo del tórax se coloca secuencialmente en los seis puntos que se muestran en el diagrama.

- Los diferentes registros se conocen como derivaciones V1, V2, V3, V4, V5 y V6.





V₁



V₂



V₃



V₄



V₅



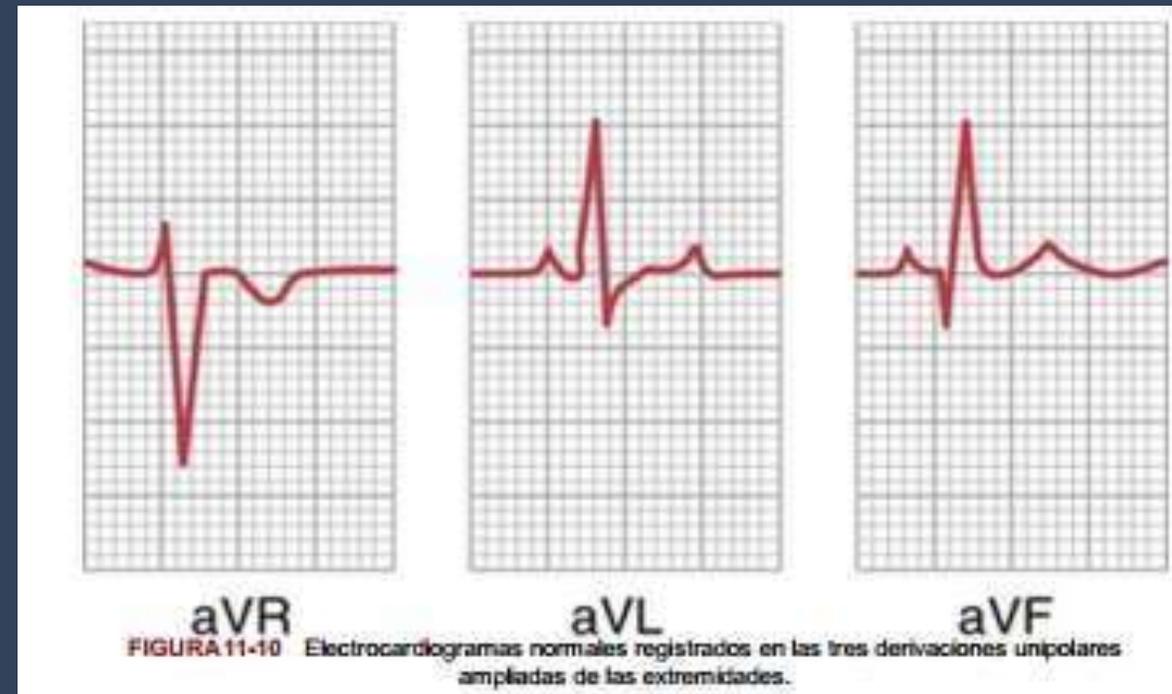
V₆

Derivaciones precordiales

- En las derivaciones V 1 y V2 los registros QRS del corazón normal son principalmente negativos porque, el electrodo del tórax de estas derivaciones está más cerca de la base del corazón que de la punta, y la base del corazón está en la dirección de la electronegatividad durante la mayor parte del proceso de despolarización ventricular.
- Por el contrario, los complejos QRS de las derivaciones V4, V5 y V6 son principalmente positivos porque el electrodo del tórax de estas derivaciones está más cerca de la punta cardíaca, que está en la dirección de la electropositividad durante la mayor parte de la despolarización.

- Otro sistema de derivaciones que se utiliza mucho es la *derivación unipolar ampliada de las extremidades*.
- En este tipo de registro, dos de las extremidades se conectan mediante resistencias eléctricas al terminal negativo del electrocardiógrafo, y la tercera extremidad se conecta al terminal positivo.
- Cuando el terminal positivo está en el brazo derecho la derivación se conoce como derivación aVR, cuando está en el brazo izquierdo es la derivación aVL y cuando está en la pierna izquierda es la derivación aVF.

Derivaciones unipolares ampliadas de las extremidades



PREGUNTAS COMPROBATORIAS

¿ Por qué está formado el electrocardiograma?



¿Cuánto debe medir aproximadamente el intervalo P-Q o P-R?



¿Cuáles son las derivaciones precordiales?



¿Cuáles son las derivaciones estándares de las extremidades?



TAREA

- ESTUDIO AUTÓNOMO: MÉTODOS DE REGISTRO ELECTROCARDIOGRÁFICOS.