

# ELECTROCARDIOGRAFÍA BÁSICA

*Alfonso Muñoz V.*



Universidad del Rosario  
Facultad de Medicina

Facultad de Medicina  
Editorial Universidad del Rosario  
Alfonso Muñoz V.

Diagramación: Margoth C. de Olivos  
Corrección de estilo: Jenny A. Jiménez

Todos los derechos reservados  
Primera edición: abril de 2009  
ISSN: 1692-7753  
Impresión: Javegraf  
Impreso y hecho en Colombia  
*Printed and made in Colombia*

Para citar esta publicación: Doc.investig. fac.Medicina.

# Contenido

Electrocardiografía Básica .....	4
Introducción .....	4
Dipolo eléctrico.....	4
Derivaciones del ECG.....	4
Derivaciones estándar del ECG .....	5
Derivaciones del plano frontal.....	5
Derivaciones del plano horizontal (Precordiales V) .....	6
Derivaciones especiales: V3R y V4R .....	7
Localización espacios intercostales.....	8
ECG con sus ondas en el plano frontal y la dirección de los vectores de activación.....	9
El papel de registro del ECG.....	10
Sistema de conducción del corazón .....	10
Nodo Sinoatrial.....	11
Fascículos internodales.....	11
Nodo auriculoventricular .....	11
Haz de His .....	11
1. Rama izquierda del Haz de His.....	11
2. Rama derecha del Haz de His .....	11
ECG normal .....	11
Cálculo de la frecuencia cardiaca .....	15
Eje eléctrico del complejo QRS y de la onda P .....	15
Norma básica de lectura de un ECG.....	16
Bibliografía .....	16

# Electrocardiografía Básica

*Alfonso Muñoz V.\**

## Introducción

El electrocardiograma (ECG) es el registro de la actividad eléctrica del corazón. El ECG se ha diseñado para mostrarnos la magnitud y la dirección de las corrientes eléctricas producidas por las estructuras que forman el corazón. Por lo tanto el ECG es un registro de los potenciales de acción transmembrana.

Desde su invención en 1902 por Willem Einthoven, hace poco más de un siglo, se ha constituido en la herramienta diagnóstica más utilizada para el enfoque inicial de las enfermedades cardiovasculares.

## Dipolo eléctrico

Un dipolo eléctrico es una fuerza potencial causada por una carga (+) y otra (-), que están muy próximas, un dipolo produce un vector y un vector tiene dirección y magnitud, a medida que el corazón se despolariza- activa- produce dipolos.

## Derivaciones del ECG

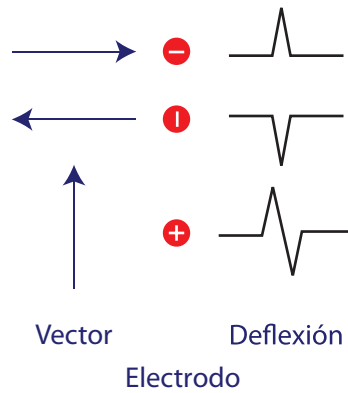
La formación del impulso eléctrico del corazón y su conducción por el sistema especializado (como se explicará más adelante) son movimientos que generan corrientes eléctricas de muy bajo voltaje (en milivoltios); que se pueden registrar al colocar electrodos en sitios apropiados del cuerpo, derivaciones, los cuales al ser conectados a un instrumento de registro, electrocardiógrafo, hacen que se obtenga un trazado que es denominado electrocardiograma.

Cuando un vector de despolarización se acerca a un electrodo -derivación-, produce en el trazado una deflexión -onda- positiva, hacia arriba; cuando este vector se aleja de la derivación que está registrando la deflexión es negativa, hacia abajo; y cuando está próxima, que se acerca y aleja la deflexión, se describe como isodifásica, esto es, hacia arriba y hacia abajo (Figura 1.)

---

\* MD Cardiólogo. Profesor Titular Facultad de Medicina Universidad del Rosario. Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología.

**Figura 1. Derivaciones del ECD**

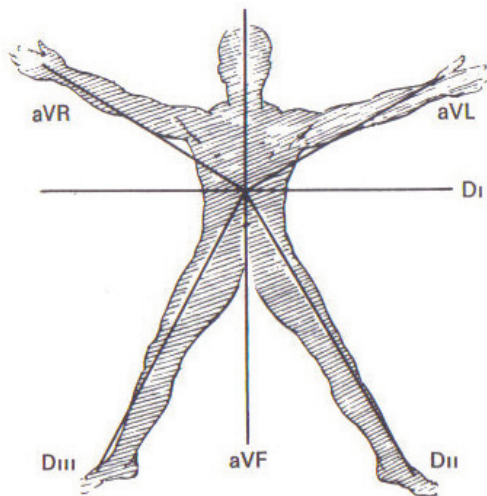


## Derivaciones estándar del ECG

Las derivaciones del ECG estándar son doce (12), seis (6) en el plano frontal (figuras 2, 3 y 4), que son las que se colocan en las extremidades superiores e inferiores y las otras seis (6) en el plano horizontal (figuras 5 y 8), que son las que se colocan en el tórax, también llamadas derivaciones precordiales. Cada derivación por ser un electrodo, tiene un polo (+) y otro (-).

## Derivaciones del plano frontal

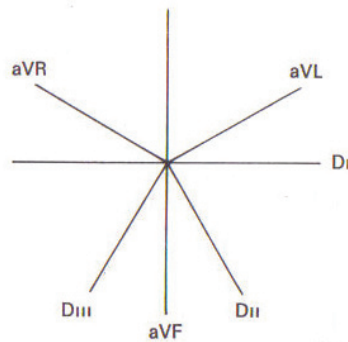
**Figura 2. Derivaciones frontales**



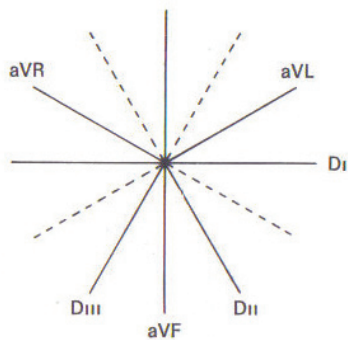
- DI: miembro superior izquierdo (+) y miembro superior derecho (-)
- DII: miembro inferior izquierdo (+) y miembro superior derecho (-)
- DIII: miembro inferior izquierdo (+) y miembro superior izquierdo (-)
- aVR: miembro superior derecho(+),miembro superior izquierdo(+) y miembro inferior izquierdo(-)
- aVL: miembro superior izquierdo(+),miembro superior derecho(+) y miembro inferior izquierdo(-)
- aVF: miembro inferior izquierdo(+),miembro superior derecho(+) y miembro superior izquierdo(-)

Los electrodos de las extremidades se deben ubicar a una distancia mínima de 12 cm del corazón, generalmente se colocan en las muñecas y los tobillos, pero si una extremidad está amputada, se puede colocar a nivel del muñón de amputación. Es importante que cada electrodo se coloque en la extremidad correspondiente, pues dada la magnitud y dirección del vector (dipolo), al invertir la polaridad, cambia la dirección de éste y la deflexión, causada por las razones expuestas en el apartado anterior.

**Figura 3**



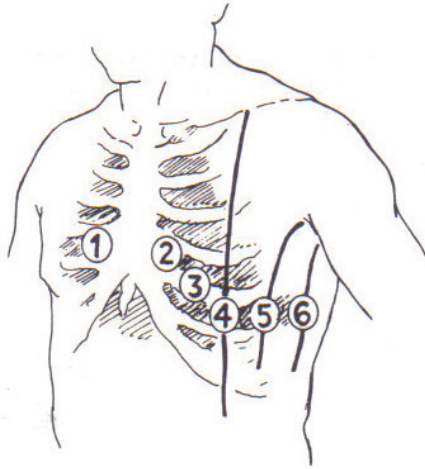
**Figura 4**



## Derivaciones del plano horizontal (Precordiales V)

- V1: 4°. Espacio intercostal con el borde esternal derecho.
- V2: 4°. Espacio intercostal con el borde esternal izquierdo.
- V3: Punto equidistante entre V2 y V4 y en una línea recta que los una.
- V4: En el 5°. Espacio intercostal izquierdo, en la línea medioclavicular.
- V5: En la línea axilar anterior, al mismo nivel horizontal de la derivación V4
- V6: En la línea medio axilar, al mismo nivel de la derivación V4

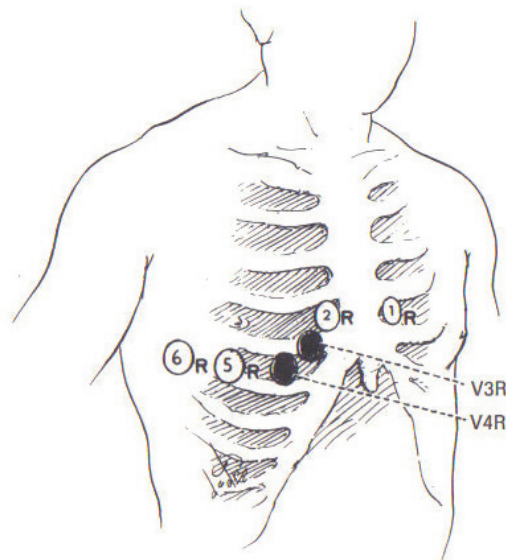
**Figura 5**



## Derivaciones especiales: V3R y V4R

Son derivaciones torácicas situadas a la derecha y son la imagen en espejo de las derivaciones estándar V3 y V4 respectivamente (figura 6)

**Figura 6**



## Localización espacios intercostales

Para localizar los espacios intercostales se debe ubicar el ángulo de Louis o ángulo esternal: Primera protuberancia por debajo del borde superior del esternón, el cartílago de la 2ª costilla se inserta en este punto, el espacio que se halla debajo es el 2º, a partir de aquí contar los espacios hacia abajo (Figura 7).

Figura 7

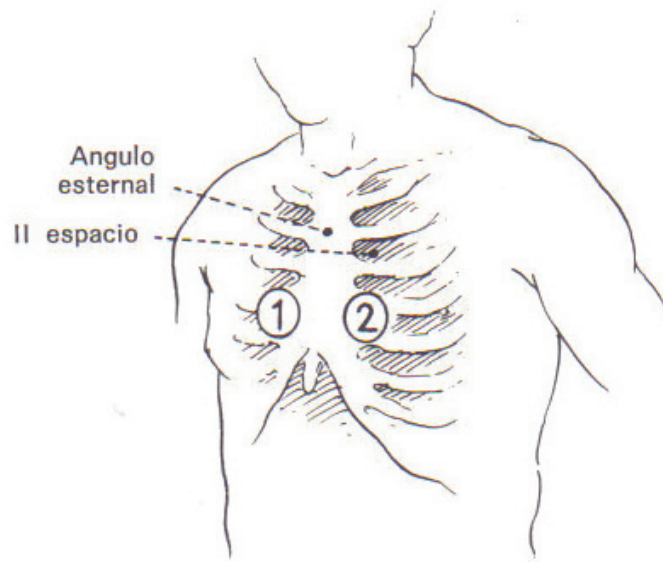
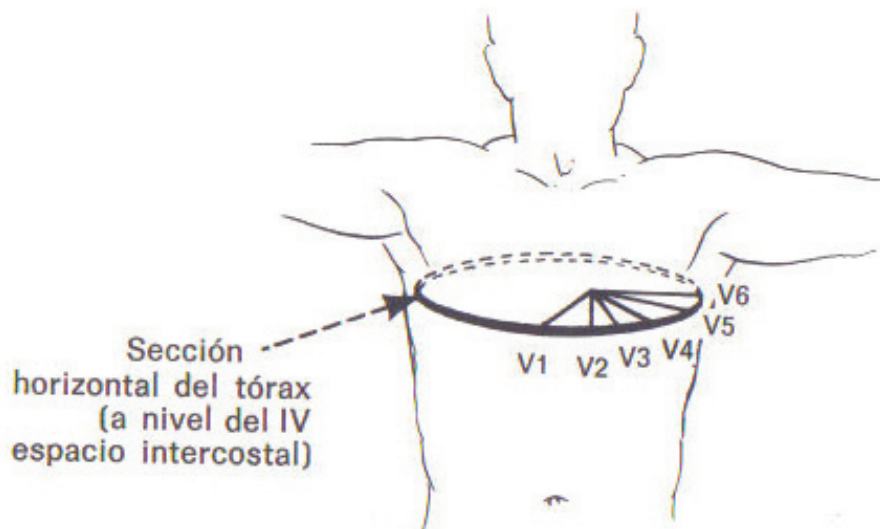


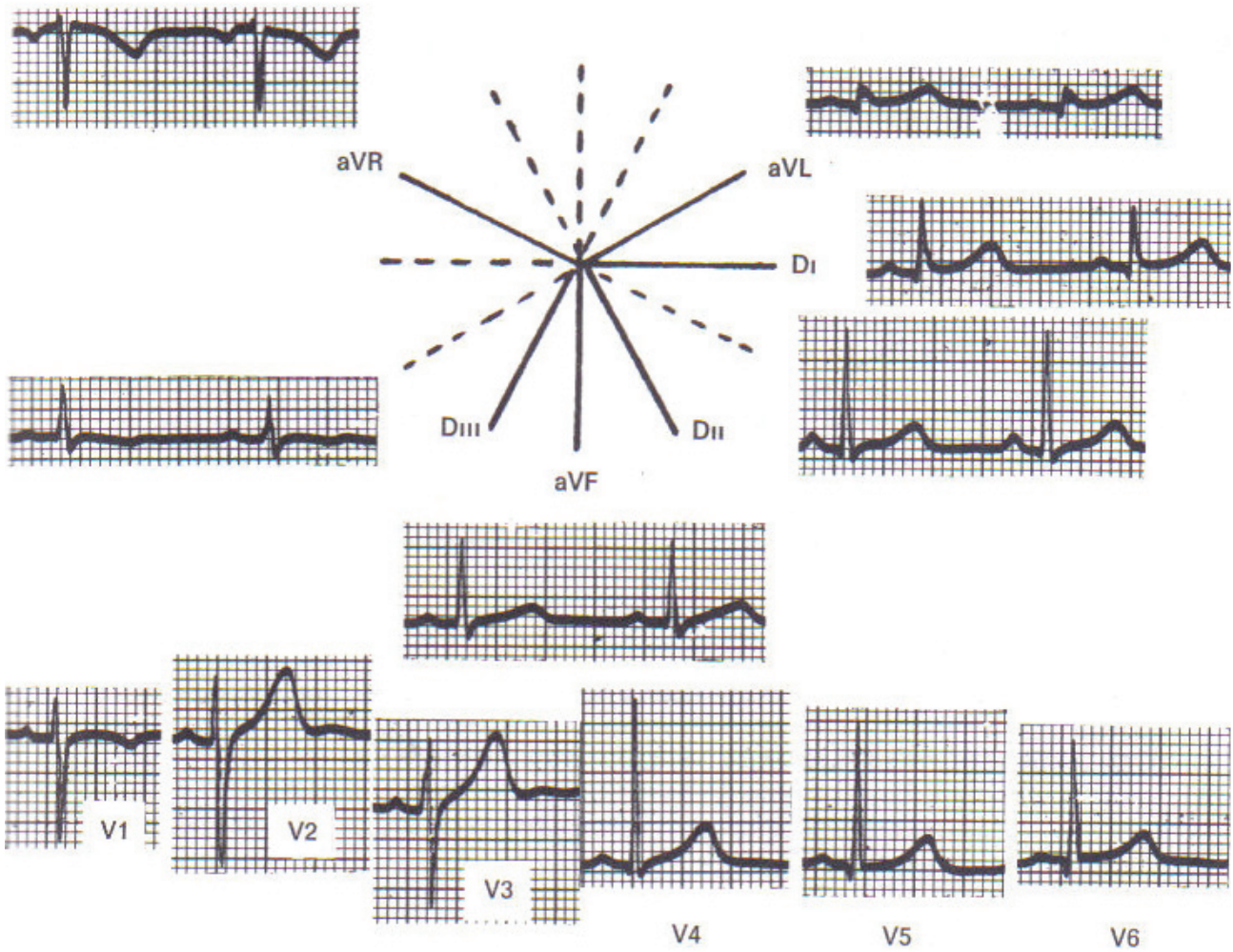
Figura 8



Cada onda del ECG tiene sus características de acuerdo con la derivación y es por ello que unas ondas se registran y analizan mejor en determinadas derivaciones específicas, por ejemplo las derivaciones que mejor registran la onda P son DII y V1.

# ECG con sus ondas en el plano frontal y la dirección de los vectores de activación

Figura 9



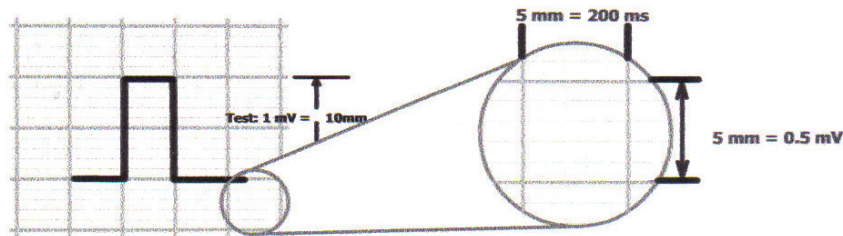
Tal y como fue expuesto anteriormente, cada derivación en el plano frontal tiene una dirección, la cual se da en grados (figura 9), así:

- DI 0°
- DII + 60°
- DIII + 120°
- aVF + 90°
- aVL - 30°
- aVR + 210°

# El papel de registro del ECG

El registro del ECG se traza en papel cuadrulado milimetrado, el cual en el eje de X (horizontal) mide tiempo en segundos o milisegundos, en el eje de Y (vertical) mide amplitud en milímetros o milivoltios (Figura 10).

Figura 10

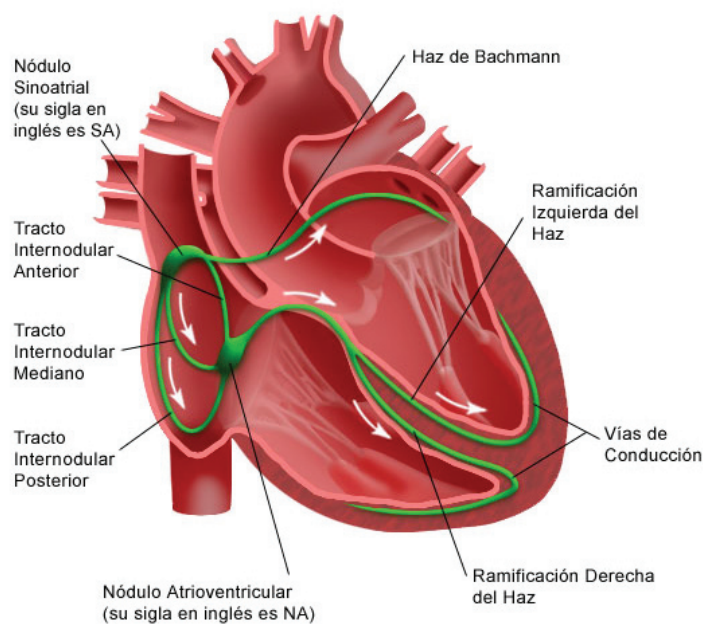


- 1 mm = 40 milisegundos ó 0.040 segundos (cuadro pequeño)
- 5 mm = 200 milisegundos ó 0.200 segundos (cuadro grande)
- 1 mm = 0.1 milivoltios (cuadro pequeño)
- 10 mm = 10 milivoltios (dos cuadros grandes)
- La velocidad estándar de registro de un ECG es 25 mm/segundo

## Sistema de conducción del corazón

El sistema de conducción del corazón, formado por células especializadas, se origina en el Nodo Sinusal y se distribuye por todo el corazón hasta el miocardio ventricular (Figura 11).

Figura 11. El Sistema Eléctrico del Corazón



## **Nodo sinoatrial**

En el nodo sinoatrial, también llamado sinusal se localiza en la parte anterolateral de la aurícula derecha en la desembocadura de la vena cava superior. Allí se origina el impulso normal del corazón. Es el marcapaso natural principal del corazón.

## **Fascículos internodales**

Los fascículos Internodales son tres. Uno Anterior que se divide en dos: una rama hacia la aurícula izquierda (Haz de Bachman) y la otra se dirige al nodo auriculoventricular. Los otros dos son el Fascículo internodal Medio y el Fascículo Posterior.

## **Nodo auriculoventricular**

El Nodo Auriculoventricular se localiza en el subendocardio, hacia el lado derecho del septum interauricular, por encima del anillo de la válvula tricúspide. Está irrigado por la arteria coronaria derecha en el 85 – 90% de los casos y por la arteria circunfleja en el 10-15%, de acuerdo a la dominancia.

## **Haz de His**

El nodo auriculoventricular se continúa por su parte distal con el Haz de His, el cual se divide en dos ramas: la rama izquierda y la rama derecha.

### **1. Rama izquierda del Haz de His**

La Rama Izquierda del Haz de His desciende por el subendocardio del lado izquierdo del septum interventricular y se divide en dos fascículos: un fascículo anterosuperior, que se extiende por la cara anterior y origina la red de Purkinje de esta parte del miocardio; y otro fascículo posteroinferior que se dirige a la pared inferoposterior originando la red de Purkinje de este territorio anatómico.

### **2. Rama derecha del Haz de His**

Desciende por el subendocardio del lado derecho del septum interventricular hasta la pared libre del ventrículo derecho.

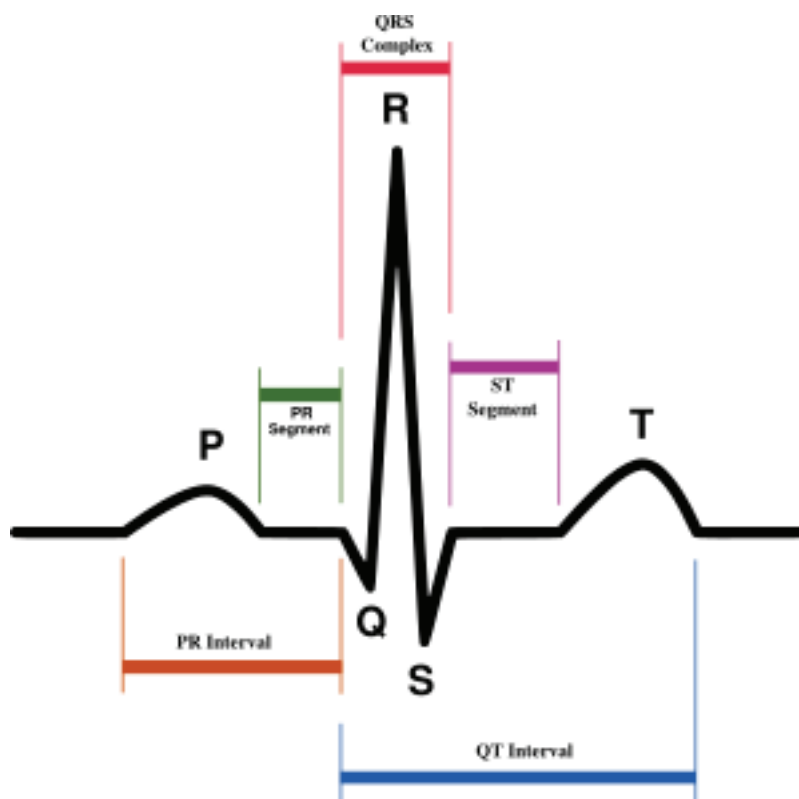
## **ECG normal**

El ECG normal (figuras 12 y 19) está formado por una secuencia de ondas e intervalos así:

Onda P representa la activación (despolarización) de las aurículas, cuando el impulso se origina en el nodo sinusal, o sea en condiciones fisiológicas normales; la onda P debe ser positiva en las derivaciones III y aVF y negativa en aVR. La onda P se visualiza mejor en las derivaciones II y la precordial V1, en ésta última puede ser bifásica, o sea que tiene componente (+) y (-), lo cual es normal siempre y cuando el componente (-) no tenga una duración mayor a 0.04 seg. (40 m/seg). La amplitud máxima normal es 2.5 mm y la duración 0.06 – 0.08 seg. El eje eléctrico de la onda P está normalmente entre 0 y (+) 90 grados (Figura 14).

La activación del nodo AV, Haz de His y el sistema de His-Purkinje no produce deflexión en el trazo del ECG (segmento PR). La repolarización de las aurículas genera una deflexión negativa, que no se visualiza debido a que queda “enmascarada” en el complejo QRS.

Figura 12



Intervalo PR es el tiempo transcurrido entre el inicio de la onda P y el inicio del complejo QRS. Es producido por el retraso fisiológico al pasar el impulso por el nodo AV principalmente y en menor grado por el Haz de His. En condiciones normales varía con la edad y la frecuencia cardíaca, oscila entre 0.08 a 0.2 seg. (80 a 200 m/seg). Se recomienda medirlo en DII.

Complejo QRS, representa la activación (despolarización) de los ventrículos. Está formado por tres ondas (Figura 14):

- Onda Q, la primera deflexión negativa.
- Onda R, la siguiente, o segunda, deflexión positiva
- Onda S, la segunda deflexión negativa

Si la primera onda es negativa y profunda se denomina QS; si existe una segunda onda positiva se llama R'; y una siguiente negativa se llama S'. Las ondas positivas, ondas R si tienen una amplitud mayor a 5mm se designan con letra mayúscula al igual que las ondas negativas S; si son de baja amplitud, o sea menor de 5 mm se les designa con letras minúsculas, sean r, s, r.

La duración normal del complejo QRS es hasta 100 m/seg. y el eje eléctrico varía con la edad: en el recién nacido y lactantes puede llegar hasta (+) 120° al igual que en el pre-escolar. Después de los 6 a 8 años se desplaza hacia 0 hasta (+) 90° al igual que en el adulto joven. En el adulto mayor se permite una ligera desviación del eje eléctrico del QRS hasta (-) 30°. Cuando los ejes eléctricos del QRS están por fuera de estos rangos se habla de desviaciones a la izquierda o hacia la derecha.

Se debe medir la duración del QRS desde el inicio de la onda Q hasta el final de las ondas y se debe hacer en una derivación que tenga onda Q, como por ejemplo V6. La onda Q puede estar presente en DII, DIII y

aVF al igual que en V5 y V6. Pero no debe tener una amplitud mayor a 5 mm o más de la tercera parte de la onda R; cuando es de mayor amplitud la denominamos “onda Q patológica” excepto en la derivación DIII, que normalmente puede llegar a medir 5-8 mm. Debemos evaluar el complejo QRS en cuanto a su duración, eje eléctrico, y la morfología de las ondas Q, R y S al igual que r' y s'.

A continuación se muestran diferentes morfologías de complejos QRS con su nomenclatura apropiada (Figura 13):

Figura 13

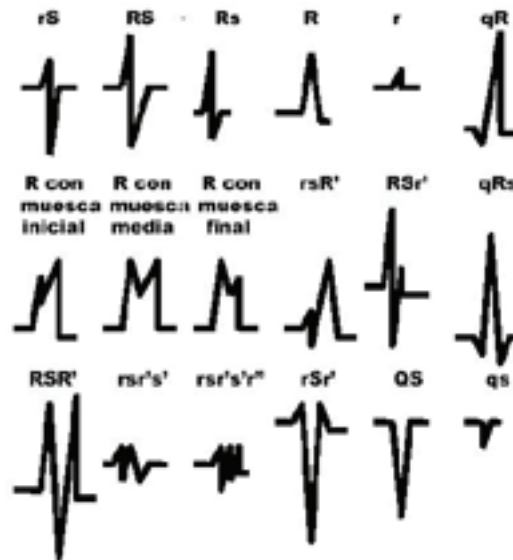
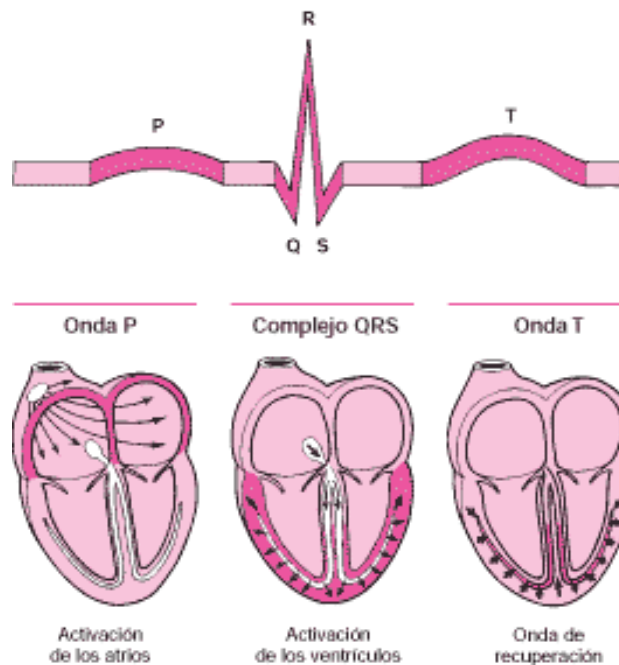
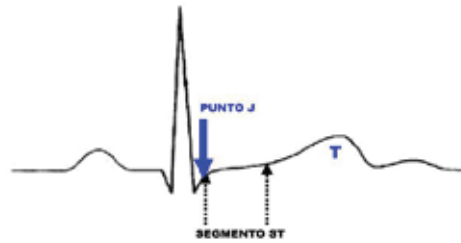


Figura 14



Punto J, se denomina así a la unión del final del complejo QRS con el segmento ST (Figura 15):

**Figura 15. El Segmento ST**



Segmento ST, comprende desde el final del QRS hasta el inicio de la onda T. El segmento ST es normalmente isoelectrico, o sea, no debe tener desviaciones (+) ni

(-). Es recomendable medir las desviaciones del segmento ST de la línea de base con relación al segmento PR.

Onda T: representa eléctricamente la repolarización del miocardio ventricular. Su amplitud es muy variable, pero una onda T plana menor de 2mm y mayor de 7-10 mm, especialmente en derivaciones precordiales, puede ser anormal(Figura 14).

Intervalo QT: se mide desde el inicio del QRS hasta el final de la onda T. Representa la duración total de la despolarización y repolarización ventricular. Varía con la frecuencia cardiaca y por tanto se debe corregir de acuerdo con ésta. El intervalo QT debe ser menor a 450 m/seg: Cuando es mayor a 450 ms se debe corregir con relación a la frecuencia cardiaca mediante la ecuación:

Intervalo QT corregido para la frecuencia cardiaca (QTc) (Figura 16):

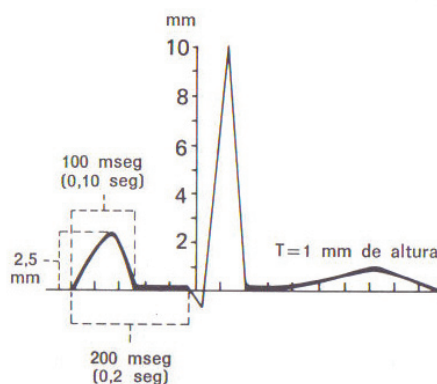
**Figura 16**

$$QTc = \frac{QT \text{ medido}}{\sqrt{RR}}$$

Onda U: es la deflexión positiva que sigue a la onda T. Se cree que corresponde a la repolarización ventricular de las células de Purkinje. Se visualiza en las derivaciones precordiales.

Límites normales máximos en amplitud y duración de la onda P, intervalo PR, QRS y onda T (Figura 17):

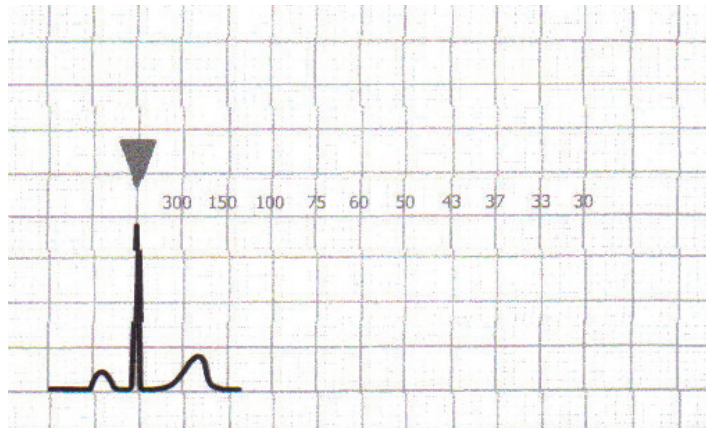
**Figura 17**



## Cálculo de la frecuencia cardiaca

Regla de 300: Dividir 300 entre el número de espacios de 200 milisegundos que existen entre R – R (Figura 18):

Figura 18



$$300 / 1 = 300 \text{ latidos/min.}$$

$$300/2 = 150 \text{ latidos/min.}$$

$$300/3 = 100 \text{ latidos/min.}$$

$$300/4 = 75 \text{ latidos/min.}$$

$$300/5 = 60 \text{ latidos/min.}$$

$$300/6 = 50 \text{ latidos/min.}$$

$$300/7 = 43 \text{ latidos/min.}$$

$$300/8 = 37 \text{ latidos/min.}$$

$$300/9 = 33 \text{ latidos/min.}$$

$$300/10 = 30 \text{ latidos/min.}$$

Otro método consiste es dividir 1.500 entre el número de cuadros pequeños (1mm) que existen entre R – R.

## Eje eléctrico del complejo QRS y de la onda P

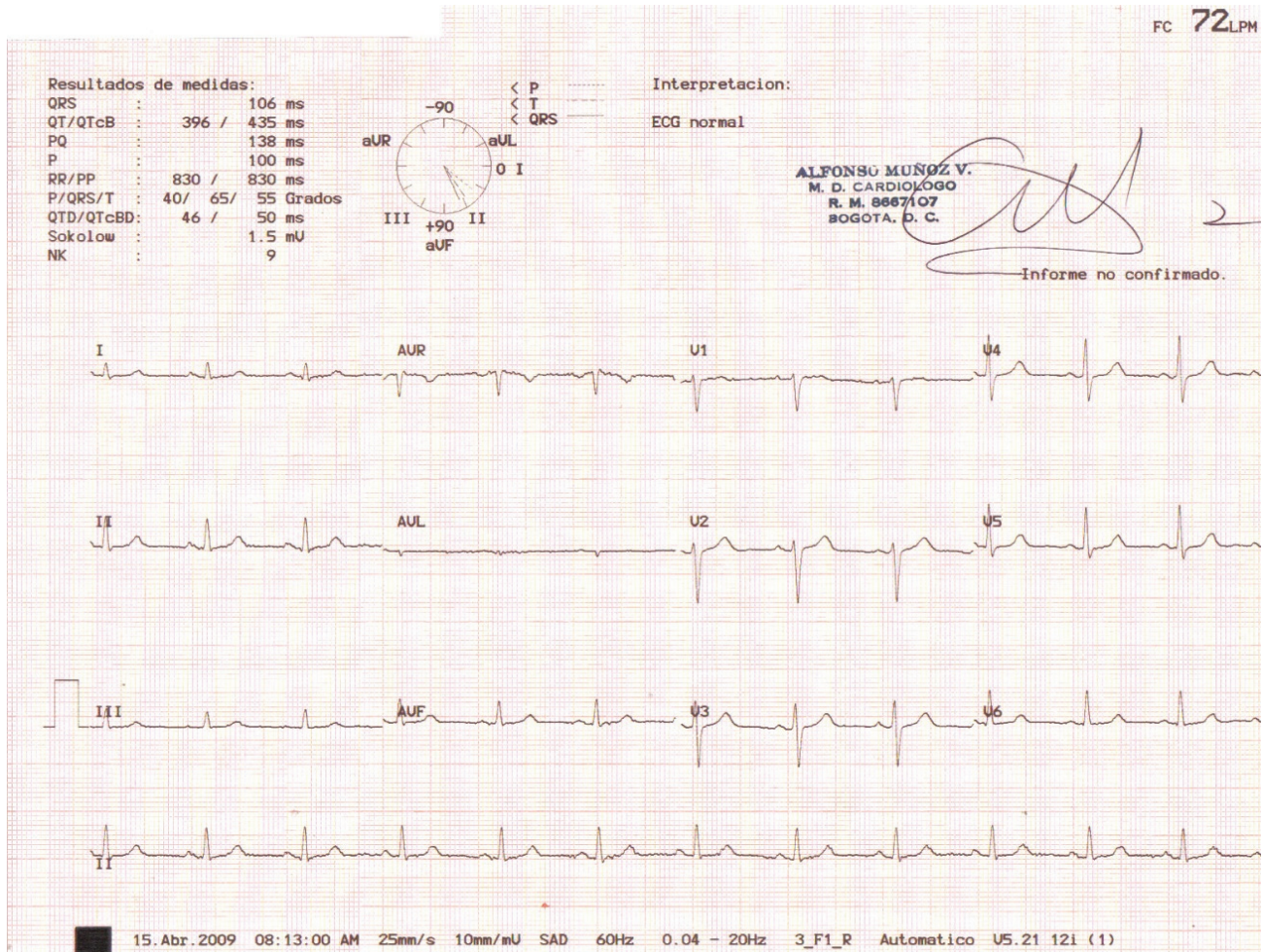
En la práctica se debe calcular el eje eléctrico del QRS y de la onda P, lo cual corresponde a la dirección del vector de despolarización de los ventrículos y de las aurículas. Este eje eléctrico se calcula en el plano frontal y para hacerlo utilizamos la dirección en grados que se mencionó con anterioridad en las derivaciones en el plano frontal.

Observamos la derivación DI y aVF, ubicamos la derivación más isodifásica, el eje eléctrico se sitúa perpendicular a la derivación más isodifásica. Por ejemplo para calcular el eje del QRS, si DI es positivo, hacia arriba de la línea de base, aVF, también es positivo, este eje está entre  $0^\circ$  y  $+90^\circ$ . Para ubicarlo exactamente entonces buscamos la derivación más isodifásica y el eje se situará perpendicular a ésta, asumamos que es DIII, la perpendicular a DIII está a  $+30^\circ$ . De igual forma se procede para calcular el eje de la onda P, pero en

éste caso siempre observaremos que la P sea positiva en DI, DII y aVF lo cual corresponde a un eje normal de la P (Figura 9).

## Norma básica de lectura de un ECG

Figura 19



Un ECG debe tener la siguiente información (Figura 19):

FC, ritmo cardiaco, eje eléctrico del QRS y de la onda P.

Mediciones de la onda P, intervalo PR, intervalo QT/ QTc y del complejo QRS.

Una interpretación de los hallazgos.

Un ECG debe siempre interpretarse y correlacionarse con el contexto clínico del paciente.

Usted está ahora en condiciones de poder al menos identificar un ECG NORMAL.

# Bibliografía

Constant J. Electrocardiografía-Curso de Enseñanza Programada 2ª. Edición 1984 Salvat Editores SA.

Gutiérrez de Piñeres O. Manual Cardio Arritmia Distribuna Editorial 2006.

Klgfield P. *et al.* "Recommendations For The Standardization and Interpretation of The Electrocardiogram. Part I: The Electrocardiogram and Its Technology". *J Am Coll Cardiol* 2007;49:1109-27.

Mason JW. *et al.* "Recommendations For The Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part II:Electrocardiography Diagnostic Statement List". *J Am Coll Cardiol* 2007;49:1128-35.

