

ELECTROCARDIOGRAFÍA BÁSICA

Aproximación práctica a la lectura del EKG

María Blanco Vidal
Diplomada en Enfermería
Unidad de Cuidados Intermedios de Cardiología
Hospital Álvaro Cunqueiro
EOXI Vigo

Emiliano Fdez-Obanza Windscheid
Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria
Médico de Urgencias Hospitalarias
Médico especialista en Cardiología
Complejo Hospitalario Universitario de Ferrol
EOXI Ferrol

EDITA: Emiliano Fdez-Obanza Windscheid
DISEÑO: Soledad Fdez-Obanza Windscheid
ILUSTRACIONES: D. Berne
Impresión: GRÁFICAS MERA
ISBN: 978-84-697-2840-6
Depósito Legal: C 664-2017

TERCERA EDICIÓN



COLABORA

Desarrollo e Innovación Médica
www.dimed.es

Agradecemos a nuestros compañeros María Seage,
Cristina Iglesias, Javier Alonso y
M^a Esther Fernández, por sus útiles consejos.

Un reconocimiento especial a D. Berne, a quien
debemos las luminosas ilustraciones de este manual.

PRÓLOGO

Hoy día, visualizar e interpretar un electrocardiograma (EKG) parece una tarea rutinaria, una forma sencilla de aproximarnos a la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón en función del tiempo.

Pero esta sencilla tarea, no hubiese sido posible si no fuese porque en 1911, Willem Einthoven, en Leiden, culminó su trabajo experimental y clínico, posibilitando con el uso del “galvanómetro de cuerda”, la lectura del EKG. Fue Einthoven quien asignó las letras P, Q, R, S y T a las diferentes deflexiones del EKG, y quien describió las características electrocardiográficas de numerosas enfermedades cardiovasculares. Por todo ello, le concedieron el Premio Nobel de Fisiología-Medicina en 1924.

Un EKG es hoy día, una técnica ampliamente utilizada para valorar el estado del corazón de forma no invasiva, a través del registro de la representación gráfica de la actividad bioeléctrica del corazón. Dicha prueba se usa para evaluar el ritmo cardíaco, el estado del sistema de conducción, el estado del miocardio (músculo cardíaco); y también, en forma indirecta, la situación del corazón como una bomba, además de poder evaluar la aparición de ritmos patológicos, daños en miocardio auricular o ventricular, o en el tejido de conducción de la señal eléctrica cardíaca, junto a otras causas no-cardíacas.

El libro que tengo el honor y satisfacción de prologar, contribuye a la difusión del conocimiento, a hacer más sencilla la asimilación de conceptos básicos del EKG, a entender e interpretar mejor un electrocardiograma, a saber valorar los diferentes tipos de arritmias, a conocer los trastornos de conducción cardíacos, a identificar la repercusión de diferentes patologías en el EKG, como los crecimientos auriculares y ventriculares.

Incluye un capítulo entero dedicado a la cardiopatía isquémica y su traducción electrocardiográfica. Un diagnóstico diferencial de las diferentes alteraciones de la repolarización. Y acaba con la descripción de la repercusión electrocardiográfica de diferentes situaciones patológicas como la hiperpotasemia, el tromboembolismo pulmonar o la de patologías específicas arritmológicas como el síndrome de preexcitación ventricular o el QT largo.

El libro está escrito de una manera sencilla, amena e ilustrativa, precisamente para facilitar su lectura y el aprendizaje. Con él se pone de manifiesto y es un ejemplo de cómo la arritmología se ha ido erigiendo en una disciplina con entidad propia y que, por ello, precisa de una formación, de una educación médica de la que este libro forma parte. Y al igual que otros muchos y muy buenos libros, este cumple también con uno de los retos a los que todo libro científico se enfrenta, que el aprendizaje no sea solo una transmisión de contenidos, sino un proceso activo formativo, a través del cual, y simultáneamente, se mejoran y sistematizan los conocimientos y se desarrollan habilidades.

