

A B C del Electrocardiograma

Lo que se pretende con el “ABC” del electrocardiograma es tener unos conocimientos básicos para poder interpretar un ECG y diferenciar los registros electrocardiográficos normales de los patológicos.

Antes de comenzar con la “interpretación” del Electrocardiograma (ECG), debemos de recordar como es la anatomía del sistema de conducción, como son las “ondas” “intervalos” “segmentos” normales, así como porqué se producen, lo cual nos va a ayudar a entender mejor las posibles alteraciones electrocardiográficas.

Anatomía del Sistema de Conducción

El sistema de conducción cardíaco se extiende desde el nodo sinusal hasta el miocardio auricular y ventricular.

*. **El Nodo Sinusal** : *está situado en el techo de la aurícula derecha, en el “surco terminal”, ligeramente lateral a la unión de la orejuela derecha y la vena cava superior.*

*. **La Conducción a nivel Auricular** : *El modo de transmisión de los impulsos a las aurículas ha sido motivo de muchas controversias. A nivel auricular no hay un “verdadero” tejido de conducción (a diferencia de los ventrículos que sí cuentan con tejido de conducción : Haz de His y fibras de Purkinje). El impulso desde el nodo sinusal al nodo AV se transmite de forma radial y sincitial (la forma más rápida posible), de manera que se admite que hay 3 áreas de fibras musculares de conducción más rápida, que han sido llamadas : 1). “vía internodal anterior” de **Bachmann** 2). “vía internodal media” de **Wenckebach** . 3). “vía internodal posterior” de **Thorel** .*

*. **El Nodo Aurículo-Ventricular** : *está localizado en la aurícula derecha, en la parte baja a la derecha del septo interauricular, en el lado derecho del anillo fibroso central. Está localizado dentro del “triángulo de Koch”, anterior al seno coronario y encima de la valva septal de la tricúspide.*

*. **El Haz de His** : *cuando las fibras de conducción atraviesan el anillo fibroso central se designan como “haz penetrante” o “Haz de His”. Cruza el triángulo fibroso pasando por la parte posteroinferior del septo membranoso y se dirige en dirección anterior y medial. Tiene una longitud aproximada de 1 cm. antes de dividirse, siendo el “haz no ramificado” (que cursa a lo largo del septo membranoso ventricular) (en el*

75% de los casos , este “haz no ramificado” va a lo largo de la cara izquierda del septo interventricular)

*. **Ramas y Fibras de Purkinje** : La porción ramificada , comienza con las fibras que forman la rama izquierda en “cascada”.La rama izquierda se divide en 2 ramas principales : 1). rama antero-superior : que se dirige hacia arriba y adelante , terminando en el músculo papilar anterior. 2). rama postero-inferior : que se dirige hacia atrás y abajo , terminando en el músculo papilar posterior.

Después de dar las ramas para formar “la rama izquierda” el haz continúa como “rama derecha”. Tanto la rama izquierda como derecha están “aisladas” durante su trayecto “no ramificado” , para finalmente ramificares en fibras de Purkinje que conectarán con el endocardio ventricular.

- Una vez recordado como es el sistema de conducción cardíaco , vamos a recordar como es un electrocardiograma normal.

ECG : Normal

*. Las derivaciones clásicas : bipolares (DI , DII , DIII) y monopolares (aVR , aVL , aVF) de las extremidades , representan proyecciones eléctricas en el **plano frontal** , y las derivaciones monopolares precordiales (VI... V6) representan proyecciones eléctricas en el **plano horizontal**.

*. El ECG normal presenta unas “ondas” e “intervalos” que representan la actividad eléctrica cardíaca , dichas ondas e intervalos son :

*. **onda P** : producida por la “despolarización” (activación) auricular.El inicio de la despolarización auricular es en la parte alta de la aurícula derecha y la última zona en despolarizarse es la parte distal de la aurícula izquierda (que ocurre a los 60 miliseg (0,06 sg) del inicio de la activación auricular , por lo que la “duración” aproximada de la onda P es de 0,06 seg.).

La onda P es generalmente mejor visualizada en DI - DII - VI. Es simétrica en DI , DII y puede ser (+) (-) o bifásica (siendo normal , siempre que la deflexión negativa no dure > 0,04 seg. , ni tenga > 1 mm) en VI.

La amplitud de la onda P es < 2,5 mm en todas las edades.

La duración máxima de la onda P (aumenta con la edad) es :(< 0,08 seg.) en niños < de 1 año.; (< de 0,09 seg.) en niños de 1 a 3 años y (< 0,10 seg.) en niños > de 3 años.

El eje de la onda P (se calcula como el eje de QRS) en condiciones normales (situs sólitus con ritmo sinusal) estará entre 0° y + 90° , por lo tanto será (+) en DI y (+) en aVF .

Si el eje de la onda P está entre 0° y -90° , por lo tanto (+) en DI y (-) en aVF, indica que la activación auricular va de abajo hacia arriba.

Si el eje de la onda P está entre $+90^\circ$ y -90° (- en DI) indica que la activación auricular comienza en el lado izquierdo (va de izquierda a derecha).

- La **repolarización auricular** es una “deflexión” negativa (T_a) que va en sentido opuesto a la onda P (despolarización), pero no se suele ver al estar incluida en el QRS (en ocasiones es visible si existe disociación aurículo - ventricular).

Cuando la onda de repolarización auricular (T_a) se superpone al QRS dará una “depresión” del segmento PR (desde el final de la onda P al inicio del QRS) y del segmento ST (desde el final del QRS al inicio de la onda T). La depresión del ST debida a enfermedad ventricular no se asocia a depresión del segmento PR, por eso cuando midamos cambios en el segmento ST, el “segmento” PR debe de ser tomado como línea basal.

*. **intervalo PR**: es el espacio medido entre el “inicio” de la onda P y el “inicio” del QRS. Está producido por el retraso del impulso que viene de las aurículas al pasar por el nodo A-V y en menor medida al retraso que se produce al pasar el impulso por el Haz de His.

Varía con la edad y con la frecuencia cardíaca (puede variar desde 0,08 seg. hasta 0,18 seg.).

Como hemos dicho el intervalo PR varía con la edad y pasa de un valor medio de 0,10 seg. en el RN, a 0,14 seg. a los 12 años. El límite superior normal por encima de los 5 años es de 0,20

El intervalo PR se suele medir en DII. La causa más frecuente de un PR corto es un “marcapasos” auricular derecho bajo (la onda P será (-) en aVF y (+) ó isoeléctrica en DI).

Otra causa “clásica” de PR “corto” es en el síndrome de “preexcitación” o Sd. de WPW (Wolff-Parkinson-White) en el cual se observará también el empastamiento inicial de la R ó “onda delta”.

Cuando el intervalo PR está alargado ($> 0,20$) se denomina también bloqueo de 1º grado.

*. **complejo QRS**: está producido por la despolarización (activación) ventricular. Debemos de tener en cuenta la siguiente nomenclatura:

- Si la 1ª onda es “negativa” se llama onda “q”

- Si la 1ª onda es “negativa y grande” se llama “QS”

- Si la 1ª onda es “positiva” se llama onda “r” . Tras una onda “r” la siguiente onda “negativa” se llamará onda “s”. Si hay detrás otra onda “positiva” se llamará onda “R´” y la siguiente “negativa” “S´” .

Tanto las “ondas” (+) (ondas R) , como las (-) (ondas S) , si tienen una amplitud > 5 mm se reflejarán con letras mayúsculas (R , S , R´) , en caso contrario con minúsculas (r , s , r´).

- Para determinar **el eje del QRS** hay varios métodos (DI - aVF ;” máxima positividad”) , el más práctico es determinar el complejo “**isoeléctrico**” que es definido como: la derivación en la cual la suma de “deflexiones” positivas y negativas es igual a cero. El eje de QRS estará perpendicular a esa derivación. Cuando todas las derivaciones son “isoeléctricas” el eje de QRS se llamará “indeterminado”.

El eje de QRS sufre variaciones con la edad y de un valor medio de $+ 120^\circ$ en las primeras semanas de vida pasa a $+60^\circ$ en la edad escolar.

Consideraremos “**desviación del eje de QRS a la derecha**” :

- . En el 1 mes de vida : cuando el eje sea de $+ 160^\circ$ a $- 90^\circ$.
- . En el 3 mes de vida : cuando el eje sea de $+ 105^\circ$ a $+ 180^\circ$
- . Por encima de los 6 meses de vida : cuando sea $> + 100^\circ$

*La causa más común de desviación del eje a la derecha es la HVD

Consideraremos “**desviación del eje de QRS a la izquierda**” :

- . En el 1 mes de vida : cuando el eje sea de $+ 60^\circ$ a $- 90^\circ$.
- . En el 3 mes de vida : cuando el eje sea de 0° a $- 90^\circ$.
- . Por encima de los 6 meses de vida : cuando sea $< - 30^\circ$.

*La causa más frecuente son : la anomalía de los cojines endocárdicos (canal A-V) y la Atresia Tricúspide. La Hipertrofia Ventricular Izquierda (HVI) generalmente no causa desviación del eje a la izquierda.

Si el eje de QRS está entre $- 90^\circ$ y 180° ,ésto puede ser una desviación “extrema derecha” o una desviación del eje a la izquierda. Si hay onda “q” en DI ó aVL (coexiste un hemibloqueo anterior izquierdo) es una desviación “extrema izquierda”. Si hay onda “q” ó “QS” en DII , DIII , aVF es una desviación “extrema derecha”.

- **La duración del QRS** se mide desde el inicio del QRS hasta el final del QRS , se medirá en una derivación en la que haya onda “q” (generalmente en V5 - V6).

La duración del QRS es variable , aumenta con la edad y pasa de un valor medio de 0,06 seg. en el RN a 0,08 seg. a los 12 años . Valores > de 0,10 seg. son considerados anormales. Cuando la masa ventricular aumenta , la duración del QRS aumenta.

- La morfología del QRS : también se modifica con la edad. Durante las primeras semanas de vida las ondas S dominan en las derivaciones “standar” izquierdas (DI y aVL) y las ondas R dominan en las derivaciones “standar” derechas (aVR) . A los 6 meses de edad aparecen ondas R dominantes en DI y aVL ; y ondas S dominantes en aVR , cuya amplitud es practicamente igual a la del niño mayor. En las derivaciones precordiales el patrón Rs del precordio derecho (V1 - V2) y el patrón rS del precordio izquierdo (V5 - V6) que se ve en los primeros dias de vida ,cambian progresivamente hacia el patrón adulto (rS en precordio drch. y qR ó qRs en precordio izdo.).El cambio en las precordiales izquierdas es más rápido que en las derechas , alcanzando patrones de tipo adulto hacia el año de vida , mientras que en el precordio derecho el patrón adulto no se alcanza hasta la edad preescolar o escolar.

Habitualmente la onda S en V2 es más profunda que en V1 y la onda R en V5 es más alta que en V6.

Las deflexiones anormalmentes grandes , ya sean (+) ó (-) pueden indicar : a). Hipertrofia ventricular derecha o izquierda . b). Alteraciones de la conducción ventricular como : bloqueo de rama derecha o izquierda , Preexcitación , bloqueo intraventricular.

Los complejos QRS de bajo voltaje (deflexiones < 5 mm en las derivaciones de los miembros) se ven en : a). miocarditis b). pericarditis c). RN normales.

Onda Q : .La onda Q suele estar presente en DI-DII -DIII y avF y casi siempre en V5-V6. La amplitud de la Q en aVF, V 5, V6 es < 5 mm. En DIII puede llegar hasta 5-8 mm

La duración de la onda Q es de 0,010 - 0,020 seg. no supera normalmente 0,30 seg.

Ondas Q anormales : 1). No hay ondas Q en V6 : L-TGV (transposición corregida) , Ventrículo Único , Dextrocardia (imagen en espejo) , Bloqueo de rama izquierda. 2). Ondas Q en V1 : HVD severa , L-TGV , V.Unico , RN . 3). Ondas Q profundas : HVI por sobrecarga de volumen (pero no es frecuente en la sobrecarga de presión) , miocardiopatía , Hipertrofia biventricular , ocasionalmente en HVD . 4). ondas Q profundas y anchas : infarto de miocardio , estenosis subaórtica hipertrófica idiopática , fibrosis miocárdica.

Un patrón “qR” en precordiales derechas (V1-V2) o en aVR no es normal e indica Hipertrofia Ventricular Derecha (HVD). La onda “q” en V1 hay que considerarla siempre patológica, mientras que la onda “q” en V6 está presente en más del 90% de los niños por encima de 1 mes de vida. Un patrón “QS” en aVR puede ser normal en cualquier edad.

Una **onda R “pura”** sin onda S en V1 puede estar presente normalmente hasta los 5 meses de vida. Una onda R “pura” en V6 puede estar presente en cualquier edad.

El **patrón RSR’** en las derivaciones derechas puede ser hallado en el bloqueo completo de rama derecha (BRD) y en la hipertrofia del ventrículo derecho (HVD). En el bloqueo de rama derecha (BRD) hay un aumento de la duración de la R’, en la hipertrofia del ventrículo derecho (HVD) la R y sobre todo la R’ tienen mayor amplitud que la S (en las precordiales derechas). Una HVD puede ser diagnosticada si la R’ es > 15 mm en un niño de < de 1 año, ó si es > 10 mm en un niño mayor de 1 año. Si la duración de un RSR’ es normal con R’ pequeña, distinguir entre HVD leve-moderada ó BIRD (bloqueo incompleto de rama derecha) ó ECG normal, es difícil. Hasta un 7% de niños normales tienen un patrón RSR’ en las derivaciones derechas.

“ **Transición** “ : Es la derivación precordial en la cual el QRS es equifásico (R y S de igual amplitud), esta derivación registra la actividad de ambos ventrículos. Si la amplitud de la onda R + la onda S está aumentada diremos que hay una **Hipertrofia Biventricular**.

***. Por lo tanto en el complejo QRS debemos de fijarnos en :

- a). El eje
- b). La duración
- c). La morfología : onda Q, onda R, onda S, patrón RSR’, ..etc.

*. **punto J** : es la unión del “final” del QRS con el segmento ST.

*. **segmento ST** : desde el “final” del QRS hasta el inicio de la onda T.

Si hay anomalías en la repolarización ventricular, puede observarse una elevación o descenso del segmento ST. Como hemos dicho previamente, cuando determinemos desviaciones del segmento ST por encima o por debajo de la línea basal, es mejor considerarlo con respecto al segmento PR. El segmento ST es habitualmente isoeléctrico, aunque se pueden ver desplazamientos ligeros de la línea isoeléctrica sin significado patológico. En las derivaciones de los miembros, la elevación o descenso del ST de hasta 1 mm no es necesariamente anormal. Una desviación de 2 mm se considera normal en las

derivaciones precordiales izquierdas (excepto en la “Repolarización Precoz “ del adolescente , en que se consideran dentro de la normalidad desviaciones de hasta 4 mm).

*. **onda T** : está generada por la repolarización del miocardio ventricular. Es normalmente asimétrica , con un ascenso más gradual que el descenso. En general tiene forma “curvada” pero puede tener una pequeña “giba” .

La onda T puede ser (-) en DI y (+) en aVR durante los primeros días de vida. Por encima de 1 mes de edad siempre es (+) en DI - DII - aVF y (-) en aVR , pudiendo ser (+) (-) ó difásica en DIII - aVL. En las precordiales : en V1 las primeras horas de vida puede ser la onda T (+) , después de 24 horas a 4 días será (-).

Su amplitud generalmente no se mide ya que es muy variable , sin embargo ondas T de bajos voltajes o planas en varias derivaciones pueden indicar una anomalía.

La repolarización es un proceso opuesto a la despolarización , pero como se realiza de epicardio a endocardio , al final el vector resultante de la onda T es paralelo al del QRS.

La onda T en V1 como hemos dicho , puede ser (+) en los primeros días de la vida , después será siempre (-) hasta la adolescencia en que será (+) como en los adultos . Por tanto una onda T (+) en V1 en un niño será patológica.

La onda T en DI - DII - V6 deberá ser > 2 mm en todos los niños de más de 48 horas de vida.

Una onda T alta anormal es definida como la que tiene > 7 mm en las derivaciones “standar” ó > 10 mm en las precordiales en cualquier edad.

*. **intervalo QT** : se mide desde el inicio del QRS hasta el final de la onda T . Indica la duración “total” de la despolarización y repolarización del miocardio ventricular.

*. **onda U** . en ocasiones puede ser visible detrás de la onda T. Se piensa que es producida por la repolarización ventricular de las células de Purkinje.

En resumen **El ECG normal en un niño** presentará las siguientes características :

V1 - V2 : . onda P : puede ser (+) , (-) , o bifásica.

. onda q : “nunca”.

. onda r : presente siempre pero pequeña.

. onda S : la más profunda.

. onda T : en las primeras (1º-2º) semanas de vida puede ser (+)
 ó (-) , después siempre será (-) hasta la adolescencia.

V3 - V4 : . onda P : (+)
 . onda q : raro, pero puede estar presente.
 . onda R y S : de amplitud parecidas (zona transicional)
 . onda T : (+)

V5 - V6 : . onda P : (+)
 . onda q : generalmente presente.
 . onda R : la más alta.
 . onda S : puede estar presente.
 . onda T : siempre (+).

Una vez conocidos los “intervalos” y “ondas” normales ya podemos distinguir un registro electrocardiográfico normal de uno anormal.

*A la hora de “leer” ó interpretar un electrocardiograma (ECG) debemos de tener en cuenta que hay una serie de “ **Medidas básicas**” que siempre deberán ser obtenidas. Existen diferentes métodos o “secuencias” para obtenerlas , nosotros proponemos una secuencia de “lectura del ECG” siguiendo la cual detectaremos practicamente cualquier alteración electrocardiográfica.*

La secuencia que proponemos a la hora de la lectura de un Electrocardiograma es la siguiente

1. Frecuencia Cardíaca.
2. Ritmo
3. Eje del complejo QRS en el plano frontal.
4. Intervalos : - intervalo PR
 - duración del QRS
 - intervalo QTc

5. Hipertrofias : - Auriculares

- Ventriculares

6. Repolarización (onda T) y segmento ST

1) . Frecuencia Cardíaca : *En la práctica electrocardiográfica de rutina , la velocidad del registro del papel es de 25 mm por segundo .Por tanto : 1 mm = 0,04 seg. 5 mm = 0,20 seg.(una división grande entre las líneas gruesas).Para determinar la frecuencia cardíaca hay diferentes métodos , nosotros proponemos el siguiente : medir el espacio (en milímetros) que existe entre una R y la siguiente R , después dividimos 1500 (que viene de dividir 60 seg. entre 0,04 seg. que es el tiempo que hay en 1 mm del ECG) entre el espacio R-R medido previamente.Ejem. si en un ECG entre una R y la siguiente R hay 10 mm.(“10 cuadritos”) su frecuencia será $1500 / 10 = 150$ lpm.*

La frecuencia cardíaca varía con la edad , situación en el momento de obtener de obtener el ECG (despierto,durmiendo,llorando),así como otros factores físicos como la fiebre.Al nacer es de 130 lpm aproximadamente , aumenta durante el 1º mes de vida hasta 160 lpm. A partir de aquí va disminuyendo con la edad , siendo de unos 100 lpm a los 5 años y de unos 80 lpm a los 10 años.Las frecuencias cardíacas normales según la edad son las siguientes: RN : 110-150 lpm. 2 años : 85-125 lpm. 4 años : 75-115 lpm. 6 años : 65-100 lpm. >6 años : 60-100 lpm.

Hablaremos de Taquicardia cuando la frecuencia cardíaca supera los límites de la normalidad para esa edad y puede deberse a cualquiera de las siguientes situaciones : Taquicardia sinusal , Taquicardia supraventricular (auricular , nodal / unión AV o por reentrada) , Taquicardia ventricular , Fibrilación auricular , Flutter auricular.

Hablaremos de Bradycardia cuando la frecuencia cardíaca es menor del límite inferior de la normalidad para esa edad y puede deberse a : Bradycardia sinusal , Ritmo nodal , Bloqueo aurículoventricular de 2º grado , Bloqueo AV de 3º grado (completo).

2) . Ritmo : *El ritmo normal en cualquier edad es el ritmo sinusal , en el que el nodo sinusal es el marcapasos del corazón . Delante de cada complejo QRS ha de haber una onda P (sólo una) y el eje de P debe de estar entre 0º y + 90º. Por tanto , las ondas P son (+) en D II y generalmente en DI y aVF.*

El ritmo anormal , o no sinusal , viene señalado por la presencia de ondas P en número o forma anormales o por el eje de P anormal.

La ausencia de ondas P indica un ritmo “no sinusal” (anomalías en la formación del impulso), que se ve en : a). Bloqueo sinoauricular b). Ritmo de la Unión c). Ritmo Idioventricular d). Fibrilación auricular.

Ondas P múltiples (por complejo QRS) se ven en : a). Flutter auricular. b). Fibrilación auricular c). Taquicardia auricular con bloqueo d). Bloqueo de 2° ó 3° grado.

Cambios en la forma de la P son indicación de “marcapasos auricular migratorio”.

Eje de P anormal, puede ser debido a : a). Marcapasos auricular ectópico (ritmo auricular) b). Situs inversus c). Activación retrógrada desde el nodo AV (ritmo de la unión).

Un eje de $P > +90^\circ$ puede indicar inversión auricular o derivaciones de los brazos mal colocadas. Un eje de $P < 0^\circ$ puede ser debido a un ritmo nodal con conducción retrógrada o a un marcapasos auricular ectópico bajo (ritmo del “seno coronario”).

Es importante también valorar si el ritmo cardíaco es Regular o Irregular, es decir si la distancia R-R permanece constante (regular) o existen variaciones significativas (arritmia)

La arritmia más frecuentemente observada es la “arritmia respiratoria” en la que observaremos un enlentecimiento de la frecuencia cardíaca durante la respiración sin variar la morfología ni el eje de la onda P ni del QRS.

3) . Eje de QRS : El eje medio de QRS en el RN está a $+125^\circ$, pero se considera normal hasta $+180^\circ$. El eje medio de QRS de $+90^\circ$ se alcanza cuando el niño tiene 1 mes de edad y hay un cambio hacia la izquierda durante la infancia, acercándose a los 3 años al valor medio del adulto de $+50^\circ$. Sin embargo el límite para las personas normales es amplio.

Desviación del eje a la izquierda existirá cuando el eje de qrs está por debajo del límite inferior de la normalidad para la edad. Se presenta con : a) Hemibloqueo anterior izquierdo b). Bloqueo de Rama Izquierda c). Hipertrofia Ventricular Izquierda (especialmente en sobrecarga de volumen).

Desviación del eje a la derecha existirá cuando el eje de QRS es mayor que el límite superior de la normalidad para esa edad. Se presenta con : a). Hipertrofia ventricular derecha (HVD) b). Bloqueo de rama derecha (BRD)

4) . Intervalos : - . **intervalo PR :** La prolongación del intervalo PR ($> 0,20$ seg.) (Bloqueo de 1° grado) puede verse en : formas congénitas, miocarditis, toxicidad por digital, hiperpotasemia. El intervalo PR corto ($< 0,08$ seg.) puede verse en : Sd. WPW, Sd. de PR corto congénito (Sd. de Lown-Ganong-Levine). El intervalo PR

es variable en : Marcapasos auricular migratorio , bloqueo de 2º grado con fenómeno de Wenckebach.

- . **duración del QRS** : La duración del QRS aumenta con la edad . Cuando la duración del QRS es mayor que el límite superior para la edad , existe una alteración en la conducción ventricular. En los adultos se exige una duración mayor de 0,10 seg. para el diagnóstico de bloqueo de rama , pero en los niños la duración de 0,08 seg. cumple la exigencia de bloqueo de rama. No tiene objeto dividir los bloqueos de rama en “completos” o “incompletos” en la edad pediátrica. La duración anormalmente amplia del QRS indica difusión anormal del impulso en los ventrículos , se ve en los siguientes cuadros : a). Bloqueo de rama derecha y Bloqueo de rama izquierda. b). Preexcitación (Sd. WPW) c). Bloqueo intraventricular d). Arritmias de origen ventricular.

- . **intervalo QT** : El intervalo QT varía con la frecuencia cardíaca , por tanto debe interpretarse en relación con la frecuencia cardíaca (intervalo QT “corregido”, QTc) para ello utilizamos la fórmula de Bazett :

$$QTc = QT \text{ medido} / \sqrt{\text{intervalo R-R}} \quad (\text{raíz cuadrada del R-R}) \quad (\text{todo en seg.})$$

Según la fórmula de Bazett , el QTc no debe superar los 0,44 seg. excepto en los lactantes (pueden ser normales valores de hasta 0,49 seg. en los primeros 6 meses de vida).

Las ondas U son pequeñas ondas (+) que aparecen hacia el final de la onda T y no deben incluirse en la medición del QT. Estas suelen ser prominentes en la hipopotasemia.

Pueden verse QTc alargados en : QT Largo congénito (Sd. de Jervell y Lange-Nielsen , Sd. de Romano Ward) , Hipocalcemia , Miocarditis , Lesiones de la cabeza o accidentes cerebrovasculares , antiarrítmicos (amiodarona , procainamida).

Pueden verse QTc cortos en : Hipercalcemia , efecto digitálico.

El QTc alargado puede ser causa de muertes súbitas debido a arritmias ventriculares.

5) . Hipertrofias : - . Auriculares : Las derivaciones en las que mejor se observan son DII - V1 .

El signo mayor de Hipertrofia Auricular Derecha (HAD) (se denomina “P pulmonale”) es un aumento de la amplitud de la onda P . Si la onda P es $> 2,5 - 3 \text{ mm}$ en cualquier edad y en cualquier derivación podemos hablar de (HAD) , que puede estar producido tanto por una sobrecarga de presión como de volumen la Aurícula Derecha.

Hipertrofia Auricular Izquierda (HAI) (denominada "P mitral") : La derivación en que mejor se observa es VI. El signo mayor de Hipertrofia Auricular Izquierda (HAI) es una "deflexión" negativa "tardía" en VI . Una onda P difásica en VI es normal , pero si la deflexión negativa en VI es $> 1 \text{ mm}$ y dura **más de 0,04 seg.** podemos hablar de HAI .

El crecimiento auricular izquierdo se produce más por sobrecarga de volumen que de presión. Igual que sucede con la HAD las ondas P pueden hacerse anormales de forma aguda tras una sobrecarga "abrupta" de volumen , como puede ocurrir en una IM y se normaliza poco después de corregir dicha sobrecarga de volumen.

Como ocurre con la HAD si el ritmo no es sinusal , no se puede diagnosticar de HAI.

El segundo criterio de HAI es la "duración" de la onda P . Se considera anormal , como ya hemos dicho previamente , si dura $> 0,08 \text{ seg.}$ en niños menores de 1 año , $> 0,09 \text{ seg}$ en niños de 1 a 3 años de edad y si dura $> 0,10 \text{ seg.}$ en niños mayores de 3 años . Las ondas P "melladas" en las derivaciones de las extremidades son características.

Hipertrofia Biauricular : Ya que la despolarización de la AD y AI producen secuencialmente partes diferentes de la onda P , y ya que el crecimiento de una aurícula no distorsiona el crecimiento de la otra , se diagnosticará de crecimiento biauricular cuando coexistan signos de HAD e HAI.

- Ventriculares : La hipertrofia ventricular produce alteraciones en una o más de las siguientes áreas : 1). eje del QRS 2). voltajes del QRS 3). relación R/S 4). repolarización ventricular (patrón de tensión) en la hipertrofia grave 5). duración del QRS 6). cambios inespecíficos.

Hipertrofia Ventricular Derecha : Criterios de HVD :

1. Desviación del eje de QRS a la derecha para la edad del paciente.

2. Patrón qR en precordiales derechas : una onda q en VI (patrones qR o qRs) sugiere HVD (asegurarse de que no existe una r pequeña en un patrón rsR'). La onda "q" en la HVD en los lactantes es generalmente de sólo 0,5-1 mm pero puede ser de hasta 3-5 mm en niños mayores.

Una onda "q" en VI también puede ser por : a). discordancia A-V b). infarto de cara anterior.

3. Amplitud de R en V1-V2 (aVR-DIII) : Si la amplitud de R es mayor que el percentil 98 para la edad se sospechará de HVD. Si es $> 20 \text{ mm}$ en VI en cualquier edad, indicará HVD. R amplias pero estrechas ($< 0,04 \text{ seg.}$) en VI pueden verse en : a). Hipertrofia septal b). Distrofias musculares.

° 4. Profundidad de S en V5-V6 (DI - aVL) : Si es mayor que el percentil 98 para la edad. Puede verse también en : a). Hipertrofia septal b). Hemibloqueo anterior Izquierdo.

5. Relación R/S a favor del ventrículo derecho (en ausencia de bloqueo de rama). Relación R/S en V1 - V2 mayor que el límite alto para su edad. Relación $R/S < 1$ en V6 en niños mayores de 1 mes.

6. onda T en V1 : debe de ser (-) desde la 1 semana de vida hasta la adolescencia. La onda T (+) indica sobrecarga de presión y no necesariamente HVD. Antes de diagnosticar de HVD en base a una onda T (+) en V1 , hay que mirar V5-V6 y comprobar que no hay “patrón de presión izquierda”. Otro cambio en la onda T que indica la severidad de la HVD es la inversión de la onda T en aVF .

** . Un patrón RSR' en V1 es bastante sensible para las HVD leves (CIA OS) pero puede verse en : a). sujetos normales b). bloqueo incompleto de rama derecha. (BIRD) En la HVD la R' es > 15 mm en niños menores de 1 año y > 10 mm en mayores de 1 año.

Si la R' es pequeña el diagnóstico puede ser de normalidad.

Hipertrofia Ventricular Izquierda : El diagnóstico de HVI por ECG es adecuado en un 50%. Hay una serie de criterios electrocardiográficos que sirven para diagnosticar una HVI , estos son :

1. Desviación del eje QRS a la izquierda .La HVI no desvía el eje de QRS tanto como la HVD.

2. Amplitud de R en V5-V6 (DI-DII-DIII aVL) o la profundidad S en V1-V2 : si están por encima del percentil 98 para la edad hablaremos de HVI (los adolescentes pueden tener voltajes altos sin tener aumento de la masa ventricular) . En ausencia de cambios en la onda T , el diagnóstico de HVI basado “sólo” en criterios de voltaje deberá hacerse con precaución. Las sobrecargas de presión se reflejan con más facilidad en DII - DIII , aVF mientras que la sobrecarga de volumen se refleja en V5-V6

3. Suma de R en V5-V6 + S en V1-V2 : hablaremos de HVI por “criterios de voltaje” si dicha suma está por encima del percentil 98 para su edad

4. Anomalías en la onda Q : los términos “sobrecarga de presión” y “sobrecarga de volumen” para la HVI se han asociado con ondas Q ausentes (sobrecarga de presión) y ondas Q profundas (sobrecarga de volumen) ; por lo tanto la

ausencia de ondas Q o la presencia de ondas Q profundas pueden apoyar el diagnóstico de HVI. Ondas Q en V5-V6 de 5 mm o más ,junto con ondas T altas es sugestivo de HVI por sobrecarga diastólica .

5. Cambios en la onda T : el signo más real de HVI es la inversión “asimétrica” de la onda T , con una convexidad hacia arriba en la porción terminal de la onda T en V5-V6 , a esto se llama “patrón de sobrecarga “ . La onda T también puede hacerse negativa en aVF en la HVI. Ondas T planas o invertidas en DI - aVF son sugestivas de “sobrecarga”.

Hipertrofia Biventricular : El primer criterio para diagnosticar una Hipertrofia Biventricular será la presencia de voltajes anormales en las precordiales derechas e izquierdas (en ausencia de bloqueo de rama o preexcitación).Una Hipertrofia Biventricular podrá ser diagnosticada si en presencia de “criterios de voltaje” de hipertrofia de uno de los ventrículos , el otro genera al menos fuerzas normales o relativamente grandes.

Un segundo criterio (criterio de “Katz-Wachtel”) es : grandes complejos equifásicos en dos o más derivaciones de miembros y en las precordiales medias (V2-V5) (en V4 la Hipertrofia Biventricular puede ser diagnosticada si $R+S$ excede del percentil 98 para su edad).

6) . Repolarización (ondaT) (segmento ST) : En los ECG de los adultos los cambios en el ST y la onda T son frecuentes debido a la elevada incidencia de cardiopatías isquémicas , infartos, bloqueos de rama , ..etc. sin embargo en los niños son raros. La elevación o descenso del ST de hasta 1mm en las derivaciones de los miembros y de hasta 2 mm en las precordiales entran dentro de lo normal.Los cambios en la onda T los podemos clasificar en Primarios y Secundarios.

Los cambios Primarios en la onda T ocurren cuando la repolarización está afectada sin cambios en la despolarización. Pueden ocurrir como una alteración uniforme (ejem.hipercaliemia) o como una alteración no uniforme con una secuencia de repolarización alterada (ejem.isquemia localizada).La mayoría de los cambios primarios de la onda T son por Isquemia o por alteraciones sistémicas con afectación cardíaca.

Los cambios Secundarios ocurren cuando la alteración de la repolarización es producida por una secuencia anormal de despolarización. Son más comunes que los cambios primarios. Pueden ocurrir en condiciones como : Bloqueo de Rama , Preexcitación , Hipertrofia Ventricular. A veces un cambio secundario es mal diagnosticado como

primario debido a que anomalías del QRS menores, responsables de los cambios secundarios en la onda T no son reconocidos. Cambios mínimos en la duración y forma del QRS (especialmente en su porción terminal) pueden ser responsables de cambios significativos en la onda T. Antes de decir que un cambio en la onda T es primario, es importante asegurarse que no puede ser explicado por un QRS anormal.

*. Cambios “Funcionales” de la onda T: Tras 10-15 seg. de hiperventilación un 10% de los adolescentes invierten la onda T en una derivación; y hasta un 70% tras 45 seg. de hiperventilación. Si un niño tiene ondas T planas o invertidas sin causa conocida deberá de repetirse el ECG en un estado de reposo, tranquilidad ..etc.

Hay 2 cambios “funcionales” de la onda T que son más frecuentes en la adolescencia. 1). El Sd. de **Repolarización Precoz**: se reconoce por una elevación del punto J en varias derivaciones, la onda T generalmente es muy grande. Este patrón es debido a la aparición precoz de la onda T mientras los ventrículos todavía están despolarizándose, esto elimina el segmento ST. La estimulación simpática (ejem. ejercicio) generalmente normaliza la elevación del punto J. Ante una elevación del punto J en un paciente asintomático, podemos esperar varios días y repetir el ECG: en el Sd. de Repolarización Precoz persistirá la elevación del punto J, mientras que en la Pericarditis (la otra causa común de elevación del segmento ST en niños) se habrán producido cambios. 2). El segundo cambio “funcional” de la onda T en la adolescencia es: la onda T invertida “aislada” en las precordiales medias con unas ondas T altas en las otras derivaciones.

*. Cambios Patológicos de la onda T: Pueden ser debidos a: Isquemia, Lesión, Infarto.

1). Isquemia: Se manifiesta en el ECG por distorsión de la amplitud, configuración y vector medio de la **onda T**. En la isquemia subendocárdica las ondas T son simétricas y picudas con un incremento en la amplitud y duración en las derivaciones que registran las áreas isquémicas. En la isquemia “transmural” las ondas T están invertidas en las derivaciones que registran dichas áreas. En la isquemia subepicárdica las ondas T estarán invertidas. La isquemia subendocárdica puede ocurrir en: Estenosis Aórtica o Pulmonar. La isquemia “transmural” (miocárdica) puede ocurrir en: coronaria anómala saliendo de la arteria pulmonar, en la Enf. de Kawasaki.

El patrón electrocardiográfico de HVI “pura” es un incremento en la amplitud de la onda T. Cuando hay una HVI “avanzada” (patrón de sobrecarga de presión) hay un descenso del segmento ST con ondas T invertidas, patrón que es diferente a la isquemia subendocárdica donde hay un descenso del segmento ST con ondas T planas o altas.

II).Lesión : Se evidencia electrocardiográficamente por : desviación de línea basal , cambios en el contorno del **segmento ST**.

En la “lesión” subendocárdica hay un descenso del ST.

En la “lesión” subepicárdica hay una elevación del ST. La elevación del ST puede tener un contorno convexo o cóncavo, aquí el descenso del ST es cóncavo.

Los patrones de “lesión” pueden ser debidos a : miocarditis , pericarditis , tumores , isquemia.

En la **miocarditis** un ECG anormal indica “daño” miocárdico, el ECG puede normalizarse dentro de las 2-3 semanas del inicio de la enfermedad pero puede permanecer anormal hasta 4 meses , haciéndose normal más tarde. Los cambios más característicos de las miocarditis son : ondas T planas o invertidas con QRS con voltajes bajos . Las miocarditis también tienen comúnmente un descenso del ST debido a la “lesión” subendocárdica. La elevación del ST en las miocarditis sin pericarditis es rara. Las miocarditis también pueden producir : conducción AV retrasada (bloqueo de I grado) , prolongación del QT , extrasístoles , arritmias.

La Pericarditis es con mucho la causa más común de elevación del ST. (otras causas de elevación del ST son : infarto de miocardio , cor pulmonale , lesiones cerebrales , digital , hipercaliemia , neumotorax , neumopericardio , repolarización precoz). El ECG de la Pericarditis tiene 4 estadios : **1).** elevación del ST (DII-aVF-V3-V6) y descenso del ST en aVR - VI (la pericarditis puede diferenciarse del infarto en que en la pericarditis la elevación del ST se encuentra en muchas derivaciones , mientras que en el infarto es limitado a unas derivaciones ; además en las pericarditis hay unas ondas T altas mientras que en el infarto tras la fase aguda las ondas T están invertidas) (en el infarto las alteraciones del ST y de la onda T se producen simultáneamente) . En este estadio la pericarditis puede presentar una elevación del segmento PR $> 0,8$ mm en aVR-VI y descensos del segmento PR $> 0,5$ mm. **2).** estadio de la Pericarditis (a los 2-3 dias) : normalización del ST con aplanamiento de la onda T **3).** estadio de la Pericarditis (2-4 semanas) : inversión de la onda T en las derivaciones donde se había elevado el ST. **4).** estadio de la Pericarditis : normalización.(puede ocurrir a los 2-4 meses).

El complejo QRS no está afectado por la pericarditis , incluso en presencia de derrame pericárdico el QRS tiene voltajes normales (hablamos de voltajes bajos , cuando tienen < 5 mm en cada una de las derivaciones de los miembros)

III).Infarto : El músculo infartado es eléctricamente inerte . La pérdida de fuerzas eléctricas en la región infartada deja al miocardio “disbalanceado” con fuerzas

dirigidas en sentido opuesto al área infartada (ondas Q en el área infartada). Las manifestaciones ECG más precoces del infarto de miocardio son ondas T picudas “muy altas” (las ondas T hiperagudas) ocurren en los primeros minutos , por lo que no se suelen ver ; poco después hay una elevación del ST en la zona infartada ; horas o días después de la elevación del ST se produce la aparición de ondas Q y ondas T invertidas en las áreas del infarto. En los niños las ondas Q del infarto suelen desaparecer con el crecimiento , pues al crecer el área infartada proporcionalmente es más pequeña con respecto a la masa total del corazón.