CAPÍTULO 12

Interpretación electrocardiográfica de las anomalías del músculo cardíaco y flujo sanguíneo coronario: el análisis vectorial

Cualquier alteración del patrón de la transmisión puede producir potenciales eléctricos anormales alrededor del corazón y modifica la forma de las ondas en el electrocardiograma.

Principios del análisis vectorial de electrocardiograma.

Vector🡪es una flecha que señala la dirección del potencial eléctrico que genera el flujo de la corriente. La cabeza de la flecha tiene dirección positiva y la longitud de la flecha es proporcional al voltaje del potencial.

Vector medio instantáneo🡪representa el momento en el que fluye una cantidad mayor de corriente hacia abajo desde la base de los ventrículos, hacia la punta.

La dirección de un vector se indica en grados

Dirección 0º 🡪el vector es horizontal y se dirige hacia el lado izquierdo

Dirección + 90º🡪el vector se extiende desde arriba y recto hacia abajo

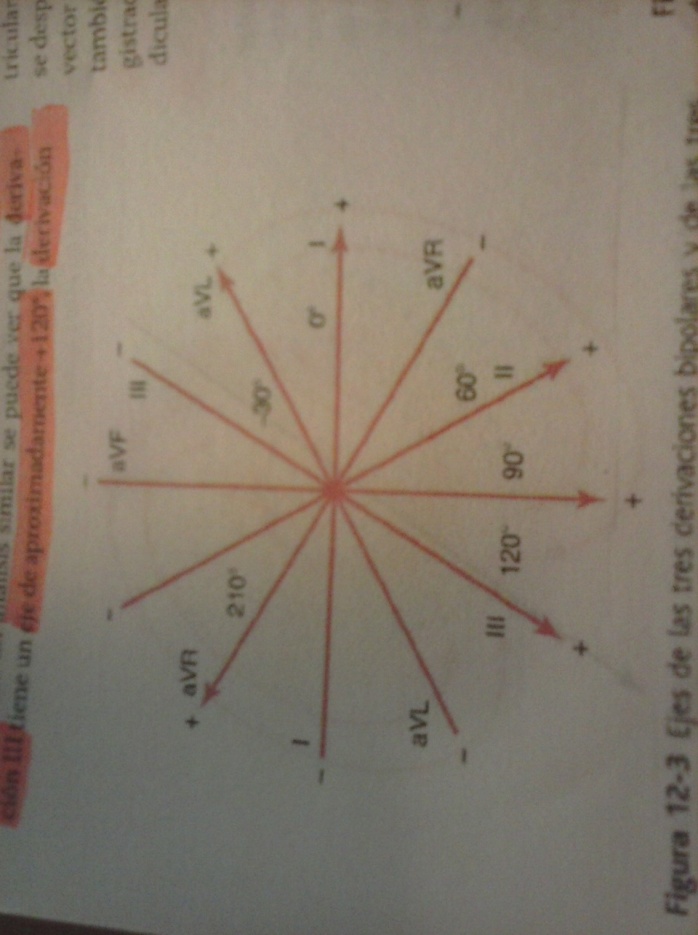
Dirección +180º🡪el vector se extiende desde la izquierda hacia la derecha

Dirección -90º (+270º)🡪el vector se extiende directamente hacia arriba

EN EL CORAZÓN NORMAL LA DIRECCIÓN MEDIA DEL VECTOR QRS (vector durante la propagación de la onda de despolarización ventricular) ES APROXIMADAMENTE +59º

La dirección del vector QRS significa que durante la mayor parte de la onda de despolarización el ápex sigue siendo positivo respecto a la base.

Eje de las derivaciones bipolares y unipolares

Eje de la derivación🡪es la dirección desde el electrodo negativo al electrodo positivo.

Derivación I🡪eje 0º

Derivación II🡪eje +60º aprox

Derivación III🡪eje +120º aprox

Derivación aVR🡪eje +210º

Derivación aVL🡪eje -30º

Derivación avF🡪eje +90

Cuando el vector del corazón están en una dirección casi perpendicular al eje de la derivación, el voltaje que se registra en el electrocardiograma de esta dirección es muy bajo.

Cuando el vector cardíaco tiene casi exactamente el mismo eje que el eje de la derivación, se registrará esencialmente todo el voltaje del vector.

Derivación I🡪su potencial es aproximadamente la mitad que el potencial real del corazón

Derivación II🡪su potencial es casi igual al del corazón

Derivación III🡪su potencial es aprox un tercio que el del corazón.

Análisis vectorial del electrocardiograma normal

La primera parte de los ventrículos en despolarizarse después de que la señal llegue desde el haz AV es la superficie endocárdiaca izquierda del tabique, después la despolarización se propaga hacia las dos superficies endocárdicas del tabique.

