



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

UNIDAD CULHUACÁN

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

“ANÁLISIS DE ENFERMEDADES CARDIACAS EN BASE AL
SEGMENTO S-T”

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA:

HERBERT HUERTA LÓPEZ

ASESORES:

M. EN C. LÁZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA
ING. EDGAR MAYA PÉREZ



MÉXICO, 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESIS

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de Ingeniero Electrónico, deberá desarrollar el C.:

HERBERT HUERTA LÓPEZ

“ANÁLISIS DE ENFERMEDADES CARDIACAS EN BASE AL SEGMENTO S-T”

La iniciativa de desarrollar un sistema reconocedor de patrones en señales electrocardiográficas de mayor precisión el cual se apoye la interpretación para un diagnóstico de anomalías, los sistemas digitales permiten almacenar y recuperar de una manera cómoda e inmediata miles de trazados ECG. Los avances de la informática han implicado una importante modificación en los planteamientos de la investigación médica con la ayuda de la lógica difusa.

CAPITULADO

- I.- CONCEPTOS BÁSICOS DE ECG.
- II.- SEGMENTOS ST Y LAS ALTERACIONES CARDIACAS.
- III.- DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS PARA LA ONDA ST.
- IV.- ALGORITMO PROPUESTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIONES DE LAS ONDAS ST.

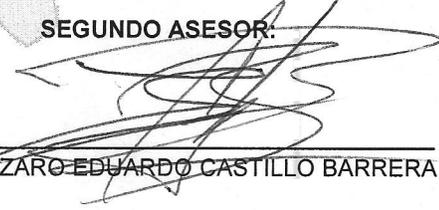
México D. F., a 08 de Febrero de 2012.

PRIMER ASESOR:



ING. EDGAR MAYA PEREZ

SEGUNDO ASESOR:



M. EN C. LAZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA

Vo.Bo.



M. EN C. ANTONIO ROMERO ROJANO
JEFE DE LA CARRERA DE I.C.E.

APROBADO



M. EN C. HECTOR BECERRIL MENDOZA
SUBDIRECTOR ACADEMICA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
CAPITULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DEL ECG	4
1.1 Anatomía del corazón	5
1.2 Electrocardiografía	5
1.2.1 Introducción	5
1.2.2 Electrofisiología	5
1.2.3 Formas de las ondas e intervalos del ECG.....	6
1.2.4 Derivaciones del ECG.....	8
1.3 Electrocardiograma	11
1.3.1 Definición de enfermedades y trastornos del corazón	14
1.4 Segmento ST.....	17
CAPITULO 2: SEGMENTO ST Y LAS ALTERACIONES CARDIACAS	18
2.1 Introducción	18
2.2 Variantes morfológicas.....	18
2.2.1 Bloqueo de rama	19
2.2.1.1 Bloqueo de rama derecha	20
2.2.1.2 Bloqueo de rama izquierda	21
2.3 La isquemia y el segmento ST	22
2.3.1 Diagnóstico diferencial de las elevaciones del segmento ST	24
2.3.1.1 Segmento ST elevado	26
2.3.1.2 Segmento ST descendido	27
2.3.2 Infarto al miocardio.....	27
2.3.3 Pericarditis.....	28
2.3.2.1 Segmento ST descendido	28
2.3.4 Taquicardias	29
2.3.5 Hipertrofia Ventricular izquierda	29
CAPITULO 3: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS PARA SEGMENTO ST ...	30
3.1 Introducción	30
3.2 El sistema eléctrico del corazón	31
3.2.1 Impulso eléctrico	31
3.3 Valoración del segmento ST	32
3.4 Los cambios del segmento ST	33
3.5 Onda T y segmento ST.....	33
3.5.1 Valores normales	33

3.6 Intervalos QT	33
3.7 Onda T	34
3.7.1 Variantes de la normalidad	34
3.7.2 Repolarización precoz	35
3.7.3 Repolarización inespecífica	35
3.7.4 Repolarización pseudoesquémica.....	36
3.8.1 Signos de simpaticotonía	36
3.8.2 Sin relación con la práctica deportiva	37
3.9 ST de tipo isquémico	37
3.9.1 T negativa de necrosis.....	38
3.9.2 T negativa de sobrecarga/miocardiopatía	38
3.9.3 T negativa de origen metabólico.....	38
3.10 Efectos farmacológicos	39
3.10.1 Sobre la onda T.....	40
3.10.2 Alteraciones de origen genético	40
3.12 Síndrome de QT largo.....	41

CAPITULO 4: ANÁLISIS PROPUESTO PARA IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIONES CARDIACAS EN BASE AL SEGMENTO ST..... 42

4.1 Planteamiento del problema	43
4.2 Diagramas de flujo	48
4.3 Sistema difuso propuesto	49
4.4 Sistema de interferencia difuso	53

Conclusiones 55

Apéndice 56

Referencias bibliográficas 57

INTRODUCCIÓN:

El corazón es uno de los órganos más importantes del cuerpo humano, y el principal del sistema circulatorio, su función es bombear sangre oxigenada a través de los vasos sanguíneos hacia todo el cuerpo, la sangre le llega a través de las venas y la expulsa a todo el cuerpo a través de las arterias. El corazón al latir, genera impulsos eléctricos que crean una señal, la cual se adquiere con un electrocardiógrafo para estudiarse y saber que trastornos cardiovasculares puede tener una persona. Es por eso que se explicará de una manera más completa cómo funciona el corazón ya que es el órgano que genera la señal con la cual se trabajará en este proyecto que en base a la S-T.

Las enfermedades cardiovasculares y los infartos causan 17,5 millones de muertes al año, tantas muertes como el SIDA, la tuberculosis, la malaria y la diabetes, más todas las variantes del cáncer y las enfermedades respiratorias crónicas juntas. Por este motivo, la Federación Mundial del Corazón estableció el Día Mundial del Corazón con el fin de concientizar sobre estas enfermedades y promover medidas preventivas capaces de reducir su impacto en la sociedad.

Miles de personas mueren al año a causa de enfermedades cardiacas sin ser diagnosticadas a tiempo, al no acudir al doctor de forma inmediata y hacer caso omiso a los primeros síntomas de dolor torácico o alguna otra señal de advertencia esto puede llevar de forma muy segura al paciente a una muerte instantánea, es por eso que se propone diseñar un algoritmo computacional con un sistema de lógica difusa como una herramienta para facilitar la interpretación de la gráfica obtenida y para analizar la enfermedad del paciente en base al segmento S-T, ya que también el electrocardiograma es una señal general que no es muy bien analizada por los doctores generales, El análisis exacto del ECO requiere meticulosidad y cuidado, y siempre se debe tener en cuenta la edad del paciente, el sexo y la situación clínica.

Muchos de los errores en la interpretación del ECG son errores de omisión, por lo que es preferible efectuar una interpretación sistematizada, analizando cuidadosamente los siguientes 14 apartados del ECG:

- 1) Normalización (calibración) y aspectos técnicos (colocación de los electrodos y artefactos).
- 2) Frecuencia cardiaca.
- 3) Ritmo.
- 4) Intervalo PR
- 5) Intervalo QRS.
- 6) Intervalo QT.
- 7) Eje eléctrico QRS promedio.
- 8) Ondas P.
- 9) Voltajes de QRS.
- 10) Propagación precordial de la onda R
- 11) Ondas Q anormales.
- 12) Segmentos ST
- 13) Onda T.
- 14) Onda U.

Únicamente cuando se han analizado todos estos puntos se puede formular la interpretación. Si procede, se indicarán los correlatos o inferencias clínicas de mayor importancia clínica. Estas características son parámetros como el límite de duración de la onda representativa en los electrocardiogramas, los cambios en la frecuencia cardiaca, alteraciones de onda, la posición del eje cardiaco, amplitudes positivas o negativas de la onda característica. El estudio de todos los parámetros ayuda al cardiólogo a diagnosticar anómalas, por ejemplo ataques al corazón, problemas de conducción, embolias, arritmias, hipertrofias, taquicardias y bradicardias.

OBJETIVO

La iniciativa de desarrollar un sistema reconocedor de patrones en señales electrocardiográficas de mayor precisión que en este caso apoye la interpretación para un diagnóstico de anomalías. El empleo de los sistemas computadorizados de ECG se está extendiendo cada vez más. Los sistemas digitales permiten almacenar y recuperar de una manera cómoda e inmediata miles de trazados ECG. A pesar de los avances, la interpretación informatizada del ECG adolece de graves limitaciones. La lectura incompleta o imprecisa es más frecuente en casos de arritmias o anomalías complejas. Por eso, no debe aceptarse la interpretación computadorizada (incluidas las medidas de los intervalos ECG elementales) sin que el médico revise cuidadosamente el electrocardiograma.

CAPITULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DEL ECG

1.1 Anatomía del corazón

El corazón es un músculo que se contrae y relaja para bombear sangre a todo nuestro organismo, su tamaño es poco mayor que el de un puño. Se encuentra en el centro de nuestro pecho ligeramente cargado hacia la izquierda como se puede ver en la Fig. 1.1. Está envuelto en una Bolsa llamada pericardio, es una bolsa que tiene dos membranas con un líquido entre ellas, el pericardio sirve para que el corazón pueda latir sin rozar el tórax, es como un colchón que rodea al corazón, y también sirve para sostenerlo.

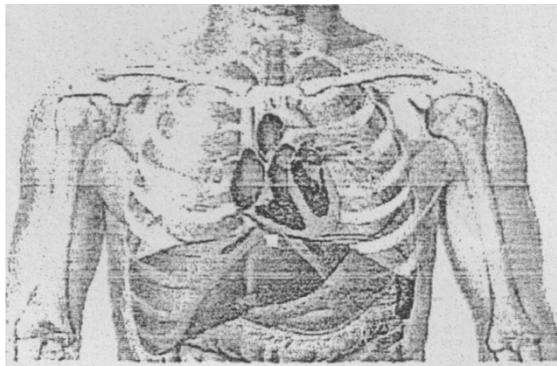


Figura 1.1 Ubicación del corazón

El corazón tiene 4 cavidades las superiores se llaman aurículas, y las inferiores se llaman ventrículos, dependiendo de su ubicación se le llama aurícula izquierda o derecha y ventrículo izquierdo o derecho. Las cavidades del lado derecho están separadas de las del izquierdo por una pared muscular llamada tabique.

En las aurículas se acumula la sangre que llega de las venas al corazón y los ventrículos son los que hacen la mayor parte del trabajo pues éstos son los que se contraen para expulsar la sangre hacia las arterias. Debido a esto es que las paredes de los ventrículos son más gruesos que los de las aurículas y su tamaño es mayor. El ventrículo izquierdo es el que hace el mayor esfuerzo, pues éste debe bombear la sangre hacia la aorta que es la arteria más grande del cuerpo, y que es la encargada de suministrar sangre a todo el cuerpo.

1.2 Electrocardiografía:

1.2.1 Introducción

El electrocardiograma (ECG o EKG) es el registro gráfico de los potenciales eléctricos generados por el corazón. Las señales son detectadas con electrodos metálicos que se acoplan a las extremidades y a la pared torácica y luego se amplifican y registran con el electrocardiógrafo. Las derivaciones del ECG detectan, en realidad, las diferencias instantáneas de potencial entre estos electrodos. La utilidad clínica del ECG procede de su inmediata disponibilidad como técnica no invasora, económica y sumamente versátil. Además de la identificación de arritmias, trastornos de conducción e isquemia miocárdica, la electrocardiografía revela otros datos relacionados con las alteraciones metabólicas que ponen en peligro la vida del enfermo (p. ej., hiperpotasiemia) o aumentan la predisposición a la muerte cardíaca súbita (p. ej., síndromes de prolongación de QT). Con la introducción de la trombólisis coronaria, o angioplastia, en el tratamiento precoz del infarto agudo de miocardio, ha aumentado nuevamente el interés por la sensibilidad y la especificidad de los signos ECG de isquemia miocárdica

1.2.2 Electrofisiología

La despolarización cardíaca es el paso que inicia la contracción. Las corrientes eléctricas que son conducidas por el corazón se producen por tres elementos diferentes: las células cardíacas con función de marcapasos, el tejido especializado de conducción y el propio miocardio. Sin embargo, el ECG sólo registra los potenciales de despolarización (estimulación) y repolarización (recuperación) generados por el miocardio auricular y ventricular. El estímulo para la despolarización que inicia el latido cardíaco normal se origina en el nódulo sinoauricular (S A) (Fig.1.2) o sinusal, una agrupación de células marcapasos. Éstas descargan espontáneamente, es decir, poseen automatismo. La primera fase de la activación eléctrica del corazón consiste en la expansión de la onda de despolarización a través de las aurículas derechas e izquierda y continúa con la contracción auricular. A continuación, el impulso estimula los marcapasos y los tejidos de conducción especializados en el nódulo auriculoventricular (AV) y en el haz de His; la combinación de estas dos regiones conforma la unión AV. El haz de His se bifurca en dos ramas principales, derecha e izquierda, que transmiten rápidamente la onda de despolarización hacia el miocardio del ventrículo derecho e izquierdo a través de las fibras de Purkinje. La rama izquierda se divide, a su vez, en dos: un fascículo anterior y otro posterior. Los frentes de despolarización se extienden,

por último, a través de la pared ventricular, desde el endocardio hacia el epicardio, lo que desencadena la contracción ventricular.

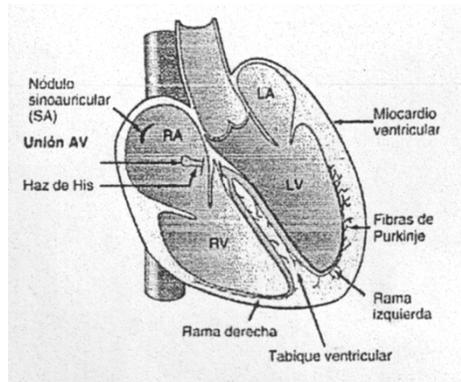


Fig.1.2 Esquema del sistema de conducción cardíaco.

Como las ondas de despolarización y repolarización cardíacas tienen una dirección y una magnitud determinadas, se pueden representar con vectores. Los vectocardiogramas que miden y muestran estos potenciales instantáneos ya no se usan en la práctica clínica. Sin embargo, los principios generales del análisis vectorial son esenciales para comprender la génesis de los ECG normales y patológicos.

El análisis vectorial ilustra un concepto básico de la electrocardiografía: el ECG registra en la superficie cutánea la compleja suma espacial y temporal de los potenciales eléctricos de múltiples fibras del miocardio. Este principio explica las limitaciones inherentes a la sensibilidad (la actividad de ciertas regiones cardíacas puede quedar enmascarada o carecer de la magnitud suficiente para su registro) y especificidad del ECG (la misma suma vectorial puede ser consecuencia de un aumento o de una pérdida selectiva de fuerzas en direcciones opuestas).

1.2.3 Formas de las ondas e intervalos del ECG.

Las ondas del ECG se designan con las letras del alfabeto, comenzando por la letra P, que representa la despolarización auricular (Fig.1.3). El complejo QRS representa la despolarización ventricular y el complejo ST-T-U (segmento ST, onda T y onda U), la repolarización ventricular. El punto J es la unión entre el extremo final del complejo QRS y el inicio del segmento ST. La repolarización auricular suele tener una amplitud muy reducida para poder ser detectada, pero se manifiesta en algunas circunstancias, como en la pericarditis aguda o en el infarto auricular.

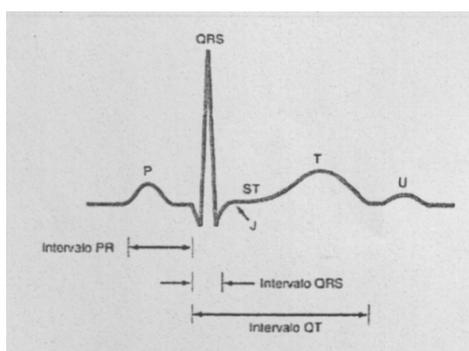


Fig. 1.3 Ondas e intervalos básicos del ECG.

El electrocardiograma suele registrarse en un papel milimétrico especial que se divide en cuadros de 1 mm². Como la velocidad de registro del ECG sobre el papel suele ser de 25 mm/s, la división horizontal más pequeña (1mm) se corresponde con 0.04 s (40 ms), mientras que las líneas más gruesas equivalen a 0.20 s (200 ms). Verticalmente, la gráfica del ECG mide la amplitud de una determinada onda o deflexión (1 mV = 10 mm con la calibración normalizada; los criterios de voltaje que se aplican a la hipertrofia se indican en milímetros). Existen cuatro intervalos ECG básicos: R-R, PR, QRS Y QT (Fig. 1.3). La frecuencia cardíaca (latidos por minuto [lpm]) se calcula fácilmente midiendo el intervalo entre latidos (R.-R) y dividiendo el número de las unidades de tiempo mayores (0.20 s) comprendidas entre las ondas R consecutivas entre 300, o bien el número de unidades pequeñas (0.04 s) entre 1 500. El intervalo PR (normal: 120 a 200 ms) indica el tiempo transcurrido entre la despolarización auricular y ventricular, que incluye el retraso fisiológico derivado de la estimulación de las Células de la unión AV. El intervalo. QRS (normal: 100 ms o menos) refleja la duración de la. Despolarización ventricular. El intervalo. QT comprende tanto la despolarización como la repolarización ventricular, y varía de forma inversa a la frecuencia cardíaca.

El intervalo QT justado a la frecuencia ("corregido.") (o. QTc) se calcula con la fórmula $QT/R-R$ que mide normalmente 0.44 segundos, El complejo QRS se subdivide en deflexiones u ondas concretas. Si la deflexión inicial en una determinada derivación es negativa, se denomina onda Q; si es positiva, se habla de una onda R La deflexión negativa que sigue a la onda R se denomina onda S. Las ondas positivas o negativas posteriores reciben el nombre de R' y S', respectivamente. Las letras minúsculas (qrs) se utilizan para indicar que la amplitud de las ondas es reducida. Un complejo QRS totalmente negativo. Se denomina onda QS.

1.2.4 Derivaciones del ECG

Las 12 derivaciones convencionales del ECG registran la diferencia de potencial entre los electrodos colocados en la superficie de la piel. Estas derivaciones se dividen en dos grupos: seis derivaciones de los miembros y seis precordiales o. torácicas. Las derivaciones de los miembros registran 10.5 potenciales que se transmiten al plano frontal (Fig. 1.4A), mientras que las precordiales recogen los potenciales del plano horizontal (Fig. 1.4B). Las seis derivaciones de los miembros se subdividen, a su vez, en tres derivaciones bipolares (I, II y III) y otras tres unipolares (aVR, aVL y aVF). Cada derivación bipolar mide la diferencia de potencial entre los electrodos de dos miembros: derivación I = voltaje del miembro superior izquierdo-derecho, derivación II = miembro inferior izquierdo-miembro superior derecho y derivación III = miembro inferior izquierdo-miembro superior izquierdo. Las derivaciones unipolares miden el voltaje (V) en un determinado lugar con respecto a un electrodo (denominado electrodo central Q indiferente) que tiene un potencial de aproximadamente cero. De ahí, a VR = miembro superior derecho (right arm), a VL = miembro superior izquierdo (left arm) y a VF = miembro inferior izquierdo (pie) (left foot). La letra minúscula a indica que estos Potenciales unipolares están aumentados eléctricamente en un 50%. El electrodo del pie Derecho actúa como tierra. La orientación espacial y la polaridad de las seis derivaciones del plano frontal se representan en el diagrama hexaxial (fig. 1.5).

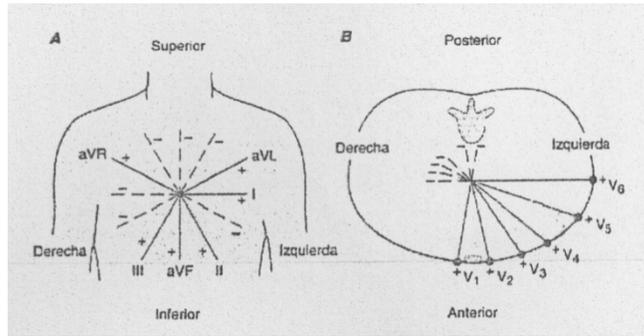


Fig.1.4 Las seis derivaciones del plano frontal y las seis del plano horizontal proporcionan una representación tridimensional de la actividad eléctrica del corazón.

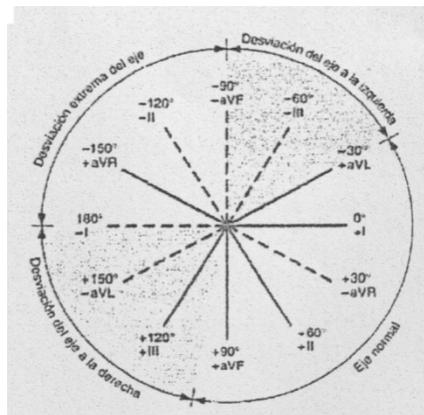


Fig. 1.5 Las derivaciones del plano frontal (de los miembros) se representan en un diagrama hexaxial. Cada derivación del ECG tiene una orientación espacial y una polaridad específicas.

Las seis derivaciones precordiales unipolares (Fig. 1.6) recogen el registro de los electrodos que se colocan en los siguientes lugares: V1, cuarto espacio intercostal y paraesternal derecho; V2, cuarto espacio intercostal y paraesternal izquierdo; V3, entre V2 y V4; V4, línea medioclavicular, a la altura del quinto espacio intercostal izquierdo; V5, línea axilar anterior, al mismo nivel que V4; y V6, línea axilar media, al mismo nivel que V4 y V5.

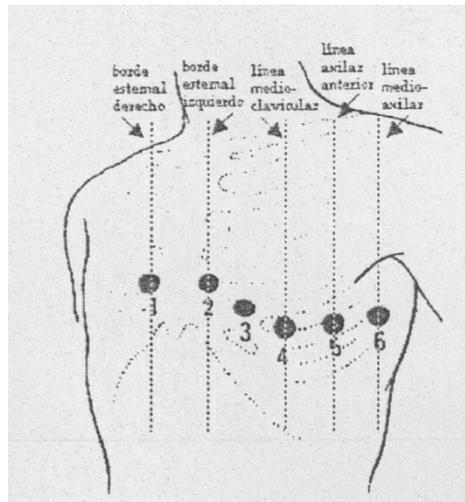


Fig. 1.6 Las derivaciones del plano horizontal (torácicas o precordiales) se obtienen colocando los electrodos en la posición indicada.

En conjunto, los electrodos de los planos frontal y horizontal ofrecen una representación tridimensional de la actividad eléctrica del corazón. Cada derivación se puede comparar con un ángulo diferente de la cámara que "explora" los mismos fenómenos (despolarización y repolarización de las aurículas y ventrículos) desde distintas orientaciones espaciales. El ECG convencional de 12 derivaciones se puede completar con derivaciones adicionales en circunstancias especiales. Así, por ejemplo, las derivaciones precordiales derechas V3R, V 4R, etcétera, resultan útiles para reconocer la isquemia aguda del ventrículo derecho.

Las unidades telemétricas a la cabecera de la cama y los registros ambulatorios del ECG (Holter) suelen basarse en una o dos derivaciones modificarlas.

Las derivaciones del ECG se hallan configuradas de tal forma que las deflexiones positivas (hacia arriba) aparecen cuando la onda de despolarización se dirige hacia el polo positivo de dicha derivación, mientras que las negativas lo hacen cuando la onda se propaga hacia el polo negativo. Si la orientación media del vector de despolarización es perpendicular al eje de la derivación, se registra una deflexión bifásica (negativa y positiva).

1.3 Electrocardiograma

El electrocardiograma (ECG o también EKG) es el gráfico que se obtiene con el electrocardiógrafo para medir la actividad eléctrica del corazón en forma de cinta gráfica continua. Es el instrumento principal de la electrofisiología cardiaca y tiene una función relevante en el cribado y la diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares. Además se utiliza para determinar si el corazón funciona correctamente o si sufre anomalías, indicar bloqueos coronarios arteriales (durante o después de un ataque cardiaco).

Se puede utilizar para detectar alteraciones electrolíticas de. Potasio, calcio, magnesio u otras, permitir la detección de anomalías conductivas (bloqueo auriculo-ventricular), mostrar la condición física de un paciente durante un test de esfuerzo, suministrar información sobre las condiciones físicas del corazón (por ejemplo hipertrofia ventricular izquierda), entre otros En la Fig. 1.7 se muestra una señal de un electrocardiograma de una persona con señales normales.

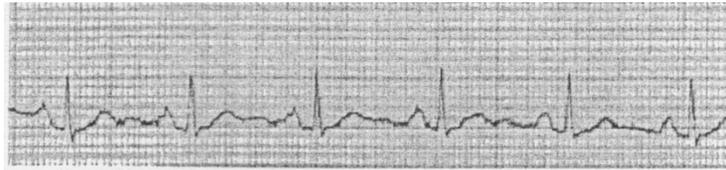


Fig. 1.7 Señal de un ECG normal

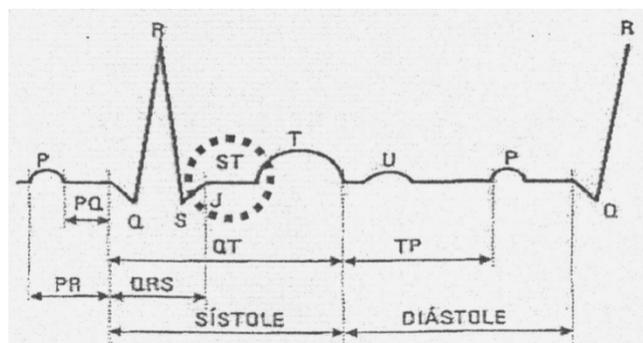


Fig. 1.8 Ondas, intervalos y segmentos del ECG

Los intervalos de tiempo entre las diferentes ondas son importantes en el diagnóstico electrocardiográfico, pues refleja procesos electrofisiológicos y tienen implicaciones clínicas cuando están fuera del margen de variación normal. En la Fig. 1.8 se muestran los intervalos, segmentos y ondas características del ECG que a continuación se describe cada uno de ellos.

- La onda P indica que los atrios (las 2 cavidades superiores del corazón) se están contrayendo para bombear la sangre hacia fuera.
- La siguiente parte es el "complejo QRS", que representa el tiempo de la despolarización ventricular. Un complejo QRS mayor de 0.11s puede deberse a' bloqueo de rama, conducción intraventricular anormal, síndrome de preexcitación o hipertrofia ventricular.
- El intervalo PR refleja en parte el tiempo de conducción auriculoventricular. Su valor depende de la frecuencia cardíaca.
- EL "segmento ST", es el intervalo entre el punto J y el inicio de la onda T y representa el final de la despolarización y el inicio de la repolarización ventriculares.
- La onda T indica el período de reposo de los ventrículos.
- El intervalo QT refleja el periodo total de los procesos de despolarización y repolarización ventricular .
- El intervalo RR es el intervalo comprendido entre dos ondas R consecutivas y dividido entre 60s representa la frecuencia cardíaca por minuto (fc).
- El segmento PR es el intervalo entre el final de la onda P y el inicio del complejo QRS; normalmente es isoeléctrico.
- El segmento TP es el intervalo entre el final de la onda T y el inicio de la siguiente onda P.

En esta tabla se muestran los rangos de valores normales para las duraciones de intervalos del ECG.

Parámetro ECG	Rango Normal (s)
Intervalo PR	0.1.2 - 0.20
Intervalo QRS	0.06 - 0.10
Segmento ST	ST 0.05 - 0.15
Intervalo QT corregido (QTC)	0.35 – 0.44
Intervalo RR	RR 0.6 - 1.0

En esta tabla se muestran las ondas e intervalos seleccionados con sus respectivas anomalías y enfermedades que se detectan.

Ondas	Anomalías	Posibles Enfermedades
Onda P	(1)Ancha, (2) difásica, (3) ! Alta En pico,(4)invertida, (5) No existe	Crecimiento-de la aurícula izquierda y derecha, ritmo nodal alto, extrasístole auricular, taquicardia auricular.
Frecuencia cardiaca	(1)menos a 60 latidos por Minuto, (2) Mayor a 100 Lpm y QRS < 0.11s, (3) Mayor a 100 lps y QRS> 0.11s	Bradicardia Taquicardia Supraventricular Taquicardia Ventricular.
Intervalo PR	corto, (2) Largo	Síndrome de pre excitación bloqueo auricular ventricular de primer grado.
Onda R	(1) Alta o Ancha en v1 Ó v2, (2) No existe en v2 Ó v4, (3) Amplitud superior a 25mm en v5 o v6, (4) Amplitud inferior a 5mm enDI,D2y D3	Hipertrofia ventricular Derecha/izquierda, Bloqueo de rama derecha infarto posterior/anterior del miocardio, síndrome de pre excitación insuficiencia cardiaca
Complejo QRS	(1)Ancha, (2) Onda delta (3) En forma de M en v1 o v2	Conducción Interventricular Anormal, síndrome de la pre excitación, bloqueo de rama derecha/izquierda.

