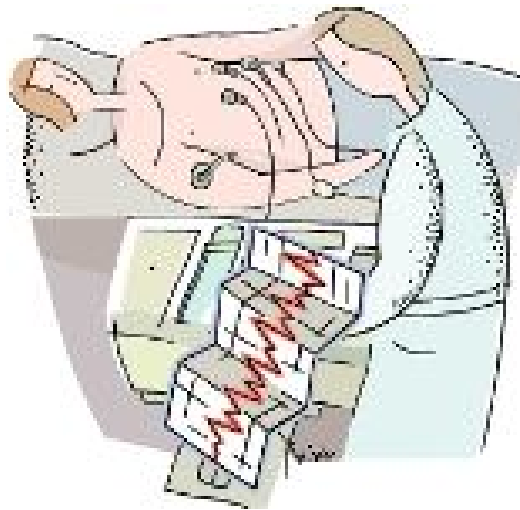


**UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL
“LISANDRO ALVARADO”
DECANATO DE CIENCIAS DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FUNCIONALES
SECCIÓN DE FISIOLÓGÍA**

**GUÍA DIDÁCTICA DE ELECTROCARDIOGRAFÍA
BÁSICA PARA ESTUDIANTES DE ENFERMERIA**



Prof. Elodia del Carmen Delgado Díaz

Compiladora-Editora

Derechos Reservados © 2011

PRESENTACIÓN

El estudio del electrocardiograma en el hombre, su análisis e interpretación constituyen, hoy por hoy, una necesidad para quienes se desempeñan en el campo de la salud. En la actualidad las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de morbimortalidad en la población adulta, con una importante incidencia de afecciones del componente eléctrico cardíaco o de lesiones isquémicas que conducen a arritmias y otros problemas en la actividad eléctrica cardíaca.

De lo anterior se deduce que es crucial en el ejercicio profesional que los/las enfermeros/as posean sólidos conocimientos sobre electrocardiografía y que adquieran también habilidades y destrezas básicas para la realización del electrocardiograma.

Además de aplicar la técnica de la electrocardiografía para obtener el registro electrocardiográfico el profesional de la enfermería, debe estar en capacidad de analizar el trazo, pues de ello depende en muchos casos la oportuna atención médica que puedan recibir los usuarios/pacientes, que contribuya a la conservación de la vida y la recuperación de la salud, entre otros.

El electrocardiograma es hoy día una herramienta diagnóstica de fácil realización y de cuya interpretación depende en muchos casos la vida de los usuarios/ pacientes al cuidado de enfermería.

Dada la relevancia de los temas referentes a la actividad eléctrica cardíaca y el electrocardiograma, para los estudiantes de enfermería, se ha

desarrollado la presente guía didáctica dirigida a los estudiantes del segundo semestre del programa de enfermería.

En esta guía el/la estudiante de enfermería dispone de los conocimientos fisiológicos básicos relacionados con el estudio de la actividad eléctrica cardíaca y del análisis del electrocardiograma, como registro gráfico de dicha actividad. En ella el /la estudiante se encontrará con actividades de autoaprendizaje donde deberá investigar en la bibliografía sugerida los aspectos asignados, lo que le permitirá involucrarse de forma activa en el proceso de aprendizaje y ser autorregulador del mismo.

Sin embargo, es importante resaltar que este material no pretende en ningún momento sustituir el proceso académico de enseñanza aprendizaje, sino nutrir, facilitar, complementar y poner a disposición de los/ las estudiantes, una herramienta educativa de fácil acceso, que le permita alcanzar los objetivos educacionales relacionados con el estudio del comportamiento eléctrico del corazón y del electrocardiograma.

El objetivo de este instrumento didáctico es, por tanto, facilitar a los/las estudiantes de la asignatura fisiología del programa de enfermería, el aprendizaje de la electrocardiografía normal, lo cual, en ocasiones se dificulta por múltiples razones entre las que cabe citar la escasez de material didáctico sobre el tema, adecuado al estudiante de enfermería, las dificultades del estudiante para la comprensión del tema a desarrollar, en los textos básicos de fisiología, entre otras.

El presente trabajo ha sido estructurado en tres partes:

Parte I. Estudio de la actividad eléctrica cardíaca

Parte II. El Electrocardiograma

Parte III. Análisis del trazo electrocardiográfico.

Esta guía esta dedicada a la Profesora Auris Flores de Finizola quien me enseñó a amar profundamente el estudio de la fisiología cardiovascular y de quien aprendí a inculcar en mis estudiantes el interés y el compromiso al momento de realizar el electrocardiograma.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han producido grandes avances en el conocimiento de la fisiología humana, con notables aplicaciones en el campo de las ciencias de la salud. Dado que, hoy por hoy, las enfermedades cardiovasculares constituyen un importante problema de salud pública, se requiere la preparación idónea del profesional de enfermería y la ejecución de acciones sustentadas en sólidos conocimientos científicos que garanticen la calidad en el cuidado humano.

Para el profesional de enfermería, el conocimiento científico aplicado, en lo referente al comportamiento eléctrico del corazón, le permite llevar a cabo un análisis racional del funcionamiento del corazón, a través de la interpretación del registro gráfico de la actividad eléctrica cardíaca: el electrocardiograma (ECG), para así asumir un rol activo y no limitando su función a la simple tarea de obtener un trazo.

De acuerdo con lo antes planteado, es de suma importancia que los estudiantes cursantes de fisiología del programa de enfermería alcancen un aprendizaje significativo sobre el funcionamiento del componente eléctrico cardíaco y sobre el registro e interpretación de esa actividad eléctrica cardíaca, lo cual les permitirá a posteriori, desarrollar un ejercicio práctico teóricamente bien sustentado y por ende, proporcionar un cuidado humano de calidad, acorde con la formación profesional.

La presente guía constituye una herramienta útil a disposición del estudiante de enfermería, que le permite, de manera autodidacta, adquirir los conocimientos básicos relacionados con el comportamiento eléctrico del corazón y con el estudio de la actividad eléctrica cardíaca. Durante el desarrollo de las actividades de autoaprendizaje se le recomienda al estudiante llevar a cabo las lecturas sugeridas, y es de vital importancia realizar las actividades asignadas.

La misma no pretende en ningún caso sustituir las actividades académicas, sino poner al alcance del estudiante de enfermería un medio didáctico que facilite el estudio de la fisiología cardiovascular, dado el nivel de abstracción del estudio de la electrocardiografía en el hombre.

A. Objetivos de aprendizaje

1.- General

Proveer a los/ las estudiantes del segundo semestre de enfermería, de conocimientos fundamentales sobre la fisiología del componente eléctrico cardíaco, haciendo énfasis en el estudio de la actividad eléctrica cardíaca y del registro gráfico de dicha actividad: el electrocardiograma.

2.- Terminal

Al finalizar la actividad de autoaprendizaje, los y las estudiantes, analizarán las bases fisiológicas del comportamiento eléctrico del corazón, a través del estudio e interpretación del electrocardiograma.

3.- Específicos

Al concluir la actividad de aprendizaje independiente y autorregulado, consultando la bibliografía sugerida, los y las estudiantes:

- a. Explicarán las bases del comportamiento eléctrico de las células cardíacas.
- b. Describirán el proceso de despolarización y repolarización celular cardíaca.
- c. Describirán las bases del electrocardiograma normal.
- d. Analizarán el registro gráfico de la actividad eléctrica cardíaca.

B. Conocimientos Previos.

Para el logro de los objetivos propuestos es necesario que repases algunos aspectos relacionados con la anatomía del sistema cardiovascular, eres libre de consultar el texto o material de tu preferencia; sin embargo, es fundamental que abordes los siguientes contenidos:

1. Anatomía macroscópica cardíaca:
 - a. Cavidades auriculares y ventriculares: particularidades de cada uno,
 - b. Grandes vasos que nacen del corazón,
 - c. Tabique interauricular e interventricular,
 - d. Vasos que irrigan al corazón.
2. Sistema de conducción cardíaco, elementos que lo constituyen
3. Anatomía microscópica cardíaca:

¡Te recomiendo elaborar dibujos, esquemas sobre los aspectos antes señalados, a los que puedas acceder durante el desarrollo de la presente actividad de autoaprendizaje!

Bibliografía sugerida:

- Best & Taylor. BASES FISIOLÓGICAS DE LA PRÁCTICA MÉDICA. Dvorkin, Cardinali, Iermoli. Editorial Médica panamericana. 14 Edición. Buenos Aires. 2010.
- Linda Costanzo. FISIOLOGÍA. Interamericana Mc- Graw- Hill. Interamericana. 1999. (TEXTO GUÍA)
- William Ganong FISIOLOGÍA MÉDICA. Manuel Moderno. 20^a Edición. 2006.
- Guyton and Hall FISIOLOGÍA MÉDICA.. Elsevier Saunders. Décima primera Edición. 2008.
- MANUAL DE CARDIOLOGÍA BÁSICA PARA MÉDICOS GENERALES. Tomo I. Publicaciones ASCARDIO. 2^{da} Edición. 1999.
- Morhrman, Heller FISIOLOGÍA CARDIOVASCULAR.. Mc Graw Hill. Sexta edición. 2006.

PARTE I. ACTIVIDAD ELÉCTRICA CARDÍACA

A. El medio donde comienza todo:

Previo al estudio de la actividad eléctrica cardíaca es necesario que repases los aspectos relacionados con la actividad de los tejidos excitables que abordaste durante la primera unidad del estudio de la fisiología humana.

Recuerda que existe una distribución asimétrica de los iones a ambos lados de la membrana celular lo que origina fuerzas electroquímicas. En el lado extracelular el catión predominante es el sodio (Na^+), el cual en condiciones de reposo no puede difundir libremente al interior de la célula puesto que los canales de Na^+ se encuentran cerrados, esto origina que en el lado extracelular de la membrana predominan las cargas positivas.

En condiciones de reposo en el lado intracelular de la membrana predomina el catión potasio (K^+), pero a diferencia de lo que ocurre con el Na^+ , la membrana es muy permeable a este catión, por lo que éste abandona el interior de la célula. Con ello cargas positivas pasan del interior al exterior quedando el interior electronegativo, además, en el interior permanecen las proteínas que se comportan como aniones no difusibles. . En consecuencia el lado interno de la membrana es electronegativo; es decir está cargado negativamente,

Por otra parte la bomba Na^+/K^+ ATPasa contribuye a la electronegatividad, al bombear 3 iones Na^+ al exterior por cada 2 iones K^+ que bombea al interior de la célula. Ver figura 1.

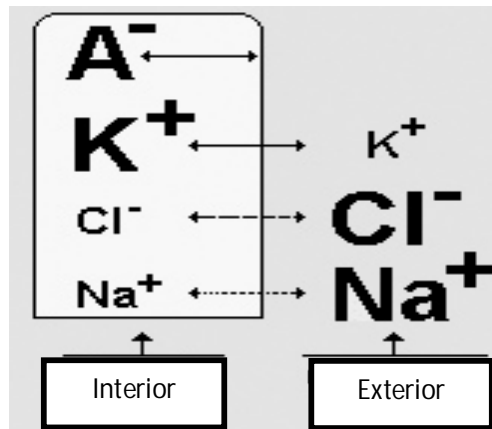


Figura 1. Distribución de iones en los medios intra y extra celular.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos27/biomedica/Image997>.

Actividades de autoaprendizaje.

Responde a las siguientes interrogantes:

1. En condiciones de reposo, explica ¿Cómo se distribuyen los iones en el líquido intra y extracelular?
2. Desde el punto de vista eléctrico ¿Cómo se distribuyen las cargas eléctricas en el interior y exterior de la membrana celular?
3. ¿Cuál es el valor del potencial eléctrico de las células contráctiles cardíacas en condiciones de reposo?
4. ¿Cuáles son los factores determinantes de dicha diferencia en el potencial eléctrico?

B. Actividad eléctrica cardíaca:

El estudio de la actividad eléctrica del corazón lo iniciaremos partiendo de la siguiente afirmación: “A nivel cardíaco...

... “Todo evento mecánico necesariamente está precedido de un evento eléctrico”

Premisa que es necesario que recuerdes siempre y en todo momento.

Imagina por un momento la secuencia de eventos que permiten desplazar un vehículo....

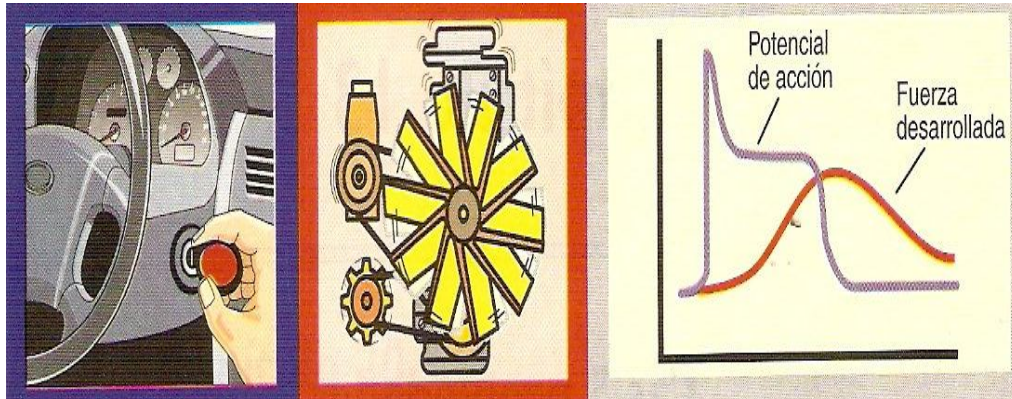


Figura 2. Acoplamiento electromecánico. Fuente Best & Taylor.

... En primera instancia se debe pasar el suiche, generar ese chispazo eléctrico que es conducido a través del sistema eléctrico y finalmente se suceden los fenómenos mecánicos que permiten el desplazamiento del vehículo.

Lo mismo ocurre a nivel cardíaco, para que pueda ocurrir la actividad contráctil, necesariamente debe haber ocurrido previamente la activación eléctrica. Además debe existir un acoplamiento electromecánico, es decir un sincronismo entre los eventos eléctricos y mecánicos.

Las células cardíacas poseen cuatro propiedades de vital importancia: automatismo, excitabilidad, conductibilidad y contractilidad.

Actividad de autoaprendizaje:

Lee en el texto de Linda Costanzo sobre este aspecto y define con tus propias palabras cada una de ellas:

Automatismo:

Excitabilidad:

Conductibilidad:

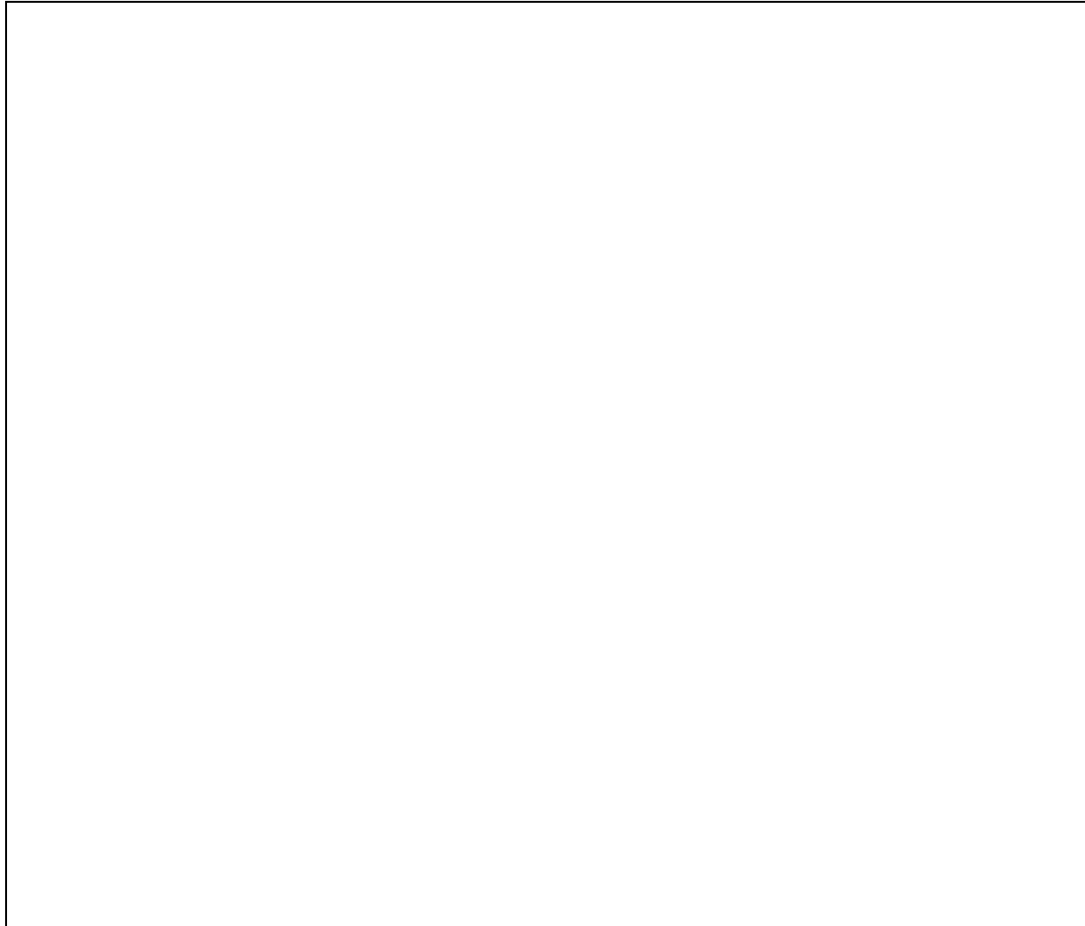
Contractilidad

La actividad eléctrica cardíaca se inicia y propaga a través de estructuras especializadas que en conjunto se conocen como sistema de conducción cardíaco.