Posteriormente la despolarización se propaga a lo largo de las superficies endocárdicas del resto de los ventrículos y finalmente se propaga a través del músculo ventricular hacia el exterior del corazón.

Vector positivo🡪registro electrocardiográfico por encima de la línea 0

Vector negativo🡪registro electrocardiográfico por debajo de la línea 0

Aproximadamente 0.01 seg después del inicio de la despolarización ventricular el vector es corto porque sólo se ha despolarizado el tabique. Durante este período hay voltajes bajos, sin embargo el voltaje de la derivación II es mayor que el de las otras dos derivaciones bipolares, porque el vector cardíaco se propaga principalmente en la misma dirección que el eje de la derivación II.

Análisis vectorial del complejo QRS

Aproximadamente 0.02 seg después del inicio de la despolarización el vector cardíaco es largo ya que se ha despolarizado gran parte de la masa ventricular. Además los voltajes de todas las derivaciones aumentan.

Aproximadamente 0.035 seg después del inicio de la despolarización el vector se hace más corto porque el exterior de la punta cardíaca es electonegativo. Los voltajes son más bajos en este momento. Además el vector comienza a desplazarse hacia la izquierda del tórax porque el ventrículo izquierdo se despolariza más lentamente que el derecho.

Aproximadamente 0.05 seg después del inicio de la despolarización el vector cardíaco señala hacia la base del ventrículo izquierdo y es corto porque sólo sigue teniendo una polarización positiva una pequeña parte del músculo ventricular. Los voltajes de las derivaciones II y III son negativos y el de la derivación I es positivo.

Aproximadamente 0.06 seg después del inicio de la despolarización no hay flujo de corriente alrededor del corazón y no se genera ningún potencial eléctrico porque ya se ha despolarizado toda la masa ventricular. En este momento el vector y los voltajes se hacen cero.

Onda Q🡪producida por la despolarización inicial del lado izquierdo del tabique antes del lado derecho, a veces causa que el complejo QRS tenga un descenso ligeramente negativo en su comienzo.

Electrocardiograma durante la onda T

Después de que se haya despolarizado el músculo ventricular aprox 0.15 seg después, comienza la repolarización y continúa hasta que se completa al cabo de aproximadamente 0.35 seg. Esta repolarización genera la onda T.

LA MAYOR PARTE DE LA MASA DEL MÚSCULO VENTRICULAR QUE SE REPOLARIZA EN PRIMER LUGAR ES TODA LA SUPERFICIE EXTERNA DE LOS VENTRÍCULOS, ESPECIALMENTE CERCA DE LA PUNTA DEL CORAZÓN Y LAS ZONAS ENDOCÁRDICAS NORMALMENTE SE REPOLARIZAN AL FINAL.

LA ONDA T NORMAL DE LAS TRES DERIVACIONES BIPOLARES ES POSITIVA, QUE TAMBIÉN ES LA POLARIDAD DE LA MAYOR PARTE DE COMPLEJOS QRS NORMALES.

Al principio de la repolarización el vector es pequeño porque la zona de repolarización es pequeña.

Después el vector se hace más intenso debido a mayores grados de repolarización. Finalmente el vector se hace más débil de nuevo porque la cantidad total de flujo de corriente disminuye debido a las pequeñas zonas de despolarización que persisten.

EL VECTOR CARDÍACO ES MÁXIMO CUANDO APROXIMADAMENTE LA MITAD DEL CORAZÓN ESTÁ POLARIZADO Y LA OTRA MITAD ESTÁ DESPOLARIZADO.

Onda P (despolarización auricular)

La despolarización auricular comienza en el NSA y se propaga por las aurículas en todas direcciones. Por ello el punto de electronegatividad original de las aurículas se encuentra en el nódulo sinusal.

Los electrocardiogramas que se registran en las derivaciones bipolares son habitualmente positivos durante la despolarización auricular.

Onda T auricular (repolarización de las aurículas)

Debido a que las aurículas no tienen sistema de Purkinje para la conducción, la despolarización auricular es más lenta que la ventricular. Por tanto poseen una repolarización más lenta.

LA ZONA DE LAS AURÍCULAS QUE SE REPOLARIZA ANTES ES LA REGIÓN DEL NÓDULO SINUSAL. Así cuando inicia la repolarización la región que rodea al NSA se hace positiva con respecto al resto de las aurículas.

La onda T auricular se produce aproximadamente 0.15 seg después de la onda P auricular y tiene sentido negativo, es decir se encuentra debajo de la línea 0 de referencia. Sin embargo la onda T auricular aparece aproximadamente en el mismo momento que aparece el complejo QRS de los ventrículos.

Vectorcardiograma

A medida que el impulso cardíaco se propaga por el miocardio el vector del flujo de corriente varía. El vector cambia en dos aspectos:

* Aumenta y disminuye la longitud del vector debido al aumento y disminución del voltaje.
* Modifica la dirección del vector debido a cambios de la dirección media del potencial eléctrico desde el corazón.

Vectorcardiograma🡪es el que registra dichos cambios en diferentes momentos del ciclo cardíaco.

Mientras el músculo cardíaco esté polarizado el extremo positivo del vector se mantendrá en el punto 0 porque no hay ningún potencial eléctrico vectorial.

Eje eléctrico medio del complejo QRS y su significado

La dirección predominante de los vectores de los ventrículos durante la despolarización se dirige principalmente desde la base de los ventrículos hacia la punta.

Eje eléctrico medio de los ventrículos🡪es la dirección proponderante del potencial durante la despolarización ventricular.

El potencial medio aproximado que generan los ventrículos durante la despolarización se representa por la longitud del vector QRS medio y el eje eléctrico medio se representa por la dirección del vector medio.

LA ORIENTACIÓN DEL EJE ELÉCTRICO MEDIO DE LOS VENTRÍCULOS NORMALES ES DE +59º

SITUACIONES VENTRICULARES ANÓMALAS QUE PROVOCAN DESVIACIÓN DEL EJE

El eje eléctrico medio puede desplazarse incluso en el corazón normal desde aprox 20º hasta aprox 100º

Alteraciones de la posición del corazón en el tórax

Si el corazón está angulado hacia la izquierda, el eje eléctrico medio del corazón también se desplaza hacia la izquierda. Este desplazamiento se produce:

* Al final de una espiración profunda
* Cuando una persona se agacha
* En personas obesas cuyos diafragmas comprimen hacia arriba el corazón.

La angulación hacia la derecha hace que el eje eléctrico medio de los ventrículos se desplace hacia la derecha. Esto ocurre:

* Al final de una inspiración profunda
* Cuando la persona está de pie
* En personas altas y asténicas, cuyos corazones cuelgan hacia abajo.

Hipertrofia de un ventrículo

Cuando un ventrículo se hipertrofia el eje del corazón se desplaza hacia el ventrículo hipertrofiado por dos motivos:

* Porque hay mayor cantidad de músculo en el lado hipertrofiado lo que permite que se genere un mayor potencial eléctrico en ese lado.
* Porque es necesario más tiempo para que la onda de despolarización viaje a través del ventrículo hipertrofiado que a través del ventrículo normal.

Hipertrofia del ventrículo izquierdo

* Desvía el eje a la izquierda
* Es producido por
  + Hipertensión
  + Estenosis valvular aórtica
  + Insuficiencia valvular aórtica
  + Cardiopatías congénitas

Hipertrofia del ventrículo derecho

* Desvía el eje a la derecha
* Causado por
  + Estenosis congénita de válvula pulmonar
  + Tetralogía de Fallot
  + Comunicación interventricular

Bloqueo de una rama del haz produce desviación del eje

Si solo está bloqueada una de las ramas principales del haz, el impulso cardíaco se propaga a través del ventrículo normal mucho antes de que se propague a través del otro. Por ello la despolarización de los dos ventrículos no se produce simultáneamente.

Cuando hay un bloqueo de la rama izquierda del haz la despolarización cardíaca se propaga a través del ventrículo derecho de dos a tres veces más rápidamente que a través del ventrículo izquierdo. Además se produce intensa desviación del eje hacia la izquierda de aproximadamente -50º porque el extremo positivo del vector señala hacia el ventrículo izquierdo.

También al existir bloqueo del sistema de Purkinje los complejos QRS se prolongan debido a la extrema lentitud de la despolarización en el lado afectado del corazón.

Cuando hay bloqueo de la rama derecha de Purkinje el ventrículo izquierdo se despolariza mucho más rápido que el derecho. Por ello el vector tiene su extremo positivo hacia el ventrículo derecho.

Situaciones que provocan voltajes anormales del complejo QRS

LA DERIVACIÓN III REGISTRA EL MENOR VOLTAJE Y LA DERIVACIÓN II EL MAYOR VOLTAJE, HABITUALMENTE.

QRS de alto voltaje🡪debido a hipertrofia del músculo en respuesta a carga excesiva de alguna parte del corazón.

QRS con voltaje disminuido🡪debido a infartos arteriales miocárdicos antiguos, con la consiguiente disminución de masa muscular.

Disminución del voltaje en las derivaciones electrocardiográficas🡪debido a líquido en el pericardio, derrame pelural o enfisema pulmonar.

