

dimensión beneficiada sería la población de la ciudad de Ilo, y su utilización será extendida a todas las micro redes de salud.

CAPÍTULO 2. ISQUEMIA CORONARIA

2.1 Enfermedades Cardíacas y Cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares constituyen en la actualidad un grave problema de salud pública debido a su incremento y el número de muertes producidas. De acuerdo con Battilana-Dhoedt et al. (2020) “las enfermedades cardiovasculares constituyen uno de los problemas de salud más importantes de la medicina contemporánea, de ahí que sea un verdadero reto científico por su trascendencia biológica, psicológica, social y económica” (p. 85); además que la enfermedad cardiovascular ocupa los primeros lugares de muerte a escala global (Rueda, 2018).

Se estima que, de acuerdo con los estudios a nivel mundial, fallecen cerca de siete millones de personas como consecuencia de enfermedades cardiovasculares generalizadas lo que se traduce en un 12,8 % de todas las muertes. Este fenómeno seguirá elevándose drásticamente si los gobiernos no toman cartas en el asunto. Según los últimos informes emitidos se han contabilizado un número aproximado de 20,5% de muertes y un incremento a 24,2% dentro de unos 10 años. Además de esto, y de acuerdo con algunos pronósticos, “por cada seis varones y una de cada siete mujeres en Europa mueren de infarto agudo al miocardio” (Battilana-Dhoedt et al., 2020, p. 86).

Ante este panorama ciertamente preocupante y que atañe a la población mundial debido a su impacto en los niveles de salud pública, se ha generado un conjunto de consideraciones teóricas en torno a las enfermedades cardiovasculares que están afectando de manera drástica a miles de personas a nivel mundial. Además de crear importantes avances en la ciencia y en la tecnología que pudiera de alguna u otra manera generar soluciones a los problemas que padecen los pacientes que sufren este tipo de enfermedad.

2.2 Qué se Entiende por Enfermedades Cardíacas

Según la OMS, como se citó en Martínez-Espitia et al. (2020), las enfermedades cardíacas se definen como “el conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos; dentro de estas se incluyen la enfermedad coronaria, el evento cerebrovascular, la enfermedad cardíaca reumática, entre otras” (p. 66). Mientras, para Burrillo (2018):

(...) las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte en España con una tasa de 267,6 fallecidos por cada 100 000 habitantes en el año 2015, y con un incremento del 5,8% con respecto al año anterior. Además, se encuentran entre las primeras causas de incapacidad laboral temporal (IT). En España se registra cada año 23 000 bajas laborales por Enfermedad Cardiovascular. (p.7)

Para Robbins et al., como se citó en Martínez-Espitia et al. (2020), estas enfermedades se definen como un grupo de síndromes relacionados pato-fisiológicamente y son el resultado de una isquemia miocárdica. Es frecuente que en la literatura a este grupo de enfermedades se les conozca también como enfermedades coronarias.

De acuerdo con informes ofrecidos por el principal organismo a nivel mundial, para el año 2030 se espera que las cuatro principales causas de muerte a nivel global correspondan, en este mismo orden a: enfermedad isquémica del corazón (EIC), enfermedades cerebro vasculares (ECV), el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH/sida) y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). En otras palabras, la EIC pasará a formar parte de la primera causa de mortalidad en el mundo en la actualidad. Por lo que algunos investigadores y científicos especializados en la materia han indicado que la EIC se ha convertido en una de las patologías con mayor carga de enfermedad según los años de vida potencialmente perdidos. Entre los años 2011 y 2014 un número de 16,5 millones de personas mayores de 20 años tuvieron EIC, con una leve predominancia masculina (55 %).

Diversos autores han señalado con bastante precisión que esta es una patología con una prevalencia que aumenta de forma directamente proporcional a la edad. Es decir, que en la medida en que se va avanzando en edad esta enfermedad suele aparecer con mayor frecuencia, aun cuando este dato no está totalmente confirmado, debido a que también esta enfermedad afecta a personas jóvenes, convirtiéndose en un asunto de preocupación a nivel

mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), como se citó en Martínez-Espitia et al. (2020), la EIC es la principal causa de muerte a nivel mundial y representa el 31% de las muertes registradas en el año 2015; de estos casos, el 41,8% corresponde a cardiopatía coronaria.

La enfermedad isquémica cardíaca representa la principal causa de muerte en las enfermedades crónicas no transmisibles y fácilmente prevenibles a escala mundial. Esta patología ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años lo que ha provocado un impacto negativo en los indicadores de salud y por supuesto en los índices de la economía, ya que, además, ha dejado de presentarse principalmente en personas adultas y, por el contrario, se han visto afectadas personas cada vez más jóvenes.

El impacto de esta enfermedad es que al afectar de forma permanente en una población cuyo índice de mortalidad era por lo general incipiente, el tiempo de vida laboral se ve disminuido generando gastos en los servicios de salud convirtiéndose en un problema de salud pública que amerita soluciones alternativas inmediatas que contrarresten este elevado incremento, por lo que se ha hecho necesario que el estado invierta en la investigación y en la divulgación de las investigaciones en torno a esta enfermedad que cada día tiene mayor incidencia en la población.

2.3 Enfermedades Cardíacas o Cardiovasculares.

Aunque se puede interpretar de igual forma las enfermedades cardíacas y las enfermedades cardiovasculares, no se refieren a la misma cosa. Por un lado, las enfermedades cardíacas solo se refieren al órgano del corazón y los vasos sanguíneos de este, mientras que por el otro, las enfermedades cardiovasculares se refieren de igual forma a las primeras, con la diferencia que abarcan otros componentes del organismo como las piernas, el cerebro y los pulmones, además de los vasos sanguíneos del principal motor del cuerpo humano como lo es el corazón pues este es el órgano que bombea a través de la corriente sanguínea la sangre hacia el resto del cuerpo permitiendo el flujo permanente así como la oxigenación de los demás órganos.

El sistema circulatorio humano comprende dos órganos principales: el corazón y los pulmones, así como los vasos sanguíneos llamados arterias, capilares y venas. Tanto la primera como la segunda llevan la sangre por las vías sanguíneas rica en oxígeno y nutrientes, del corazón con ayuda de los pulmones a todas las partes del cuerpo. Las venas regresan la sangre, reducida en oxígeno y nutrientes, al corazón y los pulmones.