Estoy seguro de que con su lectura, el lector entrará a formar parte del círculo de personas que valoran la educación continuada, y que probablemente compartirán la frase de Derek Bok, que fue el 25 Presidente de la Universidad de Harvard, entre 1971-1991, quien dijo: “Si usted cree que la educación es cara, intente la ignorancia”. Este libro nos aleja de la misma, y de ahí su gran mérito.

Mi enhorabuena a sus autores.

Dr. Andrés Iñiguez

*Jefe de Servicio de Cardiología
Hospital Álvaro Cunqueiro
Vigo.*



Algo para leer antes de comenzar...

El hecho de que una prueba complementaria con casi 100 años de historia siga plenamente vigente ya da una idea de la relevancia de este estudio diagnóstico.

Y el secreto de este éxito se basa en dos vertientes. Por una parte, se trata de un prueba sencilla, barata, indolora y que proporciona amplia información; y por otro lado, la enfermedad cardiovascular sigue teniendo una elevada prevalencia y supone la principal causa de mortalidad en nuestro medio.

Tanto en el seguimiento de este creciente número de pacientes crónicos, como en el diagnóstico de aquellos individuos previamente sanos que presentan disnea, dolor torácico, palpitaciones, síncope etc., el EKG es la primera prueba complementaria a realizar.

Disponer de un estudio tan eficaz y accesible es una suerte; y comprender la información que nos proporciona constituye una oportunidad para mejorar la calidad de nuestra aportación a la salud.

Como se menciona en el título, este es un libro básico, que pretende lograr que la aproximación a esta herramienta diagnóstica resulte sencilla, apelando a integrar los aspectos fisiopatológicos esenciales para una fácil comprensión. Esta publicación apuesta por tres pilares básicos:

- Análisis sistemático del electrocardiograma buscando activamente la información que nos aporta cada una de las deflexiones del EKG, con el fin de lograr que las respuestas fluyan y evitar pasar por alto información relevante.
- Repetir una y otra vez los aspectos básicos, ya que es la forma de integrar la sistemática y apuntalar el conocimiento.
- Abundantes ejemplos reales, imágenes y esquemas, dejando el texto como un apoyo a las mismas, para facilitar la comprensión e integración de la información.

Nuestra filosofía es proporcionar la información mínima pero suficiente para fomentar un aprendizaje “de fondo” y que la lectura de este manual sea amena y atractiva. Con ello pretendemos que la electrocardiografía no suponga un sacrificio, sino un proceso motivador al alcance de estudiantes de medicina y enfermería, médicos residentes y personal de enfermería; y sirva como repaso a todos aquellos profesionales de salud que no utilicen el electrocardiograma de forma habitual en su labor asistencial.

Nuestro último consejo es realizar la lectura de forma ordenada. No nos saltamos ningún capítulo. Comenzar por el principio, para entender las bases anatómicas y electrofisiológicas sobre las que se sustenta este estudio, simplificará enormemente la comprensión de los capítulos posteriores.

Esperamos de todo corazón, que esta aproximación práctica a la lectura del EKG aporte luz en el no siempre sencillo sendero del aprendizaje.

María Blanco Vidal
Emiliano Fdez-Obanza Windscheid

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA 1: ANATOMÍA Y ELECTROFISIOLOGÍA CARDÍACA	Pág. 1
TEMA 2: INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA	Pág. 10
TEMA 3: LECTURA DEL ELECTROCARDIOGRAMA	Pág. 20
TEMA 4: ARRITMIAS CARDÍACAS:	Pág. 35
• ARRITMIAS CON FRECUENCIA CARDÍACA NORMAL	Pág. 39
• ARRITMIAS CON FRECUENCIA CARDÍACA ALTERADA	Pág. 45
ARRITMIAS RÁPIDAS - TAQUIARRITMIAS	Pág. 46
ARRITMIAS LENTAS - BRADIARRITMIAS	Pág. 60
TEMA 5: TRASTORNOS DE LA CONDUCCIÓN INTRAVENTRICULAR Y CRECIMIENTO DE CAVIDADES:	Pág. 72
• BLOQUEOS DE RAMA	Pág. 74
• CRECIMIENTOS VENTRICULARES	Pág. 79
• CRECIMIENTOS AURICULARES	Pág. 81
TEMA 6: CARDIOPATÍA ISQUÉMICA	Pág. 85
TEMA 7: DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL: ALTERACIONES DE LA REPOLARIZACIÓN	Pág. 93
TEMA 8: MISCELÁNEA	Pág. 102
• HIPERPOTASEMIA	Pág. 102
• TROMBOEMBOLISMO PULMONAR	Pág. 104
• SÍNDROME DE PREECITACIÓN O DE WOLFF-PARKINSON-WHITE	Pág. 105
• QT LARGO	Pág. 107