Onda T	(1) Muy altas, picudas, simétricas, (2) invertidas, profundas y simétricas, (3) Aplanadas, altura menor a lmm.	Isquemia del miocardio, infarto, hipertrofia ventricular izquierda, pericarditis.
Intervalo QT	(1) Largo, (2) Corto	Hipertrofia ventricular izq. Intoxicación por quinidina, bloqueo de rama e infarto del miocardio/hipopotasemia.
Intervalo RR	(1) Ritmo irregular ocasional (2) Ritmo irregular periódico, (3) Ritmo irregular completo	Arritmia sinusal, fibrilación auricular, bloqueo AV variable, extrasístoles ventriculares múltiples, algunas variedades de taquicardia ventricular/supraventricular.

Tabla 1.2 Señales y enfermedades

1.3.1 Definición de las enfermedades y trastornos del corazón

A continuación se enlista las definiciones de las enfermedades y trastornos del corazón que aparecen en la tabla anterior y entre otras que son importantes mencionar en este tema.

- **Bradicardia**

La bradicardia es una frecuencia cardíaca muy baja de menos de 60 latidos por minuto. Se produce cuando el impulso eléctrico que estimula la contracción del corazón no se genera en el marcapasos natural del corazón, el nódulo sinusal o sinoauricular (nódulo SA), o no es enviado a las cavidades inferiores del corazón (los ventrículos) por las vías correctas.

La bradicardia afecta principalmente a las personas mayores, pero puede afectar a personas de cualquier edad, incluso a niños muy pequeños. Puede tener una de dos causas: el sistema nervioso central no comunica al corazón que debe bombear más o el nódulo SA podría estar dañado. Este daño puede deberse a una enfermedad cardiovascular, el proceso de envejecimiento o defectos heredados o congénitos, o podría ser causado por ciertos medicamentos, incluso aquellos que se administran para controlar las arritmias y la presión arterial alta.

- **Taquicardia**

La taquicardia es una frecuencia cardíaca muy elevada de más de 100 latidos por minuto. Hay muchos tipos diferentes de taquicardia, según dónde se origine el ritmo acelerado. Si se origina en los ventrículos, se denomina «taquicardia ventricular». Si se origina por encima de los ventrículos, se denomina «taquicardia supraventricular».

- **Taquicardia ventricular**

La taquicardia ventricular es cuando el nódulo SA ya no controla el latido de los ventrículos, si no que otras zonas a lo largo de la vía de conducción eléctrica inferior asumen la función de marcapasos. Como la nueva señal no se desplaza por el músculo cardíaco por la vía normal, el músculo cardíaco no late en forma normal. Se aceleran los latidos del corazón y el paciente siente palpitaciones. Este ritmo irregular puede producir una extrema falta de aliento, mareo o desmayo (síncope).

- **Fibrilación ventricular**

La arritmia más grave es la fibrilación ventricular, que son latidos irregulares no controlados. En lugar de tener una sola pulsación a destiempo de los ventrículos, es posible que varios impulsos se originen al mismo tiempo en diferentes lugares, todos ellos estimulando al corazón a latir. Por consecuencia, se producen latidos mucho más rápidos y desordenados que pueden alcanzar los 300 latidos por minuto. A causa de estos latidos caóticos, el corazón bombea muy poca sangre al cerebro y al resto del organismo, y es posible que la persona se desmaye. Es necesario obtener asistencia médica inmediatamente. Si es posible iniciar medidas de reanimación cardiopulmonar (RCP) o administrar descargas eléctricas para restablecer el ritmo normal del corazón, es posible que el corazón no sufra un daño muy grave. Se cree que la fibrilación ventricular ocasiona aproximadamente 220.000 muertes anuales por ataques cardíacos. Las personas que sufren de alguna enfermedad cardiovascular o que tienen antecedentes de ataques cardíacos tienen el mayor riesgo de padecer fibrilación ventricular.

- **Contracciones ventriculares prematuras**

Un tipo menos grave de arritmia ventricular es la contracción ventricular prematura (CVP). Como su nombre lo indica, el problema se debe a que los ventrículos se contraen antes de lo debido, fuera de la secuencia que les corresponde. Las CVP (a veces denominadas «latidos ventriculares prematuros») generalmente no son peligrosas y a menudo no necesitan tratamiento. Pero si el paciente sufre de alguna enfermedad cardiovascular o tiene antecedentes de taquicardia ventricular, las CVP pueden producir una arritmia más grave. Aunque la mayoría de las CVP se producen rápidamente y sin advertencia, también pueden ser ocasionadas por la cafeína que contiene el café, el té, las gaseosas y el chocolate. Algunos tipos de medicamentos de venta libre para la tos y los catarros también pueden ocasionar CVP.

- **Arritmias supraventriculares**

Las arritmias supraventriculares se producen en las cavidades superiores del corazón. En general, las arritmias supraventriculares, también denominadas «arritmias auriculares», no son tan graves como las ventriculares. En algunos casos, ni siquiera necesitan tratamiento. Como las CVP, las arritmias auriculares pueden ser causadas por diversos factores, como por ejemplo, el tabaco, el alcohol, la cafeína y los medicamentos para la tos y los catarros. El trastorno también puede deberse a la cardiopatía reumática o a una glándula tiroides hiperactiva (hipertiroidismo).

- **Taquicardia supraventricular**

La taquicardia supraventricular es una frecuencia cardíaca regular pero elevada, superior a los 150 latidos por minuto, que se origina en las aurículas. A diferencia de otros tipos de arritmia, la taquicardia supraventricular no se origina en el nódulo SA.

- **Fibrilación auricular**

La fibrilación auricular es un ritmo rápido e irregular debido a movimientos convulsivos de fibras musculares individuales del corazón. Según los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos (NIH), alrededor de 2,2 millones de estadounidenses sufren de fibrilación auricular. Es una de las principales causas de accidentes cerebrovasculares, especialmente en las personas mayores. La fibrilación auricular puede hacer que se acumule sangre en las cavidades superiores del corazón. La sangre acumulada puede formar grumos denominados «coágulos». Si un coágulo de sangre se desplaza del corazón al cerebro y obstruye una de las arterias cerebrales que son más

pequeñas, puede producirse un accidente cerebrovascular aproximadamente el 15 % de los accidentes cerebrovasculares se producen en personas con fibrilación auricular.

- **Síndrome de Wolff-Parkinson-White**

El síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW) es un grupo de anomalías ocasionadas por vías de conducción adicionales entre las aurículas y los ventrículos. Debido a estas vías de conducción adicionales, las señales eléctricas llegan a los ventrículos antes de lo debido y regresan a las aurículas. El resultado es una frecuencia cardíaca muy elevada. Los que padecen este síndrome pueden sufrir mareos, palpitaciones en el pecho o episodios de desmayo.

- **Aleteo auricular**

El aleteo o flúter auricular se produce cuando las aurículas laten muy rápido, haciendo que los ventrículos latan también de manera ineficiente.

- **Contracciones supraventriculares prematuras**

También se las denomina «contracciones auriculares prematuras» (CAP) y se producen cuando las aurículas se contraen antes de lo debido, ocasionando un ritmo cardíaco irregular.

- **Bloqueo cardíaco**

Se produce un bloqueo cardíaco cuando el nódulo SA envía correctamente la señal eléctrica pero ésta no pasa por el nódulo auriculoventricular (AV) o las vías de conducción eléctrica inferiores con la rapidez debida. Los bloqueos se deben principalmente al proceso de envejecimiento o a una hinchazón o cicatrización del corazón que a veces es ocasionada por la enfermedad arterial coronaria. Existen varias clases distintas de bloqueo cardíaco y se clasifican según su gravedad.

1.4 Segmento ST

Este segmento inicia donde termina el complejo QRS y termina en el comienzo de la onda T. Al punto donde se unen el complejo QRS y el segmento ST se denomina punto J, mediante este punto se puede saber si el segmento ST está inclinado ya sea hacia arriba o hacia abajo respecto a la línea isoeletrica, Y representa un periodo de inactividad que separa la despolarización ventricular de la repolarización ventricular.

CAPITULO 2: SEGMENTO ST Y LAS ALTERACIONES CARDIACAS.

2.1 Introducción

La ciencia médica ha sobrepasado la capacidad humana para absorber todo el conocimiento que precisa la práctica de la medicina.

Son demasiadas pruebas, demasiados fármacos y demasiados detalles a recordar.

La informática médica aplica la tecnología de los ordenadores a la adquisición, almacenamiento, procesado y suministro de la información médica.

Los avances de la informática han implicado una importante modificación en los planteamientos de la investigación médica.

La posibilidad de acceder, mediante la informática, a técnicas y análisis estadísticos ha facilitado la popularización de métodos de investigación clínica.

2.2 Variantes morfológicas

Del diagnóstico etiológico de las variantes del segmento ST en el electrocardiograma de un paciente con dolor torácico se derivan decisiones clínicas críticas.

Uno de los diagnósticos diferenciales más habituales en pacientes jóvenes con dolor torácico es el que se debe realizar entre pericarditis aguda e infarto de miocardio.

Aunque el cuadro clínico es diferente en ambos casos, muchas veces tanto el diagnóstico diferencial como el manejo posterior de cada una de estas patologías se basan en el electrocardiograma.

En la Fig. 2.1 Se muestra la forma que toma el segmento ST con un desplazamiento negativo o positivo, cambian significativamente la característica de la onda dependiendo de la enfermedad que sufre el paciente. Lesión Se evidencia electrocardiográficamente por desviación de la línea basal, cambios en el contorno del segmento ST.

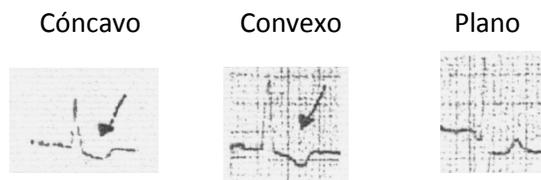
Lesión subendocárdica:

- Hay un descenso del segmento ST.

Lesión subepicárdica:

- Hay una elevación del ST. La elevación puede tener un contorno convexo o cóncavo.

Depresión del ST (Desplazamiento negativo)



Elevación del ST [Desplazamiento positivo]

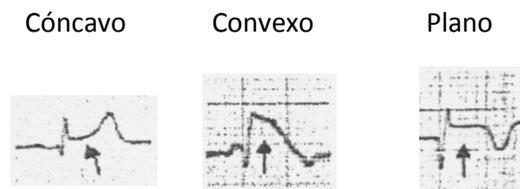


Fig.2.1 forma de onda ST Depresión y Elevación.

2.2.1 Bloqueos de rama. Características generales. Pueden ser de tres grados:

- I ó incompleto.
- II ó variante.
- III ó completo.
- Complejos QRS anchos y aberrantes.
- ST y T opuesta a la mayor deflexión del complejo.

2.2.1.1 Bloqueo completo de rama derecha.

Características.

- QRS ancho 0,12 seg. y aberrante.
- S profunda y ancha: en DI, V5, V6.
- RSR: en VI, V2.
- Ondas T y segmento ST opuestos a los complejos.

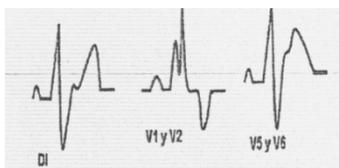


Fig. 2.2 Rama derecha

En presencia de un bloqueo de la rama derecha del haz de His, se altera especialmente la parte final del QRS, de tal forma que en V1 tiene una pequeña onda positiva inicial (r) y luego una gran onda negativa (S), y además, como dato patológico, una segunda onda positiva (r').

Esta segunda onda positiva, localizada en la parte final del complejo QRS, es consecuencia del retraso de la despolarización del ventrículo derecho.

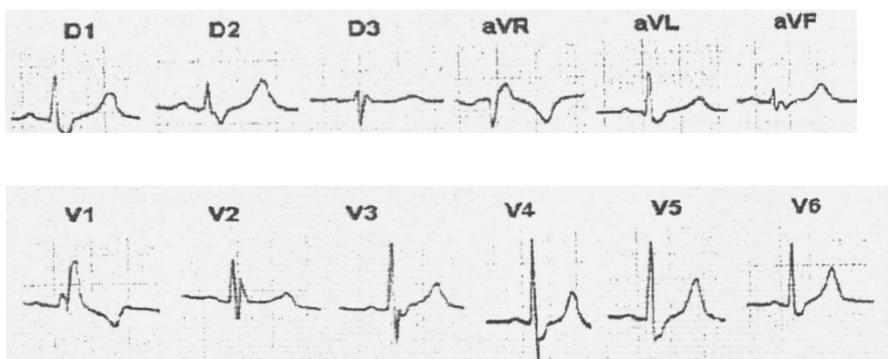


Fig. 2.3 grafica bloqueo Rama derecha.

2.2.2 Bloqueo completo de rama izquierda.

Características.

QRS ancho 0,12 seg. y aberrante.

Positivo en DL V5, V6.

Negativo en V1, V2.

Ondas T y segmento ST opuestos a los complejos.

La aparición del bloqueo de rama izquierda se considera como cardiopatía isquémica,

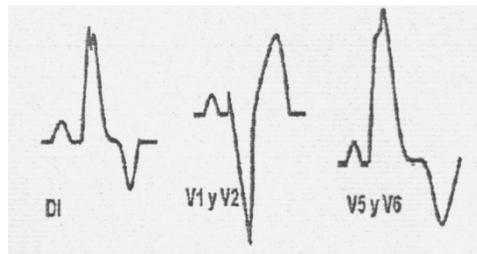


Fig. 24 Rama izquierda.

En presencia de un bloqueo de rama izquierda, el ventrículo derecho se despolariza según su dirección habitual, pero la parte izquierda del tabique interventricular y el ventrículo izquierdo no se despolarizan normalmente, sino desde el ventrículo derecho, por lo que la despolarización del ventrículo izquierdo origina un gran vector dirigido hacia la izquierda y arriba.

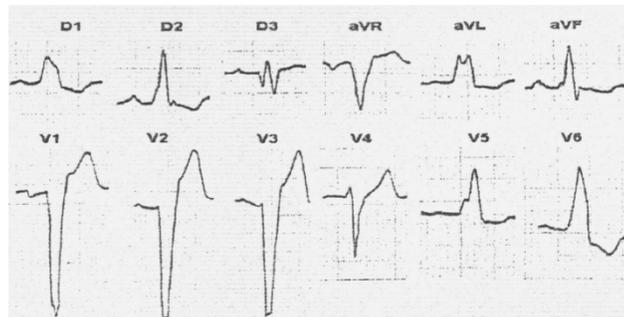


Fig. 2.5 Gráfica bloqueo de Rama izquierda.