Actividad de autoaprendizaje:

Consulta en la bibliografía sobre el sistema de conducción cardíaco.

Representa en un dibujo los elementos que lo constituyen.



C. Sistema de conducción cardíaco:

1. El Nodo sinusal o sinoauricular: esta ubicado en la pared posterosuperior de la aurícula derecha, lateral a la desembocadura de la vena cava superior. Este constituye el marcapaso cardíaco, ya que en él se genera la actividad eléctrica cardíaca, con una mayor frecuencia de disparo.

2. Nodo auriculoventricular AV: Aproximadamente a los 0,03 segundos de iniciada la despolarización se activa esta estructura, la cual se ubica en la

parte inferior y posterior de la aurícula derecha. Su función principal es producir un retardo fisiológico en la propagación del impulso eléctrico de aproximadamente 0,09 segundo. Es decir a los 0,12 segundo el impulso se propaga hacia el Haz de His.

3. Haz de His: este elemento es capaz de atravesar el anillo fibroso (estructura de tejido conectivo que separa las aurículas de los ventrículos y que actúa como un aislante eléctrico), a través de su porción penetrante para permitir la propagación del impulso hacia los ventrículos. A los 0,16 segundos se inicia entonces la despolarización ventricular.

4. Ramas izquierda y derecha del Haz de His: las cuales descienden por el tabique interventricular envueltas en una lámina de tejido conectivo y aisladas del tejido muscular circundante. A través de estas estructuras el impulso se propaga a nivel septal y hacia los ventrículos, dándose origen a tres vectores de activación ventricular: primer vector o septal, segundo vector o de paredes libres y tercer vector o posterobasal. Finalmente se inicia la despolarización de las fibras de Purkinje.

4. Fibras de Purkinje: este elemento garantizan la propagación rápida del impulso hasta los 2/ 3 internos del miocardio, en sentido endocardio epicardio.

Actividades de autoaprendizaje:

En la literatura básica, revisa lo correspondiente a este punto y responde las siguientes interrogantes:

a. ¿Cuál estructura anatómica, del sistema de conducción cardíaco, puede funcionar como marcapaso subsidiario?

b. ¿Por qué ocurre el retardo fisiológico en el Nodo AV?

c. ¿En cuál estructura del sistema de conducción cardíaco es mayor la velocidad de conducción?

D. Potencial de membrana en reposo:

Como se señaló con anterioridad, en condiciones de reposo, el interior de la célula es electronegativo, predominando en el interior de la célula el ión K^+ . El exterior es electropositivo, con predominancia del ión Na^+ .

En la célula contráctil o banal, el cardiomiocito, el potencial eléctrico en reposo oscila alrededor de los $-90mV$. Como consecuencia de los eventos

antes mencionados, siendo importante resaltar que en estas células el potencial de reposo es estable a diferencia de lo que ocurre en las células especializadas autoexcitables.

En las células autoexcitables, que forman parte de las estructuras que conforman el sistema de conducción cardíaco, el potencial eléctrico inestable oscila alrededor de los -65 a -55mV, esto se debe a que en estas células en reposo ingresa Na^+ al interior de la células, a través de canales para el flujo interno de Na^+ .

Este ingreso de sodio al interior de la célula arrastra el prepotencial hacia el potencial de equilibrio del Na^+ sin alcanzarlo, ya que al alcanzar los -55 mV, se supera el umbral y se dispara el potencial de acción en estas células especializadas. Entiéndase por prepotencial la fase que precede a la despolarización eléctrica en las células automáticas.

E. Potencial de acción en las células autoexcitables:

En las células que tienen la propiedad de generar su propio estímulo (Automatismo) y que forman parte de las estructuras del sistema de conducción, en condiciones de reposo el potencial eléctrico oscila alrededor de - 65 a - 55 mV.

La entrada de Na^+ y Ca^{++} al interior de la célula, durante la fase de despolarización diastólica espontánea a través de los canales I_f , que se activan

por la hiperpolarización, desplaza el potencial eléctrico hacia el potencial de equilibrio del Na^+ ; sin embargo, cuando el potencial alcanza los -55mV , se supera el umbral y la célula se despolariza.

Para las células automáticas, el potencial de acción consta de tres fases: despolarización diastólica espontánea (DDE), despolarización (fase 0) y la repolarización (fase 3).

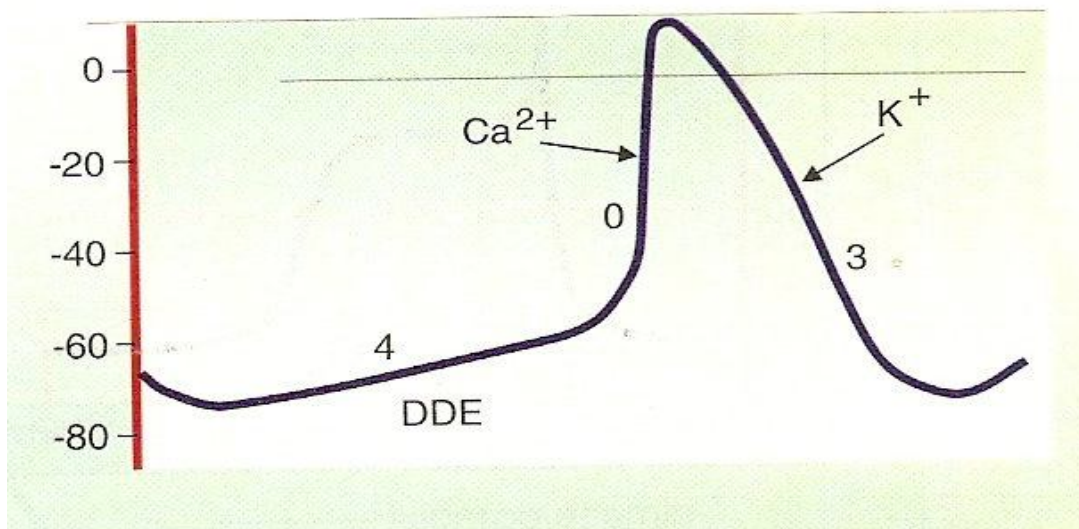


Figura 3. Potencial de acción. Fuente: Best & Taylor.

La despolarización ocurre por la entrada de calcio (Ca^{++}) a través de los canales calcio- dependientes, durante la misma ingresa este catión al interior de la célula desplazándose el potencial eléctrico hacia un valor más positivo.

Durante la repolarización, fase 3, sale K^+ de la célula, con lo cual el potencial se desplaza hacia un valor más negativo.

Actividades de autoaprendizaje:

1. Consulta en la literatura los eventos químicos y eléctricos que suceden en cada fase del potencial de acción de las células autoexcitables.

2. Resume los eventos que ocurren en cada una de las tres fases:

a. Fase DDE:

b. Fase 0:

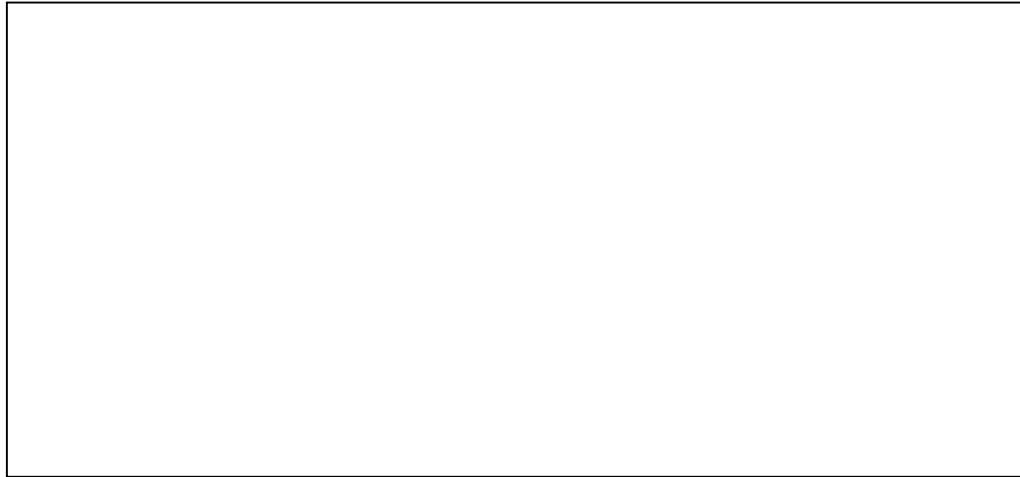
c. Fase 3:

F. Potencial de acción en las células contráctiles:

En los cardiomiocitos o células banales, el potencial de acción está constituido por 5 fases: Despolarización (fase 0), repolarización temprana (fase 1), meseta (fase 2), repolarización (fase 3), potencial de membrana de reposo (fase 4).

Actividades de autoaprendizaje:

Luego de revisar la bibliografía recomendada, elabora tu propio dibujo, sobre el potencial de acción en las células contráctiles cardíacas.



Fases del potencial de acción en los cardiomiocitos:

1. Durante la fase 0 del potencial de acción ocurre la apertura de los canales rápidos de Na^+ , voltaje dependientes, al ser estimulada por el impulso eléctrico la célula lo que conduce al ingreso rápido de Na^+ al interior de la célula y al desplazamiento del potencial eléctrico hacia un valor más positivo. Desde el punto de vista químico por estar más concentrado el sodio en el exterior de la célula al abrirse los canales de Na^+ , éste ingresa bruscamente al interior, por lo que se invierte el gradiente químico; es decir, ahora el sodio pasa a estar más concentrado en el interior de la célula.

2. En la fase 1, unas milésimas de segundo después se cierran las compuertas de inactivación de los canales de Na^+ , por lo que cesa la corriente interna de Na^+ ; es decir la entrada rápida de sodio a la célula, momento en el

que además se abren los canales de K^+ , razón por la cual este catión siguiendo el gradiente de concentración sale al exterior de la célula.

Recuerda que el potasio estaba más concentrado a nivel intracelular y ésta es la fuerza que, al abrirse el canal, favorece la salida de K^+ . Este hecho conduce a que el potencial eléctrico comienza a desplazarse hacia un valor más negativo, pues como se señaló con anterioridad, al salir potasio salen cargas positivas.

3. Durante la fase 2, denominada de meseta, se produce la apertura de los canales lentos de Ca^{++} , con la consiguiente entrada de cargas positivas; y si recuerdas al estar abierto los canales de K^+ , también durante este evento salen cargas positivas. Este desplazamiento de cargas positivas en ambos sentidos interior-exterior y exterior-interior origina un “equilibrio eléctrico” con lo cual el potencial eléctrico se mantiene en una meseta.

4. El cierre de los canales lentos de Ca^{++} voltaje dependientes, y la permanencia en estado abierto de los canales de K^+ , en la fase 3, conduce a la salida de este catión con la consiguiente salida de cargas positivas.

Esto desplaza el potencial eléctrico hasta un valor más negativo, aproximadamente hacia $-85mV$. Al final de esta fase, la célula cardíaca se encuentra estable desde el punto de vista eléctrico, el interior negativo y el exterior positivo; sin embargo inestable químicamente ya que el ión Na^+ que estaba más concentrado en el exterior, en la fase de reposo, se encuentra ahora en el interior de la célula y el ión K^+ que al inicio estaba más

concentrado en el interior ha salido de la célula y por tanto está ahora más concentrado en el exterior.

5. En la fase 4, una vez que se han cerrado los canales de K^+ y que existe una inestabilidad química actúa la bomba Na^+/K^+ ATPasa para restablecer el equilibrio químico bombeando 3 iones Na^+ al exterior y 2 iones K^+ al interior, restableciéndose el equilibrio electroquímico.

Actividades de aprendizaje:

Resume los eventos químicos y eléctricos que suceden en cada fase:

Fase 0: _____

Fase 1: _____

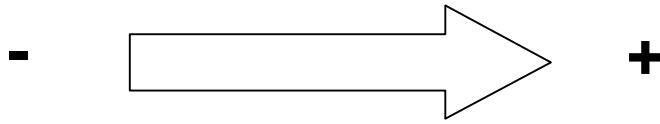
Fase 2: _____

Fase 3: _____

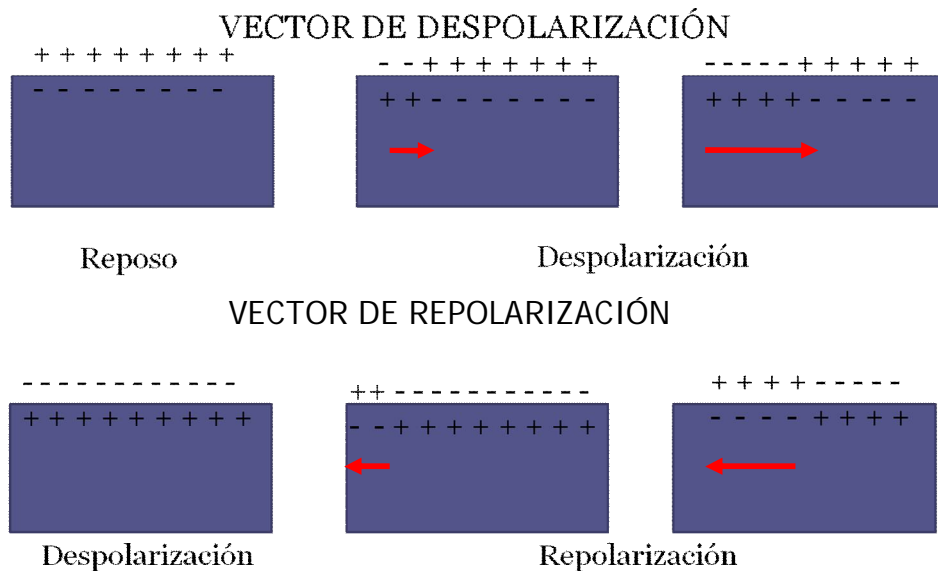
Fase 4: _____

G. Vectores de despolarización y repolarización:

La activación eléctrica cardíaca da origen a vectores de despolarización, y la recuperación eléctrica da origen a vectores de repolarización. Recuerda que un vector se representa gráficamente mediante una flecha, cuya punta se representa cargada positivamente y su cola se representa cargada negativamente.



Tomado del manual de cardiología de Ascardio para médicos generales, la figura que se presenta a continuación muestra el desplazamiento de los vectores de despolarización y repolarización.



Nota: el vector se desplaza con la cola al frente, recuperándose cargas negativas

Figura 4. Vectores de despolarización y repolarización. Fuente: Manual de cardiología de Ascardio.

H. Actividad eléctrica a nivel auricular:

A nivel auricular se originan dos vectores de activación eléctrica, cuya suma da origen a un vector resultante que se desplaza hacia abajo y hacia la izquierda. El estímulo eléctrico se desplaza hacia abajo y a la izquierda hacia el

nodo AV, a través de los haces internodales anterior, medio y posterior y hacia la aurícula izquierda por medio del haz interauricular o fascículo de Bachman.

¡No lo olvides a la hora de registrar la actividad!

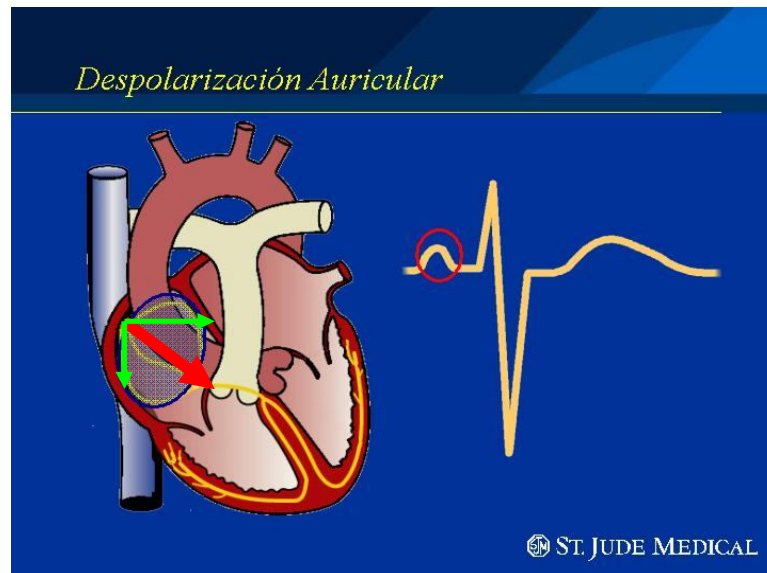


Figura 5. Activación auricular. Fuente: www.secex.org

Dado que las paredes a nivel auricular son de menor espesor con respecto a los ventrículos, en este nivel se despolarizan simultáneamente el endocardio y el epicardio. El vector de despolarización tiene su origen en el nodo sinusal, que se constituye en el marcapaso cardíaco y que marca por tanto el ritmo eléctrico cardíaco y se desplaza por su punta como se señalo hacia abajo y a la izquierda.

La recuperación eléctrica a nivel auricular se inicia en el mismo punto donde se inicio la despolarización; es decir en el nodo sinusal, solo que el vector se desplaza con la cola orientada hacia abajo y la izquierda, por tanto

las primeras porciones en despolarizarse son las primeras regiones en repolarizarse.

I. Actividad eléctrica a nivel ventricular:

A nivel ventricular, la activación eléctrica da origen a tres vectores: septal, de paredes libres y postero basal. En la figura que se presenta ha continuación observa la orientación de cada uno de ellos.

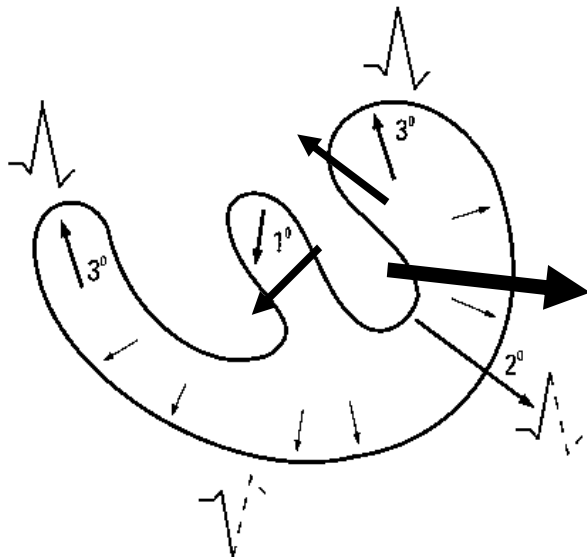


Figura 6. Vectores de despolarización ventricular.

Fuente: www.galeon.com/medicinadeportiva

Actividades de autoaprendizaje:

Señala la orientación de cada uno de los vectores de despolarización ventricular. Recuerda que la orientación de los vectores de despolarización ventricular es en sentido endocardio- epicardio.

Vector septal: _____

Vector de paredes libres: _____

Vector posterobasal: _____

Resumen: En la imagen que se muestra se representan los vectores de activación auricular y ventricular.

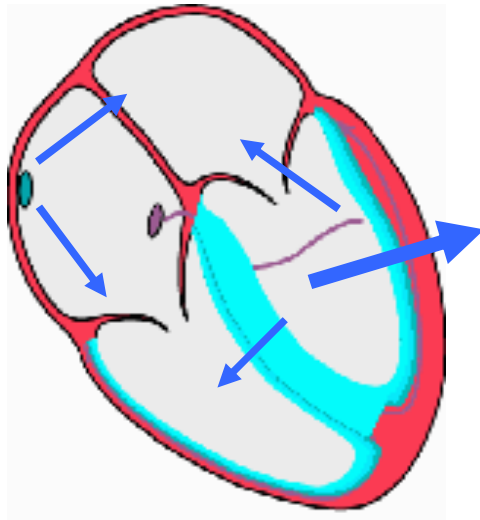


Figura 7: Actividad Eléctrica Auricular y Ventricular

En la repolarización, el vector de recuperación, se desplaza en contramarcha, por ello las últimas zonas en despolarizarse son las primeras zonas en repolarizarse. Imagínate que este vector se desplaza en retroceso, con su cola al frente permitiendo que se recupere la electronegatividad, pero ahora en sentido epicardio- endocardio.

PARTE II. EL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Ya conoces el comportamiento del elemento eléctrico cardiaco, puedes pasar ahora a la fase siguiente, conocer: ¿Qué es el ECG? Y ¿En qué consiste el registro de la actividad eléctrica cardíaca?

En el siglo XIX, el fisiólogo holandés Willem Einthoven, (nació en Semarang el 21 de mayo de 1860 – muere en Leiden, Holanda, 28 de septiembre de 1927) desarrolló el galvanómetro que lleva su nombre, gracias al cual logró medir las diferencias de potencial eléctrico experimentadas por el corazón y reproducirlas gráficamente.

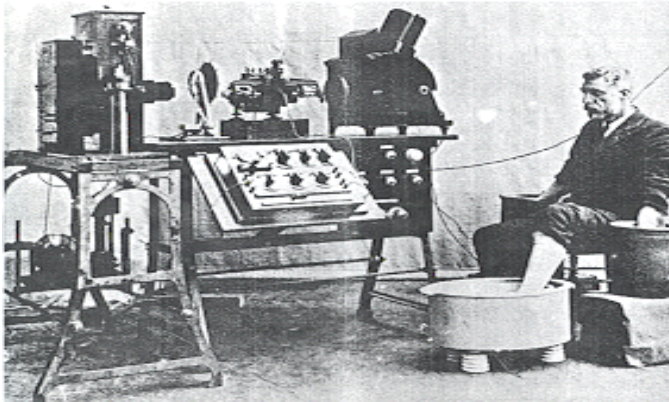


Figura 8. Einthoven.

Fuente:

www.esacademic.com.

Actividades de autoaprendizaje:

Revisa en la literatura recomendada, las definiciones de Electrocardiograma, y elabora tu propia definición.

ECG:

¡Bien es hora de continuar!

A. Bases Fisiológicas del electrocardiograma:

Te corresponde ahora conocer las bases fisiológicas de la generación de las corrientes eléctricas registradas en el electrocardiograma, siendo importante considerar que:

1. La propagación de las descargas originadas en el nodo sinoauricular, a través del músculo cardíaco produce su despolarización. La dirección en la cual se propaga el impulso y la posición del electrodo con respecto al vector de despolarización determina el sentido de la deflexión que se registra en el ECG (positiva si se acerca al electrodo y negativa si se aleja de éste).

2. Las variaciones de potencial eléctrico que originan el vector resultante de la despolarización o la repolarización producen las ondas características del ECG. La formación del impulso en el nodo sinusal y su conducción generan corrientes eléctricas débiles que se diseminan por todo el cuerpo, por lo cual al colocar electrodos en diferentes sitios del cuerpo y conectarlos al electrocardiógrafo se obtiene el trazo que se analizará en la practica.

El equipo usado para obtener el registro gráfico de la actividad eléctrica, es el electrocardiógrafo, el cual vas a conocer con detalle durante la práctica N° 4, correspondiente al estudio del electrocardiograma en la asignatura fisiología, del programa de enfermería. Este aparato consta de un galvanómetro, un amplificador y un sistema inscriptor. Se establece la entrada de las conexiones al equipo de forma tal que:

- a. Una deflexión hacia arriba, de la línea de base, indica un potencial positivo.
- b. Una deflexión hacia abajo, de la línea de base, indica un potencial negativo.

En el cuerpo de la persona examinada (paciente) se ubican electrodos en sitios específicos de la superficie corporal que permiten registrar las diferencias de potencial eléctrico cardíaco desde distintas ubicaciones. Estos puntos específicos reciben el nombre de derivaciones del ECG.

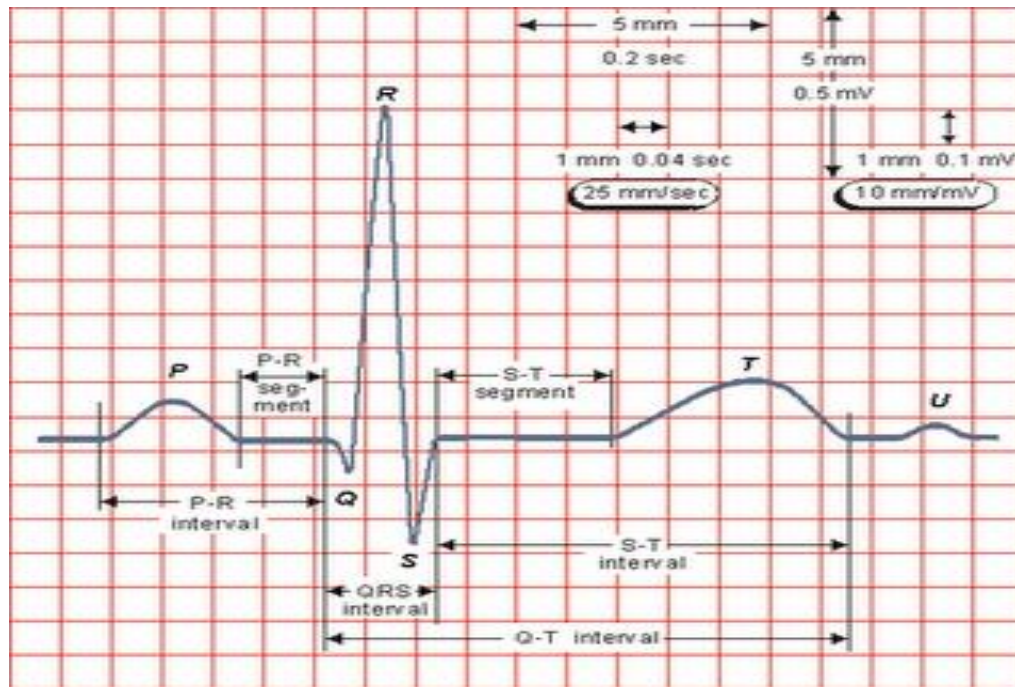


Figura 9. El electrocardiograma y sus elementos.

Fuente: www.conestetoscopio.com

B. El ECG y sus elementos:

Una definición corta y sencilla del término electrocardiograma (ECG):

Es el registro gráfico de la actividad eléctrica cardíaca.

En este registro se encuentran los siguientes elementos:

1. Ondas del ECG:

a. Onda P: este componente del ECG, tiene su origen en el registro del vector de despolarización auricular, esta actividad nace en el nodo sinoauricular, por la activación de las células "P" que conforman esta estructura y que tienen la propiedad de generar su propio estímulo y que debido a su frecuencia de disparo (60-80 por minuto) constituyen el marcapaso cardíaco. En condiciones fisiológicas la onda P es una deflexión positiva en todas las derivaciones, excepto en la derivación aVR. Ver figura.

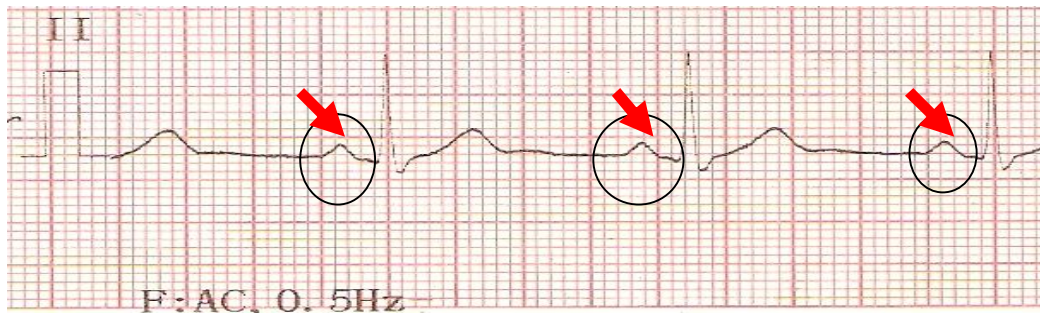


Figura 10. Onda P en la derivación DII, Fuente: Trazo electrocardiográfico.

Nota: En el electrocardiograma, no podemos apreciar el registro de la actividad de repolarización ventricular, ya que este queda solapado (enmascarado) por la estructura siguiente, el complejo QRS; sin embargo, si ocurre la repolarización auricular solo que no la vamos a poder evidenciar en el registro gráfico.

b. Complejo QRS: este conjunto de ondas es producto de la despolarización ventricular. El mismo esta constituido por tres elementos: la onda Q, la onda R y la onda S.

La onda Q, es la deflexión negativa que precede a la positividad del complejo QRS, la onda R es la positividad del complejo y la onda S es la deflexión negativa que sigue a la positividad del complejo.

Estos elementos se originan por el registro de los tres vectores que corresponden a la despolarización ventricular: el vector septal, el vector de paredes libres y el vector posterobasal.

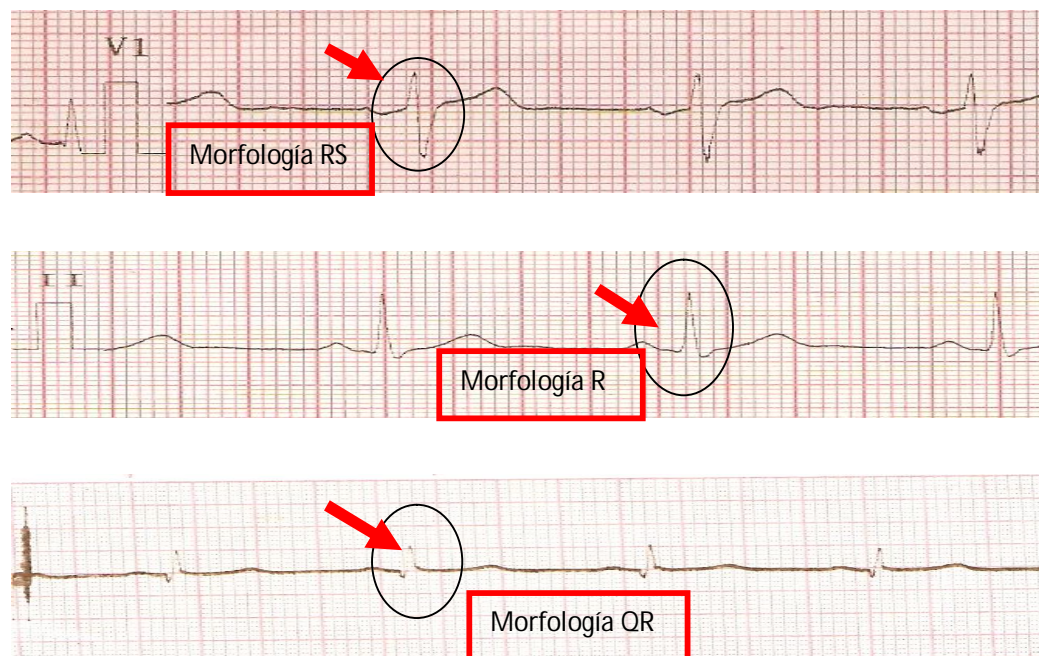


Figura 11. Complejo QRS en las derivaciones V1, DII Y V2. Fuente: Trazos electrocardiográficos.

c. Onda T: este elemento se debe al registro de la repolarización ventricular, es importante que recuerdes que esta estructura siempre tiene el mismo sentido del complejo QRS; es decir que en aquellas derivaciones en las cuales el QRS es

negativo la onda T también será negativa y donde sea positivo la onda T tendrá la misma orientación positiva.

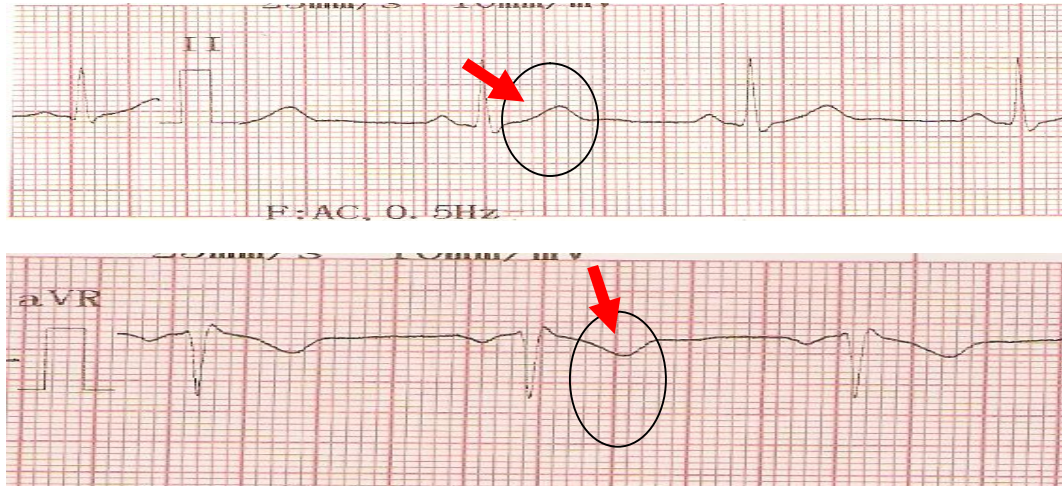


Figura 12. Onda T en las derivaciones DII y aVR. Fuente: Trazos electrocardiográficos.

d. Segmentos del ECG:

Entre las ondas del ECG se encuentran los segmentos PR y el ST. El segmento PR se extiende desde el final de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. El segmento ST, por su parte, se extiende desde el final del complejo QRS hasta el inicio de la onda T. Ambos elementos se caracterizan por ser isoeletricos; es decir están en el mismo nivel de la línea de base. El segmento ST se correlaciona con el momento en el que toda la masa ventricular se encuentra despolarizada, por lo cual, desde el punto de vista eléctrico existe un “equilibrio eléctrico” (fase de meseta del potencial de acción).

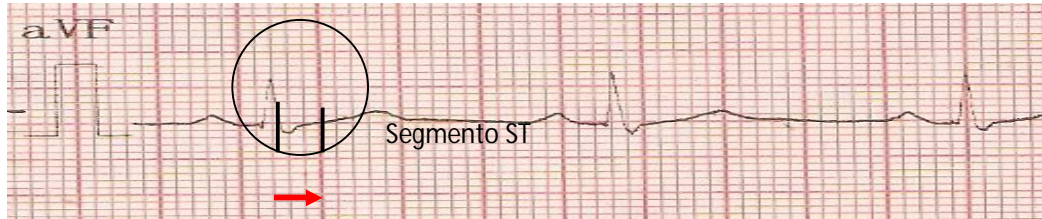
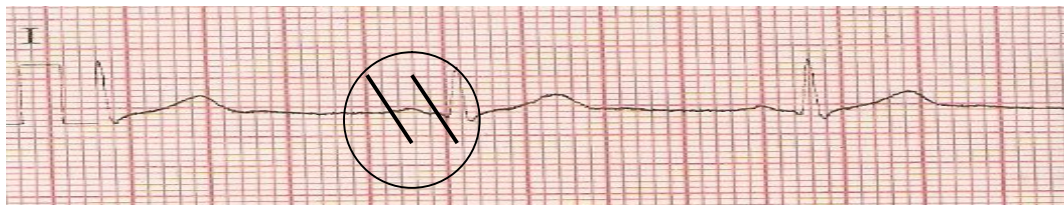


Figura 13. Segmentos del electrocardiograma.

e. Intervalos del ECG:

Además de los elementos señalados, la suma de ondas y segmentos da origen a los intervalos del ECG. El intervalo PR, engloba la onda P y el segmento PR, el mismo se extiende desde el inicio de la despolarización auricular, es decir desde el inicio de la onda P, hasta el inicio del complejo QRS, momento en el cual se inicia la despolarización ventricular; por tanto comprende el tiempo que tarda el estímulo en desplazarse desde su inicio en el nodo sinusal, su retardo fisiológico en el nodo AV y su propagación por el Haz de His hasta las fibras de Purkinje.