Los problemas que suelen aparecer no suceden de forma súbita, sino que debido a altos niveles de grasa y colesterol que se aloja en las arterias, impiden que la sangre fluya de forma natural hacia el principal órgano que funciona como una bomba de oxígeno. Con el tiempo, las arterias que llevan la sangre al corazón y al cerebro pueden obstruirse debido a la acumulación de células, grasa y colesterol (placa).

La disminución en el flujo de sangre al corazón debido a obstrucciones en las arterias ocasiona ataques cardíacos. La falta de flujo de sangre al cerebro ocasionada por un coágulo de sangre o una hemorragia en el cerebro debido a la rotura de los vasos sanguíneos es lo que ocasiona un derrame cerebral. Sin mencionar que en la actualidad el brote de virus como el COVID 19 también puede actuar de forma grave generando complicaciones que pondrían en riesgo al paciente con afecciones cardíacas y cardiovasculares. Tal como lo sostiene Rodríguez, Llerena y Rodríguez (2020):

En algunos pacientes la COVID-19 puede afectar directamente el sistema cardiovascular, en otros la enfermedad cardiovascular preexistente (ECV) puede predisponer a la infección por SARS-CoV2. En este último caso el virus eleva el riesgo de presentar eventos adversos por distintos mecanismos directos e indirectos que originan importantes complicaciones cardiovasculares. (p. 2).

2.4 Tipos de Enfermedades Cardíacas y Cardiovasculares

Existe una variedad de enfermedades, sin embargo, entre las más comunes se pueden mencionar las siguientes:

Aterosclerosis. La aterosclerosis es un tipo de arteriosclerosis (o adelgazamiento y endurecimiento de las arterias). Conforme las personas envejecen las arterias tienden a

endurecerse. Cuando una persona sufre este tipo de padecimiento las paredes internas de las arterias se estrechan más como consecuencia de una acumulación de placa. Para López, Millán y Borrero (2020):

Conforme las personas van envejeciendo, su cuerpo va experimentando una serie de transformaciones que lo vuelven más vulnerables a experimentar “bajas” en su salud, ya sea por el agotamiento de los sistemas de defensa del organismo luego de una larga vida combatiendo infecciones y otras enfermedades, así como por la acumulación crónica de diversos factores, condicionada por el estilo de vida y las actividades que realiza cada individuo. El sistema cardiovascular resulta más afectado en un número considerado de casos, siendo muchas veces la aterosclerosis una pieza clave. (p. 2).

La aterosclerosis coronaria es la forma más corriente de enfermedad cardiovascular. Sus manifestaciones clínicas más intensas son el infarto agudo de miocardio, la angina de pecho y la muerte súbita. Respectivamente, constituyen la primera causa de mortalidad en la población adulta en los países desarrollados debido a los niveles o condiciones de vida, mala alimentación o desórdenes de todo tipo. La aterosclerosis, indistintamente llamada arteriosclerosis, es una enfermedad de tipo crónica que afecta la capa de las arterias. Se ven afectadas desde las arterias de gran relevancia como la aorta, hasta las ramas de mediano calibre, como las arterias coronarias.

Enfermedad cardíaca coronaria o enfermedad de las arterias coronarias. La enfermedad cardíaca coronaria, la forma más común de enfermedad cardíaca, afecta los vasos sanguíneos (o las arterias coronarias) del corazón. Ocasiona angina de pecho (dolor de pecho) y ataques cardíacos. De acuerdo a Bohórquez-Rivero et al. (2020) esta “se define como aquella patología en la cual existe la presencia de placas ateromatosas al interior de las arterias coronarias” (p. 1).

Angina de pecho. Es un dolor que se aloja en el pecho y sucede cuando alguna parte del corazón no recibe suficiente sangre. También la angina se traduce como una sensación de presión o dolor, como si algo lo apretara, a menudo en el pecho, debajo del esternón, pero en algunas ocasiones también ocurre en los hombros, brazos, cuello, mandíbula o espalda. Para Valcárcel (2017) la angina se presenta como:

(...) un dolor recurrente en la cara anterior del tórax definido por muchos pacientes como opresión, tirantez, quemazón o hinchazón. En ocasiones se irradia hacia la mandíbula, la garganta, la espalda, el hombro, el brazo y el antebrazo izquierdos. Su duración es corta ya que oscila entre 1 y 15 minutos. Este dolor aparece tras realizar ejercicio físico o por emociones fuertes y se alivia en pocos minutos con reposo o nitroglicerina sublingual. Estos síntomas pueden verse agravados por el frío, el tabaquismo, la humedad o tras una comida copiosa. (p. 6)

Derrame cerebral. La falta de flujo de sangre al cerebro ocasionada por un coágulo de sangre o una hemorragia en el cerebro debido a la rotura de los vasos sanguíneos es lo que ocasiona un derrame cerebral. Sin un buen suministro de sangre, las células cerebrales no pueden obtener suficiente oxígeno y comienzan a morir. Para Gelb (2012), el derrame cerebral es una “alteración, de origen vascular, de la función cerebral de 24 horas o más de duración que puede llevar a la muerte” (p. 274).

Presión sanguínea elevada o hipertensión. Según Espinosa (2018), La hipertensión arterial “constituye un reconocido problema de salud, tanto por su elevada frecuencia, por las consecuencias y discapacidades que provoca, así como por su repercusión en la mortalidad” (p. 66). Existen maneras para medir la presión sanguínea y medicamentos para tratar la hipertensión (disminuyen esta presión). La lectura de la presión sanguínea mide la fuerza de la sangre bombeada desde el corazón, contra las paredes de los vasos sanguíneos.

Insuficiencia cardíaca. La insuficiencia cardíaca significa que el corazón no es capaz de bombear sangre al organismo tan bien como debería hacerlo, no significa que el corazón se detiene literalmente. La insuficiencia cardíaca constituye, de acuerdo con González et al. (2020), “un problema principal de salud pública, afectando a más de 23 millones de personas mundialmente. Es una causa frecuente de hospitalización y la principal en mayores de 65 años” (p. 98), que se desarrolla lentamente, y puede tener un impacto importante en la vida de la persona y en su capacidad para realizar actividades comunes tales como vestirse, bañarse, desplazarse entre otras.

2.5 Isquemia Coronaria o Síndrome Coronario Agudo

La Isquemia coronaria o síndrome coronario agudo “engloba aquella sintomatología ocasionada por una isquemia miocárdica aguda; incluiremos dentro de éste, tanto el infarto agudo de miocardio (IAM) como la angina inestable” (Fernández, 2019, p. 4). De acuerdo a Hurtado et al. (2020):

Es la forma de presentación de la cardiopatía isquémica. Su mecanismo fisiopatológico reside en la inestabilidad de las placas de ateroma preexistentes en la luz de las arterias coronarias y su traducción clínica comprende la angina inestable, el infarto agudo de miocardio y la muerte súbita. (p. 225).

La isquemia coronaria “es un trastorno en que parte del miocardio recibe una cantidad insuficiente de sangre y oxígeno; surge de manera específica cuando hay un desequilibrio entre el aporte de oxígeno y la necesidad de él por dicha capa muscular” (Pineda et al., 2016, p. 147). También “involucra a la elevación ST y la no elevación ST la contiene el infarto miocárdico sin elevación de ST y la angina inestable” (Kotecha y Rakhit, como se citó en Pazzara, 2020, p.17). De acuerdo a estudios llevados a cabo por Ramírez y Pauca (2020):

En el Perú, la enfermedad cardiovascular es la segunda causa de muerte, por ello la detección de isquemia es una parte importante de la estrategia diagnóstico en pacientes que tienen sospecha de enfermedad coronaria, puesto que es un fuerte predictor de eventos adversos como infarto de miocardio y muerte de origen cardiovascular. (p. 15)

De acuerdo con cifras emitidas por la OMS, para el año 2008, la primera causa de muerte fue precisamente por cardiopatías isquémicas, generando un aproximado de 7,2 millones de decesos a escala mundial. En Perú, estas enfermedades son la principal causa de muerte. Solo para el año 2012 se contabilizaron 4 414 muertes solo por esta enfermedad.

En la actualidad, la enfermedad cardiovascular ocupa uno de los principales problemas de salud pública a nivel global por lo que se hace imperativo y necesario contar con una serie de herramientas que diagnostican y permitan reconocer a tiempo la presencia de isquemia miocárdica y de esta forma establecer tratamiento oportuno y evitar daños y

consecuencias mayores, así como minimizar los índices de morbi-mortalidad, “lo que se traduce en ahorro de recursos económicos. Es importante, también, que estas herramientas diagnósticas permitan reconocer a todo individuo «sano» pero con factores de riesgo para desarrollar un síndrome coronario agudo” (Barba, 2007, p. 116).

En la enfermedad coronaria, el ECG cobra una dimensión singular ya que, junto al cuadro clínico de angina, y a la elevación de los enzimas miocárdicos (CPK, GOT, LDH) constituyen la tríada diagnóstica definitiva de infarto de miocardio.

En muchas ocasiones, y como un estado previo a la necrosis miocárdica, otras manifestaciones clínicas (angina) tienen su expresión electrocardiográfica que es necesario conocer en todo detalle. Por tanto, dominar bien todos los aspectos electrocardiográficos que acontecen en el entorno de la isquemia miocárdica, y saber diferenciarlos de otros que pueden simularla es una práctica clínica fundamental para todo médico. En la enfermedad coronaria podemos reconocer tres fases electrocardiográficas bien diferenciadas: Isquemia, Lesión y Necrosis.

2.5.1 Aspecto de una Isquemia

Se entiende por isquemia miocárdica como un déficit transitorio en la perfusión del flujo sanguíneo coronario de forma que el miocardio afectado responde con manifestaciones de tipo bioquímico (alteraciones en la bomba de Na/K⁺) alteraciones de tipo metabólico (aeróbico/anaeróbico) de tipo hemodinámico (pérdida de la capacidad contráctil) de tipo clínico (angina), y finalmente de tipo electrocardiográfico.

Modificaciones inducidas por la isquemia miocárdica

1. Bioquímicas (Bomba Na/K⁺)
2. Metabólicas (Producción de lactato)
3. Hemodinámicas (Pérdida capacidad contráctil)
4. Clínicas (angina, disnea etc.)

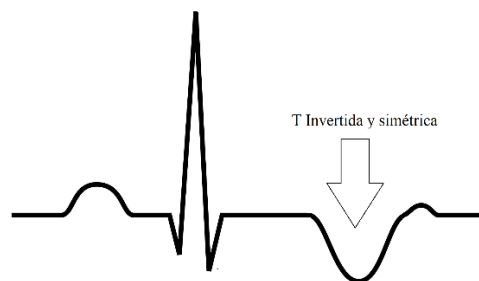
5. Electrocardiográficas (Cambios del ST-T)

a) **Hecho electrofisiológico de una isquemia.** El hecho electrofisiológico fundamental de la isquemia es una alteración básica en la duración y la amplitud del potencial de acción transmembrana como también se le conoce de acuerdo con sus siglas (PAT) el cual depende de la activación de todas las células que componen las tres capas del corazón (epicardio, miocardio y endocardio). En la fase más precoz de la isquemia el PAT se acorta ligeramente en relación con el PAT de una célula bien perfundida, lo que explica el primer hecho electrocardiográfico que se encuentra en la isquemia aguda, es decir; un aumento de voltaje de la onda T con sus ramas simétricas y acuminadas. Posteriormente, y si la isquemia se mantiene, el PAT tiende a alargarse invirtiendo el vector de repolarización, apareciendo la característica onda T invertida en el ECG.

En la siguiente figura 1, se puede apreciar la constitución de una isquemia:

Figura 1

Isquemia



Nota: tomado de Palma (1988)

Es importante señalar en este momento que la expresión mediante la figura de la repolarización ventricular (ST-T) es consecuencia de una alteración del PAT como ya ha quedado explicado, pero que éste a su vez puede verse alterado por otras situaciones clínicas (miocarditis, acción de ciertas drogas, sobrecargas hemodinámicas) por lo que un diagnóstico diferencial entre los distintos procesos que pueden alterar el PAT y consecuentemente la onda T es fundamental. Por tanto, no siempre una alteración de la onda T incluso de aspecto isquémico, es consecuencia de la isquemia misma.