El líquido en el pericardio cortocircuita de manera eficaz los potenciales eléctricos que genera el corazón reduciendo los voltajes electrocardiográficos que alcanzan las superficies externas del cuerpo.

El derrame pleural también cortocircuita la electricidad que rodea el corazón de modo que los voltajes de la superficie del cuerpo y de los electrocardiogramas están disminuidos.

El enfisema pulmonar puede producir disminución en los potenciales electrocardiográficos porque los pulmones actúan como aislante que impide la propagación del voltaje eléctrico desde el corazón hacia la supeficie del cuerpo.

Patrones prolongados y extraños del complejo QRS

La prolongación de la conducción del impulso a través de los ventrículos produce prolongación del complejo QRS. Esa prolongación se da cuando hay un ventrículo dilatado o hipertrofiado.

EL COMPLEJO QRS NORMAL DURA DE 0.06 A 0.08 seg.

CUANDO HAY HIPERTROFIA O DILATACIÓN DE CUALQUIER VENTRÍCULO EL COMPLEJO QRS PUEDE PROLONGARSE HASTA 0.09 A 0.12 seg.

CUANDO HAY BLOQUEO EN UNA DE LAS RAMAS DEL SISTEMA DE PURKINJE LA DURACIÓN DEL COMPLEJO QRS AUMENTA A 0.14 O MÁS SEGUNDOS.

Cuando están bloqueadas las fibras de Purkinje, el impulso cardíaco se debe conducir por el músculo ventricular en lugar de por el sistema de Purkinje, lo que reduce la velocidad de conducción del impulso a aproximadamente la tercera parte de lo normal.

Los patrones extraños del complejo QRS son producidos la mayor parte de las veces por dos situaciones:

* Destrucción de músculo cardíaco en diversas zonas del sistema ventricular, con sustitución de tejido cicatricial.
* Múltiples bloqueos pequeños a la conducción de los impulsos en muchos puntos del sistema de Purkinje.

Corriente lesión

Corriente lesión🡪 parte del corazón sigue despolarizado parcial o totalmente todo el tiempo, esto hace que la corriente fluya entre las zonas despolarizadas de manera patológica y en las zonas polarizadas de manera normal. Cuando esto ocurre la parte lesionada del corazón es negativa mientras que el resto del corazón es neutro o tiene una polaridad positiva.

La corriente lesión puede estar causada por:

* Traumatismo mecánico
* Procesos infecciosos
* Isquemia de zonas locales de músculo cardíaco producida por oclusiones coronarias locales.

Efecto de la corriente de lesión sobre el complejo QRS

Intervalo T-P🡪es cuando el músculo ventricular normal está polarizado totalmente.

En un infarto reciente de pequeña zona de la base del ventrículo izquierdo durante el intervalo T-P sigue fluyendo una corriente negativa anormal desde la zona infartada de la base del ventrículo izquierdo y se propaga hacia el resto de los ventrículos.

Punto J

Para determinar el nivel de potencial cero se observa el punto exacto en el que la onda de despolarización acaba de completar su paso a través del corazón, que ocurre al final del complejo QRS. En este punto desaparece incluso la corriente lesión.

Punto J🡪el potencial del electrocardiograma está en el voltaje cero.

Isquemia coronaria como causa de potencial de lesión

La presencia de flujo sanguíneo insuficiente al miocardio reduce el metabolismo del músculo por 3 razones:

* Ausencia de O2
* Acumulación excesiva de anhídrido carbónico
* Ausencia de suficientes nutrientes alimenticios

Por ello no se puede producir repolarización de la membrana muscular en las zonas de isquemia miocárdica grave.

Se produce isquemia extrema después de la oclusión coronaria y una intensa corriente lesión fluye desde la zona infartada durante el intervalo T-P.

UNO DE LOS DATOS DIAGNÓSTICOS MÁS IMPORTANTES DE LOS ELECTROCARDIOGRAMAS QUE SE REGISTRAN DESPUÉS DE UNA TROMBOSIS CORONARIA AGUDA ES LA CORRIENTE DE LESIÓN.

Infarto agudo de la pared anterior

Dato diagnóstico más importante en el ECG es el intenso potencial de lesión en la derivación del tórax V2.

Es casi seguro que el infarto de la pared anterior esté producido por una trombosis de la rama descendente anterior de la arteria coronaria izquierda.

Infarto de la pared posterior

La corriente de lesión procede de la parte posterior del corazón opuesta a la pared torácica anterior, que es el motivo por el que el electrocardiograma es la base del diagnóstico del infarto de la pared posterior.

Infarto en otras partes del corazón