TEMA 1

ANATOMÍA Y ELECTROFISIOLOGÍA CARDÍACA

El corazón es un órgano muscular que ocupa un lugar central en el sistema cardiovascular. Se encarga de bombear la sangre para que esta circule de forma constante, transportando oxígeno y nutrientes, y retirando las sustancias de desecho.

Desde las primeras semanas del período embrionario, el corazón debe realizar su función (ciclo de contracción-relajación) de forma ininterrumpida durante toda nuestra vida.

Merece la pena dedicar un tiempo a integrar cuáles son los mecanismos anatómicos y fisiológicos que permiten a nuestro protagonista realizar su función de un modo infalible y completamente eficiente.

Comprender aspectos básicos de la electrofisiología nos facilitará enormemente el aprendizaje del electrocardiograma.



La división de la cámara cardíaca en aurículas y ventrículos, y la sincronización entre la actividad de estas estructuras, es el primer mecanismo para garantizar un flujo sanguíneo con mínimas interrupciones entre cada bombeo.

¿Cómo se garantiza la actividad ordenada y sincrónica de las diferentes cámaras que forman el corazón?

Durante el desarrollo fetal, una parte de las células procedentes del precursor embrionario del miocardiocito se van a diferenciar en células de Purkinje, que son las precursoras del llamado **tejido especializado de conducción**; mientras que el resto de células van a evolucionar para formar las válvulas y el músculo cardíaco (**tejido de trabajo**).

Tejido especializado de conducción

El tejido especializado de conducción (que bien podría llamarse de excitación-conducción) se encarga de originar y conducir el estímulo eléctrico que desencadene la contracción del músculo cardíaco. Los componentes de esta red eléctrica son:

1. Nodo sinusal (NS): está situado en la parte alta de la aurícula derecha, cerca de la desembocadura de la vena cava superior. Es el lugar donde normalmente se genera el estímulo eléctrico y, por ello, también es conocido como marcapasos fisiológico.

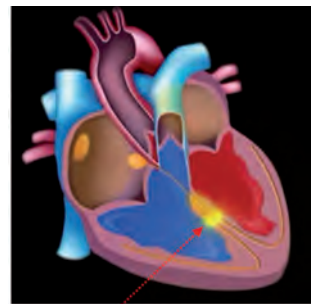
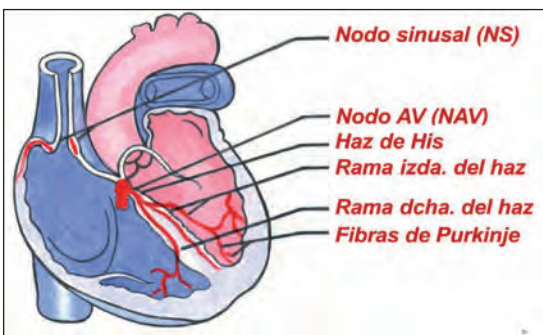
2. Fascículos internodales: vías preferenciales que conectan al nodo sinusal con el nodo AV.

3. Nodo aurículoventricular (NAV): situado en la parte baja del tabique interauricular. Entre sus funciones está la de frenar el estímulo eléctrico antes de pasar a los ventrículos; de este modo, da tiempo a que las aurículas se vacíen completamente en los ventrículos y que estos se llenen antes de la sístole ventricular. En condiciones normales es la única "comunicación eléctrica" que existe entre aurículas y ventrículos.

4. Haz de His: conjunto de fibras que penetran en el ventrículo y que, tras un corto trayecto, se dividen en dos ramas principales.

5. Ramas izquierda y derecha del haz de His: se distribuyen por la superficie interna de las cámaras ventriculares correspondientes para transmitir el estímulo de forma simultánea a ambos ventrículos.

6. Fibras de Purkinje: ramificaciones terminales que penetran en la superficie endocárdica de los ventrículos.



Estímulo eléctrico que desencadena la contracción de la célula miocárdica

RECUERDA:

En condiciones fisiológicas, los estímulos eléctricos solo pueden pasar desde las aurículas a los ventrículos a través del nodo aurículoventricular.



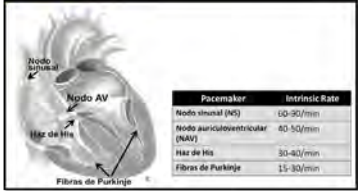
¿Qué propiedades tiene este tejido especializado?

Propiedades del tejido especializado

DISTINTA VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN:
Sincronía auriculoventricular e interventricular.

Optimización función de bomba.

AUTOMATISMO:
Autonomía / seguridad.



Pacemaker	Intrinsic Rate
Nodo sinusal (NS)	75-100/min
Nodo auriculoventricular (NAV)	40-50/min
Haz de His	30-40/min
Fibras de Purkinje	15-30/min

Además de la importancia de la sincronía auriculoventricular, para lograr un bombeo eficiente, la contracción de los ventrículos también debe realizarse de un modo organizado para mejorar el gasto cardíaco (sincronía interventricular). Esto es posible gracias a la distribución de las ramas izquierda y derecha del haz de His.

RECUERDA:

La distribución y diferente velocidad de conducción de los distintos componentes del tejido específico de conducción permiten optimizar la función de bomba cardíaca.

Otra propiedad del tejido especializado es el **automatismo**. Como se ve en la imagen, algunas estructuras tienen la capacidad de activarse espontáneamente, sin necesidad de recibir un estímulo externo. Las estructuras más altas disponen de un automatismo mayor (nodo sinusal), de este modo se garantiza que la activación cardíaca se inicie por las aurículas y se continúe por los ventrículos.

Las estructuras con menor automatismo tienen una frecuencia de descarga menor, por lo que en condiciones normales no compiten con el nodo sinusal. Sin embargo, en situaciones en que se presente un problema con la generación o la transmisión del impulso sinusal (bradicardia sinusal extrema o bloqueos auriculoventriculares), pueden recurrir a su automatismo y funcionar como mecanismos de seguridad accesorios (latidos de escape).

RECUERDA:

El automatismo es el mecanismo fisiológico que garantiza el funcionamiento autónomo del corazón, además constituye un mecanismo de seguridad adicional en condiciones patológicas.

Tejido muscular ¿Cuáles son sus características?



Para entender la fisiología cardíaca, también es importante conocer las características de las células musculares. La propiedad electrofisiológica fundamental de la célula muscular cardíaca es la **excitabilidad**, definida como la capacidad de generar un potencial de acción ante un estímulo determinado.

Las células miocárdicas son cilíndricas y estriadas pero, a diferencia del músculo esquelético, no están organizadas en fascículos con fibras paralelas, sino que se bifurcan formando una red tridimensional compleja. Además, las células se unen entre sí por los discos intercalados, cuya membrana especializada permite el paso de estímulos eléctricos entre las dos células que conecta.

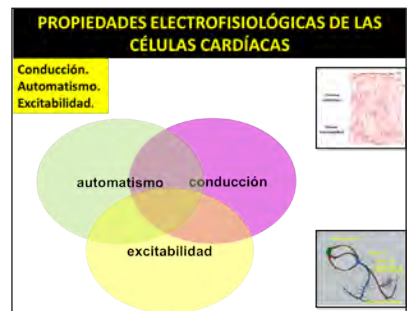
Estas peculiaridades hacen que el músculo cardíaco en su conjunto se comporte como una unidad contráctil, y permite que, una vez activada una célula, el estímulo eléctrico se extienda por todo el miocardio.

A TENER EN CUENTA:

La función principal de la célula muscular cardíaca es la contracción, sin embargo, también tiene la capacidad de conducir estímulos eléctricos a las células contiguas gracias a los discos intercalados.

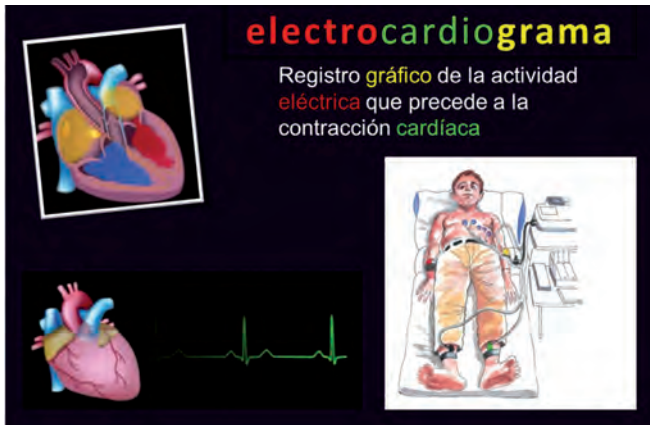
Podemos decir que las propiedades electrofisiológicas fundamentales de las células cardíacas son:

- **Conducción:** Diferente velocidad de conducción permite optimizar el bombeo cardíaco.
- **Automatismo:** Autonomía y seguridad.
- **Excitabilidad:** Contracción y relajación de la fibra muscular.





¿Qué es el electrocardiograma?



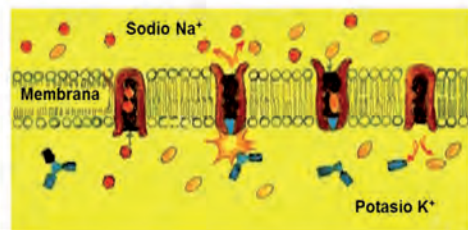
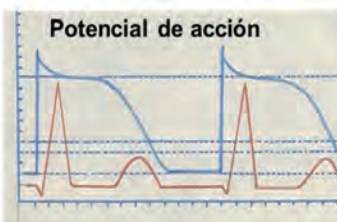
El electrocardiograma (EKG) no es, ni más ni menos, que el registro de la actividad eléctrica que precede a la contracción cardíaca.

¿Cómo se genera esta electricidad?

Hasta ahora hemos hablado de cómo los estímulos eléctricos son los que gobiernan el funcionamiento cardíaco, pero, llegados a este punto, es importante entender de dónde procede esa actividad eléctrica.

ELECTROFISIOLOGÍA BÁSICA

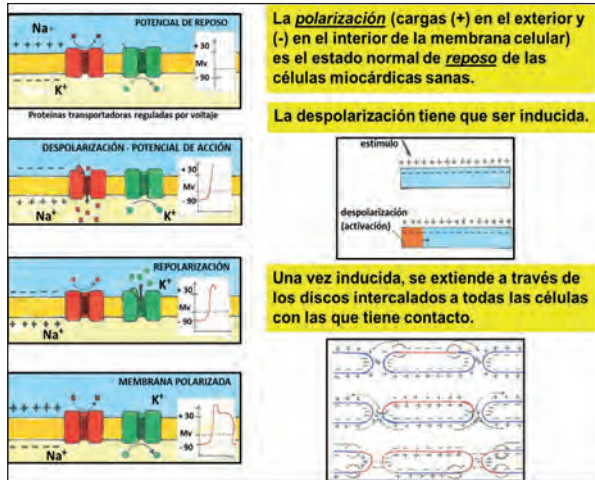
Activación y recuperación eléctrica de la célula (despolarización y repolarización)



La génesis de esta actividad eléctrica celular está determinada por dos elementos:

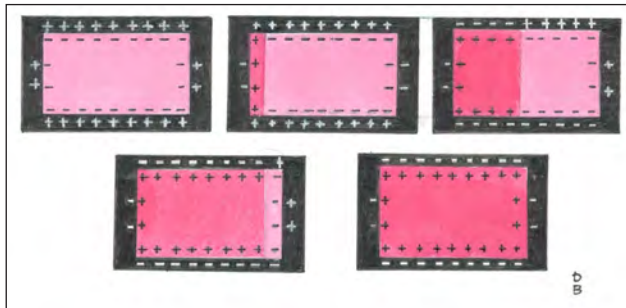
- Concentración desigual de iones a ambos lados de la membrana.
- Existencia de proteínas transportadoras específicas.

En condiciones de reposo, existe una diferente concentración de iones fuera y dentro de la membrana. Se dice que la célula en esta fase está polarizada, siendo el medio interno electronegativo y el externo electropositivo.

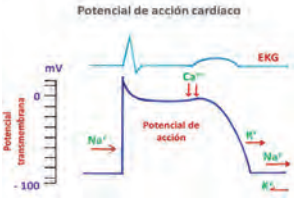


Como vemos en la imagen superior, cuando la célula es estimulada, se produce la apertura de forma secuencial de diferentes canales transmembrana (proteínas transportadoras).

En un primer momento, las cargas positivas (representadas por el ion sodio) entran masivamente al interior de la célula cambiando el medio externo hasta hacerlo electronegativo. A continuación, se abren los canales de potasio, dejando salir cargas positivas desde el interior celular; y devolviendo la carga positiva al medio externo.

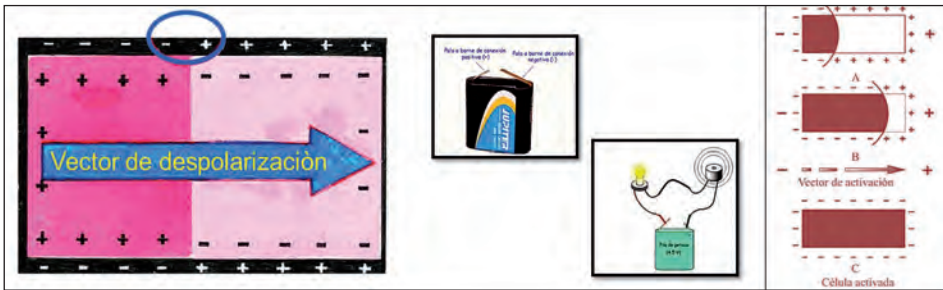


Una vez activada la célula en un punto (despolarización), el fenómeno se va extendiendo a lo largo de esta célula modificando la permeabilidad de los canales transportadores y, posteriormente, a las células vecinas gracias a los discos intercalados.

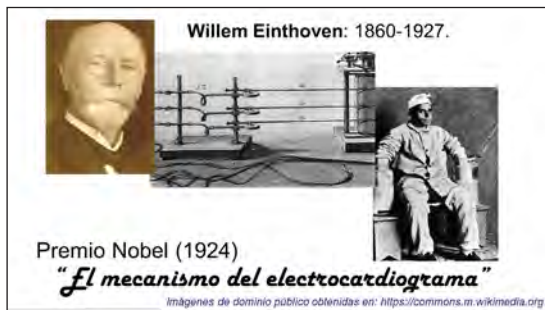


El potencial de acción no es más que la representación esquemática de los cambios de voltaje intracelular producido por las corrientes iónicas de entrada y salida.

Si nosotros detuviéramos el proceso en un instante concreto, con carácter didáctico, podríamos observar que una parte de las células ya se habrían despolarizado (electronegativas en el exterior) mientras otras células, a las que no ha llegado todavía la onda de activación, se encuentran todavía en reposo (polarizadas, con cargas positivas en el exterior).

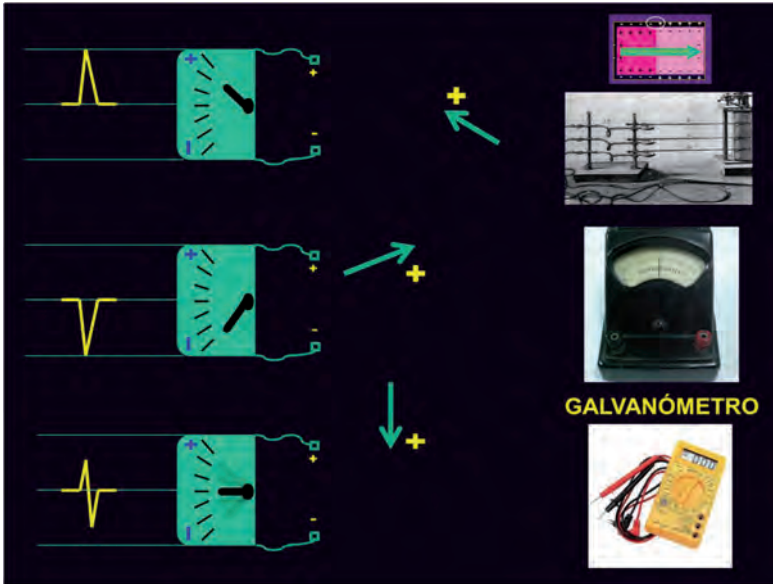


La existencia de una zona electronegativa y otra zona electropositiva (similar a los bornes de una pila de petaca) genera un campo eléctrico entre esos dos puntos que puede representarse por medio de un vector (vector de despolarización), cuyo sentido describe la progresión de la onda de activación, y cuya dirección va desde el campo electronegativo (-) hacia el electropositivo (+).



El médico holandés Willem Einthoven, recibió el premio Nobel de Medicina en 1924 por el descubrimiento de los mecanismos del electrocardiograma.

¿Cómo se registra esta electricidad?



Como vemos en la imagen, cuando el vector de activación se dirige al electrodo explorador, la onda se inscribe en el papel como una deflexión positiva, mientras que cuando se aleja se inscribe como una deflexión negativa.

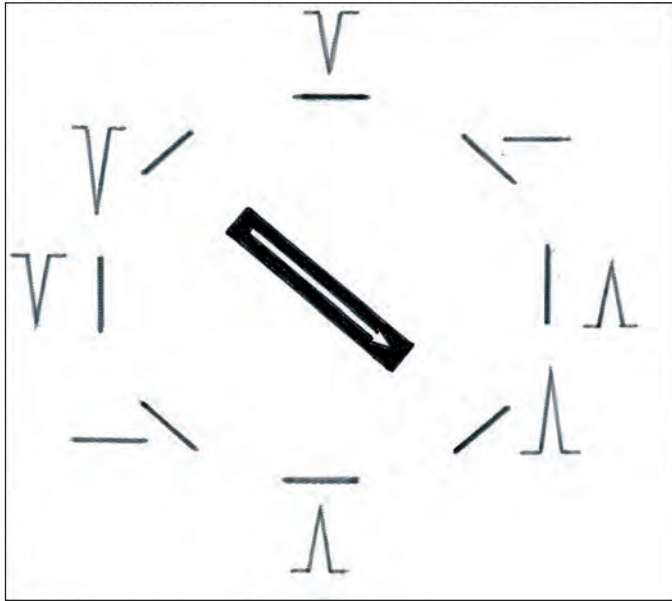
En los casos en que la onda de activación es perpendicular al electrodo explorador, la deflexión puede resultar bimodal, con una primera parte positiva y una segunda negativa (si el vector primero se aproxima y luego se aleja).

Cuando nosotros exploramos el mismo fenómeno eléctrico desde dos puntos opuestos, la deflexión de la onda será de un signo cuando se explora desde un lado, y, de signo opuesto, cuando se explora desde el lado contrario.





Se entiende también, que si exploramos ese fenómeno desde múltiples puntos, las deflexiones tendrán una morfología variable.



Una vez comprendidos los aspectos electrofisiológicos básicos de la célula cardíaca, y cómo podemos registrar esta actividad eléctrica, pasaremos a explicar qué significa cada una de las ondas que componen el electrocardiograma.

A TENER EN CUENTA:

El interés de este tema no es tanto entender los mecanismos iónicos que se producen a nivel celular. Lo importante es aceptar que existe una actividad eléctrica que precede a la contracción, y entender que esta actividad genera un vector que puede ser registrado mediante el electrocardiógrafo.

NOTAS: