



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Facultad de Ingeniería

**PROYECTO FIN DE PREGRADO**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
ELECTROCARDIOMIÓGRAFO COMO HERRAMIENTA  
PARA REALIZAR ESTUDIO DE DISFUNCIÓN  
MUSCULAR Y CARDIOVASCULAR EN PACIENTES  
CON ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS

**Autores:**

MARIA ALEJANDRA DUSSÁN  
CHARRY WALTER TORRES VILLAQUIRÁ

**Director de tesis:**

ING. JOSÉ DE JESÚS SALGADO PATRÓN

Curso académico 201x/2017

# Agradecimientos

En primera instancia, a Dios.

A nuestro hijo.

A nuestros padres, hermanos y abuelitos.

A nuestros docentes por los conocimientos  
durante el desarrollo de toda la carrera, especialmente a

José Salgado,

Neisar Salazar.

A nuestras amistades.

”Me lo contaron y lo olvidé,  
Lo vi y lo entendí,  
Lo hice y lo aprendí”  
Confucio

# Índice general

<b>1. Fundamentos</b>	<b>7</b>
1.1. Asma y Epoc . . . . .	7
1.1.1. Vasoconstricción Pulmonar Hipóxica . . . . .	8
1.2. Compromiso Cardiovascular en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas. . . . .	8
1.3. Compromiso muscular periférico . . . . .	9
1.4. Rehabilitación Pulmonar . . . . .	9
<b>2. Fundamentos fisiológicos para el registro de biopotenciales</b>	<b>11</b>
2.1. Fundamentos de Fisiología celular . . . . .	11
2.1.1. Características de la membrana celular . . . . .	11
2.1.2. Potencial de acción en células nerviosas . . . . .	12
2.2. Electrofisiología del corazón . . . . .	12
2.2.1. Anatomía y fisiología del corazón . . . . .	12
2.2.2. Ciclo cardiaco . . . . .	13
2.2.3. Señal ECG: Ondas, Intervalos y segmentos . . . . .	13
2.2.4. Derivaciones . . . . .	14
2.2.4.1. Derivaciones del plano frontal . . . . .	15
2.2.4.2. Derivaciones del plano horizontal . . . . .	16
2.3. Electrofisiología del músculo esquelético . . . . .	16
2.3.1. Sistema muscular . . . . .	16
2.3.2. Señal EMG . . . . .	16
<b>3. Fundamentos electrónicos</b>	<b>17</b>
3.1. Electrodos . . . . .	17
3.1.1. Tipos de electrodos . . . . .	17
3.1.1.1. Electrodos Planos . . . . .	17
3.1.1.2. Electrodos de Succión . . . . .	17
3.1.1.3. Electrodos Multipuntuales . . . . .	17
3.1.1.4. Electrodos Suspendidos . . . . .	17
3.1.1.5. Electrodos Adhesivos . . . . .	18
3.2. Amplificadores de instrumentación . . . . .	18
3.2.1. Amplificador Operacional . . . . .	18
3.2.1.1. Configuraciones . . . . .	19
3.2.1.2. Configuración no inversora . . . . .	19
3.2.1.3. Seguidor de Tensión . . . . .	19

# Índice de figuras

2.1. Intervalo RR . . . . .	13
2.2. Curvas de presión y volumen del corazón durante el ciclo cardíaco . .	14
2.3. Silueta humana con los cables de derivaciones I, II, III . . . . .	15
2.4. Derivaciones monopares . . . . .	15
3.1. Amplificador operacional . . . . .	18
3.2. Configuración no inversora . . . . .	19
3.3. Seguidor de tensión . . . . .	19

# Índice de cuadros

# Capítulo 1

## Fundamentos

### 1.1. Asma y Epoc

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y el asma son enfermedades inflamatorias muy prevalentes caracterizadas por la obstrucción del flujo aéreo con diferentes mecanismos patogénicos y grados de respuesta al tratamiento antiinflamatorio.

El ASMA es una enfermedad crónica consistente en la inflamación de las vías respiratorias, causando obstrucción que puede desarrollarse de forma brusca o empeorar gradualmente y persistir hasta producir insuficiencia respiratoria grave. Dicha enfermedad se encuentra determinada por el diámetro de luz de la vía aérea; influenciada por el edema y la inflamación de la pared bronquial; la hipersecreción de moco y la contracción de la musculatura lisa de la pared bronquial. El diagnóstico de cada paciente se basa en el grado de afectación que encuentre el especialista una vez haya evaluado los anteriores parámetros.

El asma no sólo se trata de una bronconstricción, es una enfermedad fundamentalmente inflamatoria y precisamente es ésta la que desencadena la obstrucción e infiltración por células inflamatorias, causando daño en tejido epitelial bronquial y edema de mucosa. La bronconstricción, por su parte, es el mecanismo de defensa, con el que cuenta el cuerpo humano, frente a diferentes agresiones como la inhalación de sustancias tóxicas, alérgenos, infecciones virales o aire frío, por ejemplo. Sin embargo, la respuesta exagerada es la característica del asma: hiperreactividad bronquial cuyo factor clave es la inflamación de las vías respiratorias con exacerbaciones.

Por su parte, la EPOC, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, es una afección que dificulta la expulsión del aire de los pulmones. Ésta obstrucción causa la falta de aire, sensación de cansancio debido al esfuerzo que realiza para respirar, una creciente inflamación y mucosidad haciendo que el interior de las vías respiratorias sea más pequeño de lo normal. La particularidad de ésta enfermedad es la bronquitis crónica y el enfisema (daño en los alveolos del pulmón) que se desencadena como consecuencia de la inhalación del polvillo propio de las telas, exposición prolongada al aire contaminado en ambientes cerrados o simplemente, genética.

### 1.1.1. Vasoconstricción Pulmonar Hipóxica

En primera instancia, es necesario definir cada uno de éstos términos. "Vasoconstricción" se refiere a la disminución del calibre de un vaso por contracción de las fibras musculares; "pulmonar", proviene de 'pulmón', órgano afectado e "hipoxia" es el término referente a la disminución de la cantidad de oxígeno suministrado en la sangre al organismo. Por lo tanto, se difiere que la vasoconstricción pulmonar hipóxica es el fenómeno adaptativo exclusivo del pulmón en el que sus arterias pequeñas sufren una vasoconstricción, razón por la que redistribuyen del flujo desde áreas pobremente oxigenadas a las más ventiladas y de ésta manera, mejoran la entrega de oxígeno.

## 1.2. Compromiso Cardiovascular en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas.

Los estudios indican que las personas que padecen enfermedades respiratorias crónicas tienen un mayor riesgo de presentar trastornos cardiovasculares debido a que es un proceso inflamatorio crónico que afecta las vías aéreas, centrales (agrandamiento e incremento de las glándulas secretoras mucosas), periféricas (pequeños bronquios y bronquiolos con un diámetro inferior a 2 mm) y la parénquima, tejido esencial, durante el proceso de circulación pulmonar. Recordando que el ventrículo derecho es una cámara delgada, distensible y de baja presión que cuando presenta sobrecarga de presión crónica se hipertrofia y dilata causando disfunción en la sístole y diástole característica, siendo ésta, la parte del corazón más afectada en enfermedades respiratorias.

El corazón pulmonar o el Cor Pulmonale es una patología definida como la dilatación y/o hipertrofia del ventrículo derecho, como resultado del desorden respiratorio que produce la hipertensión pulmonar. Puede causar insuficiencia cardiaca derecha y, posteriormente, la muerte.

La Hipertensión Pulmonar es otra cardiopatía en el que las arterias que llevan sangre del corazón a los pulmones se estrechan más de lo normal, dificultando el flujo sanguíneo a través de los vasos y elevando a muy alto los niveles. El tamaño del ventrículo derecho se aumenta, ésta cavidad se debilita gradualmente y va perdiendo su habilidad para bombear sangre a los pulmones, es por ello que puede originar insuficiencia cardiaca derecha.

El asma, por otra parte, es aquella enfermedad cuya limitación del flujo aéreo principalmente reversible y la variabilidad en los síntomas, la caracterizan y diferencian de otra enfermedad respiratoria. El predominio se da en las horas de la noche y en las primeras horas de la mañana, asociándose con alergia, rinitis y/o eccema, aparición de manchas rojas acompañadas de picor. Las afecciones cardiopáticas relacionadas, según resultados de radiografía de tórax, son la cardiomegalia, aumento anormal del volumen del corazón y el edema pulmonar, acumulación anormal de líquido en pulmones.

En otras palabras, en pacientes que padecen enfermedades respiratorias crónicas, la hiperinsuflación y la incapacidad para distender la parte de la caja torácica son las causas principales de la disminución del retorno venoso y de la reducción del



llene del ventrículo derecho.