Desde un punto de vista anatómico es fundamental recordar que la perfusión coronaria se efectúa desde el epicardio al endocardio, es decir, los vasos coronarios principales tienen un primer recorrido epicárdico para posteriormente profundizar en el tejido miocárdico hasta alcanzar el subendocardio. Además, desde un punto de vista fisiopatológico es interesante recordar también, que la isquemia puede ser consecuencia de una obstrucción al flujo (estenosis coronaria) o de un incremento de la demanda miocárdica de oxígeno por parte del miocardio. Esto trae varias consecuencias inmediatas: primero que la isquemia puede ser epicárdica, subendocárdica o transmural, y, en segundo lugar, que una perfusión coronaria adecuada en situación de reposo puede volverse insuficiente al esfuerzo. La localización de la isquemia puede ser subepicárdica, subendocárdica o transmural. La isquemia se debe a la disminución del aporte (estenosis coronaria) o al aumento de la demanda (taquicardia).

b) Isquemia subendocárdica. Si sólo está afectado el subendocardio el PAT se alargará únicamente a ese nivel y por tanto su duración será más larga que el PAT del resto del miocardio. La consecuencia es un vector de repolarización que "huye" de la zona isquémica, resultando una onda T acuminada y de ramas simétricas, que será particularmente evidente en aquellas zonas en donde se genera la isquemia. La Isquemia sub endocárdica, de acuerdo con Valencia (2020):

Muestra ondas T picudas y simétricas que por sí solas no debe considerarse como sugestión de cardiopatía isquémica ya que aparecen como imagen fugaz en la fase hiperaguda de oclusión. Esta imagen también puede aparecer en situación de hiperpotasemia, accidentes cerebrovasculares o vagotonía. (p. 45)

Es raro observar en su forma crónica la onda de isquemia subendocárdica, ya que habitualmente suele estar presente en los estadios iniciales de la isquemia aguda (especialmente en la fase hiperaguda del infarto de miocardio), y en los estadios igualmente precoces de la angina vasoespástica de Prinzmetal, pero sí que puede ser observada en otras situaciones clínicas como se describe a continuación:

1. Sobrecarga diastólica del ventrículo izquierdo.
2. Algunos bloqueos intraventriculares (derechos).

3. Hiperpotasemia.
4. Vagotonía.
5. Intoxicaciones (drogas, alcohol).
6. Coma cerebral.

c) **Isquemia subepicárdica.** Decir que el subepicárdico está isquémico significa decir que la isquemia es transmural ya que como se ha indicado la perfusión coronaria se efectúa desde epicardio a endocardio, por tanto; el PAT estará globalmente alargado, y la consecuencia inmediata en el ECG será una onda T invertida de ramas asimétricas, cuya negatividad será proporcional al grado de isquemia. “La isquemia subepicárdica muestra un ECG con ondas T planas o negativas. Aparece en síndromes coronarios agudos como la angina inestable, infarto no transmural, o en la cardiopatía isquémica crónica estable” (Valencia, 2020, p. 45).

Clínicamente puede ser observada en la isquemia crónica independientemente de su estadio (I-IV) con antecedentes de infarto de miocardio o sin ellos. Suele ser muy persistentemente negativa en el infarto de miocardio subendocárdico o no transmural (sin onda Q), y suele incrementar su voltaje negativo durante el test máximo de esfuerzo o en el ECG de Holter frente a determinados tipos de estrés (físico, psíquico y sexual).

2.6 Electrocardiograma

El corazón es el órgano más importante del cuerpo humano y esto es debido a que permite bombear fluidos sanguíneos a los demás órganos que conforman el cuerpo humano. Por lo que sin el correcto mecanismo las funciones no se llegarán a dar con total normalidad.

El corazón se divide o consta de dos partes: el derecho y el izquierdo. El primero consta de aurícula y ventrículo derechos que se llegan a comunicar mediante una válvula llamada tricúspide. Por otro lado, el lado izquierdo lo conforma por la aurícula y el ventrículo izquierdo cuya comunicación se da por la válvula conocida como mitral. En cuanto a su movimiento este se da a partir de dos periodos: sístole y diástole respectivamente. Durante

el periodo sistólico, el órgano se contrae expulsando la sangre. Mientras que en la diástole el corazón se relaja.

Durante la diástole el corazón se calma a pesar de que se llegue a necesitar más energía en este período que durante el otro. Ambos ventrículos comienzan a llenarse de fluidos sanguíneos. En el caso del izquierdo, la sangre procede de las venas pulmonares (sangre recién oxigenada en los pulmones) mediante de la aurícula izquierda. En el caso del ventrículo derecho, se trata de sangre desoxigenada que llega a través de la aurícula derecha. Con la liberación de nuevo de la sangre alojada en ambos ventrículos, tiene lugar un nuevo ciclo cardíaco.

Si bien cada período del ciclo cardíaco tiene su correlación en el electrocardiograma, este puede considerarse como paradigma de estas pruebas ya que si bien es una exploración que atañe al ámbito de la cardiología, su uso puede ser de provecho para otras disciplinas de la medicina, así como de los procedimientos técnicos y metodológicos médicos, puesto que el ECG aún proporciona información valiosa, además de rápida, sencilla, segura, indolora y relativamente de bajo costo.

2.6.1 Qué es un electrocardiograma.

El primer registro de la actividad eléctrica cardíaca fue dado a conocer hace más de cien años por el destacado científico neerlandés Willem Einthoven quien dictó la fundación de esta rama de la medicina, lo cual le valió el Premio Nobel de Medicina en 1924 (Lara, 2016). Por su parte, Riveros-Sanabria (2015) ha señalado que este registro se le conoce como “electrocardiograma (ECG o EKG) el cual es la representación gráfica de los potenciales eléctricos del músculo cardíaco en función del tiempo y recogidos en la superficie de la piel a través de electrodos” (p. 221).

La importancia que puede tener un electrocardiograma (ECG) se ha constatado en el día a día de cualquier centro hospitalario del país. Sin embargo, el ECG por sí mismo no suele ofrecer información a quien no sabe interpretarle, de allí que su enseñanza de este lenguaje tan particular forma parte determinante en la formación galena.

“El electrocardiograma no es más que un conjunto de ondas que Einthoven denominó P, Q, R, S, T y U de acuerdo con el orden de aparición en el tiempo” (Zavala-Villeda, 2017, p. 210), El electrocardiograma registra las señales eléctricas del corazón. Para Dono et al. (2020) es el:

(...) registro gráfico de la actividad eléctrica del corazón, detectada a través de una serie de electrodos, colocados en la superficie corporal y conectados a un electrocardiógrafo. Se obtienen 12 derivaciones, 6 frontales y 6 precordiais, que proporcionan información desde distintos puntos del corazón. (p. 8).

Es una prueba frecuente que se emplea para captar algunos padecimientos y problemas cardíacos. También para controlar el estado del corazón en muchas situaciones. Los electrocardiogramas, también denominados «ECG», por lo general, se realizan en un consultorio médico, en una clínica o en una sala de un hospital. Se han convertido en un equipo habitual en los quirófanos y las ambulancias para medir el ritmo cardiaco entre los pacientes que suelen padecer este tipo de enfermedad.

Un electrocardiograma es una prueba indolora y no invasiva que ofrece resultados rápidos y expeditos. “La señal electrocardiográfica refleja el funcionamiento eléctrico del corazón, tiene la ventaja de ser un procedimiento médico con resultados disponibles inmediatamente no es invasivo y es económico” (Riveros-Sanabria, 2015, p. 121). Durante un electrocardiograma, se colocan sensores (electrodos) que detectan la actividad eléctrica del corazón en el tórax y, a veces, en las extremidades. Por lo general, estos sensores se dejan colocados solo durante algunos minutos con la finalidad de medir y hacer un balance del estado que presenta en corazón.

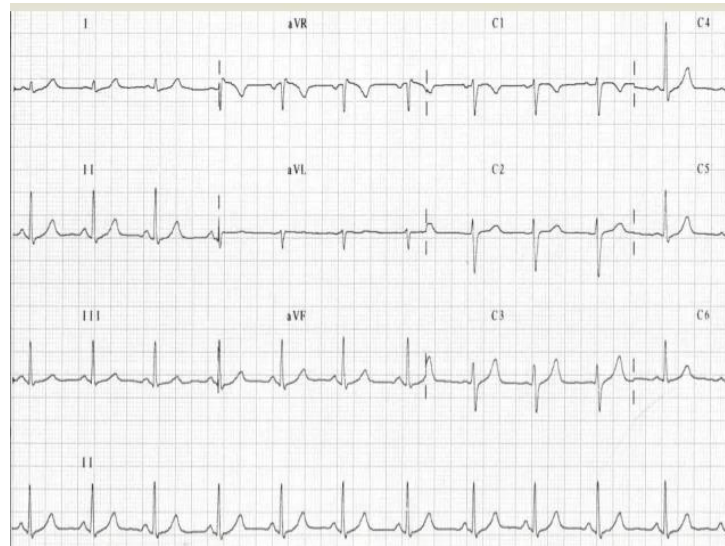
El electrocardiograma es un gráfico en el que se estudian y registran las variaciones de voltaje en relación con el tiempo el cual consiste en computar en un formato debidamente adaptado (tiras de papel milimetrado esencialmente), la actividad de la corriente eléctrica que se está llevando a cabo en el principal órgano del ser humano durante un tiempo determinado, por lo general el tiempo estimado no suele exceder de 30 segundos aproximadamente.

Dentro de los que se considera un patrón electrocardiográfico normal, existen amplias variaciones, en lo que se refiere a frecuencia cardiaca, duración del PR, eje eléctrico,

disposición de las ondas de repolarización ventricular. En general un ECG normal, deberá en todo caso parecerse al de la figura 2 que se mostrará a continuación:

Figura 2

Trazado electrocardiográfico de 12 derivaciones normales



Nota: tomado de Palma (1988)

2.6.2 Incripciones Electrocardiográficas.

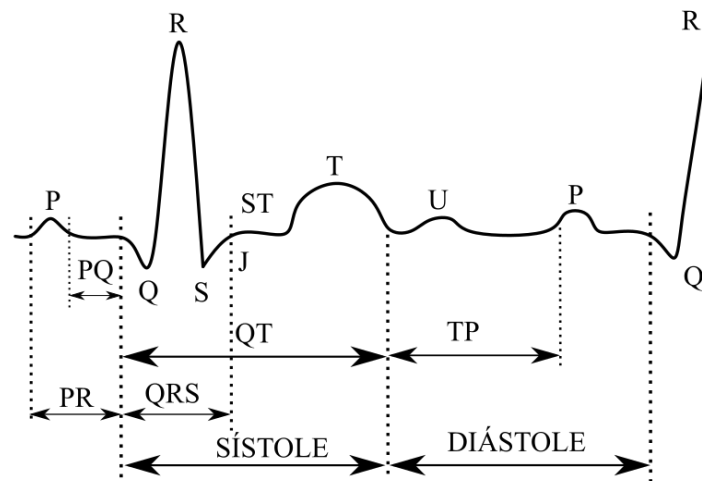
Entre las principales inscripciones se encuentran las siguientes:

a) **Onda P.** En condiciones de ritmo sinusal normal (ver figura 3), y al ser irreconocible en el ECG convencional la actividad del NS, la primera inscripción corresponde a la onda P, la cual representa la despolarización de ambas aurículas. La duración de dicha onda suele ser inferior a 100 ms y su voltaje no excede de 2.5 mV. En el plano frontal su eje eléctrico coincide con el de QRS variando entre $+40^\circ$ y $+60^\circ$. En casos de crecimiento de las cavidades auriculares, la onda P aumenta su voltaje, duración y modifica su eje eléctrico.

La repolarización auricular (Ta) sólo suele observarse en el ECG convencional en muy raras ocasiones, generalmente en casos de graves trastornos de la conducción Inter atrial o en infartos auriculares extensos.

Figura 3

Fases sistólica y diastólica del ciclo cardíaco con ondas e intervalos



Nota: tomado de Palma (1998)

b) Intervalo PR. Al final de la onda P se inscribe un período de inactividad eléctrica (intervalo PR) correspondiente al retraso fisiológico que sufre el estímulo en el nodo AV y cuya duración varía entre 120 y 220 ms. Alargamientos de este segmento indican trastornos en la conducción AV (bloqueos AV) mientras que acortamientos inferiores a 120 ms, son típicos de síndromes de conducción AV acelerada (Wolf -Parkinson-White y Lown-Ganong-Levine).

c) Complejo QRS. Es la expresión electrocardiográfica de la despolarización de ambos ventrículos, siendo la inflexión de más amplio voltaje. Su duración varía entre 60 ms y 100 ms siendo menor en el recién nacido y mayor en los ancianos. Su eje (AQRS) en el plano frontal varía ampliamente con la edad, aceptándose como normales oscilaciones desde $+120^\circ$ en el recién nacido, hasta -10° en el anciano.

En promedio en el adulto joven el AQRS oscila entre $+40^\circ$ y $+60^\circ$. Desviaciones exageradas del AQRS o incrementos excesivos de voltaje indican dilatación e hipertrofia de las cavidades ventriculares, mientras que aumentos en la duración del QRS son típicos de trastornos de la conducción intraventricular (bloqueos de rama).

d) Segmento ST. El segmento ST transcurre desde el final del QRS (punto J) hasta el inicio de la onda T. La amplitud del ST se mide por el desplazamiento que sufre el punto J desde la línea isoeleétrica. Desde un punto de vista clínico, desviaciones positivas o negativas del ST que excedan de 1-2 mm, medidos a 60-80 ms del punto J pueden ser en la mayoría de las ocasiones claros indicadores de trastornos isquémicos del miocardio.

e) Onda T. Se corresponde con la repolarización ventricular y aparece al final del segmento ST. Su polaridad suele ser positiva en todas las derivaciones excepto en aVR y V1, y ocasionalmente en D3. La amplitud de la onda T es bastante variable de unas a otras derivaciones, aunque nunca debe exceder de 0.6 mV (6 mm). En recién nacidos y niños pequeños la onda T suele estar invertida de V1 a V3/V4 tendiendo a la positividad con la madurez anatómica y fisiológica.

Por lo general, la rama ascendente de la T suele ser de inscripción lenta mientras que la descendente busca la isoeleétrica de forma rápida (asimetría). Ondas T de alto voltaje y ramas asimétricas se observan en la hipertensión vagal, mientras que la inversión simétrica de la onda T sobre todo en derivaciones precordiales izquierdas, suele ser bastante característica de isquemia miocárdica y de estados de sobrecarga mecánica de los ventrículos.

f) Intervalo QT. Comprende desde el inicio de Q hasta el final T, y representa la despolarización y repolarización ventricular. Aunque su duración queda muy condicionada por la frecuencia cardiaca, suele situarse entre 300 y 440 ms. En 1918, Bazet, como se citó en Palma (1983), propuso una fórmula para corregir el valor del QT en función de la frecuencia cardíaca, mediante una constante (K) que en varones y niños tiene un valor de 0.37 y en mujeres de 0.40. Dicha constante (K) se multiplica por la raíz cuadrada de la diferencia obtenida entre dos ondas R correlativas:

$$QTc = k(\sqrt{R - R}) \quad (1)$$

Taron y Szilagyi por Palma (1983) propusieron en 1952 otra fórmula en la que el QT corregido se calcula en función del QT medido dividido por la raíz cuadrada del intervalo R-R:

$$QTc = QT/\sqrt{R - R} \quad (2)$$

Con estos cálculos quedó establecido que el QTc no debería exceder en ningún caso de 425 ms. Alargamientos del QT suelen observarse en la isquemia miocárdica, trastornos electrolíticos, intoxicación por determinadas drogas, o en síndromes complejos como el de Romano-Ward o en el de Jerwell y Lange-Nielsen en donde la presencia y severidad de arritmias ventriculares es notable.

g) Onda U. Suele ser una deflexión de tan bajo voltaje que es irreconocible en la mayoría de las ocasiones. Se inscribe detrás de la onda T y sigue su misma polaridad, variando su amplitud entre 0,3 y 2 mm. Es más fácilmente visible en derivaciones V2-V4. Su presencia suele estar vinculados a trastornos de tipo hidro electrolíticos, acción de determinadas drogas, y más raramente a la isquemia.

2.6.3 Datos Técnicos de la Onda ECG

Tiempos Voltajes y Medidas de las Ondas:

Onda P:

- Duración:< 100 ms
- Amplitud:< 2,5 mm

Segmento PR:

- Duración:120-220 ms

Complejo QRS:

- Duración:60-100 ms.
- Amplitud.....< 25mm en V5.

Segmento ST:

- Amplitud a 80 ms de J.....< (- 1mm)

Onda T:

- Amplitud.....< 6 mm Intervalo QT:

- Duración:300-400 ms

Onda U:

- Amplitud:0.3-2 mm

2.6.4 Terminología Electrocardiográfica Habitual

La terminología habitual de las ondas electrocardiográficas suele ser:

Onda P: Primera onda del ciclo electrocardiográfico.

Segmento PR: Isoeléctrica entre final de P e inicio de QRS.

Onda Q: Primera deflexión negativa del complejo QRS

Onda R: Primera deflexión positiva del QRS.

Onda S: Primera deflexión negativa que sigue a la onda R

Onda R': Deflexión positiva que aparece tras la onda S.

Onda S': Deflexión negativa que sigue a la onda R'.

Complejo QS: Deflexión totalmente negativa.

Segmento ST: Deflexión positiva, negativa o isoeletrica que une QRS con la onda T.

Onda T: Deflexión positiva o negativa que se inscribe lentamente tras el segmento ST.

Onda U: Pequeña deflexión positiva que se inscribe tras T.

2.6.5 Derivaciones Electrocardiográficas

Aunque la actividad eléctrica generada por el corazón es posible recogerla desde cualquier punto de la superficie corporal, en la práctica el registro electrocardiográfico se hace desde 12 derivaciones estándares que han sido sistematizadas y universalmente aceptadas. Por grupos pueden ser divididas en tres apartados: Tres derivaciones bipolares de

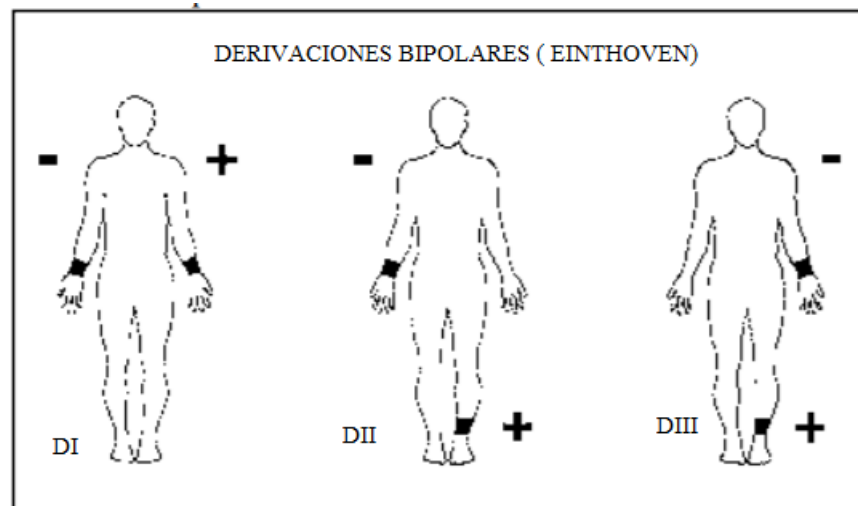
miembros de Einthoven; tres derivaciones monopolares de miembros de Goldberger y seis derivaciones unipolares torácicas de Wilson. La actividad eléctrica generada por el corazón se lleva a cabo por vectores que tienen magnitud, dirección y sentido. El potencial eléctrico registrado en las derivaciones electrocardiográficas representa la sumatoria de las fuerzas eléctricas instantáneas.

a) **Bipolares de miembros.** Recogen las diferencias de voltaje en el plano frontal entre las extremidades. Según se puede observar en la figura 4 entre las 3 extremidades exploradas (brazo derecho, izquierdo, y pierna izquierda) se configura un triángulo denominado triángulo de Einthoven en cuyo centro quedaría idealmente ubicado el corazón.

- D1: Brazo derecho (negativo) y brazo izquierdo (positivo)
- D2: Brazo derecho (negativo) y pierna izquierda (positivo)
- D3: Brazo izquierdo (negativo) y pierna izquierda (positivo)

Figura 4

Colocación de electrodos para obtener las derivaciones bipolares o monopolares.



Nota: tomado de Palma (1998)

b) Monopolares de Miembros. Exploran igualmente la actividad eléctrica en el plano frontal, desde cada miembro por separado en relación con un electrodo indiferente de voltaje igual a cero, construido entre las otras tres derivaciones no exploradas (ver figura 4).

De acuerdo con la ley de Einthoven:

- $D2 = D1 + D3$
- $aVR + aVL + aVF = 0$
- *aVR: Potencial del brazo derecho (Right)*
- *aVL: Potencial del brazo izquierdo (Left)*
- *aVF: Potencial de la pierna izquierda (Foot)*

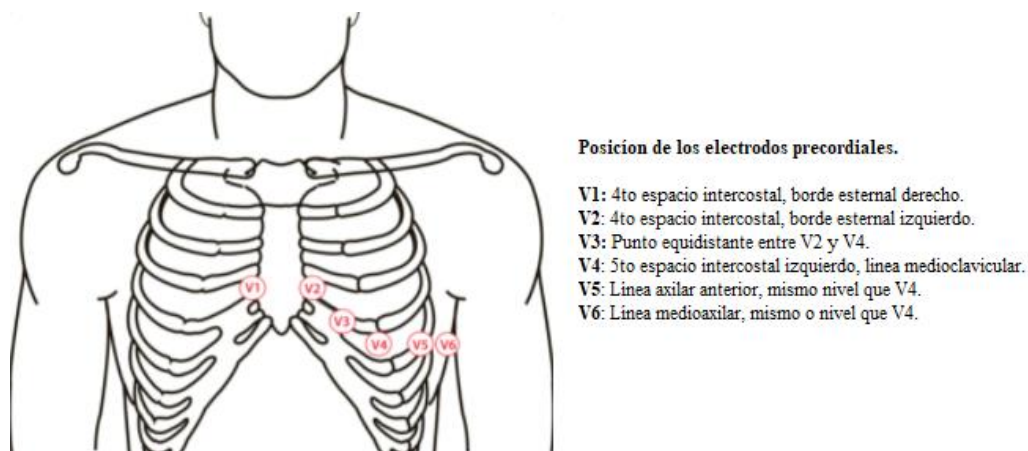
c) Unipolares Torácicas. Son también llamadas precordiales (ver figura 5), exploran la actividad eléctrica en el plano horizontal, y son nominadas de la siguiente manera de acuerdo con la colocación del electrodo explorador:

- V1: 4° espacio intercostal, borde esternal derecho.
- V2: 4° espacio intercostal, borde esternal izquierdo.
- V3: Punto intermedio entre V2 y V4.
- V4: 5° espacio intercostal izquierdo, línea medio clavicular.
- V5: 5° espacio intercostal izquierdo, línea axilar anterior.
- V6: 5° espacio intercostal izquierdo, línea axilar media.

En algunas ocasiones, estas 12 clásicas derivaciones pueden ser incrementadas a V7, V8, y V9, a través del quinto espacio intercostal izquierdo, o por otras 3 que discurren por el hemitórax derecho, denominadas V3R, V4R y V5R. Son útiles para detectar infarto de miocardio de localización dorsal (izquierdas) o para evaluar en mayor detalle el crecimiento de las cavidades derechas (derechas).

Figura 5

Localización de puntos torácicos para las derivaciones precordiales



Nota: tomado de Palma (1998)

2.6.6 Rutina de Interpretación

Es muy importante a la hora de enfrentarse a un electrocardiograma seguir una rutina invariable de observación para una correcta interpretación. Si así se hace, difícil será errar en el diagnóstico final. Los pasos obligados a seguir frente a cualquier trazado son los siguientes:

- Determinar la frecuencia cardíaca
- Diagnosticar el tipo de ritmo
- Calcular el AQRS en el plano frontal
- Medir intervalo PR y/o PP
- Estudio de la onda
- Estudio del QRS
- Análisis del segmento ST y onda T
- Medida del QTc en varias derivaciones y promediarlo
- Verificar la presencia de onda U

Aspectos que considerar en la interpretación del electrocardiograma

Entre los principales aspectos que se deben tomar en cuenta están los siguientes:

a) Frecuencia Cardíaca (FC). La FC se define como la variación que ocurre en el intervalo de tiempo, entre dos latidos cardiacos consecutivos el cual permite conocer la actividad del sistema nervioso autónomo (De la Cruz-Torres y Sarabia-Cachadiña, como se citó en Flores, 2020, p.5). La frecuencia cardiaca de reposo varía entre 60 y 100 ciclos por minuto, pero FC ligeramente superiores o inferiores a estos valores suelen ser detectadas a menudo, siendo más altas en niños y sujetos en estado de ansiedad, y más bajas en ancianos y deportistas entrenados. Es bastante habitual en jóvenes observar en el curso del registro una arritmia sinusal casi siempre de tipo respiratorio, y en la que los RR casi nunca superan el 50 % en exceso del valor previo.

b) Eje Eléctrico (AQRS). “Cuando se habla del eje eléctrico, con frecuencia se refiere al eje medio producido por el complejo QRS. Lo que significa, vector medio resultante de la despolarización ventricular que describe la dirección de la actividad eléctrica en el plano frontal” (Valencia, 2020, p. 26). Lo mismo que la FC el AQRS puede variar ampliamente desde valores de $+120^\circ$ en niños hasta -10° en adultos y ancianos. Por lo común un AQRS medio normal se sitúa entre $+40^\circ$ y $+60^\circ$ medido en el plano frontal.

c) Onda P. Ya se dijo que esta onda representaba la sístole eléctrica y mecánica de ambas aurículas. Además, “refleja la despolarización eléctrica auricular” (Martín et al., 2012, p. 289). Su vector máximo se dirige desde arriba a abajo, de derecha a izquierda y de atrás hacia adelante. Habitualmente suele ser redondeada, de ramas simétricas, de bajo voltaje con relación al QRS y onda T, y por lo común monofásica, aunque no es excepcional encontrarla con dos componentes difásicos (positivo/negativa) en D1, aVL, y a veces en D3 y aVF. Para su estudio, las derivaciones D2, y V1-V2 aportan la mejor perspectiva. Anomalías de la onda P pueden informar acerca de trastornos de la conducción interatrial y de crecimiento y dilatación de las cavidades auriculares. Trastornos en su cadencia, son característicos de enfermedad del nódulo sinusal.

d) Intervalo y Segmento PR. Este período representa el tiempo transcurrido desde el inicio de la activación auricular hasta el inicio de despolarización ventricular. Varía entre 0.12 y 0.20 segundos. Períodos más cortos son típicos del síndrome de conducción acelerada, y los más largos son típicos de trastornos de la conducción AV de diverso grado.

Para una correcta medición debe tomarse el inicio en el principio de la onda P y el final en el comienzo de la onda Q o de R si aquella no existiese. El trazado del segmento PR debe superponerse a la línea isoelectrica.

e) Complejo QRS. Presenta la despolarización ventricular (sístole eléctrica). Los valores para el AQRS ya han quedado previamente establecidos, y se habla de “corazón vertical” cuando el AQRS se sitúa más allá de 90° y de “corazón horizontal” cuando el AQRS está desplazado más allá de los 0° . Su duración normal oscila entre 0.06s y 0.10s. Valores superiores indican trastornos de la conducción intraventricular (bloqueos de rama).

La onda Q es generalmente estrecha (inferior a 0.04s) y poco profunda (alrededor de 1-2 mm). No obstante, en vagotónicos y en corazón muy verticalizados pueden observarse ondas Q de mayor voltaje en D1, y aVL no necesariamente patológicas.

La onda Q patológica está fuertemente vinculada a la necrosis miocárdica. La onda R en sujetos sin cardiopatía, puede tener un voltaje que a veces no supera los 6-8 mm y ocasionalmente puede llegar a 25 mm (V5). Es interesante medir el tiempo de deflexión intrinsecoide (TDI) que es el período que media entre zenit y el nadir de R, es decir, desde el principio al final de R.

En V5 el TDI no debe superar los 0.045 seg. Alargamientos del TDI sugieren trastornos de la conducción intraventricular, y crecimientos ventriculares. La onda S, se inscribe tras la onda R, y no siempre está presente. En precordiales derechas representa el alejamiento del gran vector de ventrículo izquierdo, mientras que en V5 y V6 son la resultante de los terceros vectores de las porciones cardíacas póstero-basales.

f) Intervalo QT. Es la expresión eléctrica de toda la sístole ventricular. Comprende desde el principio de la onda Q o R hasta el final de T. Conviene por tanto buscar aquellas derivaciones en las que la onda Q y la onda T sean bien claras. Ya dijimos en el

primer capítulo, que el QT variaba con arreglo a la FC, de modo que a más FC menor valor de QT y viceversa.

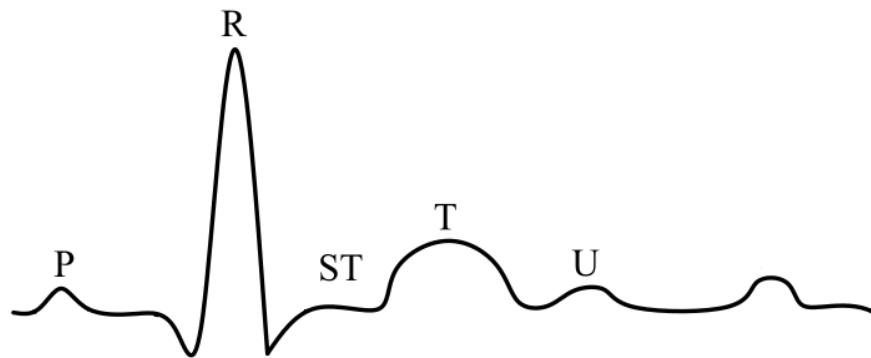
Algunas enfermedades (síndrome de RomanoWard, y el de Jerwell-Lange-Nielsen), así como drogas (digital, quinidina, antiarrítmicos del grupo I, derivados tricíclicos) y determinados trastornos electrolíticos (en especial la hipocalcemia) modifican sustancialmente los valores del QT, predisponiendo el corazón a arritmias ventriculares ocasionalmente severas.

g) 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 supra desnivelarse con la bradicardia y la vagotonía, y a infra desnivelarse con la taquicardia. Desplazamientos positivos superiores a 2 mm o inferiores a 1 mm en relación con la línea isoeleétrica, suelen estar provocados por trastornos isquémicos miocárdicos.

h) Onda U. Es un pequeño voltaje y de significado incierto, que cuando aparece lo hace tras la onda T, en las derivaciones V4 y V5, siguiendo la misma polaridad que la onda T que le antecede. La hipercalcemia, la hipokaliemia, la acción de la digital y la quinidina, y la bradicardia favorecen su presencia. Ver figura 6:

Figura 6

En el trazado tras la onda T puede observarse la onda U



Nota: tomado de Palma (1998)

CAPÍTULO 3. MÁQUINAS DE VECTORES DE SOPORTE

La clasificación de patrones se define como la tarea de categorizar algún objeto dentro de una de las categorías dadas llamadas clases, a partir de un conjunto de patrones asociados a cada objeto. Usamos el término “patrón” para denotar un vector de datos x de dimensión p , donde $x = (x_1, x_p)T$ cuyos componentes x_i son las medidas de las características de un objeto. Estas características son las variables especificadas por los investigadores, debido a que por lo regular tienen un peso importante en los resultados de la clasificación.

En general, existen dos enfoques principales de clasificación: clasificación supervisada y clasificación no supervisada. La clasificación no supervisada también es referida frecuentemente como agrupamiento. En este tipo de clasificación, los datos no son etiquetados y se desean encontrar grupos en los datos que se distingan unos de otros a partir de las características. En la clasificación supervisada tenemos un conjunto de datos de prueba, cada uno de estos consiste en medidas sobre un conjunto de variables y asociado a cada dato una etiqueta que define la clase del objeto.

Las redes neuronales, árboles de decisión y SVM son clasificadores de aprendizaje