2.3 Isquemia y el segmento ST

La isquemia ejerce un efecto complejo, que depende del tiempo, sobre las propiedades eléctricas de las células miocárdicas. La isquemia aguda y grave reduce el potencial de reposo de la membrana y acorta la duración del potencial de acción. Estos cambios determinan un gradiente de voltaje entre las zonas normal e isquémica,

En consecuencia, la corriente fluye entre estas regiones. Las corrientes denominadas de lesión se representan en el ECG superficial como una desviación del segmento ST (Fig, 2.6). Si la isquemia aguda es transmural, el vector, ST suele desviarse en la dirección de las capas externas (epicárdicas), produciendo una elevación del segmento ST y, a veces, en las primeras fases de la isquemia, ondas T hiperagudas y positivas sobre la zona isquémica, si la isquemia queda confinada fundamentalmente al subendocardio, el vector ST se desvía de forma característica hacia el tejido subendocárdico y la cavidad ventricular, de modo que las derivaciones situadas por encima (p. ej., precordiales anteriores) muestran una depresión del segmento ST (con elevación de ST en aVR). Existen múltiples factores que modifican la amplitud de las desviaciones ísquémicas agudas del segmento ST. La elevación o depresión profunda del ST en varias derivaciones suele indicar una isquemia muy grave. Desde una perspectiva clínica, la división del infarto agudo de miocardio en dos tipos (presencia de elevación del segmento ST y ausencia de elevación de dicho segmento) resulta de gran utilidad, ya que el tratamiento basado en la reperfusión aguda sólo resulta eficaz en el primer caso.



Fig. 2.6 La isquemia aguda produce una corriente de lesión. Cuando predomina la isquemia subendocárdica (A) el vector ST resultante se dirige hacia la cara interna del ventrículo afectado y la cavidad ventricular. Por eso, las derivaciones situadas por encima registran una depresión de ST. o cuando la isquemia afecta a la capa ventricular externa (B) (lesión transmural o epicárdica), el vector ST se dirige hacia fuera, las derivaciones situadas por encima registran una elevación de ST.

Las derivaciones del ECG son más útiles para localizar las regiones con isquemia vinculadas con elevación del ST. Así, por ejemplo, la isquemia transmural aguda de la pared anterior se refleja en una elevación del segmento ST o en un aumento de la positividad de las ondas T (Fig.2.6) en una o varias derivaciones precordiales (VI a V6) y en las derivaciones I y aVL. La isquemia de la cara inferior induce cambios en las derivaciones II, III y aVF. La isquemia de la pared posterior se reconoce indirectamente por una depresión recíproca del segmento ST en las derivaciones V1 a V3. La depresión prominente y recíproca del segmento ST en estas derivaciones se registra también en algunos infartos de la cara inferior, sobre todo en aquéllos con extensión a la pared posterior o lateral.

La isquemia del ventrículo derecho suele producir una elevación del segmento ST en las derivaciones precordiales derechas (fig. 1.4a). Cuando el primer signo de infarto agudo es la elevación isquémica del segmento ST, al cabo de unas horas o días, esta anomalía se acompaña de inversión de la onda T y a menudo de ondas Q en las mismas derivaciones. (La inversión de la onda T secundaria a la isquemia en evolución o crónica se corresponde con la prolongación de la repolarización y suele acompañarse de alargamiento del intervalo QT.)

La isquemia transmural reversible debida, por ejemplo, al vasoespasmo coronario (angina variante de Prinzmetal) puede causar una elevación transitoria del segmento ST sin que se desarrollen ondas Q. Las elevaciones del segmento ST pueden desaparecer por completo en cuestión de minutos o ser seguidas por la inversión de la onda T que persiste durante horas o incluso días, dependiendo de la gravedad y duración de la isquemia.

Los enfermos con dolor precordial de origen isquémico que muestran una inversión profunda de la onda T en varias derivaciones precordiales (p. ej., V1 a V4), con o sin elevación de las enzimas cardíacas, normalmente presentan una obstrucción del territorio coronario de la rama descendente anterior (Fig. 2.7).

En cambio, aquéllos con una inversión anómala basal de la onda T a veces presentan una normalización (seudonormalización) de la onda T durante los episodios de isquemia transmural aguda.



Fig. 2.7 Fase hiperaguda del infarto miocárdico (*myocardial infarction*, MI) anteroseptal, Obsérvase las ondas T picudas y positivas (V2 a V3) junto con la elevación del segmento ST Y la onda Q (VI a V3).

2.3.1 Diagnóstico diferencial de las elevaciones del segmento ST.

Aunque un ECG normal aislado no descarta una isquemia ni un infarto agudo, un ECG normal durante el curso de un infarto agudo es un acontecimiento muy poco frecuente. El dolor precordial prolongado sin alteraciones ECG diagnósticas obliga a considerar siempre otras causas de dolor de origen no coronario. Además, los cambios diagnósticos de la isquemia aguda o en evolución suelen estar enmascarados por la presencia de bloqueo de rama izquierda, patrones de marcapasos electrónicos ventriculares o preexcitación WPW. Por otro lado, los médicos tienden a diagnosticar un número excesivo de isquemias o infartos por la presencia de elevaciones o depresiones del segmento ST, inversión de la onda T, ondas T muy positivas u ondas Q que no se relacionan con una cardiopatía isquémica (patrones de seudoinfarto). Las elevaciones del segmento ST y las ondas T picudas y positivas son frecuentes en las derivaciones VI y V2 en los pacientes con bloqueo de rama izquierda o hipertrofia ventricular izquierda, en ausencia de isquemia, El síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST constituye una causa frecuente de consulta en los servicios de urgencia y de hospitalización en las unidades de cuidados intensivos o de reanimación en la mayoría de los casos se relaciona con la ruptura de una placa de ateroma en una arteria coronaria y con el desarrollo de un trombo. La obstrucción de la arteria suele ser incompleta. Este cuadro fisiopatológico tan amplio explica la gran variabilidad de pronóstico de estos pacientes y condiciona su tratamiento. La forma de presentación más habitual es un dolor torácico que ha remitido en el momento del inicio del tratamiento. El electrocardiograma muestra raramente signos específicos. Esta benignidad relativa en la presentación no debe confundir. En efecto, para establecer un nivel de riesgo (de fallecimiento y

de infarto grave) en un paciente determinado, habrá que proceder a la recopilación exhaustiva de signos clínicos y electrocardiográficos específicos y a la dosificación, probablemente repetida en varias ocasiones, de las troponinas. Dicha estratificación del riesgo orientará el tratamiento, que se basa, para todos los pacientes, en la aspirina, una heparina de bajo peso molecular, un betabloqueante y una estatina. Para los pacientes de más alto riesgo, de forma más específica los diabéticos y aquéllos que presentan una troponina positiva, el tratamiento asocia un antiGP-IIb/IIIa y un procedimiento invasivo que conlleva la realización de una coronarografía con rapidez. La prevención secundaria de las complicaciones de la enfermedad se inicia desde la fase inicial del tratamiento.

- Isquemia/infarto del miocardio.
- Isquemia transmural sin infarto (característica de la angina de Prinzmetal).
- Infarto agudo de miocardio.
- Estado ulterior al infarto miocardio (perfil de aneurisma ventricular).
- Pericarditis aguda.
- Variante normal (patrón de "repolarización temprana"),
- Hipertrofia ventricular izquierda bloqueo de la rama izquierda del haz de His.
- Otras (raras).
- Síndrome de Brugada (perfil similar a bloqueo de la rama derecha del haz de Bis con elevaciones ST en las derivaciones precordiales derechas).
- Antiarrítmicos de clase 1C
- Cardioversión DC
- Hipercalcemia,
- Hiperpotasiemia,
- Hipotermia (onda J/onda de Osborn).
- Lesión del miocardio.
- Miocarditis.
- Tumor que invade el ventrículo izquierdo.
- Traumatismo ventricular.
- Por lo común se localiza en VI-V2 o V3.

Normalmente el segmento ST es isoeléctrico, no muestra diferencias de potencial. Sin embargo, es posible observar en casos normales supradesnivel del punto J menor de 1 mm de altura seguido de un segmento ST ascendente o viceversa. En individuos jóvenes se puede observar un discreto supradesnivel, a veces de varios milímetros, de concavidad superior, seguido de onda T positiva V2 a V4, que no debe confundirse con trastornos patológicos. La polaridad concordante del punto J, segmento ST y onda T es un hecho constante y de sumo valor para definir la normalidad de la repolarización (Fig.2.8). Dicha polaridad también es concordante con el complejo QRS en condiciones normales, es decir que si el QRS es predominantemente positivo, el punto J será positivo, el segmento ST ascendente y la onda T positiva y viceversa, con dos excepciones: una en el plano frontal con complejos QRS isodifásicos, donde se puede encontrar discordancia del punto J, el segmento ST y la onda T, pudiendo esta última, tener cualquier polaridad, con voltaje pequeño y siempre menor que el complejo QRS, a diferencia de lo que sucede en condiciones patológicas como se verá en el próximo módulo, otra excepción es en las derivaciones precordiales derechas, donde el complejo QRS es predominantemente negativo y se puede acompañar de los tres parámetros de la repolarización positivos. También, en estas derivaciones se puede observar otra excepción a la polaridad concordante, donde el punto J y segmento ST supradesnivelado pueden ser seguidos de onda T negativa, lo opuesto no se observa en personas normales.



Fig. 2.8 Onda T-U.

2.3.1.1 Segmento ST elevado.

- Infarto de miocardio reciente.
- Pericarditis aguda.
- Hiperpotasemia,
- Traumatismo cardíaco

2.3.1.2 Segmento ST descendido.

- Lesión subendocárdica,
- Taquicardia
- Hipopotasemia.
- Hipertrofia ventricular.
- Bloqueo de rama.
- Extrasistoles ventriculares.
- Digoxina.

2.3.2 Infarto de miocardio

La primera modificación que aparece en el electrocardiograma después de la obstrucción coronaria aguda es la aparición del supradesnivel del punto J y del segmento ST (Fig.2.9), indicando la diferencia de potencial entre la zona sana y la isquémica, denominándose vector de injuria o lesión, teniendo dos componentes con polaridades opuestas y momentos de aparición diferentes. Esta alteración corresponde a la injuria transmural, presente en el primer momento de la mayoría de los infartos, registrándose con estas características en las derivaciones según las regiones involucradas.

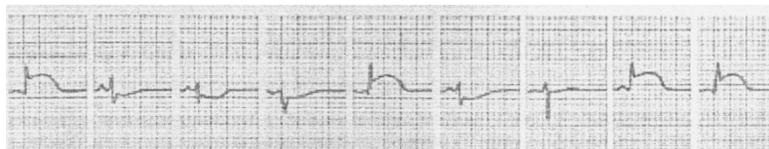


Fig. 2.9 Infarto de miocardio

2.3.3 Pericarditis

En la pericarditis aguda los cambios en el segmento ST $S\sim$ presentan comúnmente en las derivaciones ubicadas por encima de la zona de inflamación pericárdica, En la Fig. 2.10 se observa la elevación del segmento ST en DI, DII, aVE y de V2 a V6.

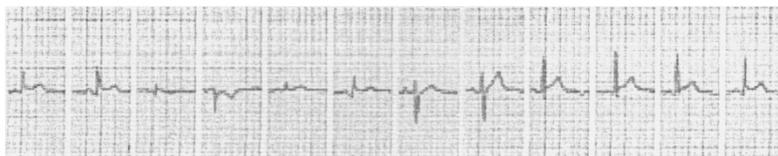


Fig. 2.10 Pericarditis.

2.3.2.1 Segmento ST descendido.

Lesión subendocárdica

Cuando la injuria no es transmural y se extiende solo a la región subendocárdica se registra en las derivaciones correspondientes, infradesnivel del punto J y del segmento ST (Fig.2.11).

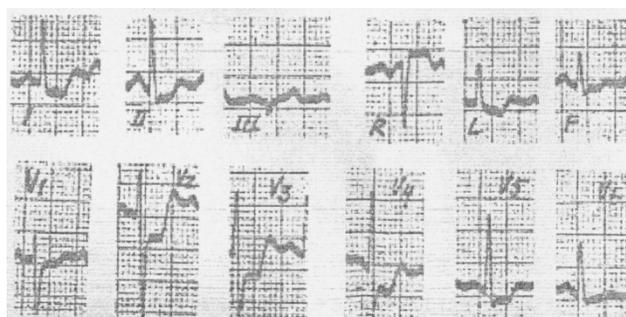


Fig.2.11 Lesión subendocárdica.

2.3.4 Taquicardia

La taquicardia sinusal puede provocar un descenso del segmento ST acompañado de un descenso del segmento PR con arcos de circunferencia concordantes (Fig.2.12).

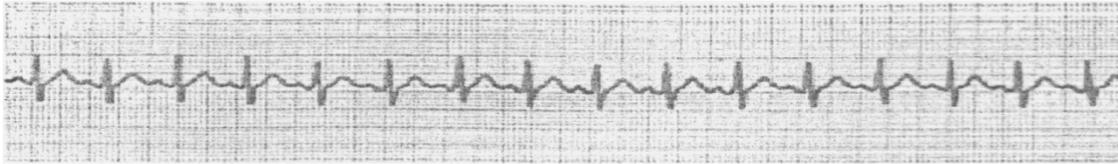


Fig.2.12 Taquicardia.

2.3.5 Hipertrofia ventricular izquierda

La hipertrofia ventricular izquierda en mayor o menor medida modifica la repolarización ventricular, jugando un papel importante en la producción de la misma la alteración de la conducción intraventricular debido al incremento de la masa ventricular, modificando los vectores de la repolarización normal de la posición izquierda, adelante y abajo, se desplaza hacia a la derecha, conservando las otras posiciones.

Esto provoca un descenso del punto J y un infradesnivel con pendiente descendente del segmento ST en las derivaciones izquierdas DI, avL, V5 y V6 (Fig.2.13).

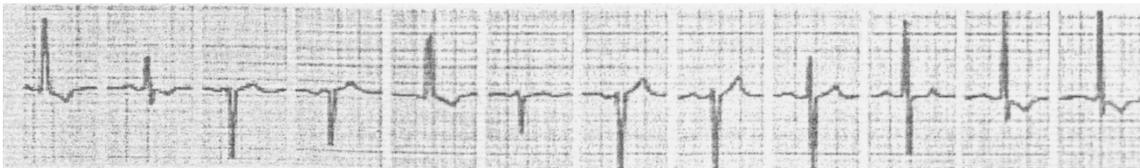


Fig. 2.13 hipertrofia ventricular.

CAPITULO 3: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS PARA EL SEGMENTO ST.

3.1 Introducción

Los cambios del segmento ST, sobre todo los dinámicos, estarán en la mayoría de casos relacionados con enfermedades severas del corazón, es por eso que la interpretación de señales electrocardiográficas es una de las muchas ramas de la ciencia médica que es estudiada por un médico especializado en cardiología para hacer diagnóstico de enfermedades cardiacas o reconocer algunas cardiopatías. En electrocardiografía clínica se estudian las señales ECG, estas tienen ciertas características y propiedades que permiten identificar patrones normales y anormales.

Estas características son parámetros como el límite de duración de la onda representativa en los electrocardiogramas, los cambios en la frecuencia cardíaca, alteraciones de onda, la posición del eje cardíaco, amplitudes positivas o negativas de la onda característica. El estudio de todos los parámetros ayuda al cardiólogo a diagnosticar anomalías, por ejemplo ataques al corazón, problemas de conducción, embolias, arritmias, hipertrofias, taquicardias y bradicardias. De aquí parte la iniciativa del desarrollo de un sistema reconocedor de patrones en señales electrocardiográficas de mayor precisión que en este caso apoye la interpretación para un diagnóstico de anomalías.

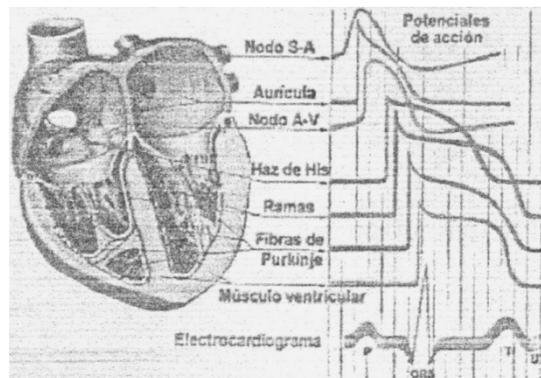


Fig. 3.1 Anatomía del sistema de conducción

3.2 El sistema eléctrico del corazón.

El corazón es, explicado de forma sencilla como una bomba formada por tejido muscular. Como cualquier bomba, el corazón necesita una fuente de energía y oxígeno para poder funcionar. La acción de bombeo del corazón proviene de un sistema innato de conducción eléctrica.

3.2.1 Impulso eléctrico.

El impulso eléctrico se genera en el nódulo sinusal (también llamado nódulo sinoatrial o nódulo SA). Que es una pequeña masa de tejido especializado localizada en el atrio derecho (la cavidad superior derecha) del corazón. El nódulo sinusal genera regularmente un impulso eléctrico (de 60 a 100 veces por minuto en condiciones normales). Ese estímulo eléctrico viaja a través de las vías de conducción (de forma parecida a como viaja la corriente eléctrica por los cables desde la central eléctrica hasta nuestras casas) y hace que las cavidades bajas del corazón se contraigan y bombeen la sangre hacia fuera. Los atrios derecho e izquierdo (las 2 cavidades superiores del corazón) son estimulados en primer lugar, y se contraen durante un breve periodo de tiempo antes de que lo hagan los ventrículos derecho e izquierdo (las 2 cavidades inferiores del corazón). El impulso eléctrico viaja desde el nódulo sinusal hasta el nódulo atrioventricular (su acrónimo en inglés es AV). Donde se retrasan los impulsos durante un breve instante, y después continúa por la vía de conducción a través del haz de His hacia los ventrículos. El haz de His se divide en la rama derecha y en la rama izquierda, para llevar el estímulo eléctrico a los dos ventrículos. En condiciones normales, mientras el impulso eléctrico se mueve por el corazón, éste se contrae entre 60 y 100 veces por minuto. Cada contracción de los ventrículos representa un latido. Los atrios se contraen una fracción de segundo antes que los ventrículos, de esta manera la sangre que contienen se vacía en los ventrículos antes de que éstos se contraigan.

En determinadas condiciones, casi todo el tejido cardíaco es capaz de iniciar un latido, o de convertirse en el marcapasos. Una arritmia ocurre cuando:

- El marcapasos natural del corazón produce una frecuencia o ritmo anormales.
- La vía normal de conducción se interrumpe.
- Otra parte del corazón asume el poder como marcapasos.

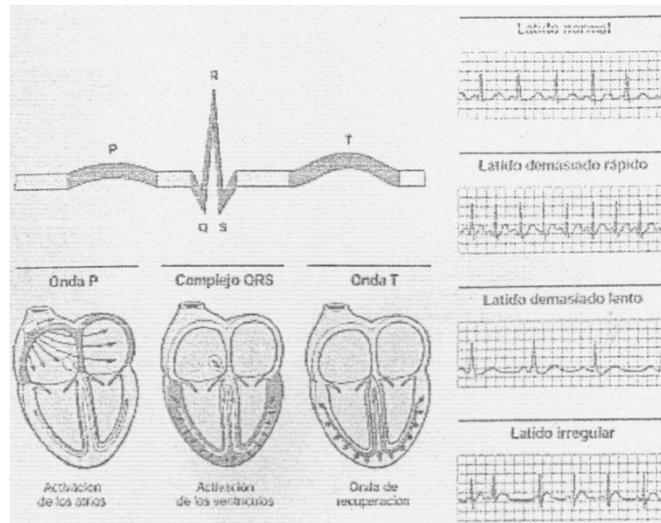


Fig. 3.2 ECG latidos del corazón.

3.3 Valoración del segmento ST.

Desde los inicios de la electrocardiografía se ha dado especial atención a los hallazgos relacionados con la despolarización, como por ejemplo hipertrofia o necrosis, sin embargo los cambios en la repolarización (segmento ST, intervalo QT, onda T) parecen tener una relación importante con eventos de muerte súbita y últimamente han llamado la atención de los investigadores.

3.4 Los cambios del segmento ST

Los cambios del segmento ST, sobre todo los dinámicos, estarán en la mayoría de casos relacionados con isquemia. En el contexto de la prueba de esfuerzo los cambios, ya sean infra o supradesnivel del ST mayores a 0,1 mV, predicen con certeza enfermedad coronaria. En el paciente con dolor torácico de alta o intermedia probabilidad para enfermedad coronaria, estos cambios hacen el diagnóstico de síndrome coronario agudo y, en caso de supradesnivel, pueden orientar al manejo fibrinolítico.

3.5 Onda T y segmento ST.

El segmento ST se mide desde el final de QRS (punto J) hasta el inicio de la onda. Suele estar nivelado con la línea isoeleétrica, aunque en condiciones normales tiende a supradesnivelarse con la bradicardia y la vagotonía, ya infradesnivelarse con la taquicardia.

Desplazamientos positivos superiores a 2 mm ó inferiores a 1 mm en relación a la línea isoeleétrica, suelen estar provocados por trastornos isquémicos miocárdicos. La onda T, representa la repolarización ventricular, y al contrario que la despolarización suele ser de inscripción mucho más lenta y de ramas asimétricas, siendo más lenta la rama ascendente que la descendente. La onda T es positiva en D1, D2, aVL, aVF y de V3 a V6. Mientras que suele ser negativa o aplanada en las otras derivaciones. Ondas T negativas desde V1 a V4 suelen observarse con frecuencia en mujeres de mediana edad sin cardiopatía, el segmento ST suele ser isoeleétrico (horizontal) o ascendente en caso de taquicardia en personas sanas.

3.5.1 Valores normales.

Segmento ST

- Corresponde a la fase final de la despolarización
- Punto J: punto de unión del segmento ST con el QRS
- Normalmente es isoeleétrico, en el mismo nivel que la línea de base del ECG.

3.6 Intervalo QT

Es la expresión eléctrica de toda la sístole ventricular. Comprende desde el principio de la onda Q ó R hasta el final de T. Conviene por tanto buscar aquellas derivaciones en las que la onda Q y la onda T sean bien patentes. El QT varía con arreglo a la FC, de modo que a más FC menor valor de QT y viceversa.

Algunas enfermedades, drogas y determinados trastornos electrolíticos (en especial la hipocalcemia) modifican sustancialmente los valores del QT, predisponiendo el corazón a arritmias ventriculares ocasionalmente severas.

3.7 Onda T

- Corresponde a la repolarización ventricular
- Positiva en la mayoría de las derivaciones
- Puede ser negativa sin significado patológico: típico en VI, a VL y DIII Intervalo QT
- Incluye la despolarización y la repolarización ventricular
- Desde el inicio del QRS hasta el final de la T
- Su duración depende de la frecuencia cardíaca y suele ser < 0.40 seg

3.7.1 Variantes de la normalidad

- Onda T negativa I bimodal infantil: de VI a V 4
- Onda T negativa de la raza negra o en la mujer: da VI a V 4
- Onda T negativa en malformaciones torácicas: en DII, DIII, a VF e incluso en V5 y V6
- Segmento ST ascendido en silla de montar: en V2 y V3.

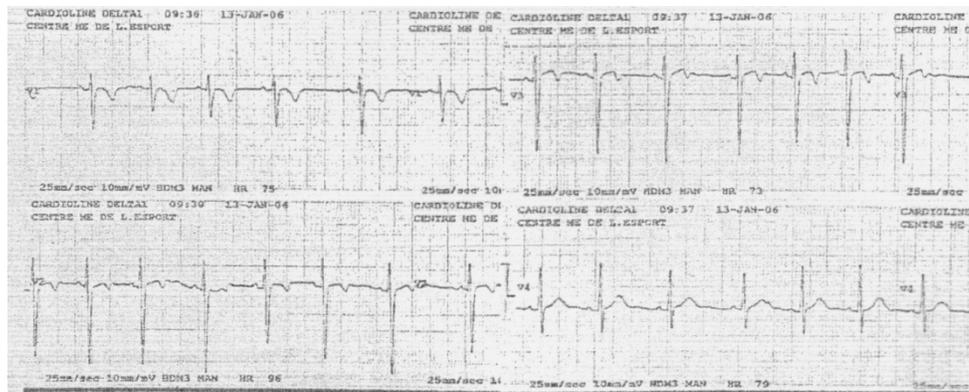


Fig. 3.3 Onda T negativa VI-V3.

3.7.2 repolarización precoz

- ST elevado con punto J muy alto y T positiva alta.
- Muesca en la parte descendente de la onda R
- Desaparece en esfuerzo.

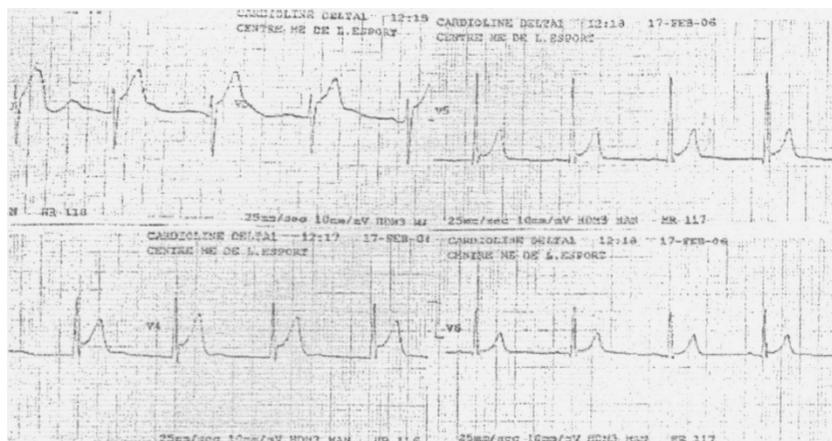


Fig. 3.4 En relación con la práctica deportiva

3.7.3 Repolarización inespecífica

Alguna de las siguientes:

- Onda T aplanada en DII
- Onda T negativa en DII y/o aVF.
- Onda T aplanada o negativa en V5 y V6.
- Onda, con morfología típica en V2-V4: tipos de Plas.

Si desaparecen durante el esfuerzo no tienen significado patológico.

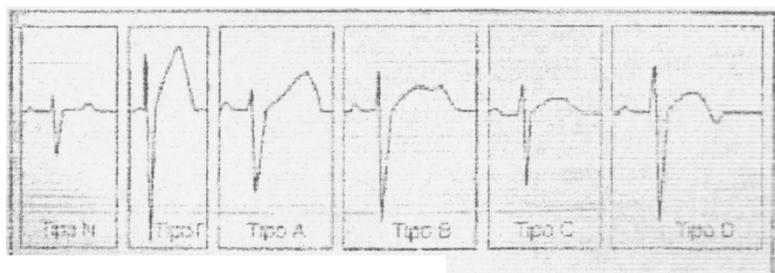


Fig. 3.5 Tipos de Plas

3.7.4 repolarización pseudoisquémica

Presencia de onda T negativa 2 mm en tres o más derivaciones en el ECG. Sí desaparece durante el esfuerzo no tiene significado patológico.



Fig. 3.6 Mismo paciente antes y durante el esfuerzo.

Presencia de onda T positiva muy alta. Sobre todo en derivaciones precordiales. Desaparece al disminuir el entrenamiento.

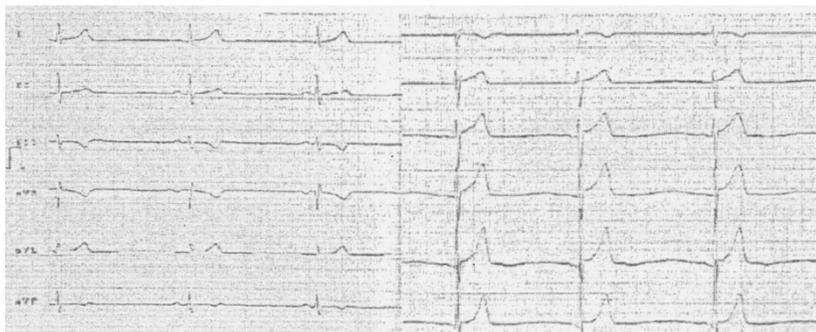


Fig. 3.7 Hípervagogonía.

3.8.1 Signos de simpaticotonía. Típico de la ST elevada.

- Descenso de ST de tipo ascendente.
- Arco de circunferencia entre PR y ST.

3.8.2 Sin relación con la práctica deportiva.

- Segmento ST de tipo isquémico.
- Onda T negativa de necrosis miocárdica.
- Onda T negativa de sobrecarga ventricular.
- Onda T negativa de miocardiocardioparías.
- Onda T negativa de origen metabólico.
- Alteraciones en pericarditis o miocarditis.
- Efectos farmacológicos sobre la onda T y el QT
- Síndrome de Brugada.
- Síndrome del QT largo.

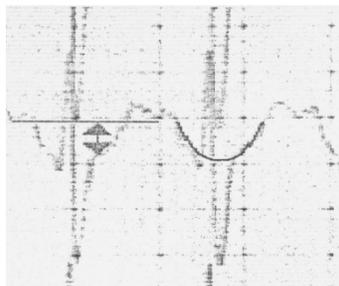


Fig. 3.8 Práctica deportiva.

3.9 ST de tipo isquémico

- Lesión subendocárdica: descenso de ST.
- Lesión subepicárdica: ascenso de ST.

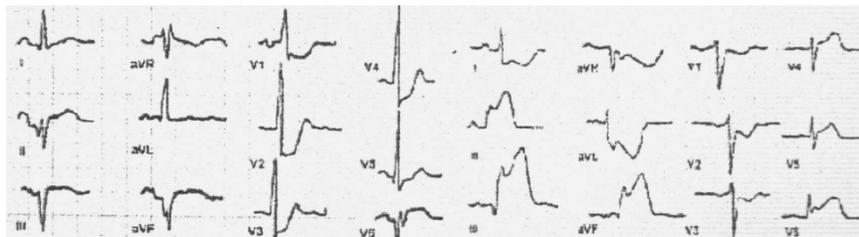


Fig. 3.9 Subendocárdica y Subepicárdica.

3.9.1 T negativa de necrosis

- Aguda
- Avanzada

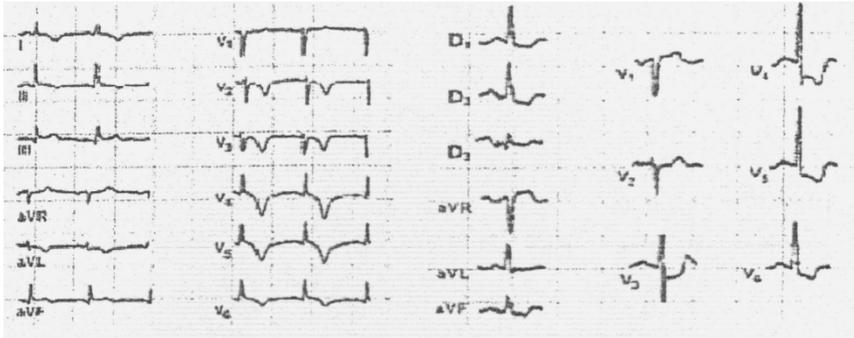


Fig. 3.10 T Negativa y avanzada

3.9.2 T negativa de sobrecarga/miocardiopatía

Suele ser asimétrica.

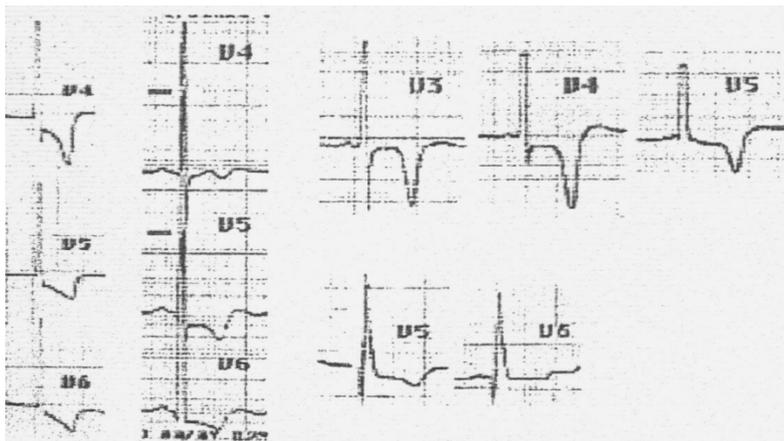


Fig. 3.11 Sobrecarga/miocardiopatía.

3.9.3 T negativa de origen metabólico

- En el hipotiroidismo.
- Otras causas

Pericarditis

- Al inicio se eleva el ST con concavidad hacia arriba.
- Tras unos días el ST se normaliza y las T se invierten
- En unas semanas el ECG vuelve a ser normal.

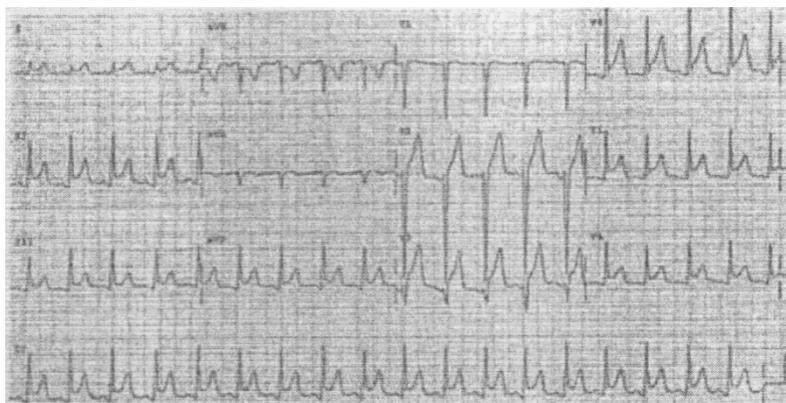


Fig. 3.12 T negativa de origen metabólico.

3.10 Efectos farmacológicos.

- Sobre el ST efecto de la digital "cubeta digitalica"
- Depresión del ST, más en derivaciones con R alta (DI, aVL, V4 a V6)
- Aplanamiento o inversión de la onda T

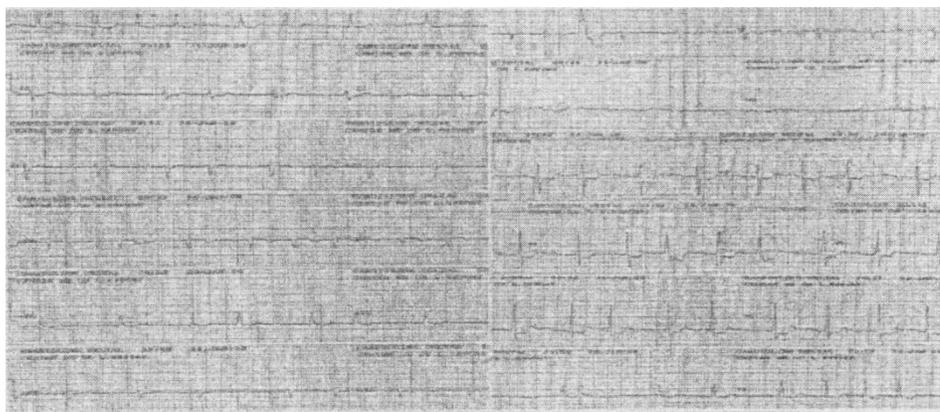


Fig. 3.16 Efectos farmacológicos.

3.10.1 Sobre la onda T

- Hiperpotasemia: T alta, picuda y simétrica más evidentes en precordiales.
- Hipopotasemia: T aplanada y aumento de la onda U.
- Amiodarona: T negativa.

Sobre el intervalo QT

- Hipercalcemia: acorta el QT.
- Hipocalcemia: alarga el QT a expensas del ST O

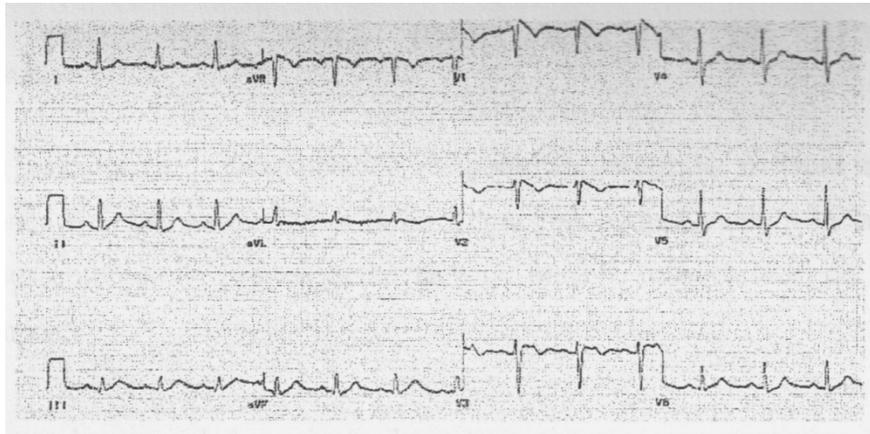
Alargan el QT también:

- Antiarrítmicos: quinidina, procainamida, amiodarona, flecainida, sotalol
- Antihistamínicos: astemizol, terfenadina.
- Cisaprida.
- Antidepresivos tricíclicos: amoxapina naprotilina.
- Antipsicóticos: fenotiazinas, pimozida, haloperidol, risperidona y sertindo.
- Quinolonas antibacterianas: norfloxacin, grepafloxacin, moxifloxacin.
- Macrólidos: claritromicina.
- Diltiazem y verapamil.
- Síndrome de Brugada.

3.10.2 Alteración de origen genético,

Que se caracteriza por encontrar un ECG con:

- Bloqueo de rama derecha
- Elevación del ST en derivaciones V1 a V3.



Fíg. 3.17 Síndrome de Brugada

Tiene una alta incidencia de presíncope, síncope y muerte súbita por TV polimórfica. Es de tratamiento obligado con un DA! en los casos en que un estudio electrofisiológico provoque una TV polimórfica o FV.

3.12 Síndrome del QT largo.

La longitud normal del QT depende de la Fc (QTc). Si encontramos un QT mayor del esperado, puede corresponder a un síndrome del QT largo:

- prolongado: hasta 0,44 seg.
- fronterizo: entre 0,45 y 0,47 seg.
- probable: superior a 0,48 seg en mujeres o 0,47 en hombres, si no toman medicación ni hay otros factores.

El QT largo patológico no se normaliza con el ejercicio. Existen dos tipos:

- Hereditario: variedades dominante y recesiva. La primera no da otros síntomas, la segunda se asocia a sordera.
- Adquirido: por fármacos o hipocalcemia.

Tiene gran incidencia de muerte súbita por TV del tipo "torsades de points".

CAPITULO 4:

ANÁLISIS PROPUESTO PARA IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIONES CARDIACAS EN BASE AL SEGMENTO ST.

Son muchos los entornos de programación que permiten desarrollar sistemas informáticos con un determinado fin. Las herramientas informáticas han evolucionado a lo largo del tiempo facilitando los entornos de programación para un número muy elevado de aplicaciones en diversos campos.

Existe entonces la necesidad creciente de nuevos sistemas que continúen con la tarea de incrementar y mejorar el conocimiento médico y facilitar el acceso a éste cuando sea requerido. Un sistema de ayuda a las decisiones médicas a nivel informático, es un programa diseñado para dar soporte a los profesionales de la salud en la toma de decisiones clínicas. En el diseño de estos sistemas son utilizadas diversas técnicas, desde las más sencillas (algoritmos de resolución de problemas específicos diseñados por clínicos y posteriormente codificados para trabajar con un ordenador), pasando por técnicas de modelización matemática, reconocimiento de patrones, hasta llegar a una subdivisión de la ciencia informática. Al enfrentarse a problemas con un enfoque hipotético deductivo, el médico elegirá un procedimiento para el análisis que no se limita a seguir un esquema rígido y predefinido, un algoritmo. El factor que parece distinguir las capacidades de diagnóstico de los médicos con diferentes grados de experiencia no es tanto la diferencia del método empleado como la estructuración de su conocimiento.

El conocimiento médico se construye sobre la habilidad de percibir, la capacidad de recibir y la capacidad de razonar. La habilidad de percibir se adquiere con el ejercicio clínico. La capacidad de razonar, con el estudio. Ambas se complementan, pero el conocimiento médico será correcto sólo si la toma de datos clínicos es adecuada. Con la expansión del conocimiento médico se ha hecho más difícil que el médico esté al corriente de la medicina fuera de un estrecho campo en una determinada especialidad. Al mismo tiempo muchas veces las opiniones de los expertos no se pueden conseguir cuando se necesitan. Por ello a finales de los años 60's y comienzos de los 70's, se intentaron desarrollar programas informáticos que pudieran ser utilizados como consultores. A principio de los años 70's parecía claro que herramientas convencionales no podían tratar los problemas clínicos más complejos. En efecto, los métodos probabilísticos asumen que el conjunto de enfermedades a considerar son mutuamente excluyentes y que cada dato clínico sucede independientemente de los otros. Además, los programas basados en técnicas estadísticas ignoran

la causa de la enfermedad y por lo tanto no pueden suministrar al médico el proceso de razonamiento ni cómo se ha llegado a las conclusiones del diagnóstico. En los capítulos 2 y 3 incluimos todo tipo de enfermedades cardiacas de acuerdo al segmento ST, en esta sección se enfoca a tratar dos tipos de enfermedades y sus características específicas electrocardiográficas bien definidas que cada una de ellas tienen, que posteriormente servirán para su identificación en el algoritmo.

4.1 Planteamiento del problema.

La interpretación de señales electrocardiográficas es una de las muchas ramas de la ciencia médica que es estudiada por un médico especializado en cardiología para hacer diagnóstico de enfermedades cardiacas o reconocer algunas cardiopatías. En electrocardiografía clínica se estudian las señales ECG, estas tienen ciertas características y propiedades que permiten identificar patrones normales y anormales. Estas características son parámetros como el límite de duración de la onda representativa en los electrocardiogramas, los cambios en la frecuencia cardiaca, alteraciones de onda, la posición del eje cardiaco, amplitudes positivas o negativas de la onda característica. El estudio de todos los parámetros ayuda al cardiólogo a diagnosticar anomalías, por ejemplo ataques al corazón, problemas de conducción, embolias, arritmias, hipertrofias, taquicardias y bradicardias.

De aquí que la iniciativa de desarrollar un sistema reconocedor de patrones en señales electrocardiográficas de mayor precisión que en este Caso apoye la interpretación para un diagnóstico de anomalías, que solo serán dos el tipo de enfermedades cardiacas tales como el síndrome de Brugada (muerte cardíaca súbita), Isquemia silenciosa (síndromes coronarios agudos) que generan un mayor número de muertes porque no se logran detectar a tiempo por el paciente ya que en ocasiones no presentan sintomatología alguna de los indicios de estas enfermedades cardiacas.

- **El síndrome Brugada (muerte cardíaca súbita).**

Síndrome caracterizado por la presencia de muerte súbita o síncope en enfermos con un corazón estructuralmente sano y con un patrón electrocardiográfico de elevación del ST en V1 a V3 y morfología similar a la de un bloqueo de rama derecha (Síndrome de Brugada). La muerte cardíaca súbita se describe como una muerte inesperada de origen cardíaco que ocurre en menos de una hora después de haber iniciado los síntomas. Las características familiares de este síndrome, que se transmite de manera autosómica dominante, con penetrancia incompleta. Su letalidad, ha implicado un importante impulso a la investigación genética en cardiología. Los cambios electrocardiográficos y la presentación clínica son los elementos diagnósticos más importantes, aparte de las pruebas farmacológicas en individuos en quienes se sospeche la entidad o en familiares de los que la padecen. Dadas las graves consecuencias de este tipo de trastorno eléctrico, es necesario que internistas y cardiólogos conozcan sus características para detectarlo tempranamente y dar un tratamiento oportuno a la población, mayoritariamente joven y productiva, a la que afecta. Se caracteriza por electrocardiograma (ECG) con patrón de bloqueo de rama derecha (BRD) y manifiesta alteración de la repolarización ventricular, que consiste en supradesnivel persistente del punto J y del segmento ST de VI a V2 o V3 (onda J idiopática), QTc normal, episodios sincopales y/o paro cardiorrespiratorio con tendencia elevada al desarrollo de taquicardia ventricular polimorfa (TVP) muy rápida (de 260 a 352 lpm) que a menudo degenera en fibrilación ventricular (FV) y muerte súbita. La asociación de BRD, supradesnivel persistente del punto J y del segmento ST de VI a V2 o V3, con QTc normal, en pacientes masculinos de mediana edad, con corazón estructuralmente normal y recuperado de un episodio de muerte súbita por TVP/ FV caracterizan el síndrome clínica y electrocardiográficamente. La sola presencia del patrón electrocardiográfico, en ausencia de los eventos de TVP/ FV, no debe considerarse síndrome de Brugada y es mejor denominarlo "patrón Brugada" del ECG. A pesar del descenso que han sufrido los índices de mortalidad de causa cardíaca ajustadas a la edad en los últimos 40 a 50 años, las enfermedades cardiovasculares continúan siendo la primera causa de muerte en países desarrollados y en vías de desarrollo, siendo la muerte súbita responsable de aproximadamente el 50% de ellas.

- **Características electrocardiográficas**

El reporte del consenso de Brugada en el 2002 sugirió 3 patrones de elevación del segmento ST en las derivaciones precordiales derechas.

El tipo I está caracterizado por una elevación convexa del segmento ST que muestra una amplitud de la onda J o una elevación del segmento ST >0.2 mV seguida por una onda T negativa.

El tipo II tiene una configuración en silla de montar la cual tiene un supradesnivel del ST >0.2 mV seguido de un descenso gradual de la elevación del ST (permaneciendo >0.1 mV por encima de la línea de base) y una onda T positiva o bifásica.

El tipo III tiene una elevación del segmento ST $<$ de 0.1 mV de los tipos en silla de montar o convexo.

Curiosamente, más del 85% de los pacientes con síndrome de Brugada son hombres. Todas las mutaciones identificadas en este síndrome muestran una transmisión autosómica dominante. Se esperaría que hombres y mujeres hereden el defecto genético por igual, pero la predominancia en hombres se explica en parte por diferencias intrínsecas en los potenciales de acción ventricular en los diferentes géneros. La testosterona puede estar implicada en la prevalencia de este síndrome en hombres.

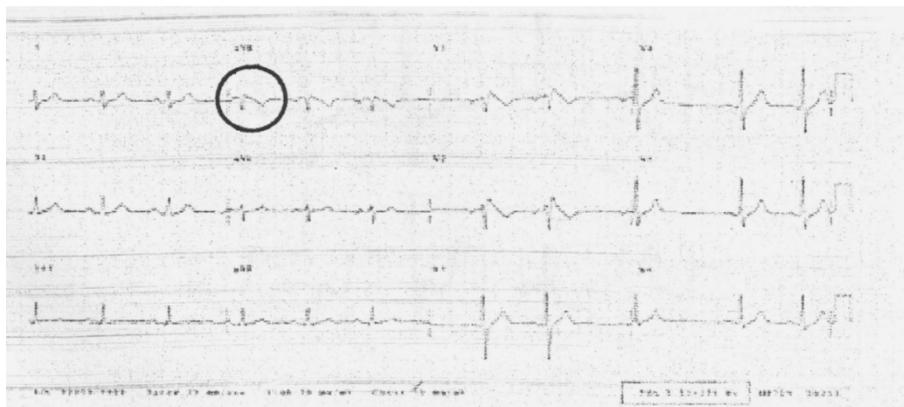
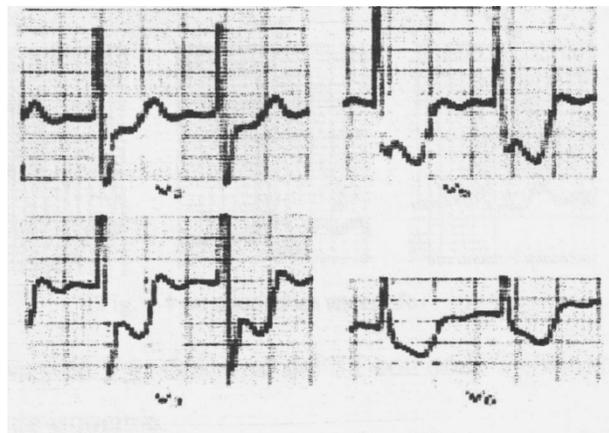


Fig 4.I ECG muerte cardíaca súbita.

- **Isquemia silenciosa (síndromes coronarios agudos).**

En un paciente asintomático puede existir isquemia silenciosa, que se define como depresión del ST horizontal o en descenso de 0,1 m V o más; medida 60 a 80 mseg después del punto y que dura mínimo 1 minuto. La prevalencia de isquemia silenciosa, detectada por monitoría eletrocardiográfica ambulatoria de Holter (ECGA), varía dependiendo de la población estudiada. La isquemia es una enfermedad en la que se produce una disminución del flujo de sangre rica en oxígeno a una parte del organismo. La isquemia cardíaca es un aporte deficiente de sangre y oxígeno al músculo cardíaco. Se produce una isquemia cardíaca cuando una arteria se estrecha u obstruye momentáneamente, impidiendo que llegue al corazón sangre rica en oxígeno. Si la isquemia es grave o dura demasiado tiempo, puede dar lugar a un ataque al corazón (infarto de miocardio) y la muerte de tejido cardíaco. En la mayoría de los casos, una interrupción momentánea del flujo de sangre al corazón causa el dolor de la angina de pecho. Pero en algunos casos no se produce dolor. Esto se denomina «isquemia silenciosa». La isquemia silenciosa (o asintomática) también puede alterar el ritmo cardíaco pueden afectar a la capacidad de bombeo del corazón y causar desmayos o incluso muerte súbita cardíaca La isquemia silenciosa no presenta síntomas, pero los investigadores han establecido que si una persona tiene episodios de dolor en el pecho, posiblemente también tenga episodios de isquemia silenciosa.



Fig, 4.2 En amarillo descenso importante del ST.

• Características electrocardiográficas

La isquemia miocárdica, concepto fisiológico, es el fallo en el aporte de oxígeno al miocardio. Las necesidades de oxígeno del corazón son variables (esfuerzo, reposo).

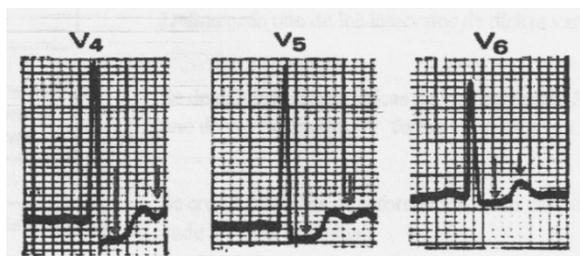
Esta falta de aporte se debe a la obstrucción de las arterias coronarias por placas de ateroma. La formación de las placas se relaciona con la dieta rica en grasas saturadas y colesterol. La isquemia se traduce clínicamente en la angina de pecho y el infarto o necrosis miocárdica, epidemia silenciosa de los países desarrollados en las últimas décadas.

Ondas T isquémicas,

- simétricas.
- Picudas.
- Negativas (subepicardio).
- Positivas (subendocardio).
- Aplanadas.
- En derivaciones concordantes anatómicamente.

Alteraciones del segmento ST en su forma y/o posición respecto a la línea isoeléctrica.

- Descendido más de 1mm.
- Elevado (prinzmetal).
- Rectificado.

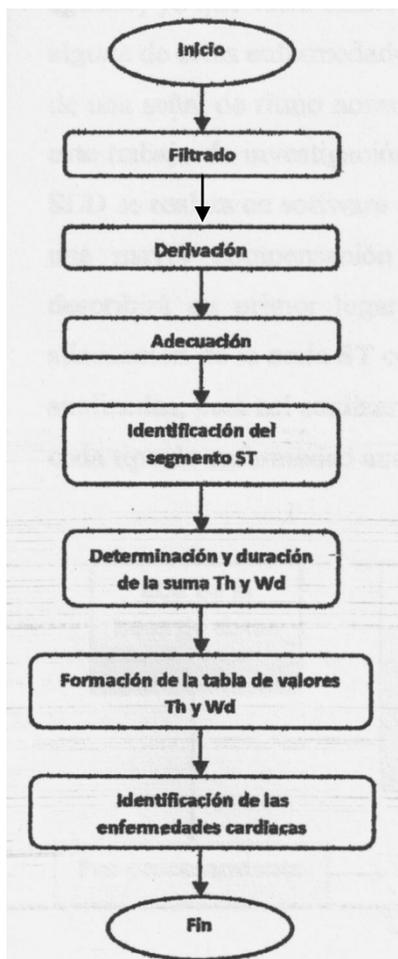


Fig, 4.4 características anormales

- Vemos en malva y en V4: descenso del ST con onda T (rojo) negativa muy sugestiva de isquemia.
- en V5 : ST rectificado, descendido más de 1 mm y con onda T negativa.
- en V6 : ST rectificado descendido y con T positiva y simétrica.

4.2 Diagrama de Flujo.

Se hará uso de la técnica de la lógica difusa con el propósito de facilitar la representación subjetiva de 10\$ valores de las enfermedades. El modelo propuesto incorpora conceptos de los sistemas de lógica difusa. La salida de la información es un dato cercano a la respuesta, debido a que los datos de entrada son difusos, por 10 que la utilización de Lógica Difusa permite trabajar este tipo de valores brinda un grado de pertenencia a un determinado conjunto fuzzy, facilitando su clasificación. El electrocardiograma (ECG) como en cualquier otra prueba de diagnóstico, debería ser considerada en grupo y no aislada, en el contexto de toda la información médica que se tenga, es decir el profesional en esta área debe tomar como referencia el historial clínico del paciente.



Inicia el programa.

En el filtrado nos ayudara a quitar ruidos que interfieren en la adquisición de la información deseada

La derivación denotara las características más importantes de la onda ST.

La adecuación extraerá la información de las variables de interés que caracterice a cada una de las enfermedades cardíacas.

Define cada uno de los intervalos de dichas variables, a diagnosticar.

Se detalla las características de los segmentos ST y se introduce cada uno de sus parámetros y forma que adquiera la onda.

Se creará una tabla de información de su elevación o disminución de la onda ST para su análisis.

Se determina la enfermedad del paciente y su estado clínico.

Llegando al diagnóstico, finaliza el programa.

Fig. 4.4 Sistema difuso propuesto.

4.3 Sistema difuso propuesto

En el procesamiento de la gran mayoría de señales biológicas, es necesaria la eliminación de componentes indeseables, como lo son los ruidos; tales como el ruido provocado por la respiración, el ruido muscular, la interferencia de 60 Hz, el ruido de artefactos etc., todo con el fin de tener una señal lo más pura posible, de la cual sea posible obtener ciertas características y anomalías de la onda ST analizadas para lograr su identificación. En este capítulo, se describe el desarrollo del algoritmo que incluye el procesamiento de la onda ST, así como la adecuación de la señal para lograr la parametrización de variables utilizadas en el diseño del SLD (Sistema Lógico Difuso) de identificación de las enfermedades cardiacas tales como el síndrome de Brugada (muerte cardíaca súbita) isquemia silenciosa (síndromes coronarios agudos) ya que estas enfermedades son potencialmente mortales en pacientes que padecen de alguna de estas enfermedades si es que no son detectadas a tiempo, diferenciando estas últimas de una señal de ritmo normal y una señal perteneciente a distintos tipos de arritmias, ajenas a este trabajo de investigación. La implementación de todo el algoritmo, así como el diseño de SLD se realiza en software utilizando como plataforma el programa de MATLAB. Para lograr una mayor compensación del desarrollo del algoritmo de identificación, este capítulo describirá en primer lugar el procesamiento de la señal; posteriormente se describirá la adecuación de la onda ST con el fin de obtener información, de cada una de las enfermedades analizadas, para así analizar y seleccionar dicha información, que indique la caracterización de cada tipo de enfermedad analizada; y por último el diseño de SLD.



Fig. 4.2 Diagrama a bloques del algoritmo SLD.

- **ECG de la base de datos**

Se utilizara una base de datos de registros ECG. Los registros pertenecen a pacientes sanos y enfermos de los cuales de los cuales se eligen registros con el fin de identificar características de cuatro tipos: Normal, El síndrome Brugada (muerte cardíaca súbita), Isquemia silenciosa (síndromes coronarios agudos) y aquellos que no se pueden identificar de forma concluyente.

- **Pre-procesamiento de la señal**

Como ya se menciona anteriormente, para realizar el análisis de una señal ECG, es necesario quitar componentes indeseables como el ruido del medio y el ruido generado por el sistema de adquisición, por esta razón es necesario preprocesar la señal ECG antes de adecuarla para poder obtener de ella información importante que caracterice a cada tipo de enfermedad analizada.

- **Filtrado de la leñal**

En este proceso se utiliza un filtro pasa bandas de tipo recursivo, con el fin de de eliminar el ruido provocado por el movimiento muscular, el ruido resultante de la respiración causante de la desviación de la line base, la interferencia de 60 Hz ocasionada por la alimentación monofásica del sistema de adquisición.

- **Derivación de la señal**

En este paso es muy importante, debido a que en este proceso se resalta la pendiente de la onda T, logrando de esta manera acentuar mas, en cada complejo, las características más importantes en las enfermedades cardiacas analizadas; ya que el punto de interés para el" análisis de este atrabajo ya se mencionó anteriormente.