Los indicadores electrocardiográficos que sugiere una cardiopatía son: desviación a la derecha del eje eléctrico, onda P pulmonar, patrón S1S2S3, S1Q3, hipertrofia ventricular derecha y bloqueo de rama derecha. El bajo voltaje QRS es el más frecuente que se asocia al EPOC que en otras enfermedades pulmonares.

Expertos recomiendan que como única terapia demostrada para mejorar la cardiopatía que presenta el paciente padeciente de epoc y/o asma, es el OXÍGENO, razón por la que las terapias de rehabilitación pulmonar se enfocan en lograr una circulación mayor a través de la actividad física.

### 1.3. Compromiso muscular periférico

La mayoría de las funciones alteradas en pacientes que padecen enfermedades respiratorias se deben fundamentalmente a la limitación de flujo respiratorio, hiperinflación pulmonar, que deja en situación desventajosa a los músculos vinculados con la respiración.

Como principal consecuencia de ello, la disfunción muscular periférica aparece como una complicación frecuente moderada- severa debida a la inactividad crónica, bajo nivel de oxígeno, corticoides, estrés oxidativo, entre otras, contribuyendo de ésta manera a que los pacientes asocien empeoramiento en su calidad de vida, discapacidad e incluso un aumento en la morbi mortalidad.

La debilidad muscular en estos pacientes contribuye a que la percepción de la fatiga en extremidades inferiores se asocie con el movimiento en cuádriceps. Según estudios, se ha observado que el aumento en la acidosis láctica que acompaña al esfuerzo y que condiciona un aumento en las necesidades ventilatorias para eliminar el CO<sub>2</sub> que se produce en el metabolismo del ácido láctico. Ello supone una carga adicional para los músculos respiratorios que se encuentran alterados, dificultando la el trabajo necesario para eliminar el CO<sub>2</sub>. Por ello, los pacientes presentan hipercapnia, elevación anormal en la concentración de CO<sub>2</sub> en la sangre arterial, durante el esfuerzo.

Ésta disfunción muscular es potencialmente tratable con rehabilitación, suplementos nutricionales y fármacos anabolizantes.

### 1.4. Rehabilitación Pulmonar

”Un arte de la Práctica Médica en el que se formula un programa multidisciplinario ajustado a cada enfermo, por el que un diagnóstico preciso, un tratamiento, un soporte emocional y una educación, se estabilizan o se corrigen los aspectos fisiopatológicos de las enfermedades pulmonares y pretende devolver a la persona afectada la máxima capacidad funcional posible que le permitan su capacidad y su estado general”.

Según investigaciones, cuyas evidencias lo confirman, el entrenamiento muscular es el elemento básico que ofrece los resultados más contrastados, debido a que el

ejercicio busca la vinculación de grandes grupos musculares para que exista una alta demanda cardiovascular; busca que module y cree un nuevo patrón ventilatorio con un mayor volumen circulante y una menor frecuencia respiratoria, de tal manera que incremente la movilidad de la caja torácica, desensibilice la disnea, mejore la función de los músculos respiratorios y así, permita una mejor tolerancia a las actividades de la vida diaria del paciente.

Para ello, los ejercicios más comunes a aplicar, en casa, en personas que padecen enfermedades respiratorias crónicas, son caminar a tal velocidad que exista un aumento considerable de frecuencia cardiaca y subir escaleras. Respecto a la intensidad del entrenamiento, se adoptará para cada paciente la estrategia que considere conveniente el especialista, teniendo en cuenta la edad y el grado de afectación de cada una. Por otra parte, se define que la duración de las sesiones, para alcanzar efectos de entrenamiento considerables, sea de 30 a 40 minutos/ día, 5 días por semana y por un periodo de 8 semanas.

# Capítulo 2

## Fundamentos fisiológicos para el registro de biopotenciales

### 2.1. Fundamentos de Fisiología celular

El organismo humano es bastante complejo. Su innumerable cantidad de células forman órganos, aparatos y sistemas que sincronizan y coordinan su funcionamiento de manera adecuada respondiendo a los estímulos que recibe del medio interno y externo. La comunicación entre células se hace efectiva por medio de sustancias e impulsos eléctricos, resultado de la actividad electroquímica de células tipo excitables que componen tejido muscular y glandular que luego se convierte en potencial de acción.

Por otra parte, la neurona es la célula encargada de generar señal eléctrica en término de potencial de membrana celular que debe ser enviada a otras neuronas y células musculares, integrando la información que le llega por contactos sinápticos previos. Es por ello que la modificación en el potencial de membrana se hace un paso ineludible a la hora de generar las señales eléctricas especializadas, modificaciones que son dadas como:

- Potencial de acción: señales breves y de gran amplitud. Función: transmitir rápidamente y a grandes distancias la información por los axones.
- Potenciales de marcapaso: respuestas lentas y de menor voltaje. Función: controlar la excitabilidad donde los músculos contienen miles de células que actúan como sincitio. Pueden presentar contracciones sincronizadas debido a que varias células están inervadas por un solo axón.
- Señales de bajo voltaje de acción sináptica.

Estos diversos cambios dan lugar al aumento en la permeabilidad selectiva de la membrana a iones que se ubican asimétricamente en ambos lados de la membrana.

#### 2.1.1. Características de la membrana celular

La membrana celular se encuentra constituida por fosfolípidos y proteínas embebidas. Los extremos de esos fosfolípidos actúan como barrera natural que hace que funcionen como barrera que controla el flujo de entrada y salida de sustancias desde y hacia el exterior. Como respuesta a los cambios de aquella permeabilidad y

distribución asimétrica de iones en medio intracelular, con fuente energética ATP, la respuesta activa marca su diferencia con respecto a la negativa, que no requiere de energía para que la sustancia cruce el umbral y cuya propagación produce cambios gracias a las propiedades eléctricas de la membrana sin modificaciones de permeabilidad iónica.

### 2.1.2. Potencial de acción en células nerviosas

Otra propiedad de las células excitables es la conducción del potencial de acción con un estímulo adecuado.

Es importante tener en cuenta que el potencial de acción es una onda de descarga eléctrica que viaja a lo largo de la membrana celular y que lleva información. Éstos potenciales de acción son generados por diversas células corporales, en especial por las células del sistema nervioso y su origen reside en la naturaleza de la tensión dependiendo del tiempo de las permeabilidades de membrana a otros iones. Éstos sólo se presentan cuando alcanzan un nivel de despolarización suficiente, independientemente de la distancia en la que esté el estímulo, se propagan sin decremento. Por su parte, la despolarización es una disminución del valor absoluto del potencial transmembrana y la repolarización es el proceso por el cual la célula recupera su potencial de reposo cuyo valor es normalmente negativo en zona intracelular.

## 2.2. Electrofisiología del corazón

### 2.2.1. Anatomía y fisiología del corazón

El corazón se encuentra situado en la cavidad torácica y ocupa la región intermedia de las dos regiones pleuro- pulmonares. Posee forma de pirámide triangular; su consistencia es dura y su coloración es rojiza; alcanza un peso aproximado de 270g en el hombre y 260g en la mujer.

Presenta tres caras: anterior, inferior y lateral izquierda; tres bordes, uno derecho y dos izquierdos; una base y un vértice.

Formado de 4 cavidades: 2 aurículas, derecha e izquierda, y 2 ventrículos, derecho e izquierdo que se encuentran separados por los tabiques, interauricular e interventricular, determinando así que el corazón se constituya por dos mitades. Por su parte, las aurículas que se encuentran a los dos lados del tabique interauricular, cuentan con paredes más delgadas y lisas en la mayor parte de su extensión pero son más pequeñas que los ventrículos. Éstos últimos se encuentran a lado y lado del tabique interventricular y se comunican directamente a su salida, con la arteria pulmonar, derecho y con la aorta, izquierdo.

El corazón se considera una bomba de dos etapas: corazón derecho y corazón izquierdo que funcionan sincronizadamente para suministrar la sangre arterial por todo el cuerpo y para oxigenar la que ha sido recogida, respectivamente.

### 2.2.2. Ciclo cardiaco

El ciclo cardiaco es la sucesión de acontecimientos auriculares y ventriculares que se repiten en cada contracción. En primer lugar, el inicio del ciclo reside en el nodo sinusal que despolariza ambas aurículas. Una vez la aurícula se contrae, las válvulas se encuentran abiertas y listas para dar paso a la cantidad de sangre induciendo, de ésta manera, una pequeña elevación del volumen y un aumento transitorio de la presión de ambas cavidades. Tras la activación de la aurícula, la onda se detiene en el nodo auriculoventricular y posteriormente sigue su curso hacia el fascículo de Hiss, sus tres ramas y las fibras de Purkinje; despolariza toda la masa ventricular izquierda. Tras la contracción auricular, la presión desciende en las dos cavidades y se invierte la polaridad del gradiente de presión a través de la válvula hasta alcanzar el punto de equilibrio. A continuación, se da lugar a la contracción ventricular, vaciando el 70 % de su contenido pasando por las válvulas y expulsando la sangre, finalmente, al lugar que corresponde, el resto del cuerpo y a los pulmones.

### 2.2.3. Señal ECG: Ondas, Intervalos y segmentos

Cuando se registra un ECG, se inscribe una serie de ondas por cada ciclo cardiaco. Einthoven denominó a éstas ondas P, Q, R, S y T. Correspondiendo a:

- Onda P: Despolarización auricular
- Complejo QRS: Despolarización ventricular
- Onda T: Repolarización ventricular

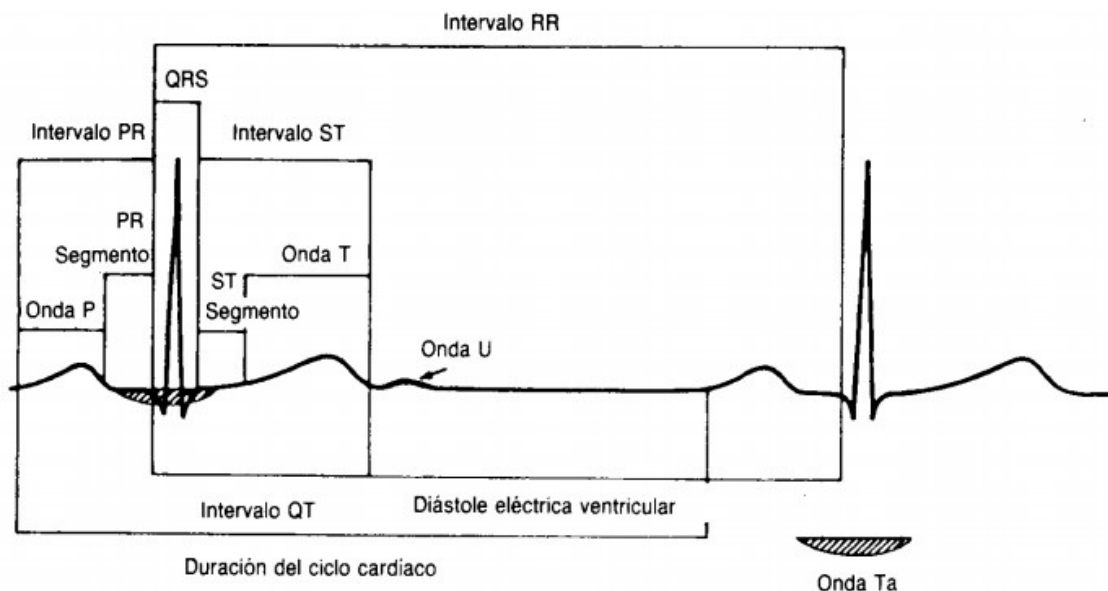


Figura 2.1: Intervalo RR

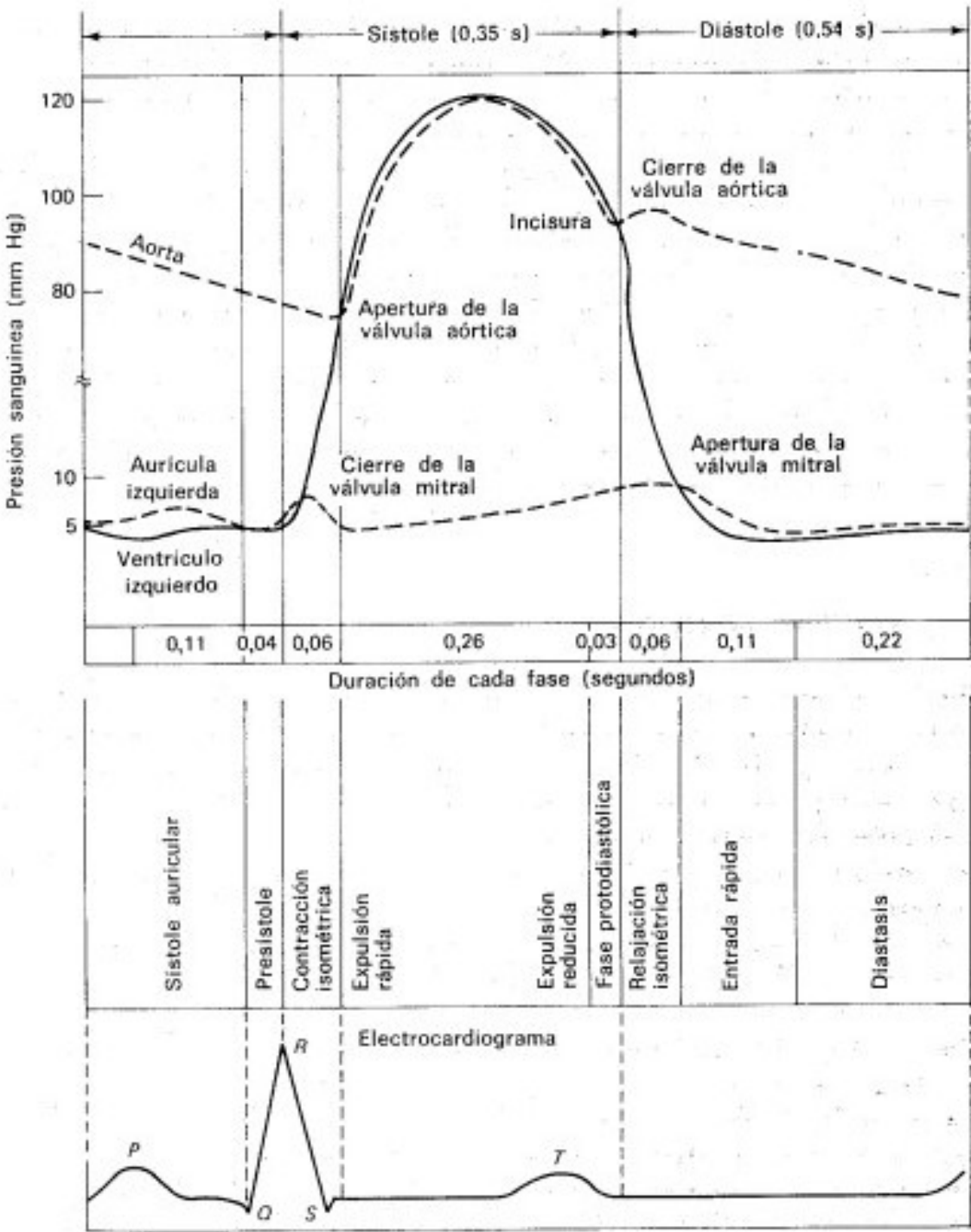


Figura 2.2: Curvas de presión y volumen del corazón durante el ciclo cardíaco

### 2.2.4. Derivaciones

La actividad eléctrica del corazón se registra captándola a través de electrodos colocados en puntos estratégicos llamados derivaciones. Debido a que el corazón es un órgano tridimensional y dado que no se pueden registrar en una superficie plana una imagen de tres dimensiones, se hace necesario proyectar las fuerzas eléctricas cardíacas en dos planos, frontal y horizontal con el fin de conocer el rumbo de dichas fuerzas.

### 2.2.4.1. Derivaciones del plano frontal

Derivaciones bipolares: Registran las diferencias de potencial entre dos puntos del cuerpo. Tienen dos polos y una línea de derivación que los une. Son designadas como: I, II, III (D1, D2, D3). Para su registro se colocan electrodos en el brazo derecho, izquierdo y pie izquierdo.

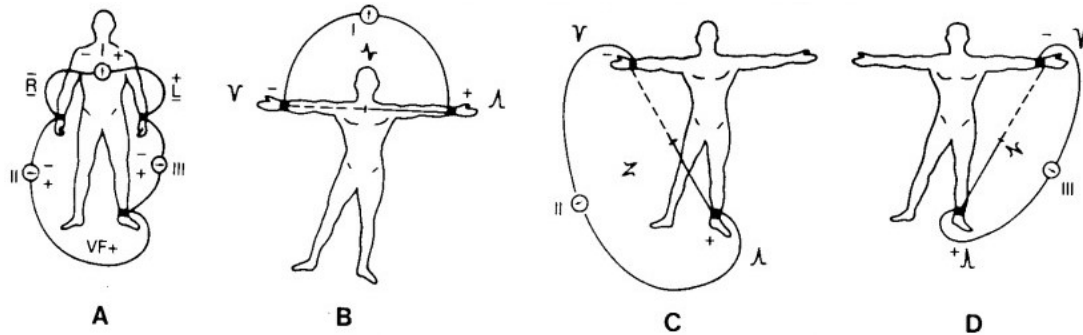


Figura 2.3: Silueta humana con los cables de derivaciones I, II, III  
La suma total de las diferencias tensionales entre distintos puntos constituyen un circuito cerrado.

Es importante tener en cuenta que la Ley de Einthoven toma la segunda derivación con una polaridad invertida, de tal manera que: (VL-VR), relación correspondiente a la derivación I, sumado con (VR-VL), relación correspondiente a la derivación III, es igual a (VF-VR), derivación II. Por lo tanto,  $I + III = II$ .

Derivaciones monopoles de extremidades: Debido a que éstas derivaciones registran diferencias de potencial y no potencial real neto en un punto, Wilson unió cada vértice del triángulo a un terminal central, por medio de resistencias de 5 KOhmios, obteniendo así los potenciales absolutos monopoles de dichos miembros, registrados respectivamente en las derivaciones VR, VL y VF.

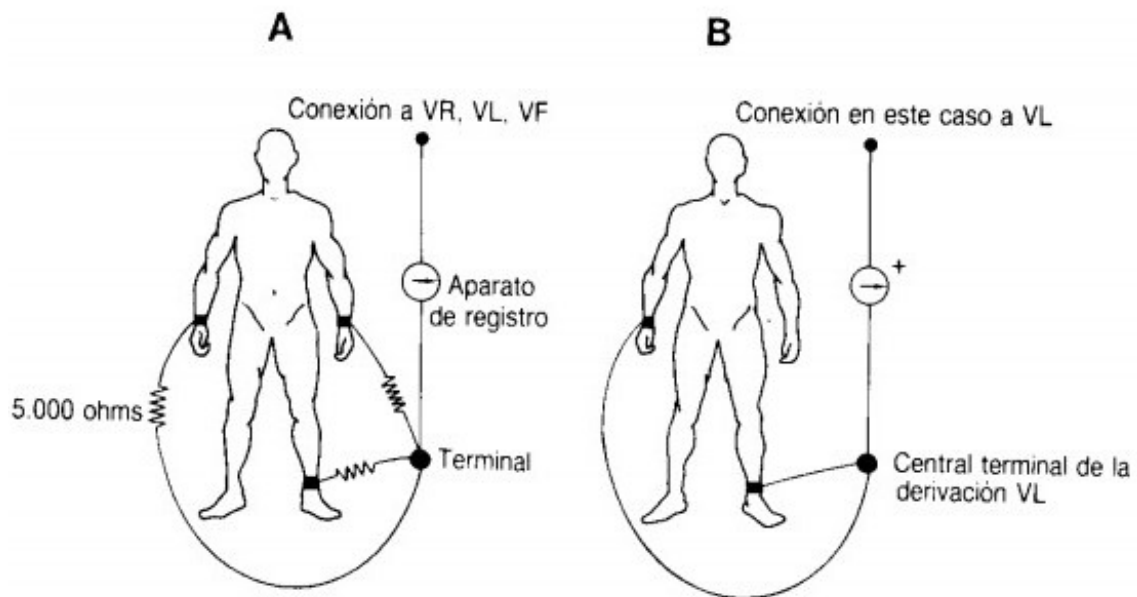


Figura 2.4: Derivaciones monopoles

#### **2.2.4.2. Derivaciones del plano horizontal**

Éstas derivaciones son particularmente útiles para los casos en los cuales los vectores son perpendiculares al plano horizontal, pues la proyección sería cero.

### **2.3. Electrofisiología del músculo esquelético**

La mayoría de los pacientes que padecen enfermedades respiratorias crónicas se someten a una rutinaria vida de poco movimiento debido al miedo de enfrentar una crisis respiratoria estén o no, conectados a una ventilación mecánica. El sedentarismo desencadena problemas musculares provocando debilidad y hace poco posible una pronta desconexión del ventilador.

Según investigaciones, con el despliegue de unidades de cuidados intensivos se ha observado que la prevalencia de la debilidad muscular en pacientes bajo ventilación mecánica es muy alta y varía desde el 25 % hasta el 100 %. Algunos de ellos, persisten con una debilidad muscular que se prolonga en el tiempo y hace precisa su adscripción a un programa de rehabilitación que en algunos casos puede prolongarse durante meses y/o años.

Así pues, se trata de un problema que afecta a un gran número de pacientes, retrasa la finalización de la ventilación mecánica, aumenta la morbilidad y agrava los costes económicos y humanos. En cuanto a la causa médica de dicha debilidad, hoy en día

#### **2.3.1. Sistema muscular**

#### **2.3.2. Señal EMG**



# Capítulo 3

## Fundamentos electrónicos

### 3.1. Electrodo

Son placas metálicas colocadas sobre la superficie corporal para realizar la detección de la actividad eléctrica del corazón.

Son transductores que deben convertir la corriente iónica en eléctrica, aquellas corrientes son un mecanismo de conducción de las señales bioeléctricas en los tejidos, corrientes eléctricas capaces de ser procesadas por el prototipo.

#### 3.1.1. Tipos de electrodo

##### 3.1.1.1. Electrodo Plano

Pueden ser rectangulares o circulares con una superficie alrededor de 15 cm<sup>2</sup>. Mediante tratamientos especiales se crea una porosidad en la cara de contacto para aumentar la superficie efectiva.

Poseen una impedancia de 5K $\Omega$  aproximadamente a una frecuencia de 100Hz, valor que disminuye si se utiliza líquido de acoplamiento.

##### 3.1.1.2. Electrodo de Succión

Tienen forma de campana, cuyo diámetro es de 4 cm para adultos y 2 cm para neonatos. En la parte superior tienen conectados una especie de globo de goma que se presiona antes para lograr el efecto.

##### 3.1.1.3. Electrodo Multipuntual

Son similares a los electrodo plano, pero tienen en su superficie de contacto cientos de pequeños dientes. Se colocan presionando y rotando sobre la piel para perforar la capa más externa de la epidermis. Su impedancia es igual a los electrodo plano.

##### 3.1.1.4. Electrodo Suspendido

El metal no hace contacto directo sobre el tejido, se encuentra inmerso en un gel electrolítico que se interpone entre el tejido y electrodo. Se utilizan a menudo en situaciones donde existen movimientos en el paciente.

### 3.1.1.5. Electrodo Adhesivos

Son electrodos descartables de uso general y descartables en monitoreo. Su calidad es mejorada mediante el uso de gel de acople.

## 3.2. Amplificadores de instrumentación

Amplificador diferencial cuyas principales características son una alta impedancia de entrada, bajo ruido y un elevado rechazo de señales de modo común.

### 3.2.1. Amplificador Operacional

Circuito integrado compuesto por una gran cantidad de transistores, que eleva la potencia de una señal con una distorsión, muy versátil, capaz de realizar operaciones aritméticas, adaptar niveles; impedancias, ecualizar, combinar, distribuir y aislar señales. Su característica principal es amplificar la diferencia de potencial que aparezca en los terminales de entrada estableciendo una ganancia.

El diagrama básico de un amplificador es presentado a continuación:

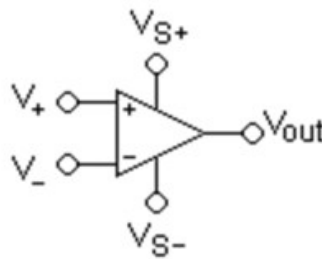


Figura 3.1: Amplificador operacional

Las terminales con las que cuenta éste dispositivo son:

- Entrada Inversora
- Entrada No Inversora
- Terminal de salida
- Terminales de alimentación: positiva y negativa

El amplificador operacional ideal cuenta con las siguientes características:

- Impedancia de entrada infinita, corriente neta de entrada al amplificador por los terminales igual a cero.
- Impedancia de salida cero
- Ganancia de modo común cero
- Ganancia de lazo abierto A infinita
- Ancho de banda infinito

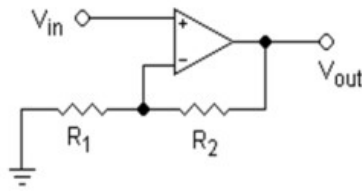
**3.2.1.1. Configuraciones****3.2.1.2. Configuración no inversora**

Figura 3.2: Configuración no inversora

Configuración que recibe el nombre debido a que la salida  $V_{OUT}$  tiene como resultado el valor amplificado del voltaje de entrada en base a la siguiente ecuación:

$$V_{OUT} = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_{IN}$$

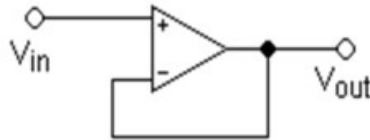
**3.2.1.3. Seguidor de Tensión**

Figura 3.3: Seguidor de tensión

Esta configuración es bastante simple, el valor del voltaje de salida es igual al voltaje de entrada, 'sigue' a su entrada.