Ver figura 14.



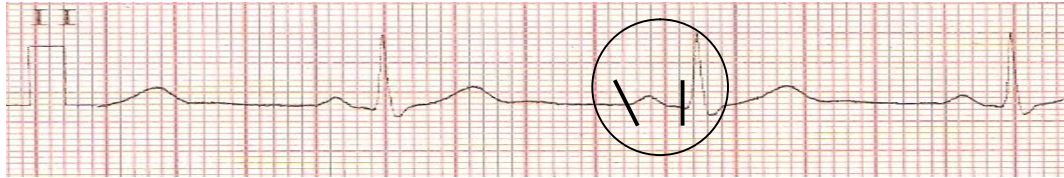


Figura 14. Intervalo PR en las derivaciones DI y DII. Fuente: Trazos electrocardiográficos.

El intervalo QT comprende el complejo QRS, el segmento ST y la onda T. El mismo se extiende desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T; es decir que registra la despolarización y recuperación ventricular.

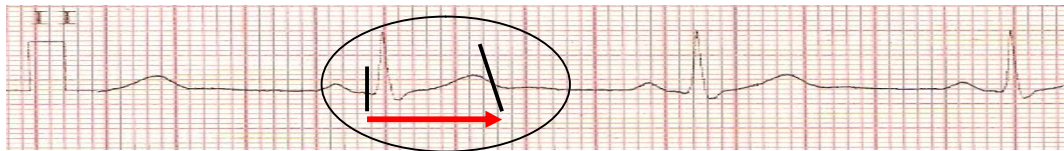


Figura 15. Intervalo QT en la derivación DII. Fuente: Trazo electrocardiográfico.

Actividades de autoaprendizaje:

Consulta en la bibliografía recomendada, lo correspondiente a los componentes del ECG. Construye tus propias definiciones.

Ahora vamos a concretar ¿En qué consiste entonces el ECG?

El ECG: es el registro gráfico de la actividad eléctrica cardíaca, desde diferentes puntos de la superficie corporal (derivaciones). Cada vez que el electrodo registra la punta del vector eléctrico (despolarización o repolarización)

se obtiene una deflexión positiva, y cuando registra la cola del vector se obtiene una deflexión negativa.

Actividades de aprendizaje:

Considerando los aspectos revisados hasta ahora, responde a la siguiente interrogante:

¿Cuál es el origen de la onda P?

¿Cuál es el origen del complejo QRS?

¿Cuál es el origen de la onda T?

Señala en el siguiente trazo electrocardiográfico los siguientes elementos:

Onda P, Complejo QRS y Onda T.

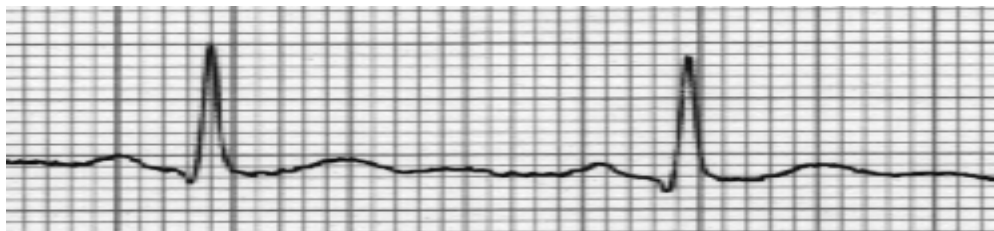


Figura 16. Trazo electrocardiográfico en la derivación DI.

Consulta en la literatura recomendada, en la Web, y responde:

¿Puede haber actividad eléctrica cardíaca sin presencia de la onda P?

¿Cuál es el rol del enfermero, enfermera con relación al registro del trazo electrocardiográfico y a su interpretación como método diagnóstico de gran importancia?

¿Qué crees Tú? ¿Cuando egreses cómo profesional, qué harías?

B. Derivaciones del electrocardiograma:

Las derivaciones del ECG, recuerda, son sitios de la superficie corporal desde donde se pueden registrar las diferencias de potencial eléctrico cardíaco producto de la actividad eléctrica cardíaca; es decir que desde distintas ubicaciones del cuerpo, al colocar electrodos podemos registrar esa actividad. Estos puntos específicos de la superficie corporal reciben el nombre de derivaciones del ECG.

¿Cómo es posible esto? ¿Por qué es posible obtener información de lo que ocurre desde el punto eléctrico a nivel cardíaco, desde la superficie corporal?

Recuerda que nuestro organismo está constituido fundamental por agua, y que además en ese medio acuoso están presentes elementos de naturaleza iónica capaces, ambos, de favorecer la conductancia de corrientes eléctricas. Por tanto para el registro desde los diferentes sitios del cuerpo es necesario reducir las barreras que impidan la propagación de las corrientes eléctricas hacia la superficie corporal, al actuar como aislante eléctrico Ej.: la grasa en la superficie corporal.

Previo a la colocación de los electrodos, para el registro electrocardiográfico desde las distintas derivaciones del ECG, es necesario limpiar la superficie corporal con alcohol, con el fin de reducir la barrera que representa la grasa corporal (aislante eléctrico) y colocar una solución electrolítica (gel) para favorecer la conducción eléctrica, es su defecto puedes

usar una torunda embebida en solución salina o alcohol, como conductor eléctrico.

Recuerda debes orientar al examinado (paciente) sobre el procedimiento a realizar, resaltando que durante el estudio bajo ninguna circunstancia recibirá descargas eléctricas, explícale siempre que los electrodos y las conexiones (cables) son utilizados para registrar lo que ocurre en su corazón no para generar electricidad.

La técnica para el registro del electrocardiograma, la revisarás con detenimiento durante la práctica número 4, del curso de la asignatura fisiología.

Para el registro del electrocardiograma se utilizan 12 derivaciones estándar, clasificadas de la siguiente forma:

1. Derivaciones del Plano Frontal:

- a. 3 Derivaciones estándar Bipolares: Los electrodos son colocados en la cara interna del tercio inferior de los antebrazos derecho (BD) e izquierdo (BI) y en la cara interna del tercio inferior de la pierna izquierda (PI). Se coloca un electrodo en la pierna derecha, en el nivel antes señalado para la PI, que sirve como polo a tierra. En caso de amputaciones de miembros se coloca en el nivel inmediatamente proximal a los sitios descritos.

Las derivaciones bipolares, del plano frontal, registran las diferencias de potencial eléctrico entre los dos electrodos seleccionados, uno positivo y el otro negativo. Ellas son:

DI: Los electrodos se colocan en: Brazo izquierdo (+), Brazo derecho (-)

DII: Los electrodos son ubicados en: Pierna izquierda (+), Brazo derecho (-)

DIII: Los electrodos se ubican en: Pierna izquierda (+), Brazo izquierdo (-)

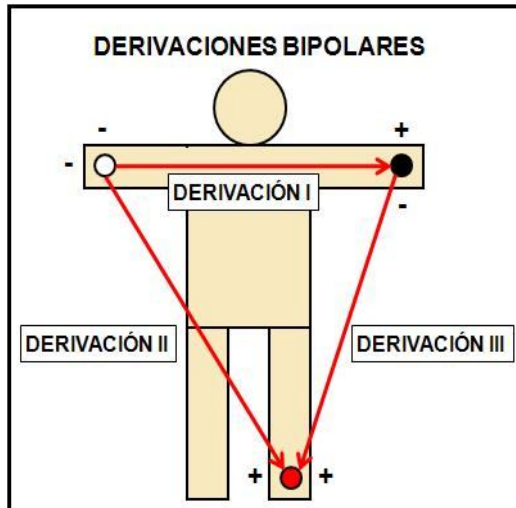


Figura 17. Derivaciones bipolares del plano frontal: DI, DII y DIII. Fuente:

<http://www.portalbiomedico.com>

- b. 3 Derivaciones estándar monopolares: Los electrodos son colocados en los brazos derecho e izquierdo y en la pierna izquierda. En estas derivaciones no se coloca el positivo en un miembro y el negativo en otro, como en el caso anterior, sino que se coloca solo un electrodo para el registro de cada derivación, siendo este electrodo positivo en uno de los miembros.

Como se señala en la figura 18, los otros dos electrodos para cada derivación son anulados en una unidad del equipo denominada Central Terminal de Wilson, por lo que el registro se obtiene solo desde el electrodo en brazo derecho, brazo izquierdo o pierna izquierda.

aVR: Brazo derecho (+) aVL: Brazo izquierdo(+) aVF: Pierna izquierda(+)

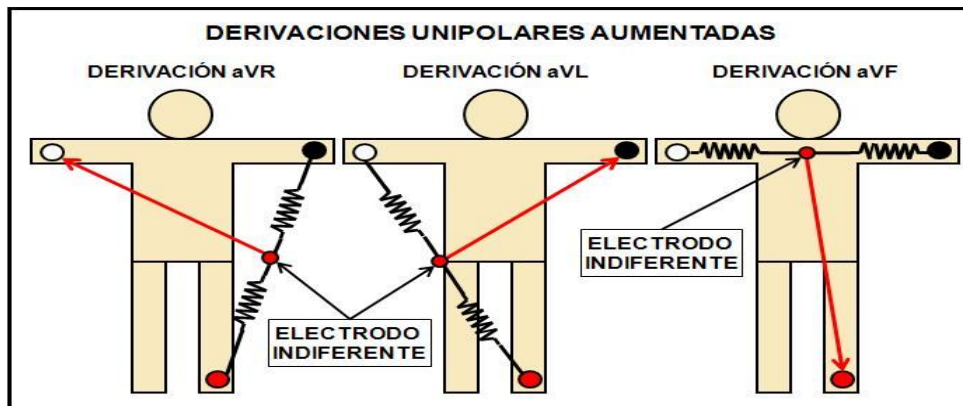


Figura 18. Derivaciones monopolares o unipolares del plano frontal: aVR, aVL, aVF. Fuente: <http://www.portalbiomedico.com>

2. Derivaciones del plano horizontal:

Son mono o unipolares, pues comparan la actividad desde el punto en el cual se coloca el electrodo a nivel precordial (Electrodo explorador). La localización precordial de los electrodos es la siguiente:

V1: el electrodo se ubica en el 4^o espacio intercostal derecho con la línea paraesternal.

V2: para su registro se coloca el electrodo en el 4^o espacio intercostal izquierdo con la línea paraesternal.

V3: el electrodo se ubica en un punto medio (equidistante) entre las derivaciones V2 y V4.

V4: para su registro el electrodo es ubicado en el 5^o espacio intercostal izquierdo con la línea medioclavicular izquierda.

V5: se ubica el electrodo en el 5º espacio intercostal izquierdo con la línea axilar anterior izquierda.

V6: es debe ubicar el electrodo en el 5º espacio intercostal izquierdo con la línea axilar media izquierda.

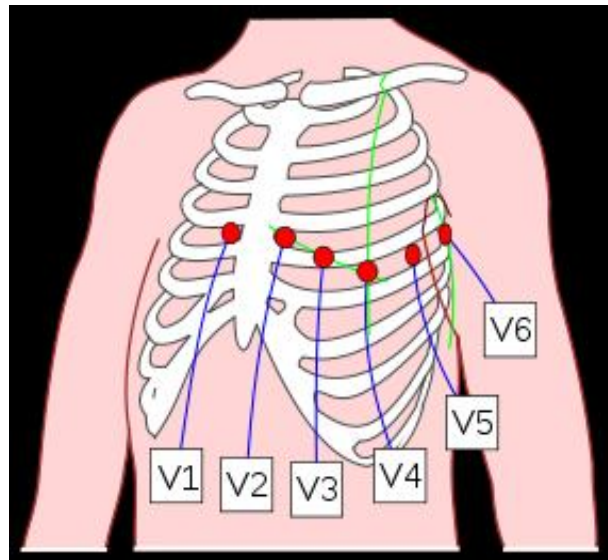


Figura 19. Derivaciones unipolares del plano horizontal: V1, V2, V3, V4, V5, V6.

Fuente: www.territorioscuola.com/

Actividad de aprendizaje:

Una vez que has revisado los aspectos básicos relacionados con la actividad eléctrica cardíaca y el registro de la misma, el ECG, responde a las siguientes interrogantes:

1. De acuerdo a la ubicación del electrodo en las derivaciones DI Y DII:

¿Cómo se registra el vector de despolarización auricular, cómo una deflexión positiva o negativa? Recuerda que el vector se desplaza hacia abajo

y a la izquierda.

Ayúdate para el razonamiento en la figura siguiente:

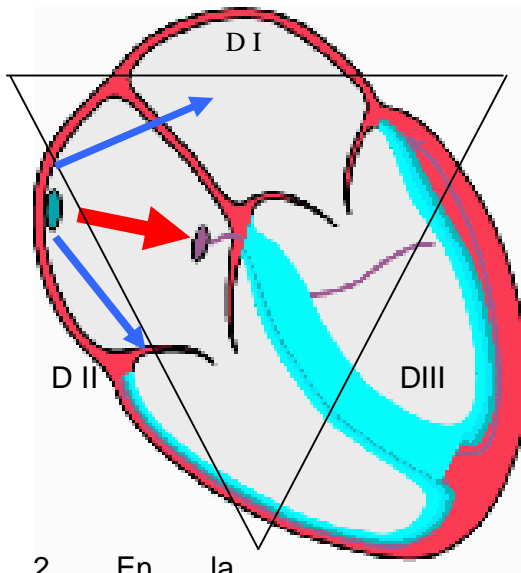


Figura 20. Desplazamiento del vector de despolarización auricular

2. En la derivación aVR,

¿Cómo se registra la onda P, el complejo QRS y la onda T?

Para tu razonamiento, considera el punto de ubicación del electrodo y hacia dónde se desplazan los vectores de despolarización auricular, despolarización ventricular y repolarización ventricular. La figura que se te presenta a continuación puede auxiliarte:

aVR

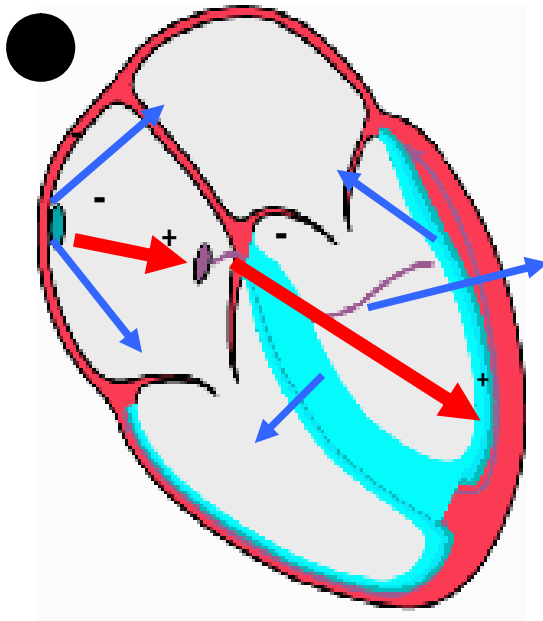
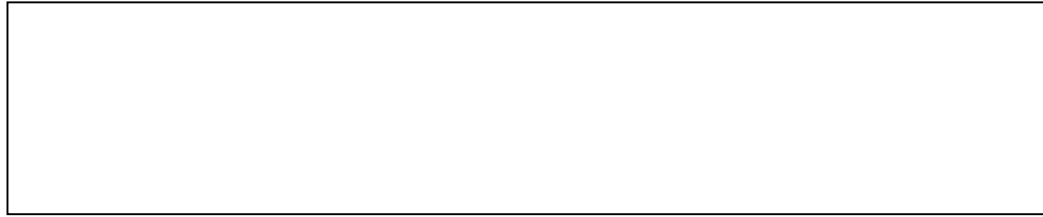


Figura 21. Desplazamiento de las resultantes de los vectores de despolarización auricular y ventricular con respecto a la derivación aVR.

3. En la derivación V1

¿Cómo se registran el complejo QRS y la onda T? ¿Cómo deflexiones negativas o positivas?



A continuación se te presenta una imagen que se apoye en el razonamiento:

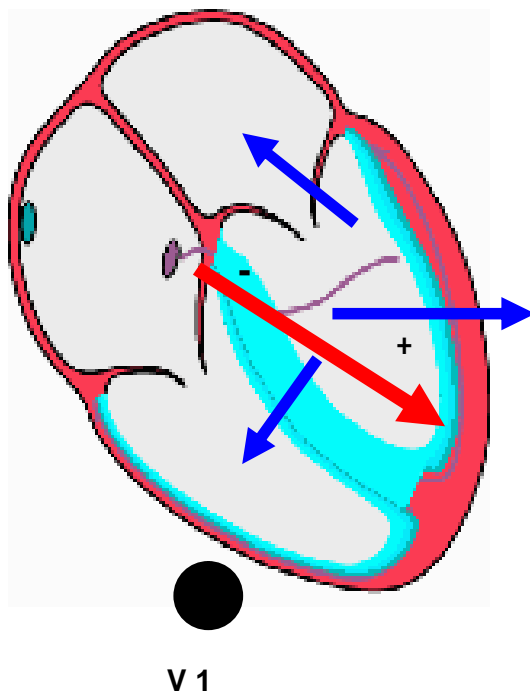


Figura 22. Desplazamiento de los vectores de despolarización ventricular y la derivación V1.

PARTE III. ANÁLISIS DEL TRAZO ELECTROCARDIOGRÁFICO.

A. El papel electrocardiográfico:

El registro electrocardiográfico se obtiene en un papel especial milimetrado, formado por cuadros pequeños de 1mm x 1mm y cuadros grandes de 5mm x 5 mm.

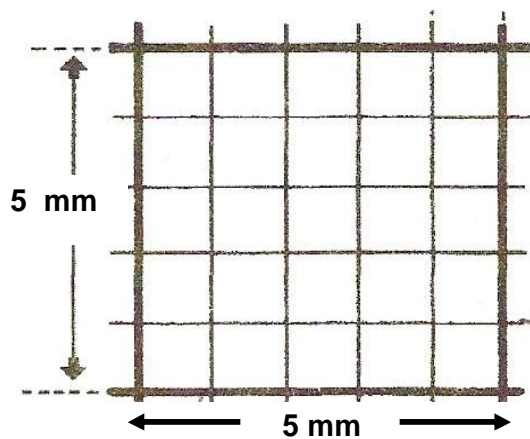


Figura 23. El papel electrocardiográfico. Fuente: Guión práctico.

Cuando se obtiene el trazo, en el electrocardiógrafo se realizan ajustes para estandarizar dos parámetros:

1. Duración del evento eléctrico: para ello se calibra la velocidad de desplazamiento del papel a 25 mm /segundos. Esto significa que el papel, durante el registro, se desplazará a una velocidad de 25 mm por cada segundo, esto permite entonces establecer la duración (tiempo) de los eventos registrados.

Si en 1 segundo (s) se recorren 25 mm, cada 1mm corresponde a un tiempo de 0,04 segundos, resultado que obtienes al plantearte la siguiente regla de tres:

25mm ----- 1 s

1mm ----- X

Obteniendo por resultado que cada 1mm dura 0,04 s

Durante la práctica N° 4, aprenderás a realizar las calibraciones pertinentes.

2. Intensidad, potencial eléctrico, medido en milivoltios (mv). Para ello, se calibra en el electrocardiógrafo, una corriente fija de 1 milivoltio, girando el selector de amplitud a 1. Cuando lo haces estandarizas la intensidad o voltaje, y significa que 1cm = 10mm = 1 mv. Quiere decir que 10 mm corresponden a una intensidad de corriente de 1mv. Si se quiere saber cuánto es la intensidad que corresponde a 1mm, realizas la siguiente regla de tres:

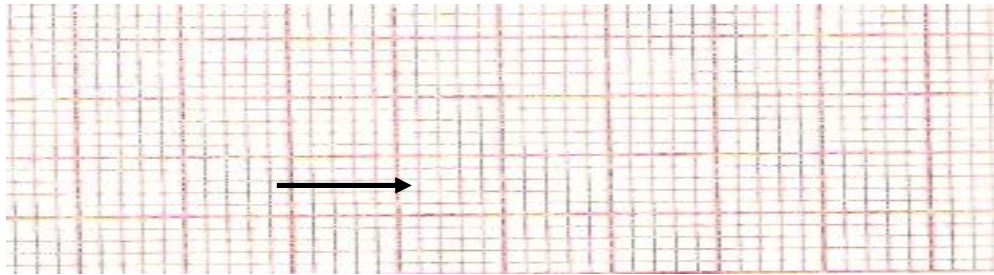
10mm ----- 1mv

1mm ----- X

El resultado es 0,1 mv, lo que significa que cada mm se corresponde a 0,1mv.

Con la información anterior, se pueden evaluar tanto la duración de los eventos registrados en el papel electrocardiográfico, como la intensidad de corriente de los mismos.

La duración se mide en sentido horizontal, conociendo la velocidad de desplazamiento del papel como se señaló con anterioridad, se sabe que cada 1mm corresponde a una duración de 0,04 s.



Duración (sentido horizontal)

Figura 24. Imagen del papel electrocardiográfico.

Si cada cuadro grande mide 5mm en sentido horizontal, dura 0,20 segundos(s). Realizando una regla de tres, obtienes este valor:

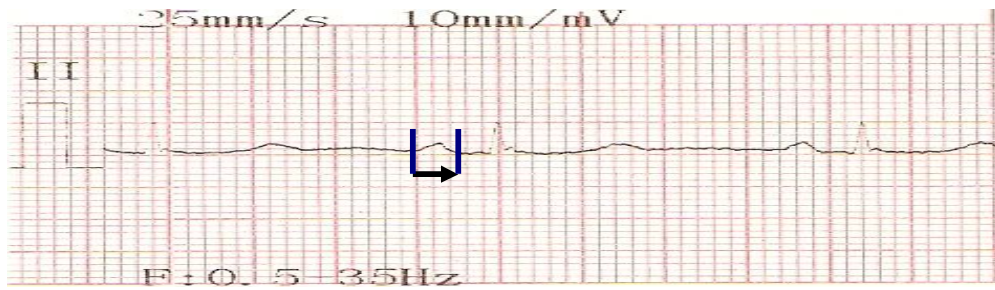
1mm ----- 0,04 s

5mm ----- X

X: 0,20 s.

Una forma práctica se calcular la duración de un evento consiste en medir el número de mm que dura, y luego multiplicar dicho valor por 0,04 segundos, ya que cada mm dura 0,04 s.

Ejemplo: En el trazo que se muestra a continuación, para calcular la duración de la onda P, se mide el número de mm desde el inicio de la onda P hasta su final, luego se multiplica este valor por 0,04 s.

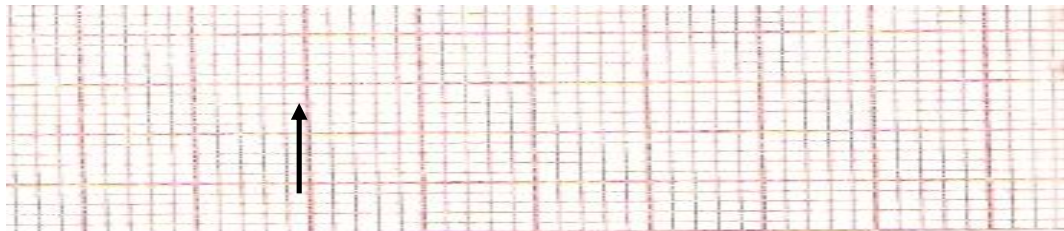


Duración (sentido horizontal)

Figura 25. Medición de la duración del evento eléctrico.

Al realizar la medición se obtiene el valor de 2,5 mm, por lo tanto la onda P en este trazo dura 0,10 s, pues que como puedes apreciar la velocidad del papel es de 25mm/s.

La intensidad de la corriente, se mide en sentido vertical. Si recuerdas, cada mm se corresponde con una intensidad de corriente de 0,1mv.



Intensidad (sentido vertical)

Figura 26. Medición de la intensidad de corriente.

Diez mm corresponden a 1mv, 5mm a 0,5 mv , 1mm a 0,1 mv.

En la práctica, para medir la intensidad de los eventos eléctricos, cuentas el número de mm en sentido vertical y luego multiplicas dicho valor por 0,1mv.

Ejemplo: En el trazo que se muestra en la figura 27, para medir la intensidad (amplitud) de la onda P, medimos el número de mm desde la base de la onda hasta la máxima amplitud (altura) de la onda, en sentido vertical; y luego se multiplica el valor obtenido por 0,1 mv.

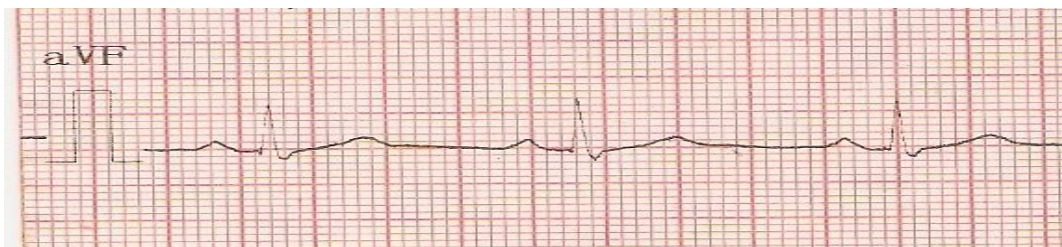
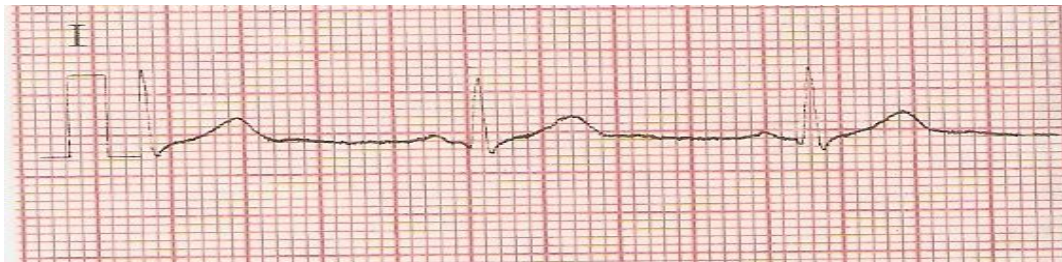


Figura 27. Amplitud de la onda P.

El valor obtenido, al realizar la medición es 1,5mm, por tanto la onda P en este trazo tiene una amplitud de 0,15 mv.

Actividad de aprendizaje:

En los siguientes trazos mide la duración de la onda P y del complejo QRS.



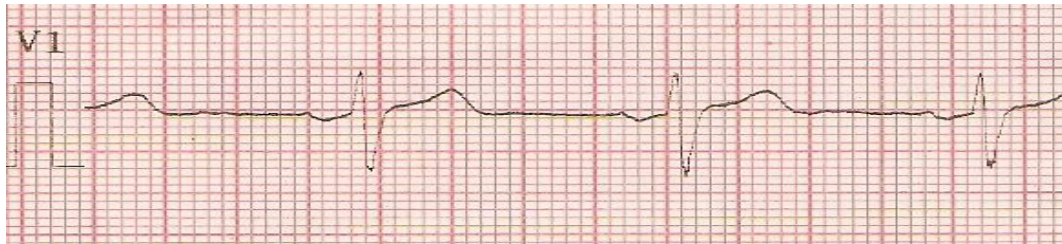


Figura 28. Trazos electrocardiográficos en las derivaciones DI, aVF y V1.

B. Análisis del trazo electrocardiográfico:

1. Ritmo Cardíaco:

En primera instancia es necesario determinar el Ritmo Cardíaco, si éste es normal, recibe el nombre de ritmo sinusal, el cual como bien sabes, se origina en el nodo sinusal o sinoauricular.

Para definir el ritmo cardíaco como normal; es decir ritmo cardíaco sinusal, se deben cumplir tres criterios:

- a. Debe estar presente la onda P, lo que indica que la actividad eléctrica se inicia en el nodo sinusal.
- b. La onda P debe ser positiva en las derivaciones DI, DII y negativa en la derivación aVR, la explicación de esto se debe a la forma como es registrado el vector de despolarización auricular desde las citadas derivaciones, que como sabes son puntos de la superficie corporal desde donde se registra la actividad eléctrica cardíaca.

Como el vector se desplaza hacia abajo y hacia la izquierda, en DI y DII el vector es registrado por la punta y por tanto la onda P es una

deflexión positiva, mientras que en aVR el vector es registrado por la cola y por tanto es registra una deflexión negativa.

- c. La onda P siempre debe preceder al complejo QRS, esto significa que la onda P en todo trazo la vas a encontrar antes que el complejo QRS, porque siempre existe una relación temporal (en el tiempo) de los eventos citados, siendo cierto que la despolarización auricular representada por la onda P sucede antes que la despolarización ventricular.

Cuando no se cumple alguno de estos criterios se define el ritmo cardiaco como no sinusal (RNS), lo cual es patológico.

Actividad de aprendizaje:

Realiza un dibujo donde representes puntos correspondientes a la ubicación de los electrodos en DI, DII y aVR y el vector de despolarización auricular en sentido nodo sinusal – nodo Av. Aprecia ahora cuándo se registra el vector por la punta y cuando por la cola.

2. Cálculo de la Frecuencia Cardíaca:

Seguidamente es debe calcular la Frecuencia Cardiaca, para ello existen tres métodos:

- a. Primer método: Se cuantifica la distancia RR, contando el número de milímetros entre una onda R y la R sucesiva. Ver figura 29.



Figura 29. Medición de la distancia RR en la derivación DII.

En el trazo la distancia entre una R y la R sucesiva es de 23mm.

Seguidamente se procede a dividir 1500 entre el RR. El valor 1500, es una constante, resulta de multiplicar la velocidad a la que corre el papel 25 mm/s por el tiempo en el cual se expresa la frecuencia 60 s (1 minuto)

$$25 \times 60 = 1500$$

Siguiendo las instrucciones anteriores, se procede entonces a dividir 1500 entre el RR medido en mm:

1500	22
	68.18

La frecuencia cardíaca es de 68 despolarizaciones por minuto. Siempre debes reportar cifras enteras, realizando si fuere necesario las aproximaciones correspondientes.

Si el RR es de 30, la frecuencia (FC) es 50 despolarizaciones por minuto

1500	30
	50

Por ejemplo para un RR de 20, la frecuencia cardiaca es de 75 despolarizaciones por minuto.

Si el RR es 15 la frecuencia cardíaca es de 100 despolarizaciones por minuto.

b. Segundo método: Se determina el RR, pero ahora en segundos, para esto se cuenta la distancia RR en mm y se multiplica el número de mm por 0.04 seg, dado que a 25 mm/ seg cada mm tiene una duración de 0,04 seg.

Ejemplo si el RR es de 22 mm, como se mostraba en la imagen anterior, se debe multiplicar 22 por 0.04 para expresar el RR en segundos, obteniéndose el valor de 0,88s. Seguidamente se ubica el valor 88 (obviándose el 0,) en la tabla para el cálculo de la frecuencia cardíaca que aparece en la figura 30 y que tienes en tu guión de prácticas.

Para ésto, ubicas en la tabla el valor de la frecuencia cardíaca que corresponde para el RR medido, leyendo en la tabla, en la columna de la derecha el RR y la Fc en la columna de la izquierda, en sentido de abajo-arriba y de derecha a izquierda, obteniendo que para un RR de 88 la frecuencia cardíaca es de 68 despolarizaciones por minuto.

c. Tercer método consiste en contar el número de ondas R que se suceden en 3 segundos, para esto debes contar cuantas ondas R del complejo QRS están presentes en 15 cuadros grandes de 0,20 s. Recuerda que cada cuadro grande dura 0,20 s, para saber cuantos cuadros grandes equivalen a 3 s, te planteas una regla de tres:

$$\begin{array}{r} 1 \quad \text{-----} \quad 0,20 \\ X \quad \text{-----} \quad 3 \end{array}$$

$$X = 15$$

Entonces, para calcular la frecuencia cardíaca por este método, en primer término cuentas 15 cuadros grandes (de 0,20 s), seguidamente cuentas el número de R presentes en 3 segundos; es decir en los 15 cuadros grandes que contaste. Seguidamente multiplicas dicho valor por el número de "R" que cuentas en esos 3 s; es decir por el número de ondas R presentes en esos 15 cuadros grandes.

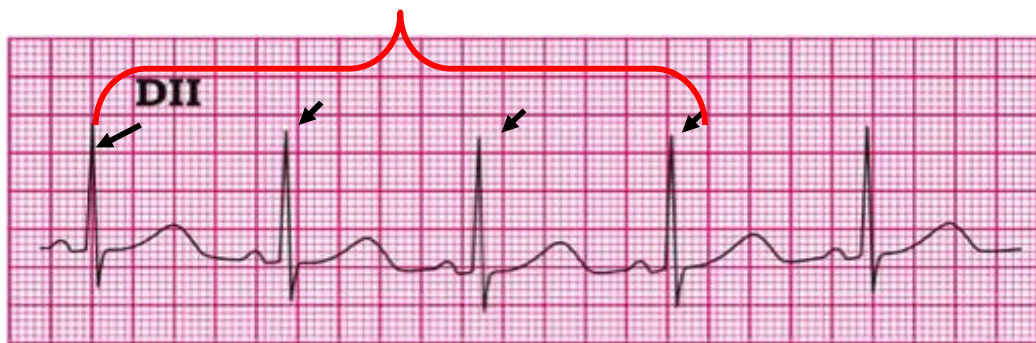


Figura 31. Cálculo de la frecuencia cardíaca.

Como puedes apreciar la llave de color rojo abarca 15 cuadros de 0,20 s

En ese lapso de tiempo 3 segundos, podemos contar 4 ondas R, si multiplicamos el valor obtenido 4 por la constante 20 (puesto que se esta estimando la frecuencia en función de un lapso de 3s) y como sabes la frecuencia cardíaca se estima y reporta como el número de despolarizaciones en un minuto, por tanto en este trazo la frecuencia cardíaca es de 80 despolarizaciones por minuto.

El valor constante de 20, se deriva de lo siguiente: en el momento de hacer el cálculo se está contando el número de R en tres segundos, pero resulta que como ya se ha señalado la frecuencia cardíaca se reporta como el número de despolarizaciones por minuto, entonces es necesario decir si en 3 s la frecuencia de R es de "X" valor cuál es el valor en un minuto.

Si divides 60 segundos (duración de 1 minuto) entre 3 segundos (tiempo en el que se esta realizando el cálculo), se obtiene el valor 20, que es la constante que va a permitir expresar la frecuencia en despolarizaciones por minuto, cuando se utiliza este método.

Si se cuenta el número de R en 6 segundos (30 cuadros grandes), el valor de la constante es de 10.

Este método es útil y de hecho es el apropiado, cuando el ritmo cardíaco del paciente es irregular; es decir, cuando el lapso de tiempo entre una "R" y la "R" sucesiva varía si se le compara con los lapsos de tiempos entre "R" y "R" sucesiva. Es el método de que se debe usar cuando el ritmo es No Sinusal (RSN).

3. La Onda P:

Te corresponde ahora valorar la onda P, para ello, es necesario, en primer lugar medir la duración de este componente. En condiciones fisiológicas la onda P tiene una duración de hasta 0,10 segundos, se mide contando el número de mm desde el inicio de la onda P hasta el final de la misma y lo multiplicas por 0.04 segundo, recuerda que la duración de los eventos se realiza en sentido horizontal y que cada mm dura 0,04 segundos.

Así mismo, debe medirse la intensidad de voltaje, a través de la amplitud de la onda, la cual debe tener un valor normal de hasta 0,25 mV. Para su cálculo cuentas en sentido vertical el número de mm desde la base de la onda hasta la amplitud máxima de la misma (altura máxima) y lo multiplicas por 0,1 mV, ya que cada mm corresponde a una intensidad de corriente de 0,1 mV.

Además es necesario caracterizar la onda P, que en condiciones normales es monofásica, su punta es roma. A continuación se te presenta un trazo para que visualices los aspectos a analizar con respecto a la onda P.



Figura 32. Duración y amplitud de la Onda P.

4. Duración del Intervalo PR:

Revisa ahora lo correspondiente a la medición de la duración del intervalo PR, para realizarla, debes contar el número de mm que se extienden desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. Recuerda en sentido horizontal se determina la duración de los eventos y se multiplica por 0,04 segundos.

El valor normal del intervalo PR oscila entre los 0,12 y 0,20 segundos. Este tiempo, como se señaló con anterioridad, se extiende desde el inicio de la despolarización auricular, en el nodo sinusal, hasta el momento en el cual se inicia la despolarización ventricular.

A continuación se te muestra una figura en la cual se estima la duración del intervalo PR en un trazo electrocardiográfico



Figura 33. Determinación de la duración del intervalo PR en un trazo electrocardiográfico, registrado en la derivación DII.

5. Complejo QRS:

El siguiente aspecto a analizar es el complejo QRS, en primer término es preciso medir su duración, cuyo valor normal oscila entre los 0,06 y 0,11 segundos, para su cálculo se determina el número de mm desde el inicio hasta el final del complejo QRS, y luego se multiplica dicho valor por 0,04 segundo, no olvides que debes realizarlo en sentido horizontal. Observa la figura donde se muestra la forma de medir la duración del complejo QRS.

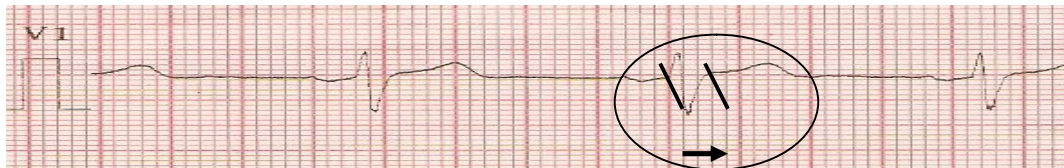
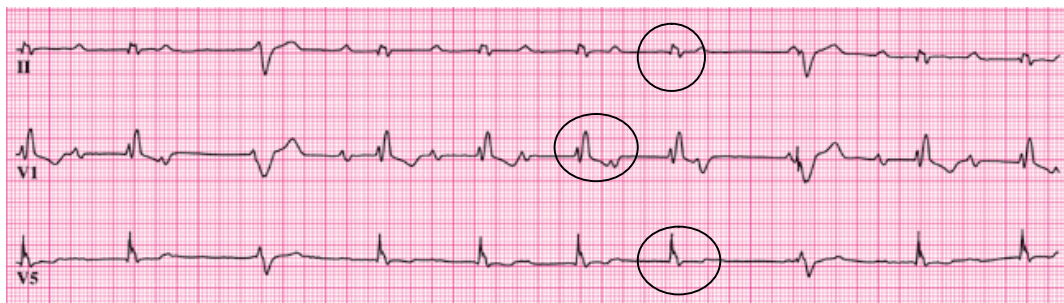


Figura 34. Cálculo de la duración del complejo QRS, en la derivación V1, de un trazo electrocardiográfico.

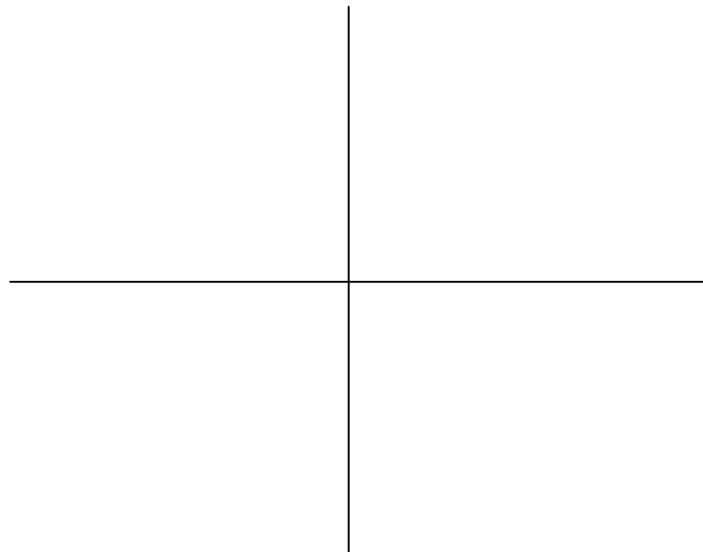
Seguidamente observas la inscripción del trazo, la cual debe ser limpia y homogénea en sus ascensos y descensos; es decir el trazo debe ser continuo, no deben aparecer irregularidades, como melladuras, porque eso no es fisiológico. A continuación un trazo con alteraciones morfológicas (amelladuras) del QRS



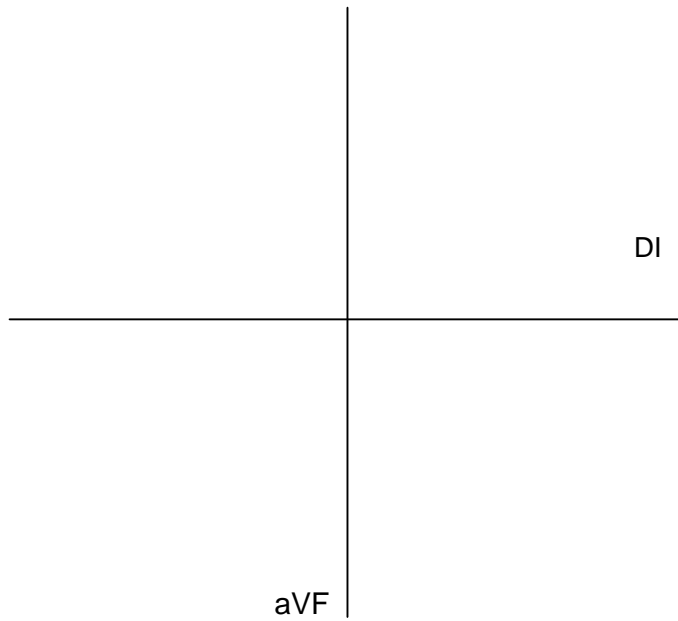
Procura revisar trazos electrocardiográficos vía Web, donde aprecies el complejo para que te familiarices con ello. Recuerda que el día de la práctica discutiremos estos aspectos con diferentes trazos, lo que te permitirá consolidar los aspectos cognitivos que estas revisando.

6. Determinación del eje eléctrico del QRS:

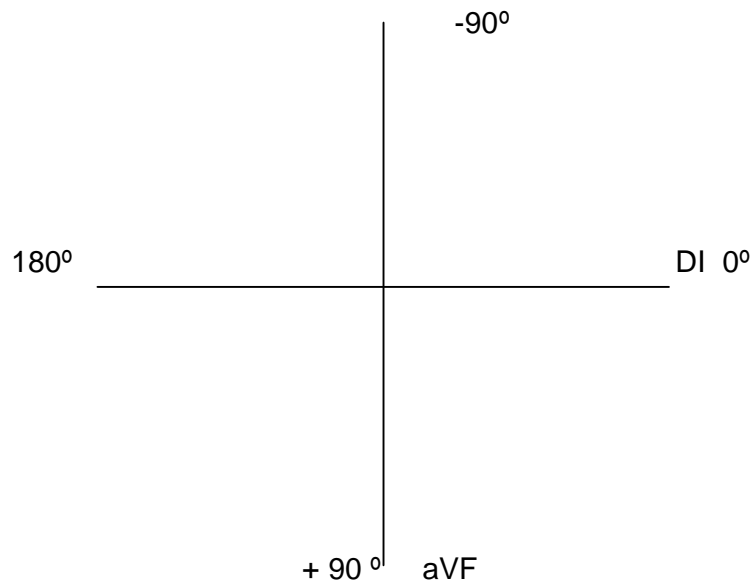
A continuación revisarás lo concerniente al cálculo del eje eléctrico ventricular o $\hat{A}QRS$, para lo cual requieres en primer término construir un sistema de coordenadas.



A continuación representas en el eje de las abscisas la derivación DI y en el eje de las ordenadas a la derivación aVF.

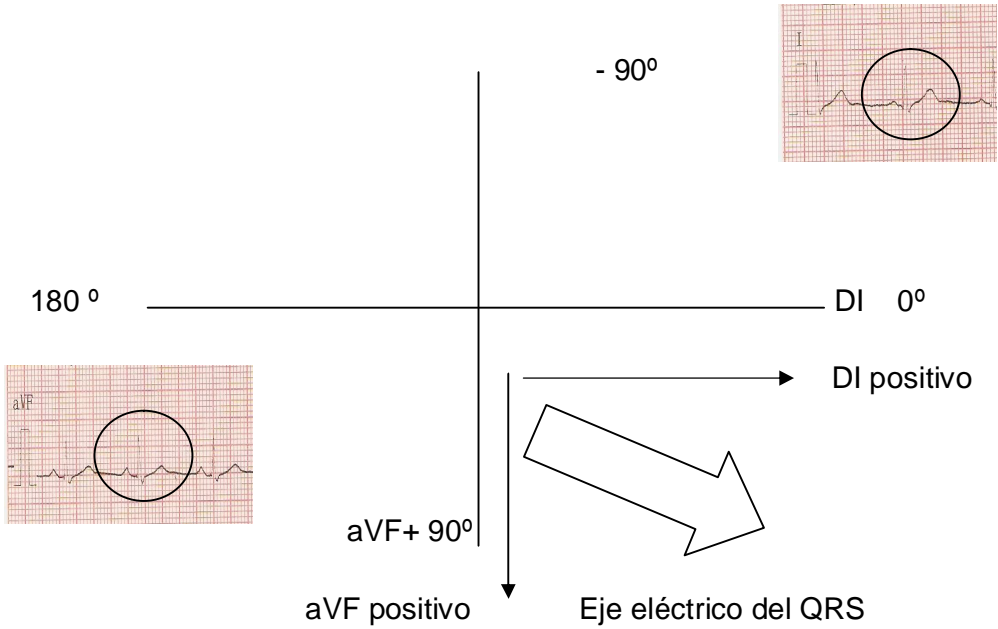


En el extremo derecho DI tiene un valor de 0° , entre tanto que en el lado izquierdo su valor es de 180° . Por su parte aVF es positiva en el extremo inferior y tiene un valor de $+90^\circ$, en el extremo superior aVF tiene un valor de -90° .

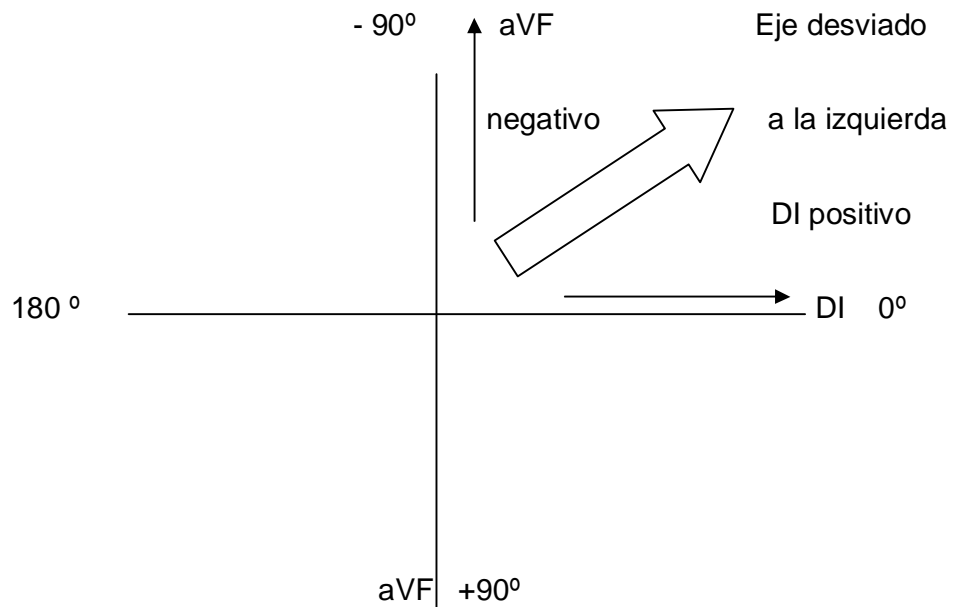


Luego observa en el trazo a analizar, la morfología del complejo QRS en cada una de estas derivaciones y señalas en el sistema de coordenadas construido los hallazgos encontrados en el ECG.

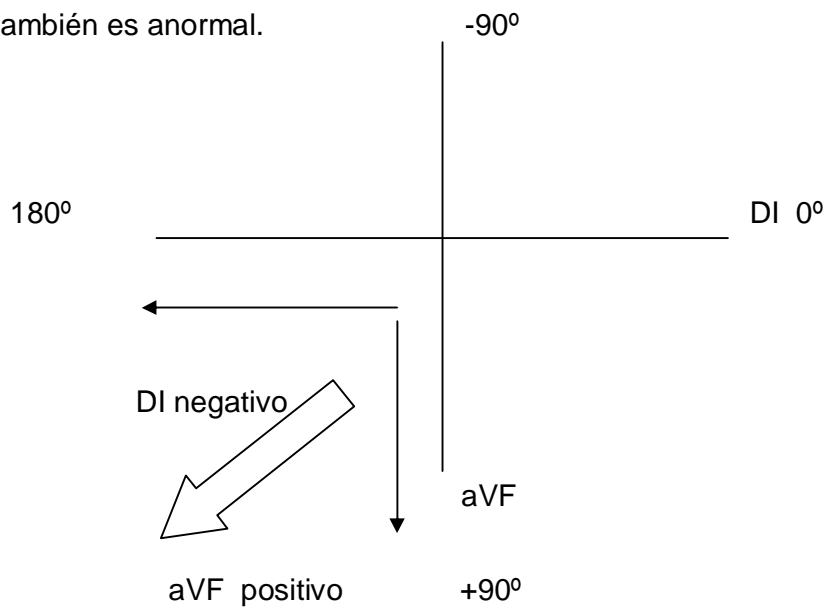
Si en DI el complejo QRS es positivo y aVF el QRS es positivo, el eje está entre 0 y + 90°, es normal.



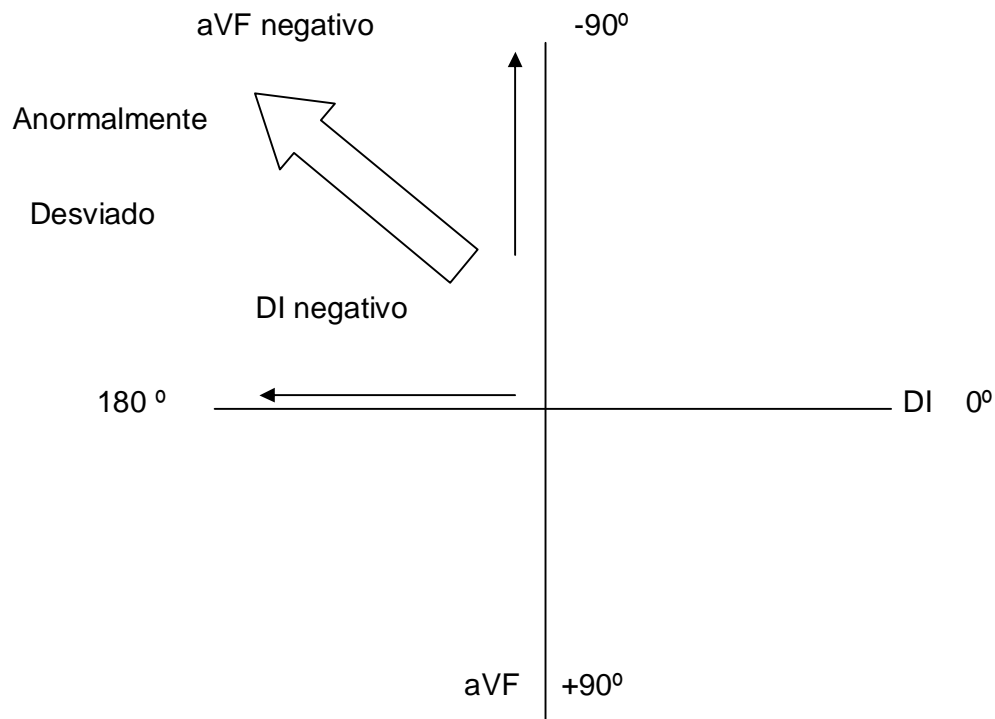
Entre tanto que si el complejo QRS es positivo en DI y negativo en aVF, el eje eléctrico del QRS se encuentra entre 0 y - 90°; esta desviado a la izquierda, lo cual es anormal.



Si en DI, el complejo QRS tiene una morfología negativa y en aVF positiva el eje eléctrico se encuentra entre $+90$ y 180° , desviado a la derecha, lo que también es anormal.



Finalmente si el complejo QRS es negativo en DI y negativo en aVF el eje eléctrico se encuentra anormalmente desviado; es decir desviado en forma extrema.



7. Segmento ST:

¡Es hora de continuar! El siguiente elemento a evaluar es el segmento ST, el cual se extiende desde el final del complejo QRS hasta el inicio de la onda T. Para ello no vas a cuantificar el evento eléctrico, solo vas a realizar un análisis cualitativo.

El mismo consiste en señalar si el segmento ST se encuentra en el mismo nivel de la línea de base; es decir si es isoelectrico, ya que como se señaló con antelación, en condiciones fisiológicas el segmento ST es isoelectrico, lo que significa que debe estar en el mismo nivel que la línea de base.

Recuerda que se corresponde con el momento en el que toda la masa ventricular está despolarizada., todo el interior de la célula está cargado positivamente, y desde el punto de vista eléctrico existe “estabilidad”.

En condiciones anormales, el ST puede estar supra o infra desnivelado; es decir, se ubica por arriba o por debajo de la línea de base. Sin embargo, es importante destacar que, en atletas jóvenes de alto rendimiento, el segmento ST puede estar supradesnivelado sin que ello haga referencia a patología cardíaca.

Observa en la figura que se te muestra a continuación la extensión del segmento ST y su principal característica: ser isoelectrico.

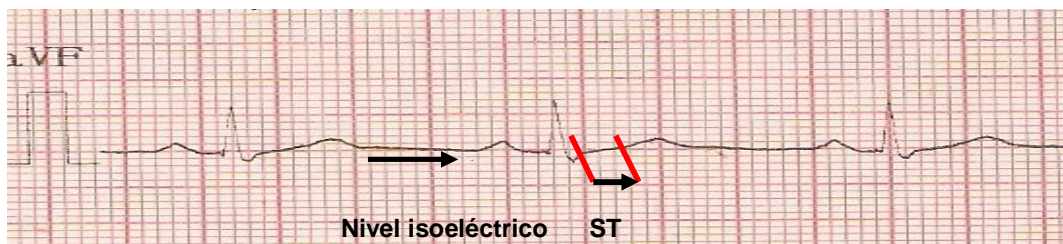


Figura 35. El segmento ST en un trazo electrocardiográfico.

8. Onda T:

El penúltimo elemento a evaluar durante el análisis del electrocardiograma, es la onda T. Esta valoración es cualitativa, consiste en observar la morfología de la onda, la cual en condiciones fisiológicas, debe ser asimétrica, con una rama ascendente lenta y una rama descendente rápida. Además debe tener el mismo sentido del complejo QRS, si el complejo QRS es positivo la onda T es positiva, en caso contrario, si el QRS es negativo la onda T también es negativa.

La onda T, en condiciones anormales puede ser simétrica, picuda o aparecer invertida, morfologías alteradas que se corresponden cada una a condiciones fisiopatológicas u otro tipo de alteraciones como desequilibrios electrolíticos o intoxicaciones farmacológicas.

Seguidamente se te presenta un trazo electrocardiográfico destacando a la onda T, para que observes su morfología y su correlación con el complejo QRS.

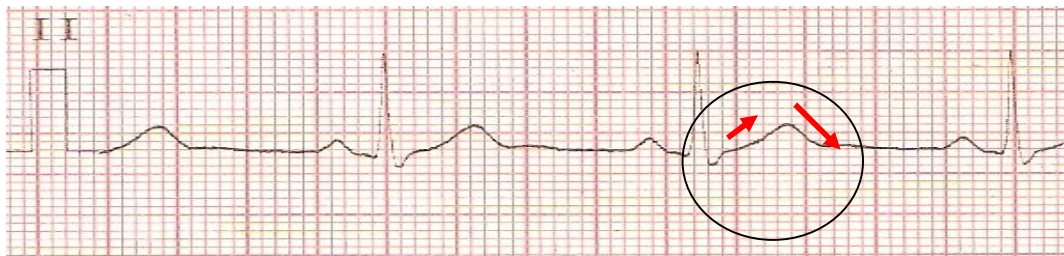


Figura 36. Asimetría de la Onda T.

9. Duración del intervalo QT:

Por último, te corresponde medir la duración del intervalo QT. Recuerda que este elemento del ECG se extiende desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T, comprende por tanto al complejo QRS, al segmento ST y la onda T. Para ello, en sentido horizontal, se determina el número de mm desde el inicio del QRS hasta el final de la onda T, y se multiplica dicho valor por 0,04 segundo, pues como recuerdas cada mm dura 0,04 segundos.

En condiciones normales el intervalo QT (o sístole electromecánica) no debe sobrepasar los 0,44 segundos. Duraciones mayores a este valor se corresponden a alargamientos del QT y esta situación esta asociada a muerte súbita; es decir que si el intervalo QT tiene una duración igual o mayor a los 0,44 segundos(está alargado) existe un elevado riesgo de muerte súbita en ese individuo y por tanto debe recibir atención médica de inmediato, por tanto tú como miembro importantísimo del equipo de salud, juegas un rol fundamental a la hora de realizar del ECG (papel activo), en el cual debes poner en práctica tus conocimientos sobre la electrocardiografía básica, en pro de la salud de los individuos que estén a tu cuidado.

A continuación se te presenta una figura donde puedes evidenciar como se calcula la duración del intervalo QT.

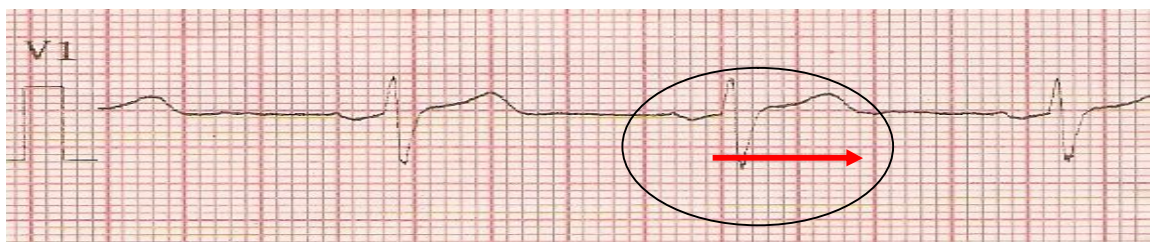


Figura 37. Cálculo de la duración del intervalo QT.

Como pudiste apreciar en la figura anterior el Intervalo QT, en ese caso tiene una duración de 0,36 s, pues se cuentan 9mm desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T, y si multiplicas $9 \times 0,04$ s, obtienes el valor 0,36, que corresponde a la duración del intervalo QT, siendo normal.

Al final de cada análisis se realiza el reporte correspondiente de los hallazgos encontrados siguiendo el esquema siguiente:

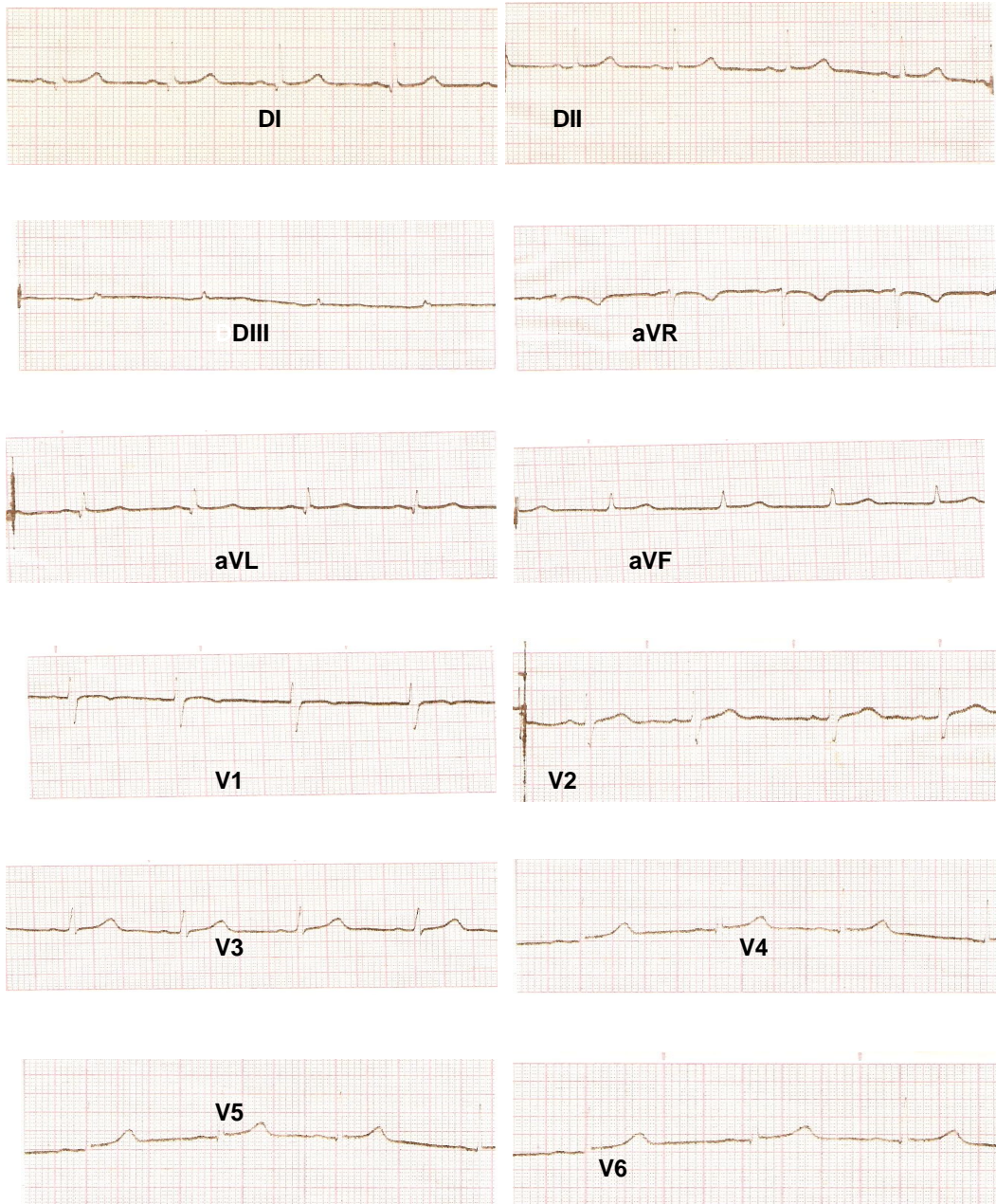
Ritmo cardíaco sinusal (RS) o no sinusal (RNS)/ Fc (número de despolarizaciones por minuto)/ duración del intervalo PR/ duración del complejo QRS/ eje eléctrico del QRS/ duración del intervalo QT/ descripción de hallazgos o de anormalidades.

Ejemplo: RS / 70 desp x' / 0,16s / 0,10s / $0^\circ+90^\circ$ / 0,36s / ST isoelectrico / anormalidades: inversión de T en DII, aVL, V5-V6.

RS / 90 desp x' / 0,20s/ 0,08s / $0^\circ-90^\circ$ / 0,32s / sin anormalidades del ST u onda T.

C. Ejercicios de análisis de trazos electrocardiográficos:

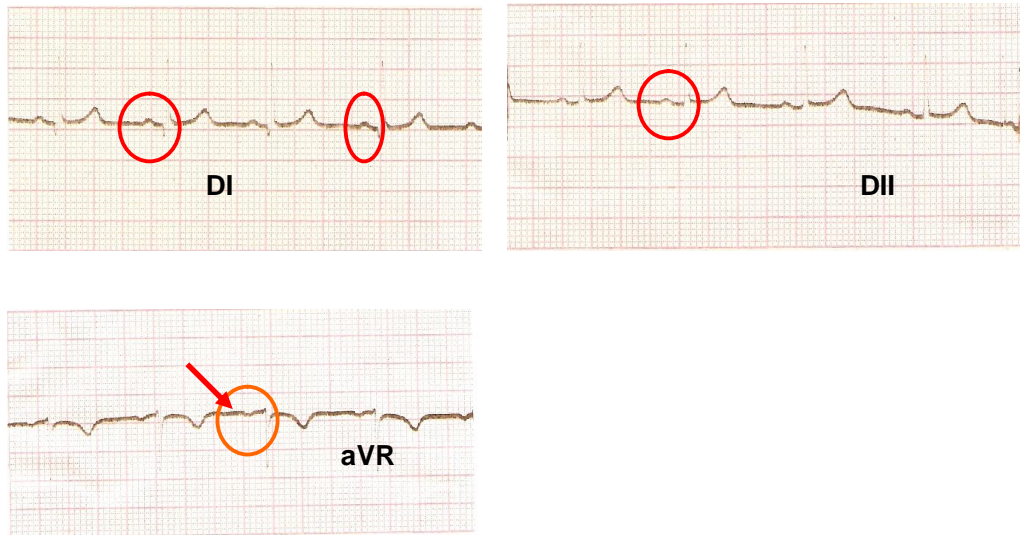
A continuación se te presenta, como modelo, un ejercicio de análisis de un trazo electrocardiográfico, que te puede servir de guía para evidenciar en la práctica lo expuesto con relación a el análisis, interpretación y reporte del ECG.



Resolución:

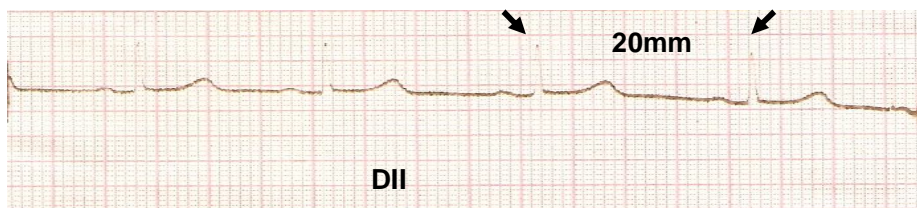
1. Ritmo cardíaco.
 - a. Presencia de onda P, se observa en el trazo si está presente la onda P, ver círculo rojo.

- b. Onda P positiva en las derivaciones DI y DII (círculo de color negro) y negativa en la derivación aVR (círculo de color azul)
- c. Onda P, precede al complejo QRS(círculo de color naranja)



2. Cálculo de la frecuencia cardíaca:

- a. Se mide la distancia RR en milímetros, valor obtenido 20 mm.



Se divide 1500 / RR en mm.

$$1500 \mid \begin{array}{l} 20 \text{ m} \\ \hline \end{array} = 75$$

La frecuencia cardíaca, en este trazo es de 75 despolarizaciones por minuto.

- b. Se mide el RR en segundos, para ello se multiplica la distancia RR en mm por 0,04 s:

$$20 \text{ mm por } 0,04 \text{ s} = 0,80 \text{ s}$$

Se ubica en la tabla el valor 80

R-R	Fr	R-R	Fr.	R-R	Fr	R-R	Fr	R-R	Fr	R-R	Fr
20	300	30	200	40	150	50	120	60	100	70	86
21	286	31	193	41	146	51	117	61	98	71	84
22	273	32	187	42	143	52	115	62	97	72	83
23	261	33	182	43	139	53	113	63	95	73	82
24	250	34	176	44	136	54	111	64	94	74	81
25	240	35	171	45	133	55	109	65	92	75	80
26	230	36	166	46	130	56	107	66	91	76	79
27	223	37	162	47	127	57	105	67	89	77	78
28	214	38	158	48	125	58	103	68	88	78	77
29	207	39	154	49	122	59	101	69	87	79	76
Fr.	R-R	Fr.	R-R	Fr.	R-R	Fr.	R-R	Fr.	R-R	Fr.	R-R

La frecuencia cardíaca es de 75 despolarizaciones por minuto.

Recuerda que también se puede calcular por el tercer método:

- c. Cuentas el número de ondas R presentes en 3 segundos (espacio entre flechas rojas), para lo cual se seleccionan 15 cuadros grandes de 0,20 s (ó 5mm), y luego se cuentan el número de ondas R presentes en ese lapso de tiempo (denotadas con las flechas de color azul).



El valor obtenido se multiplica por la constante 20,

$$4 \text{ (Número de R)} \times 20 = 80$$

La frecuencia cardíaca es de 80 despolarizaciones por minuto.

Cuando el ritmo cardíaco es No Sinusal este método permite calcular la frecuencia ventricular.

3. Análisis de la onda P:

a. Medición de la duración de la onda P, número de mm (en sentido horizontal) desde el inicio de la onda P hasta el final de la misma. Valor obtenido 2mm, el mismo se multiplica por 0,04 s, entonces la duración de la onda P en este trazo es de 0,08 segundos. Ver círculo rojo.

b. Cálculo de la amplitud de la onda P (intensidad de la corriente eléctrica), se cuenta el número de mm (en sentido vertical) desde la base de la onda P hasta la máxima altura y se multiplica por 0,04 s. Resultado 1mm x 0,1mV = 0,1 mV

La intensidad de voltaje de la onda P, en este trazo es de 0,1mV. Ver círculo negro.

d. Análisis de la morfología de la onda P, es monofásica.



4. Medición de la duración del intervalo PR, se mide el número de mm desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS, valor obtenido 4mm, se multiplica dicho valor por 0,04 s. Resultado:0,16 s

La duración del intervalo PR, en este trazo es de 0,16 s. Ver círculo rojo.



5. Análisis del complejo QRS.

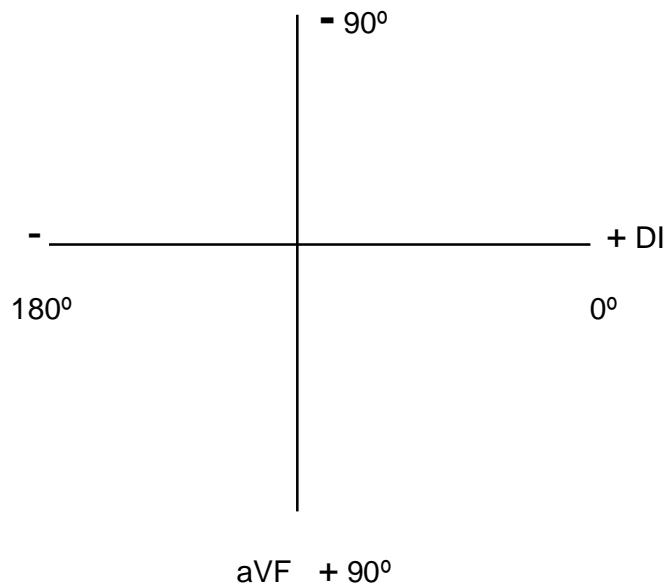
a. Medición de la duración del complejo QRS: Se mide el número de mm desde el inicio del complejo hasta el final del mismo: 2mm, se multiplica dicho valor por 0,04 s. Resultado 0,08 s. Ver círculo negro.

b. Se analiza la morfología del complejo, la cual es limpia y homogénea en sus ascensos y descensos, la línea del trazo es continua en todas las derivaciones.

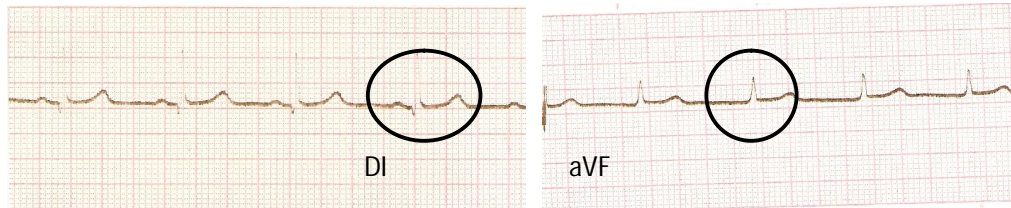


6. Determinación del eje eléctrico del QRS:

a. Se traza el sistema de coordenadas y se representan las derivaciones correspondientes:

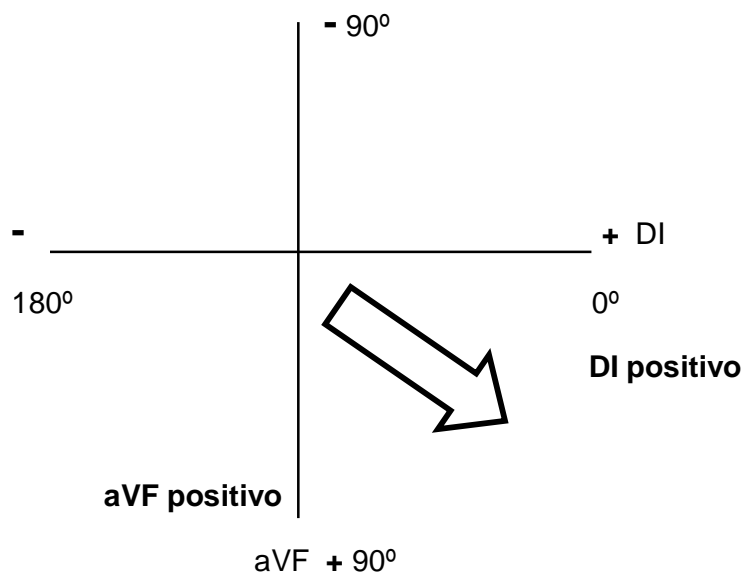


A continuación, analizas la morfología positiva o negativa del complejo QRS en las derivaciones DI y aVF.



En la derivación DI la morfología del complejo QRS es positiva, en aVF también es positiva.

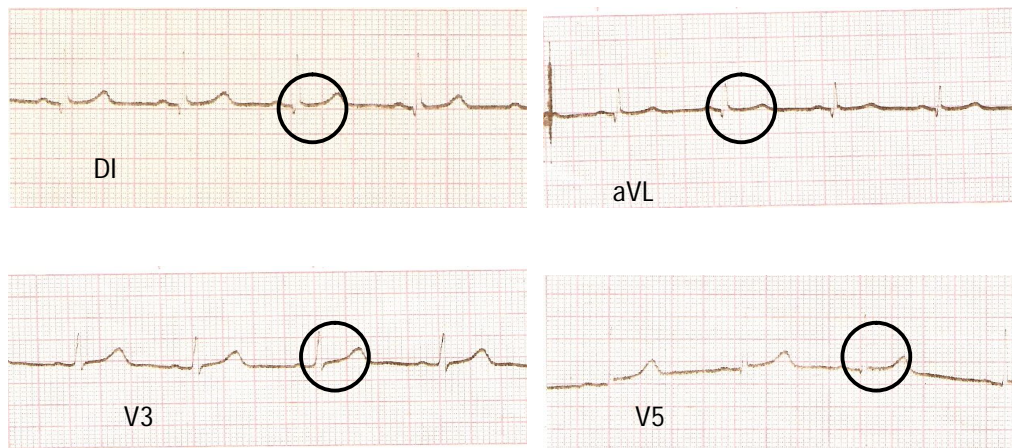
Finalmente representas en el sistema trazado tus hallazgos:



Eje eléctrico del complejo QRS entre 0° - $+90^{\circ}$, es normal.

7. Análisis del ST: se observa y se compara el nivel del segmento ST en todas las derivaciones, con respecto al nivel de la línea de base, como puedes apreciar esta en el mismo nivel por tanto se concluye que el ST es isoelectrico en todas las derivaciones.

Por ejemplo, en las derivaciones que se te muestran a continuación, puedes observar que el segmento ST es isoelectrico:



8. Análisis de la onda T: se observa la morfología de la onda T en todas las derivaciones, la cual, como se puede observar, es asimétrica (su rama de ascenso es más lenta con respecto al descenso que es más rápido). Además es necesario observar si esta onda tiene el mismo sentido del QRS. En el trazo, se tiene entonces una onda T asimétrica en todas las derivaciones, con igual sentido que el QRS. En las derivaciones que se muestran a continuación observa la asimetría de la onda T. Ver círculo negro





9. Medición de la duración del intervalo QT: se mide el número de mm desde el inicio del complejo QRS, hasta el final de la onda T. Luego se multiplica el valor obtenido 9mm por 0,04 s resultado: 0,36 s.

El valor del intervalo QT, en este trazo es de 0,36 s, lo cual es normal.



Reporte del análisis: RS/ 75desp x' / IPR: 0,16s /QRS: 0,08s / $0^{\circ}+90^{\circ}$ / ST: isoelectrico / T: asimétrica/ QT: 0,36s /Descripción del trazo: no se evidencian anormalidades, Trazo normal.

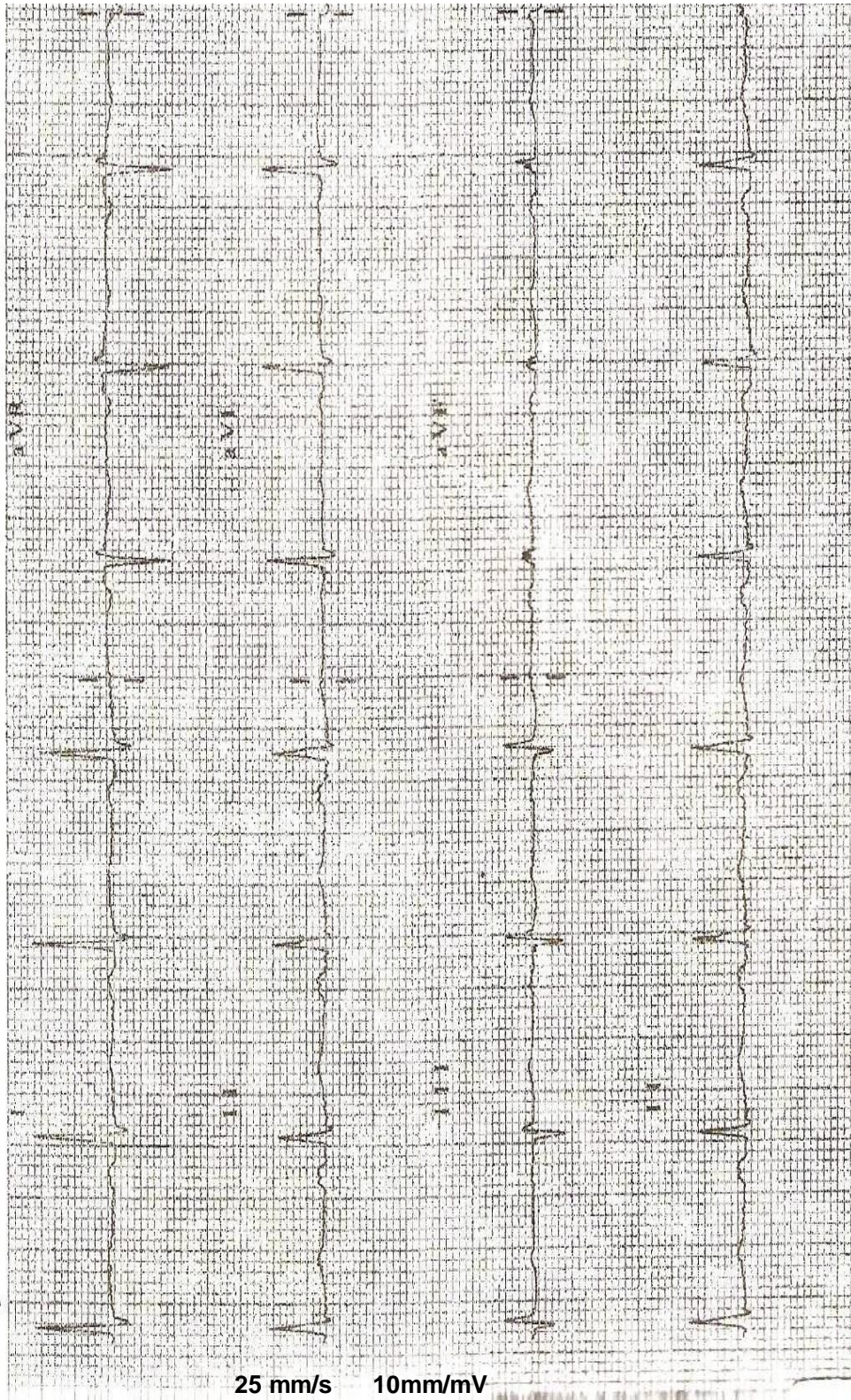
Seguidamente se te presentan un trazo electrocardiográfico, realiza el análisis de cada uno los parámetros señalados, siguiendo el orden siguiente:

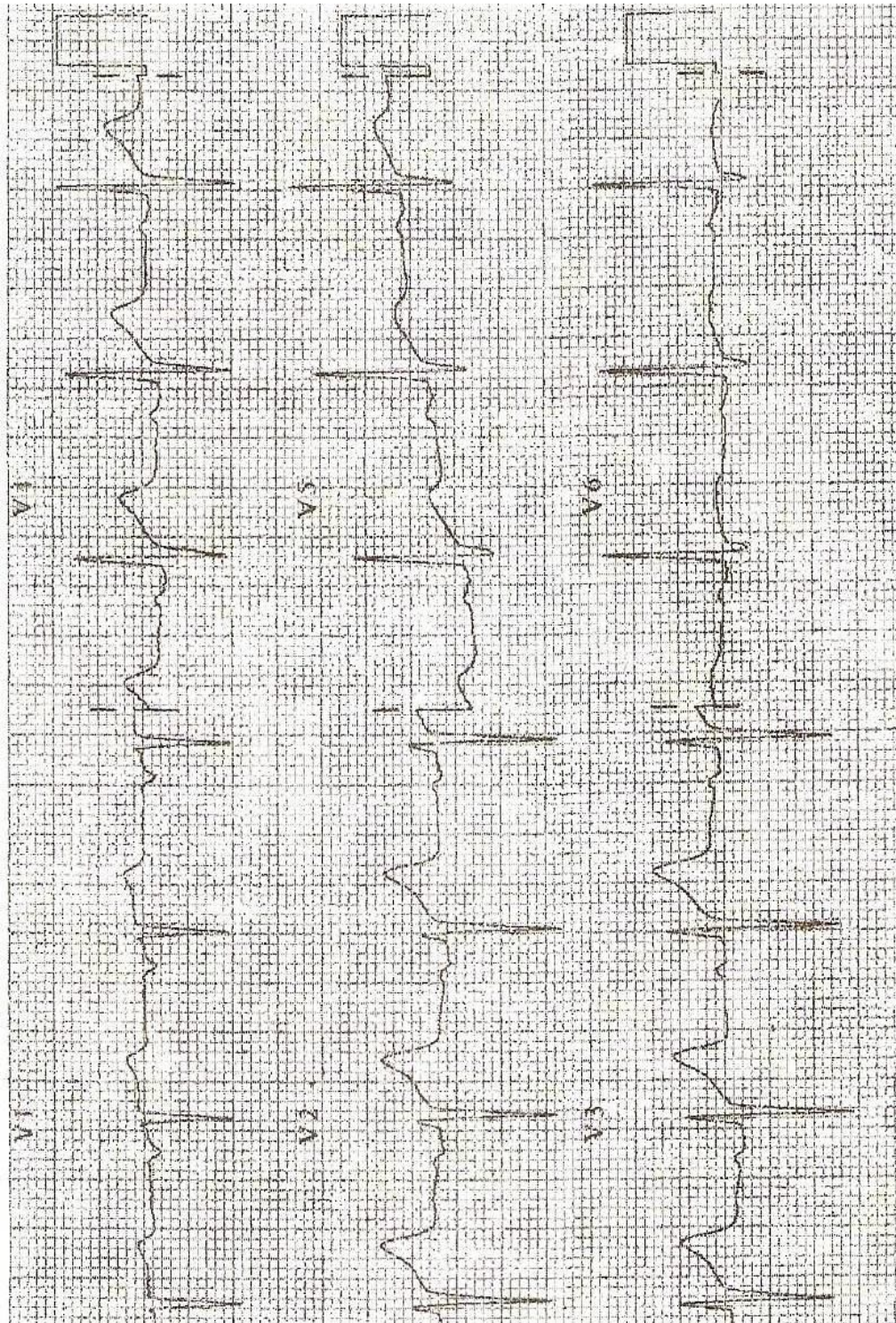
1. Ritmo cardíaco.
2. Cálculo de la frecuencia cardíaca, por lo menos por dos métodos.
3. Onda P.
4. Medición de la duración del intervalo PR.

5. Medición de la duración del complejo QRS. Verificar si el trazo es limpio y homogéneo.
6. Determinación del eje eléctrico del complejo QRS.
7. Segmento ST.
8. Onda T.
9. Duración del intervalo QT.

Al final del análisis realiza los reportes correspondientes. Nota: Si los hallazgos encontrados son anormales, solo reporta de manera objetiva tus observaciones por ejemplo: "ST supradesnivelado en las derivaciones...", "onda simétrica en las derivaciones...". No corresponde a este curso conocer el por qué de dichos resultados; sin embargo, es un nivel de alcance importante el que puedas diferenciar lo fisiológico o normal, de lo anormal.

En fisiopatología estudiarás los hallazgos alterados del ECG y sus respectivos orígenes.





25 mm/s 10mm/mV

Finalmente has concluido el estudio del electrocardiograma normal en el hombre.

Felicitaciones...

Adelante, ahora puedes de manera activa participar en la actividad de laboratorio N° 4 y poner en práctica lo aprendido.

BIBLIOGRAFÍA

ASCARDIO. 1999. Manual de Cardiología Básica para Médicos Generales.
Tomo I. 2a ed.

BEST, TAYLOR. 2010. Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. Editorial
Médica panamericana. 14a ed. Buenos Aires.

COSTANZO, LINDA. 1999. Fisiología. Interamericana Mc-Graw Hill.

GANONG, WILLIAM. 2006. Fisiología Médica. Manual Moderno. 20a ed.
México.

GUIÓN PRÁCTICO. Fisiología. Programa Enfermería.

GUYTON; ARTHUR y HALL. 2008. Fisiología Médica. Elseviers Saunders. 10a
ed.

<http://idd00c5r.eresmas.net/images/image53>

MORHRMAN, HELLER. 2006. Fisiología Cardiovascular. Mc Graw Hill. 6a ed.

TRESGUERRES, JESÚS. 2009. Anatomía y Fisiología del Cuerpo Humano.
Interamericana Mc Graw Hill.

www.conestetoscopio.com

www.esacademic.com

www.galeon.com/medicinadeportiva

www.portalbiomedico.com

www.secex.org

www.territorioscuola.com