- **Adecuación de la señal procesada**

En esta parte se adecua la señal, con el fin de extraer la información de las variables de interés que caracterice a cada una de las enfermedades analizadas, con la finalidad de la información en cuanto a su anchura y periodo, se llevara un proceso de transformación, para conformar una señal de pulsos correspondiente a cada complejo de ST.

- **Diseño del SLD.**

La realización del SLD, considerando las características a tomar en cuenta, mencionadas observando y analizando su comportamiento de la onda ST en este trabajo, con el objetivo de definir variables y funciones de membrecía, para lograr la identificación de cada uno los tipos de las enfermedades analizadas.

- **Definición de variables y conjuntos difusos del SLD.**

En esta sección se definen cada una de las variables difusas y de la salida que se utilizan en el SLD, así como se define cada uno de los intervalos de dichas variables, estableciendo así el universo en discurso, las funciones de membrecías o dicho de otra manera los conjuntos difusos que dan pauta a las reglas difusas.

- **Etapas de fusificación.**

La fusificación es el proceso de asignar, o calcular un valor que representa un grado de membrecía (o valor subjetivo), para todos los conjuntos difusos definidos sobre algunas variables de entrada. Dado el estado actual de dicha variable como una cantidad no difusa. Después de la etapa de fusificación, se dejara reconocer a la variable por sus valores numéricos y por denominación dimensional y entonces se reconocerá como una variable difusa.

- **Evaluación de reglas.**

Es la etapa inteligente de un SW, ya que posee la capacidad de imitar la forma humana de tomar decisiones, basada en conceptos difusos y de inferir acciones difusas empleando las reglas difusas de inferencia de la lógica difusa. Esta etapa realiza la evaluación de las reglas difusas que están contenidas en la base de reglas, en espera de lograr una meta determinada, La evaluación de reglas difusas se implanta comúnmente mediante programas que emulan de una manera secuencial, todo el proceso de inferencia difusa. La combinación de operadores que se utilice en la implementación de los planos de inferencia, determina el método de inferencia utilizado.

Las ciencias utilizan conceptos tanto vagos como precisos. Nacimiento, muerte, blanco y negro, son conceptos precisos; fiebre, anemia y obesidad son vagos. Usualmente, conceptos vagos son tratados como si fueran precisos. Por ejemplo, se podría insistir en un diagnóstico médico de que fiebre, anemia y obesidad están presentes o ausentes. Este tipo de clasificaciones impuestas son a veces el producto de valores preestablecidos que tienen que ser excedidos por una variable de cierta importancia.

Aunque la clasificación binaria puede que sea conveniente para el diseño de un esquema de decisiones, esta frecuentemente produce un modelo distorsionado que puede impedir significativamente las decisiones. Lógica difusa provee una herramienta para preservar el concepto de vaguedad en vez de eliminarlo mediante la imposición arbitraria de sentencias ciertas o falsas provenientes de la lógica bivalente. Mucha de la lógica detrás del razonamiento humano no está basada en blancos y negros; ceros y unos sino en matices de grises y de valores intermedios.

Esto se refleja en el hecho de que la experticia humana, la cual los sistemas expertos pretenden transferir a las máquinas, es muy frecuentemente dependiente del ambiente, incompleta y de poca confiabilidad.

De esta misma manera, la mayoría de las decisiones en el mundo real se llevan a cabo en un ambiente en el cual los objetivos, las restricciones y las consecuencias de las acciones posibles no son conocidos con precisión.

Para manejar la imprecisión cuantitativamente, usualmente se emplean los conceptos y técnicas de la teoría de probabilidades y, particularmente, las herramientas proporcionadas por la teoría de decisiones, la teoría de control y la teoría de la Información.

Al hacer esto, nosotros estamos aceptando la premisa de que imprecisión, cualquiera sea su naturaleza puede ser reducida a procesos aleatorios. Esto desde el punto de vista de la lógica difusa, es incorrecto.

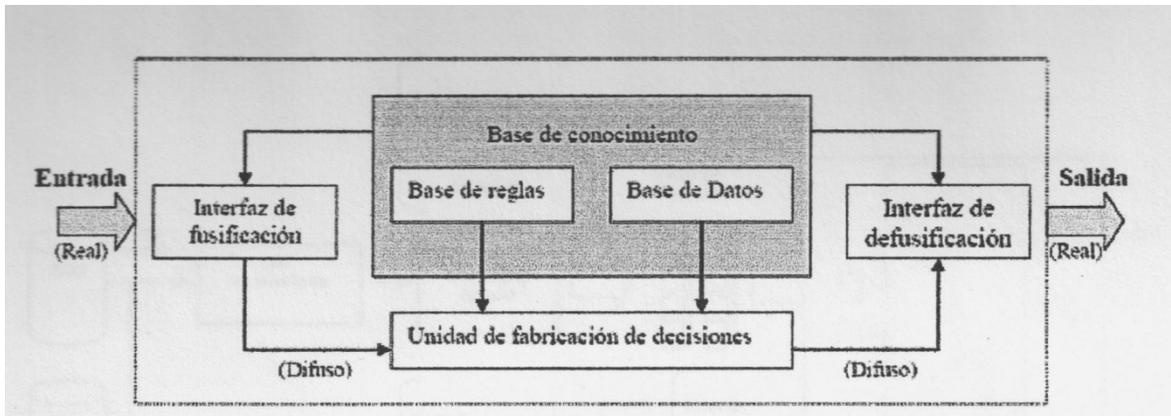


Fig. 4.1 Sistema de inferencia Difuso.

4.4 Sistema de Inferencia Difuso.

Los sistemas de inferencia difusos son también conocidos como memorias asociativas difusas (FAM), o controles difusos cuando son utilizados como controles. Básicamente un sistema de inferencia difuso está compuesto de cinco funcionales, los cuales están interrelacionados de acuerdo a la Fig. 4.1:

- **Una base de reglas** que contiene un numero de reglas difusas if-then;
- **una base de datos** que define las funciones de membrecía utilizados en las reglas difusas;
- **Una unidad de fabricación** de decisiones que realiza las operaciones de inferencia en las reglas;
- **Una interfaz de fusificación** que transforma las entradas reales dentro de grados de igualdad con valores lingüísticos;
- **Una Interfaz de defusificación** que transforma los resultados difusos de la inferencia dentro de una salida real. Normalmente, la base de reglas y la base de datos conjuntamente referidos como la base de conocimiento.

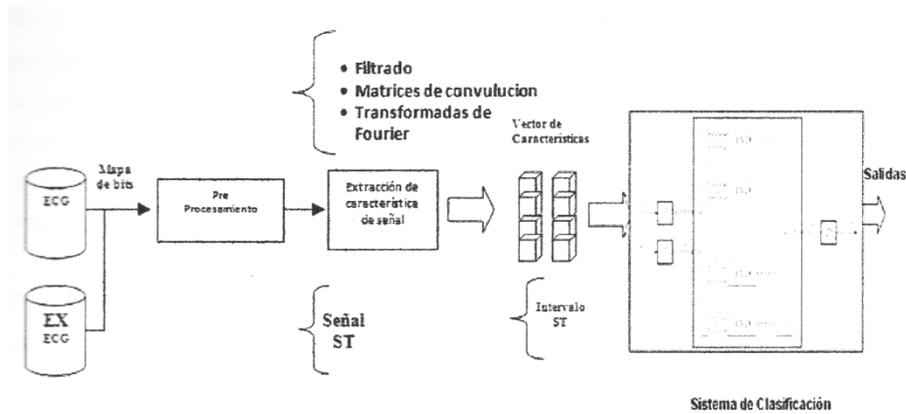


Fig. 4.1 Diagrama a bloques SLD.

Basados en las características de cada una de las anomalías como por ejemplo duración, la duración del pico o spike, amplitud. Área, la posición del eje cardiaco y ondas positivas u ondas negativas. Estas características son examinadas en secuencia para cada anomalía y cada ECG es predeterminado por su umbral. Esta forma de ver a los Sistemas Fuzzy ilustra el flujo de datos dentro del sistema y su naturaleza paralela En los ECGs se intenta identificar algunas anomalías. en particular se pretende diagnosticar problemas De: frecuencia cardiaca, arritmias, eje cardiaco, hipertrofias e infarto al miocardio. Se tiene así un número de conjuntos de ECGs para entrenamiento como anomalías más uno con el conjunto de los ECGs normales, todos ellos forman parte del conjunto de entrenamiento.

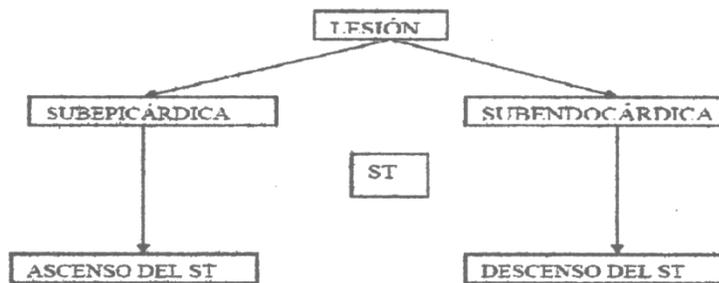


Fig. 4.2 Diagrama de flujo lesión.

Hasta años recientes, el tratamiento de problemas relacionados con reconocimiento de patrones recibía un tratamiento netamente estadístico. Sin embargo, en años recientes con el advenimiento de poderosos sistemas de cómputo y el avance de la tecnología informática ha surgido un área de estudio conocida como Reconocimiento Inteligente de Patrones (RIP). El RIP involucra la aplicación de técnicas extraídas del campo de la Inteligencia Artificial a la solución de problemas relacionados con reconocimiento de patrones.

Estas técnicas incluyen pero no se limita a: Sistemas expertos, redes neurales, algoritmos genéricos, sistemas difusos y cualquier técnica que se encuentre bajo la sombra de la llamada computación emergente. La idea consiste en pasar de los modelos matemáticos formales a modelos que asemejan de alguna manera la forma en que un ser humano procesa datos para extraer de la misma información relevante, pudiendo desechar aquella que está de más o genera Incertidumbre para el proceso de toma de decisiones.

CONCLUSIONES.

La medicina a su vez, reconoce el apoyo que ha recibido de la Ingeniería electrónica, sus innovaciones y progresos con aplicación al sector de la salud. Por años el hombre ha buscado una manera de generar un frente de combate contra las enfermedades y males que aquejan al organismo humano. Para lograrlo, se ha visto en la necesidad de estrechar lazos de colaboración y abrir las posibilidades de aceptar cualquier atisbo de progreso en beneficio de la exhumación de nuevas ideas que permitan la erradicación de padecimientos cada vez más agresivos que atañen a la civilización humana. La Ingeniería electrónica, cuya efectividad en los progresos materializados, ofrece un portafolio completo de herramientas innovadoras y efectivas a los médicos de la actualidad para llevar a cabo su principal enmienda: salvar vidas humanas y erradicar las enfermedades carnales con mayor efectividad y facilidad.

El sector médico ha encontrado en la Ingeniería electrónica un refugio en el que ha depositado sus esperanzas para perfeccionar sus técnicas de soporte tanto de carácter preventivo como intra-operatorio, dispensando asistencia incluso en sitios tan remotos en el que el acceso a la medicina moderna parecía casi imposible de suceder.

APÉNDICE.

Lógica Difusa

La lógica difusa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto " Todo es cuestión de Grado", lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación si quisiéramos hacer cambiar con esta. Información el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Es entonces posible con la lógica difusa gobernar un sistema por medio de reglas de "sentido común" las cuales se refieren a cantidades indefinidas. Ya hablando de sistemas expertos tradicionales, estos intentan reproducir el razonamiento humano de forma simbólica Es un tipo de programa de aplicación informática que adopta decisiones o resuelve problemas de un determinado campo, utilizando los conocimientos y las reglas analíticas definidas por los expertos en dicho campo. Los expertos solucionan los problemas utilizando una combinación de conocimientos basados en hechos y en su capacidad de razonamiento (una base de conocimientos y una maquina de deducción, o de inferencia). Las interfaces de usuario, al igual que en cualquier otra aplicación, permiten al usuario formular consultas, proporcionar información e interactuar de otras formas con el sistema. Los mecanismos de explicación, la parte más fascinante de los sistemas expertos, permiten a los sistemas explicar o justificar sus conclusiones, y también posibilitan a los programadores verificar el funcionamiento de los propios sistemas. Los sistemas expertos comenzaron a aparecer en la década de 1960 teniendo una amplia gama de campos para su aplicación son la química, la geología, la medicina, la banca e inversiones y los seguros. La lógica difusa (fuzzy logic) es considerada una generalización de la teoría general de conjuntos que permite que los elementos de un conjunto tengan grados intermedios de pertenencia por medio de una función característica. Con esta idea se modifica el concepto de bivalencia (0s y 1s) de la lógica booleana, el cual pasa a ser un caso particular de los conjuntos difusos. La teoría de lógica difusa ha generado en los últimos años la segunda generación de modelos de representación de conocimiento, mejor conocidos como sistemas expertos difusos. También, ha revolucionado el mercado japonés de electrodomésticos al incorporar de forma sencilla conocimiento humano experto en sistemas de control con características no-lineales. Esto, gracias a lo sencillo del diseño de los sistemas difusos y al alto grado de precisión logrado en los sistemas de control y decisión creados con esta lógica. Áreas de aplicación incluyen, pero no se limita a: Comunicaciones entre hombre-máquina, medicina, robótica, estudio y estimación de recursos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

A Padroni, J. L. Pérez, R F. V. G. G. n. Diagnostico de anómalas en electrocardiogramas por medio de redes neuronales artificiales. Centro de Instrumentos-UNAM.

Carvalho e Paiva, R P. P. Identificación neuro-difusa aspectos de interpretabilidad. Departamento de Engenharia Informática Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra (1999).

C Alegre López, A Simulación de redes neuronales artificiales. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura (2003), 453-469.

Eric Laciár Leber, R J. C. Detección y análisis latido de potenciales tardíos ventriculares mediante mapas espectro- temporales. Universidad de Valencia (2004).

Federici, D. hnplicant network: an associative memory model. Norwegian University of Science and Technology Department of computer and information science (2001).

Frau, D. C. Estudio de métodos para procesamiento y agrupación de señales electrocardiográficas. Departamento de Informática de Sistemas y Computadoras, Universidad Politécnica de Valencia

Luna, G. M Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN

Man, J. M Arquitectura abierta escalable para monitorización domiciliaria: aplicación a pacientes con patólogas cardíacas. Universitat de Valencia (2003).

Quispe, J. C. C. Control Neurodifuso

Rarnírez, A F. Redes neuronales difusas para modelado vía agrupamiento en-línea: