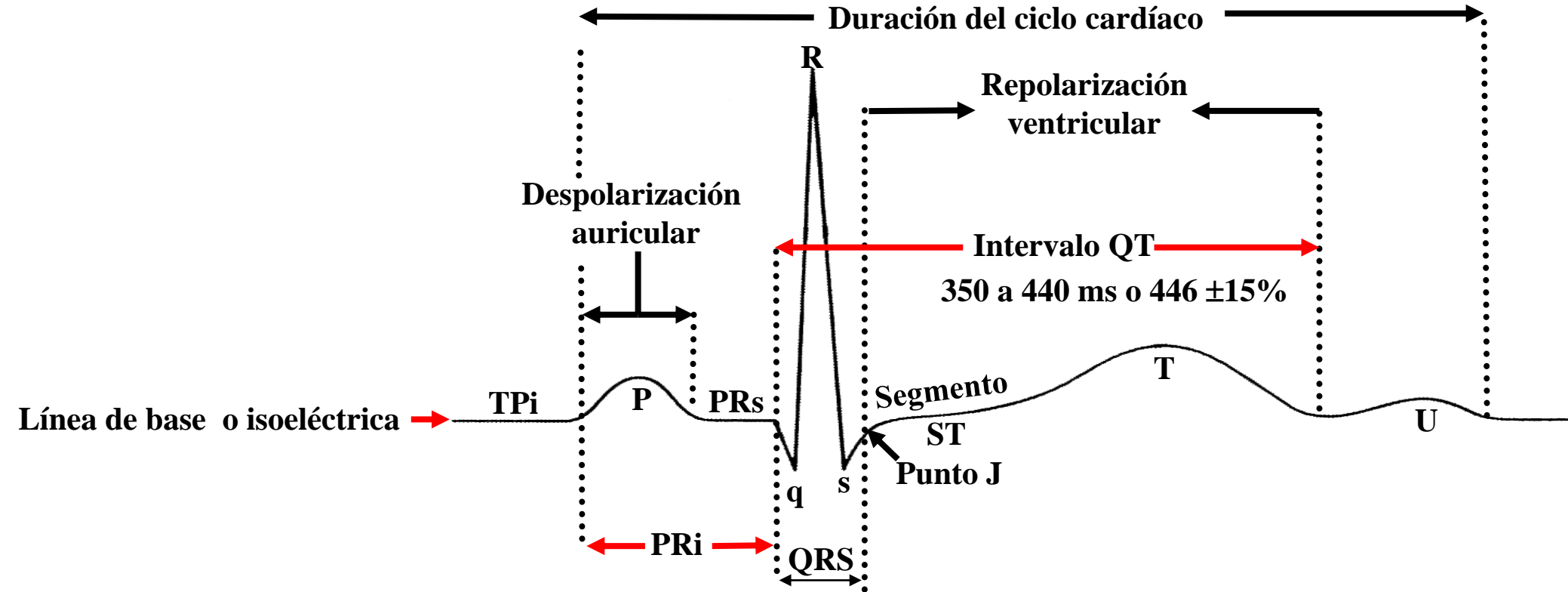


Análisis de las ondas, segmentos e intervalos del Electrocardiograma

Prof. Dr. Andrés Ricardo Pérez Riera M.D. Ph.D.

**Laboratorio de delineamiento y escritura científica. Facultad de Medicina de la Fundación ABC
Santo André – São Paulo – Brasil**

Definición: El ECG es el registro gráfico lineal, obtenido desde la superficie corporal de la actividad eléctrica generada por el corazón a través de pequeñas placas de metal localizadas en puntos pre-establecidos por convención (derivaciones).



Las deflexiones ECG resultantes de la despolarización y la repolarización de las aurículas y los ventrículos, se denominan sucesivamente con las letras del alfabeto: P, QRS, T y U. Entre la onda de despolarización auricular (onda P) y ventricular (complejo QRS) se encuentran los segmentos PR y ST respectivamente más allá de dos espacios sucesivos denominados intervalos PR y QT. ECG con todos sus componentes: onda P (despolarización auricular), segmento PR o PRs, intervalo PR o PRi, complejos QRS (despolarización ventricular), segmento ST, onda T (repolarización ventricular) y onda U. Los intervalos PR, y QT son notorios. Los segmentos PR y ST son notorios, así como la despolarización auricular (onda P), ventricular (complejos QRS) y la repolarización ventricular (ST-T).

Intervalo RR (distancia entre las ondas R)

R

R

Intervalo PP (distancia entre las ondas P)

Duración de la onda P
Segmento PR

Segmento ST-T

Intervalo TP

Segmento ST

T

U

P

q

S

Punto J-60: medición de la depresión del segmento ST en la prueba de esfuerzo.

q

S

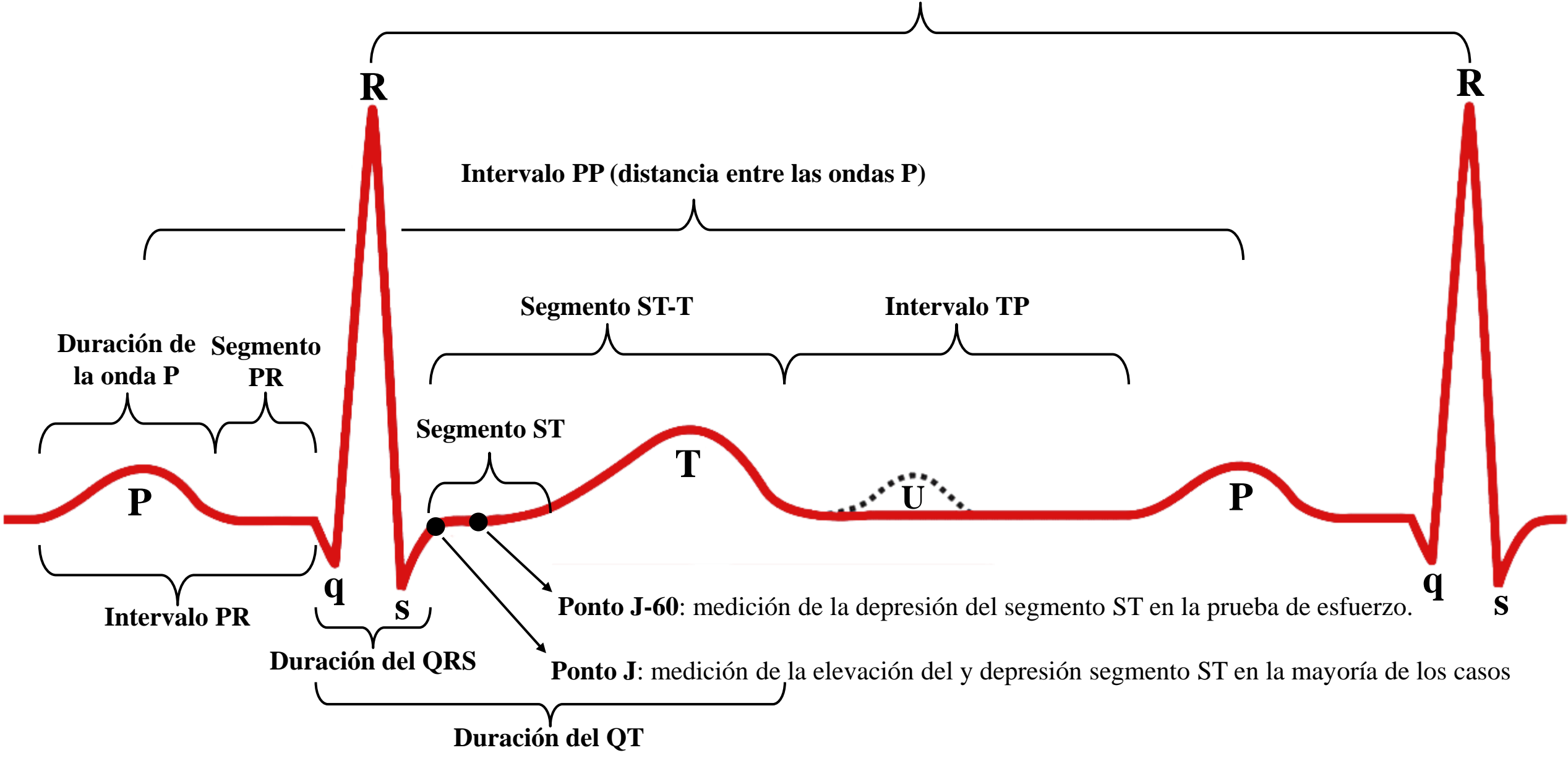
Intervalo PR

Duración del QRS

Punto J: medición de la elevación del y depresión segmento ST en la mayoría de los casos

Duración del QT

Para determinar la medición del desvío del segmento ST (depresión o elevación) no usamos el intervalo TP. Se usa el segmento PR. Este es también llamado de línea de base o isoelectrica.



Las ondas normales del Electrocardiograma

Onda P: representa la onda de despolarización de la cámara auricular. Es la primera onda del ECG.

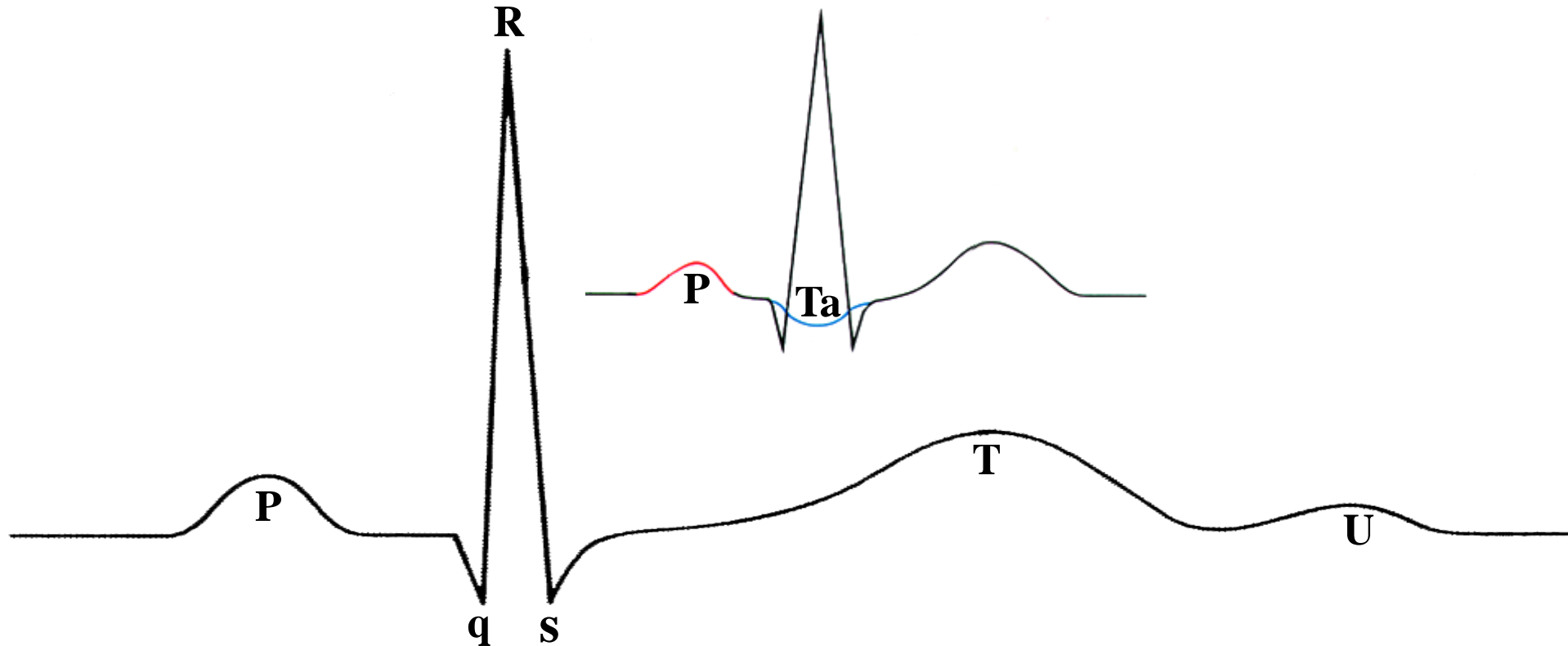
Complejo QRS: conjunto de deflexiones que representan la **despolarización ventricular**. **QS:** deflexión única y negativa que puede representar la despolarización ventricular.

- **Q o q:** primera deflexión negativa de la despolarización ventricular (del QRS) seguida de una deflexión positiva r o R. Si está aislada será QS.
- **R, R' y R'':** primera, segunda y tercera deflexión positiva del QRS o despolarización ventricular.
- **S, S' y S'':** primera, segunda y tercera deflexión negativa después de la primera, segunda o tercera onda positiva del QRS.

Onda T: onda que representa la repolarización ventricular.

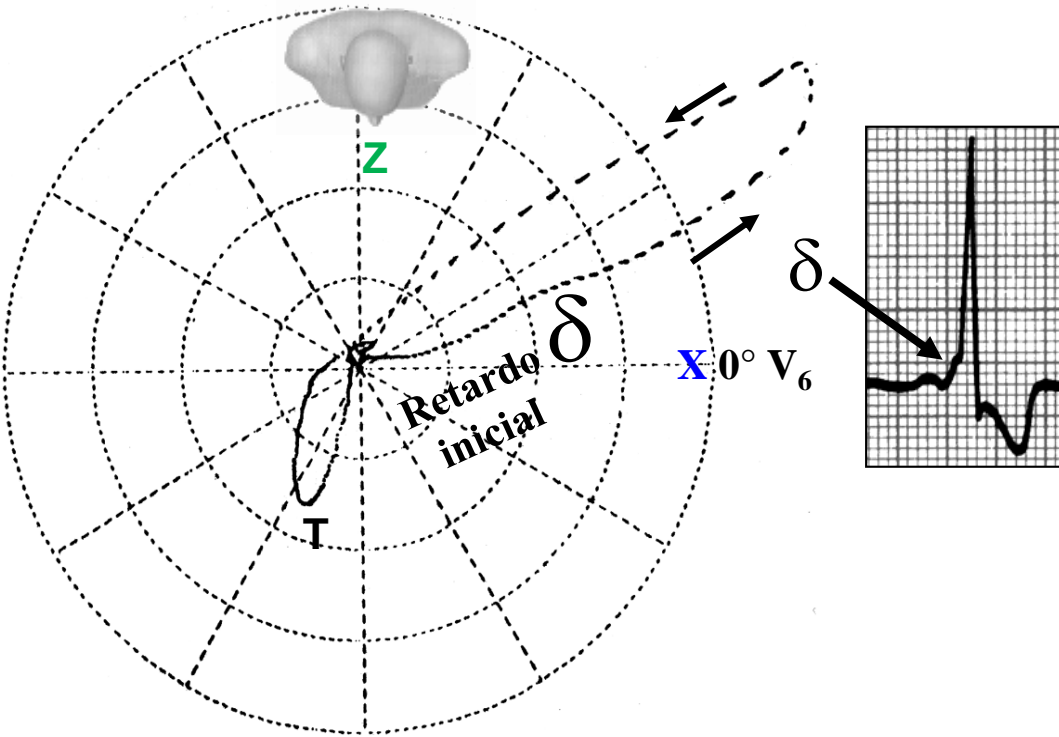
Onda U: última onda pequeña, (10% de la T) inconstante, se inscribe después de la T y antes de la P del ciclo siguiente. Su origen es todavía controvertido.

Onda Ta o Tp: onda no visible normalmente (oculta por el QRS). Representa la repolarización auricular.



Las ondas anormales del Electrocardiograma

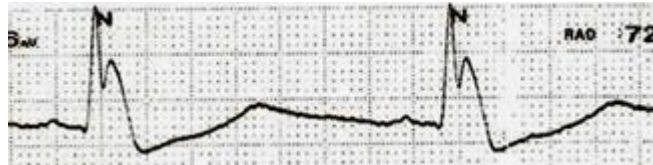
Onda delta δ



Un arrastrado y lento inicio en la rampa ascendente inicial del complejo QRS (onda delta). En otras palabras, engrosamiento o muesca al inicio del complejo QRS: onda delta. Su duración es de 30 ms a 60 ms y su altura de hasta 5 mm. Significado: corresponde a la despolarización inicial de la masa ventricular a través de una vía accesoria en paralelo anormal.

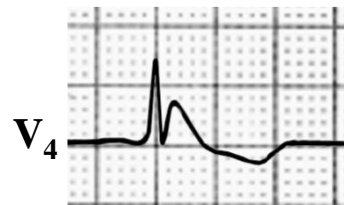
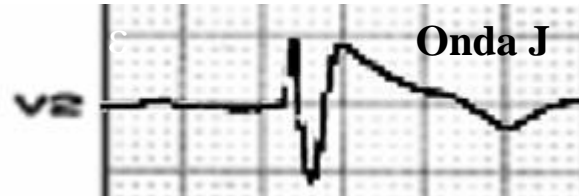
Onda J

I) De la hipotermia

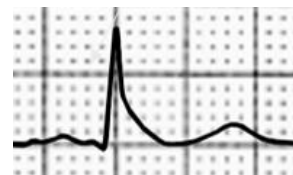


II) En condiciones normotérmicas

A) En el síndrome de Brugada

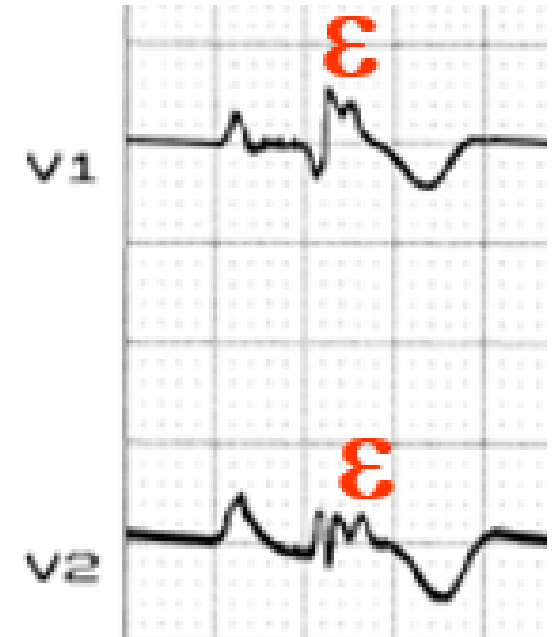


B) Onda J con muesca "notched"



C) Onda J "Slurring"

Onda Épsilon ϵ







Son ondas de baja amplitud entre el fin del complejo QRS y en inicio de la onda T en precordiales derechas (V_1 a V_3) Consideradas un signo mayor de despolarización para el diagnóstico de displasia arritmógena del ventrículo derecho (DAVD). No son patognomónicas de DAVD

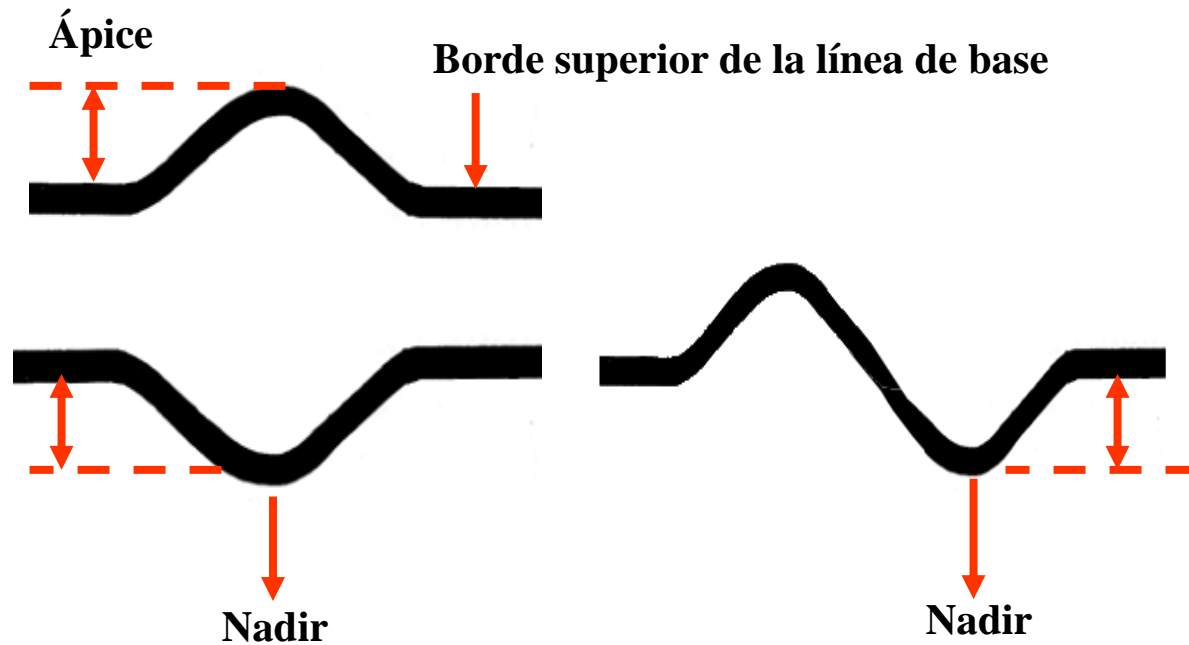
La onda P: ítems a ser analizados

Parámetros a ser estudiados en la onda P.

I. Polaridad: En cuanto a la polaridad, mostramos que la onda P puede ser positiva, negativa o difásica: plus-minus y minus-plus.

- a) Positiva; 
 - b) Negativa; 
 - c) Positiva-negativa o “plus-minus”: 
 - d) Negativa-positiva o “minus-plus”: 
- } **Difásicas**

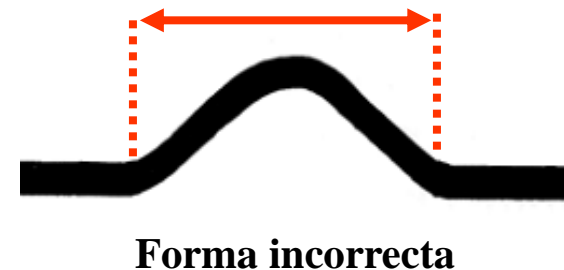
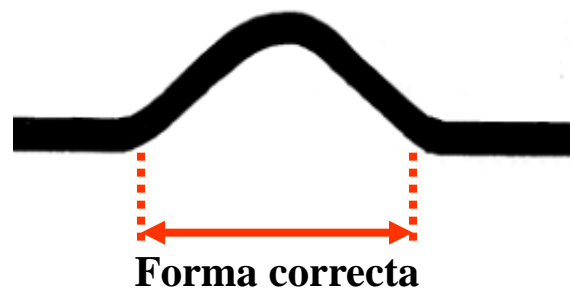
II. Voltaje o amplitud:



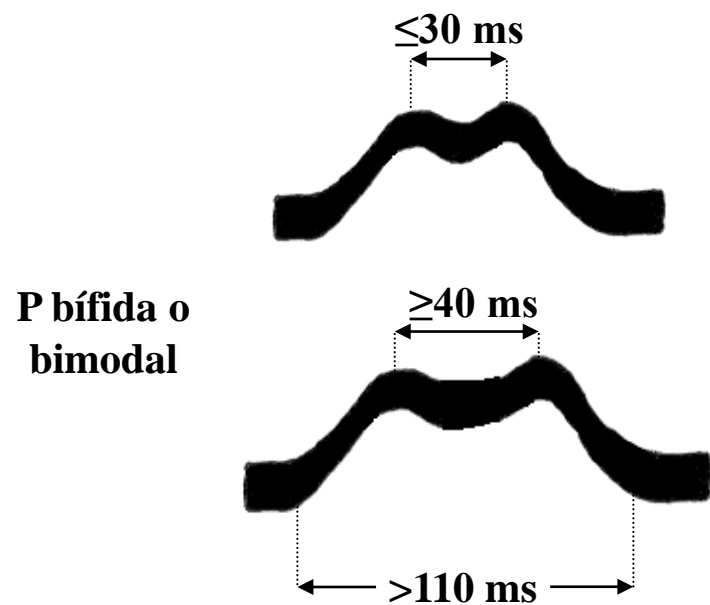
La amplitud o voltaje normal de la onda P se encuentra en el rango de 0,5 a 2,5 mm (o 0,05 a 0,25 mV).

III. Duración: Duración normal de la onda P en relación con la edad y su correcta medición.

Grupo etario	Valor máximo normal de la duración de la onda P
0 a 12 meses	80 ms (dos cuadritos)
1 a 12 años	90 ms
Más de 12 años	110 ms (2,5 cuadritos)



IV. Morfología (aspecto)

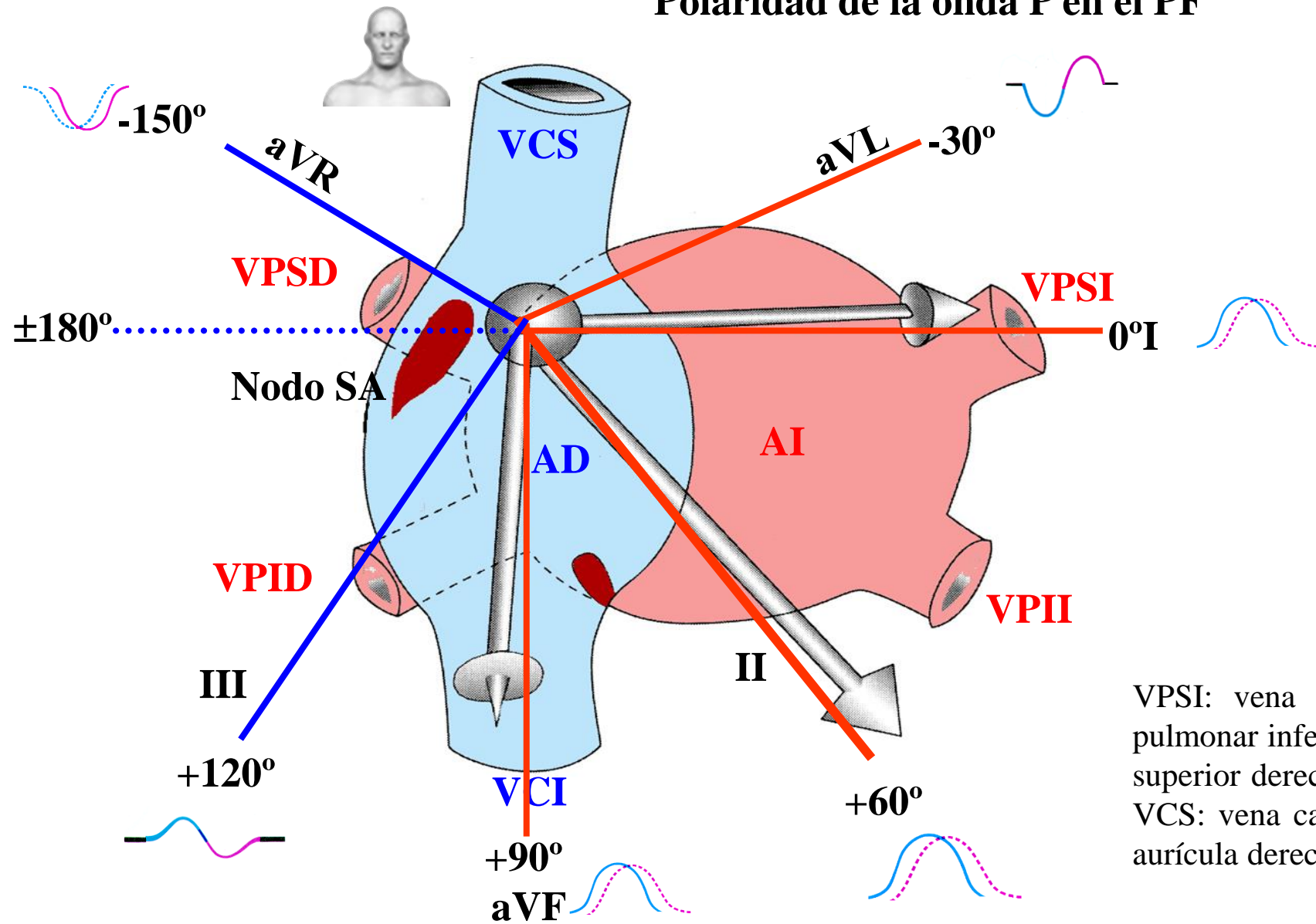


Normal, amigdalitis crónica, diabetes, vagotónicos

SAI o disturbo de conducción interauricular parcial por el fascículo de Bachman “P mitrale”.

El contorno de la P es redondeado y monofásico, pudiendo existir pequeñas muescas, (más frecuentes en V_3 y V_4) y la distancia entre esas muescas no debe superar 30 ms. Muecas en la onda P con distancia entre los ápices de 40 ms el mayor constituye una señal de sobrecarga auricular izquierda (SAI) o disturbo de conducción interauricular parcial por el fascículo de Bachman, encargado de activar la aurícula izquierda (AI).

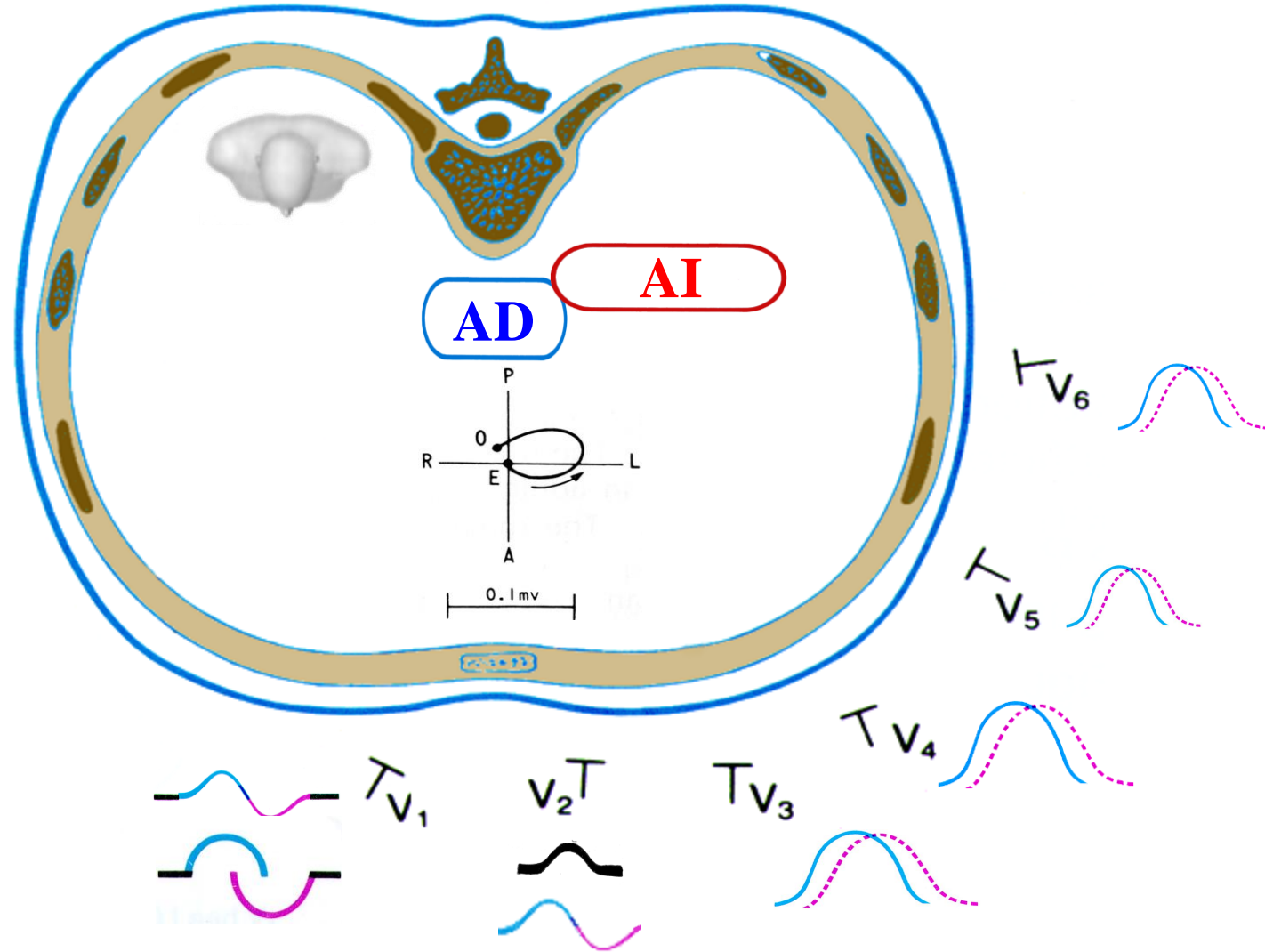
Polaridad de la onda P en el PF



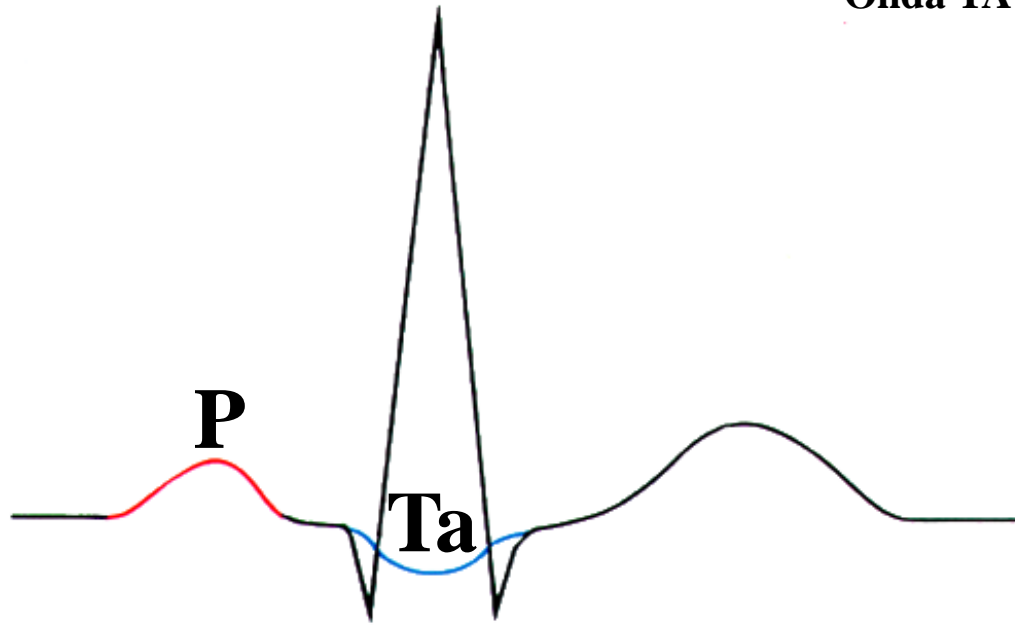
VPSI: vena pulmonar superior izquierda; VPIL: vena pulmonar inferior izquierda; VPSD: vena pulmonar superior derecha; VPID: vena pulmonar inferior derecha; VCS: vena cava superior; VCI: vena cava inferior; AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda.

Representación de la polaridad de la onda P en las derivaciones del PF. Es siempre positiva en las derivaciones II, I y aVF. Es variable en III y aVL: en la primera puede ser plus-minus en la segunda minus-plus. La derivación aVR y la onda P son siempre de polaridad negativa.

Polaridad de la onda P en las derivaciones precordiales y bucle P en el PH

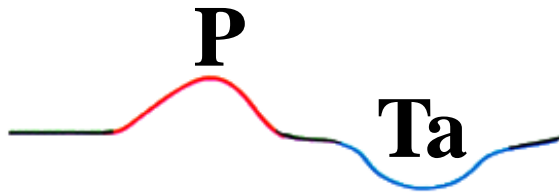


Onda TA o TP



Localización normal de la repolarización auricular (onda Ta o TP). Se observa que coincide con la despolarización ventricular (complejo QRS), lo que explica su ausencia por estar oculta por el fenómeno ventricular. Onda no visible normalmente. Oculta por el QRS. Representa la repolarización auricular. La polaridad de la misma es opuesta a la de la onda P y su magnitud es de 100 a 200 μV . Eventualmente pueden aparecer en el segmento ST y la onda T. Durante el ejercicio podría teóricamente ocasionar depresión del segmento ST y simular isquemia miocárdica¹

1. Kapin PM, et al. J Am Coll Cardiol. 1991; 18: 127-135.



Debe sospecharse de falso positivo en presencia de:

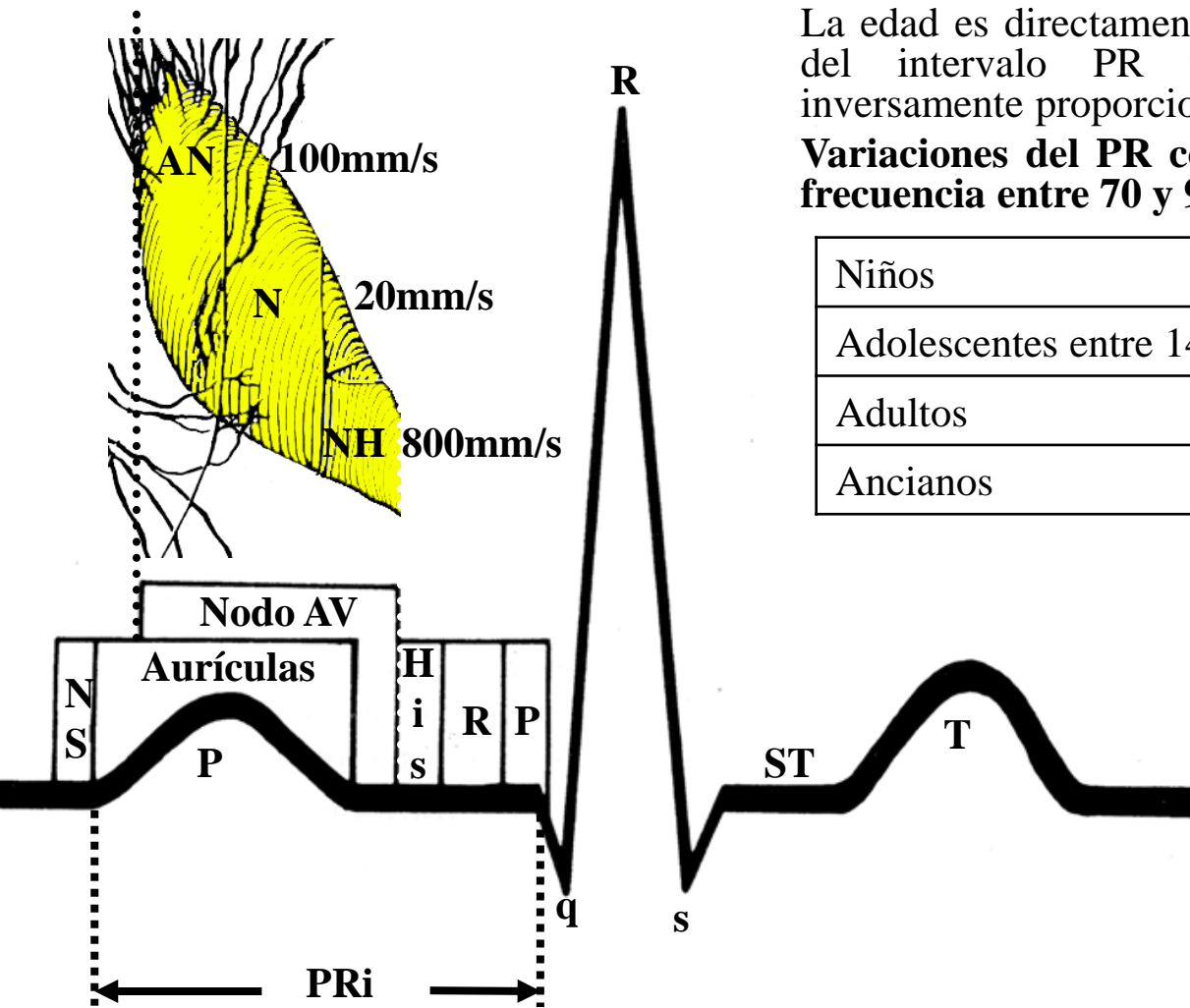
1. Importante depresión del segmento PR (downsloping) en el pico del esfuerzo;
2. Tiempo de ejercicio más extenso y pico más rápido que aquellos verdaderamente positivos;
3. Ausencia de dolor inducido por esfuerzo;
4. Onda P de voltaje mayor en el pico del ejercicio.

Intervalo PR

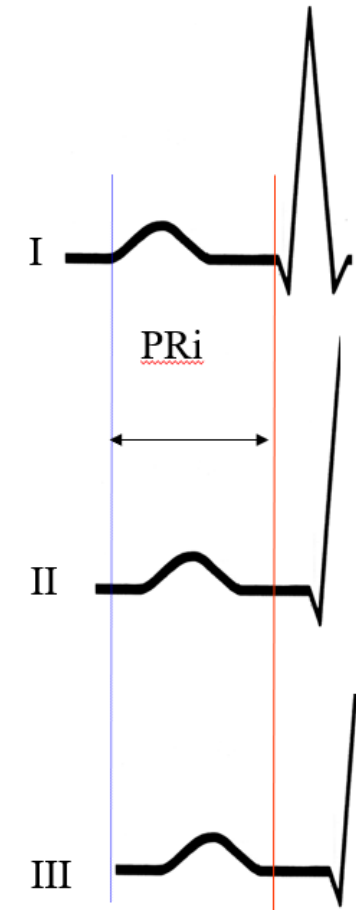
La edad es directamente proporcional a la duración del intervalo PR y la frecuencia cardíaca inversamente proporcional

Variaciones del PR con la edad (valores para la frecuencia entre 70 y 90 bpm)

Niños	100 a 160 ms
Adolescentes entre 14 y 17 años	100 a 180 ms
Adultos	120 a 200 ms
Ancianos	120 a 210 ms

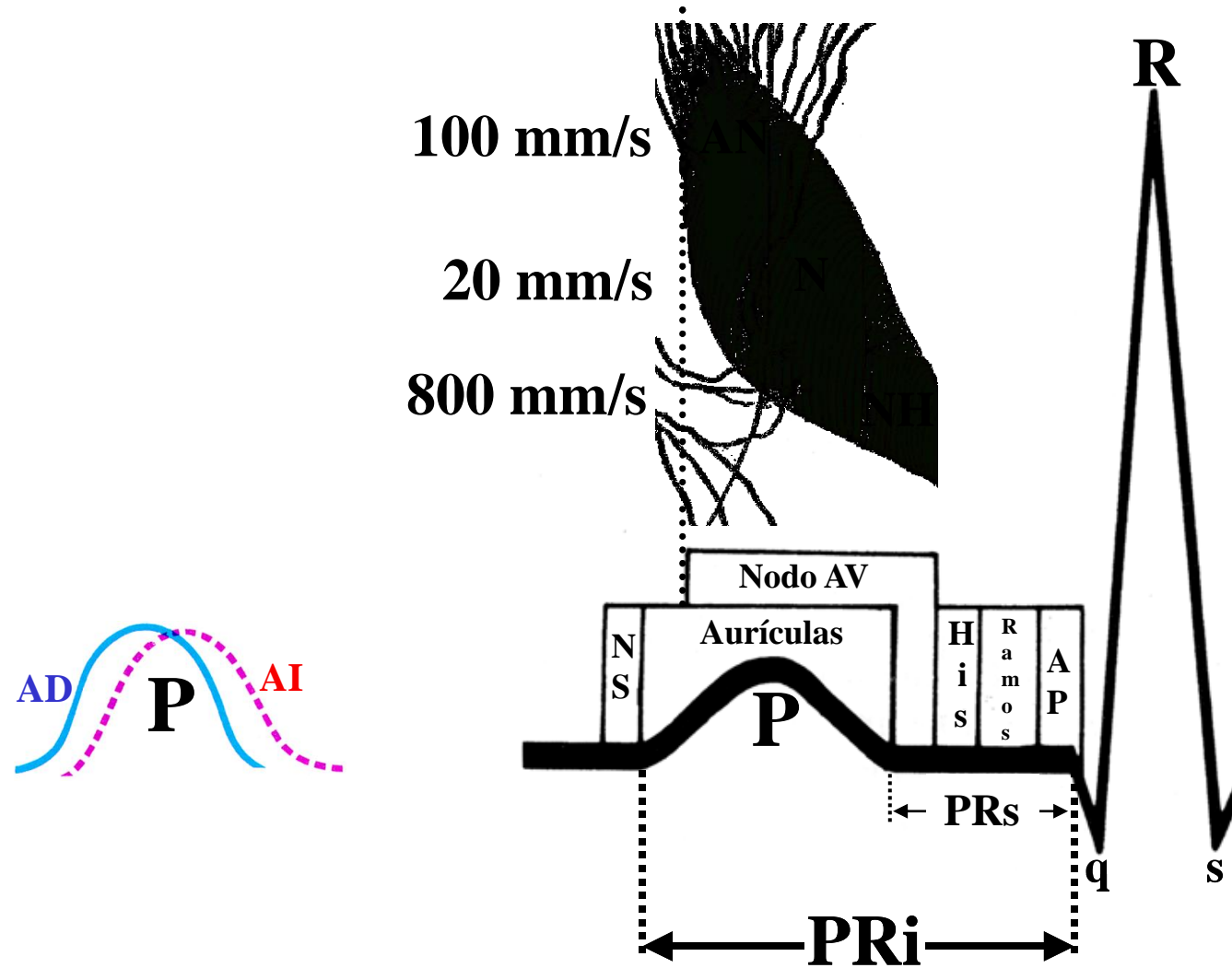


Medición correcta del intervalo PR en el aparato de tres canales de registros simultáneos



Representación del intervalo PR del inicio de la onda P al inicio del complejo QRS. Durante el intervalo PR, el estímulo recorre el nodo SA, las aurículas, el nodo AV, el haz de His, las ramas y arborizaciones de Purkinje. En la parte superior de la figura están representadas las tres porciones del nodo AV: región AN (velocidad de conducción: 100 mm/s), región N o central (velocidad de conducción: 20 mm/s) y la región nodo-Hisiana o NH (velocidad de conducción: 800 mm/s).

Intervalo y segmento PR: PRs y PRi



NS: nodo sino-auricular; AP: arborizaciones de Purkinje; q: primera onda negativa de la despolarización ventricular; R: primera onda positiva de la despolarización ventricular; s: segunda onda negativa de la despolarización ventricular. Observación: las ondas se escriben con mayúscula o minúscula de acuerdo con su tamaño. qRs: complejo QRS de despolarización ventricular, con duración ≤ 100 ms. PRs: segmento PR (se extiende desde el fin de la onda P al inicio del complejo QRS). PRi: intervalo PR (se extiende desde el inicio de la onda P al inicio del complejo QRS).

Durante el intervalo PR, el estímulo recorre el nodo SA, las aurículas, el nodo AV, el haz de His, las ramas y las arborizaciones de Purkinje. En la parte superior de la figura están representadas las tres porciones del nodo AV: región AN (velocidad de conducción: 100 mm/s), región N o central (velocidad de conducción: 20 mm/s) y región nodo hisiana o NH (velocidad de conducción: 800 mm/s).

Intervalo PR

Causas fisiológicas y patológicas de los intervalos PR cortos y prolongados:

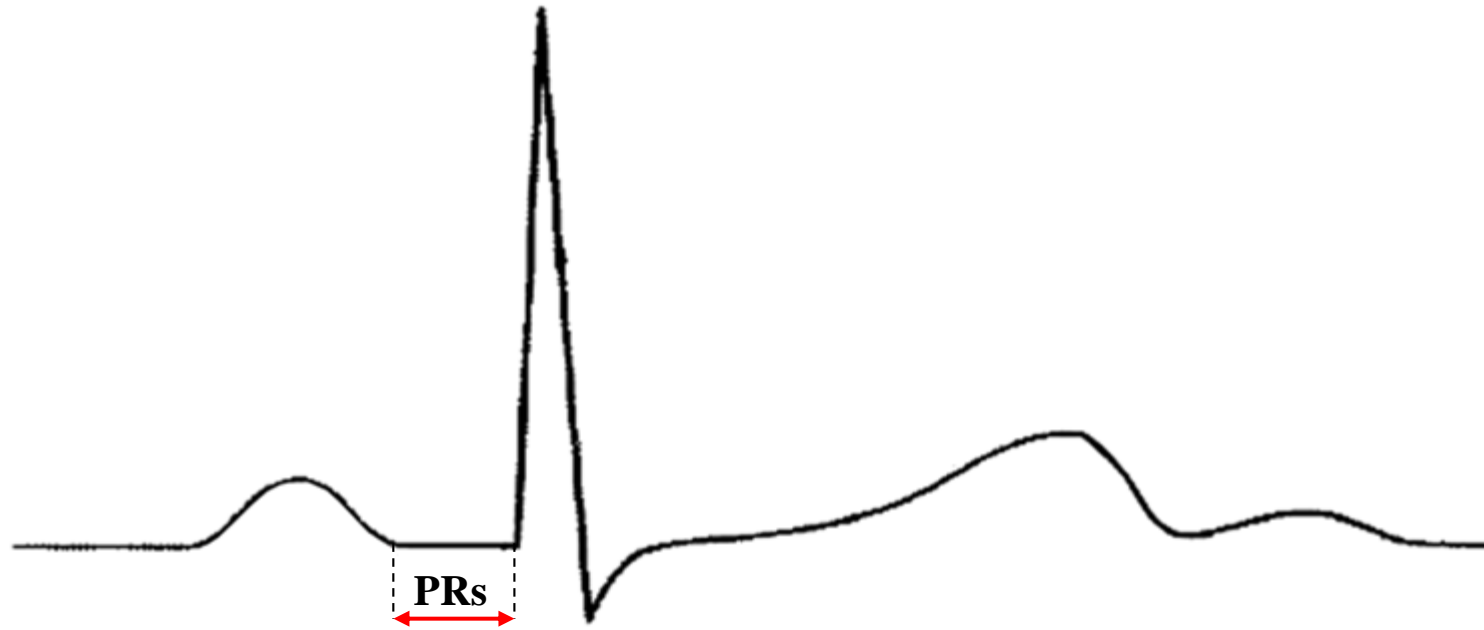
- **Intervalo PR corto (< 120 ms) en el adulto**

- Con QRS ancho: onda delta (síndrome de Wolf-Parkinson-White);
- Con onda P negativa en las derivaciones inferiores II, III y aVF;
- Con ondas P y QRS normales. Conducción AV acelerada: Long-Gannong- Levine Syndrome.

- **Intervalo PR prolongado:** bloqueo AV de primer grado;

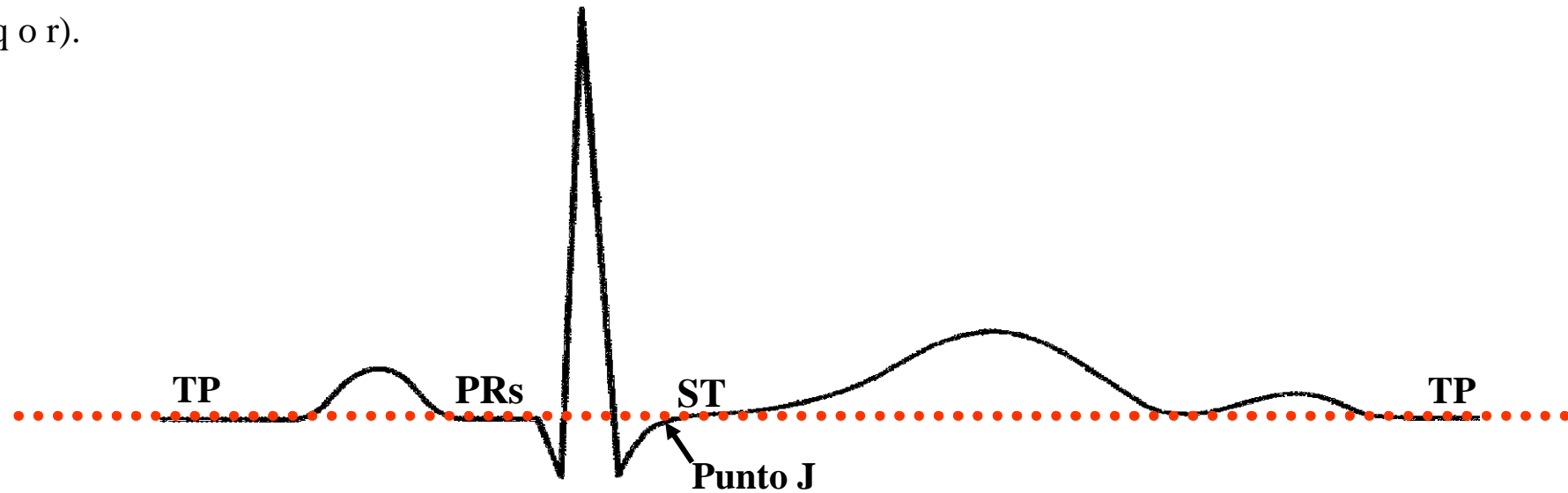
- Fisiológico: vagotonía (la atropina acorta el intervalo PR) Atletas.
- Patológico:
 - ❑ Insuficiencia coronaria: obstrucción de la arteria descendente anterior izquierda
 - ❑ Fiebre reumática aguda (señal menor de Jones)
 - ❑ Intoxicación con digital
 - ❑ Defecto “ostium primum” y comunicación interauricular completa
 - ❑ Síndrome de Holt-Oran
 - ❑ Anomalía de Ebstein de la válvula tricúspide (20% de los casos); Transposición congénitamente corregida de las grandes arterias

Segmento PR o PQ (PRs- PQ)

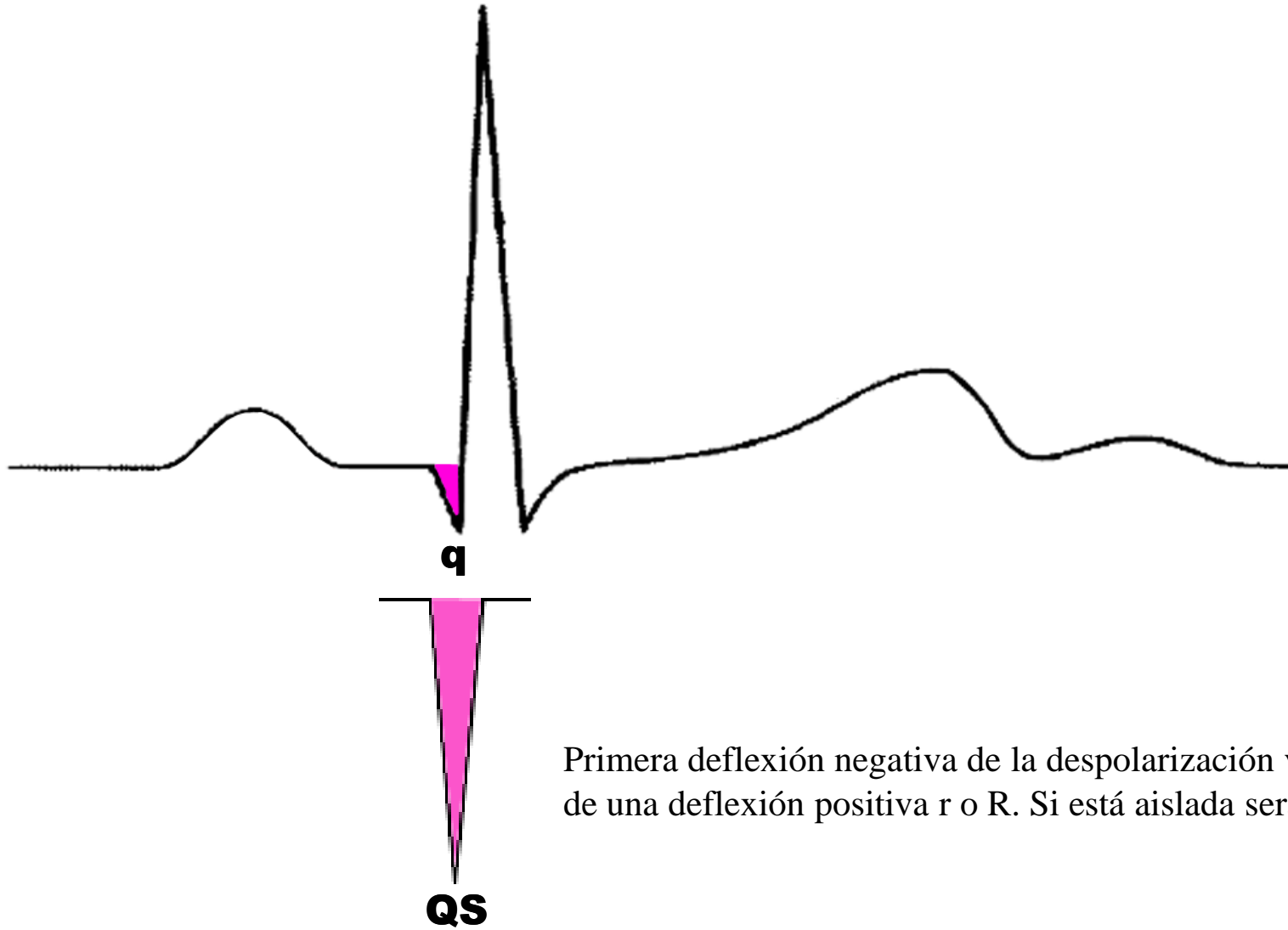


Representación del segmento PR se extiende desde el fin de la onda P al inicio del complejo QRS (inicio con onda q o r).

Em condiciones normales, los segmentos TP, PR y ST están nivelados, es decir, que si trazamos una línea horizontal, esta caerá en cima de los tres segmentos (isoelectricos). No obstante, el PRs es que se emplea para determinar los desnivelamientos del segmento ST: elevación del segmento ST y depresión del segmento ST. Este parámetro es muy útil en el caso de la insuficiencia coronaria.



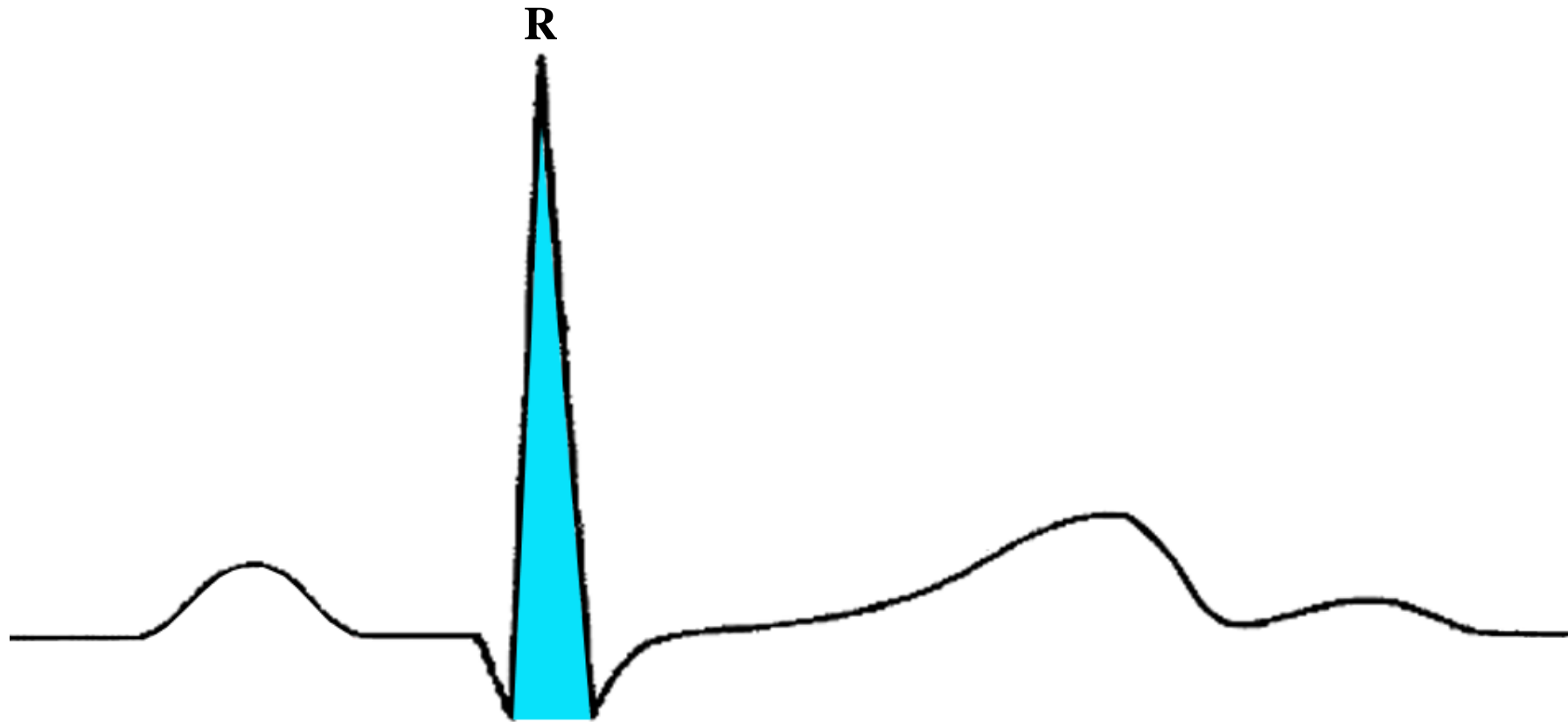
Onda Q o q



Primera deflexión negativa de la despolarización ventricular (de QRS) seguida de una deflexión positiva r o R. Si está aislada será QS.

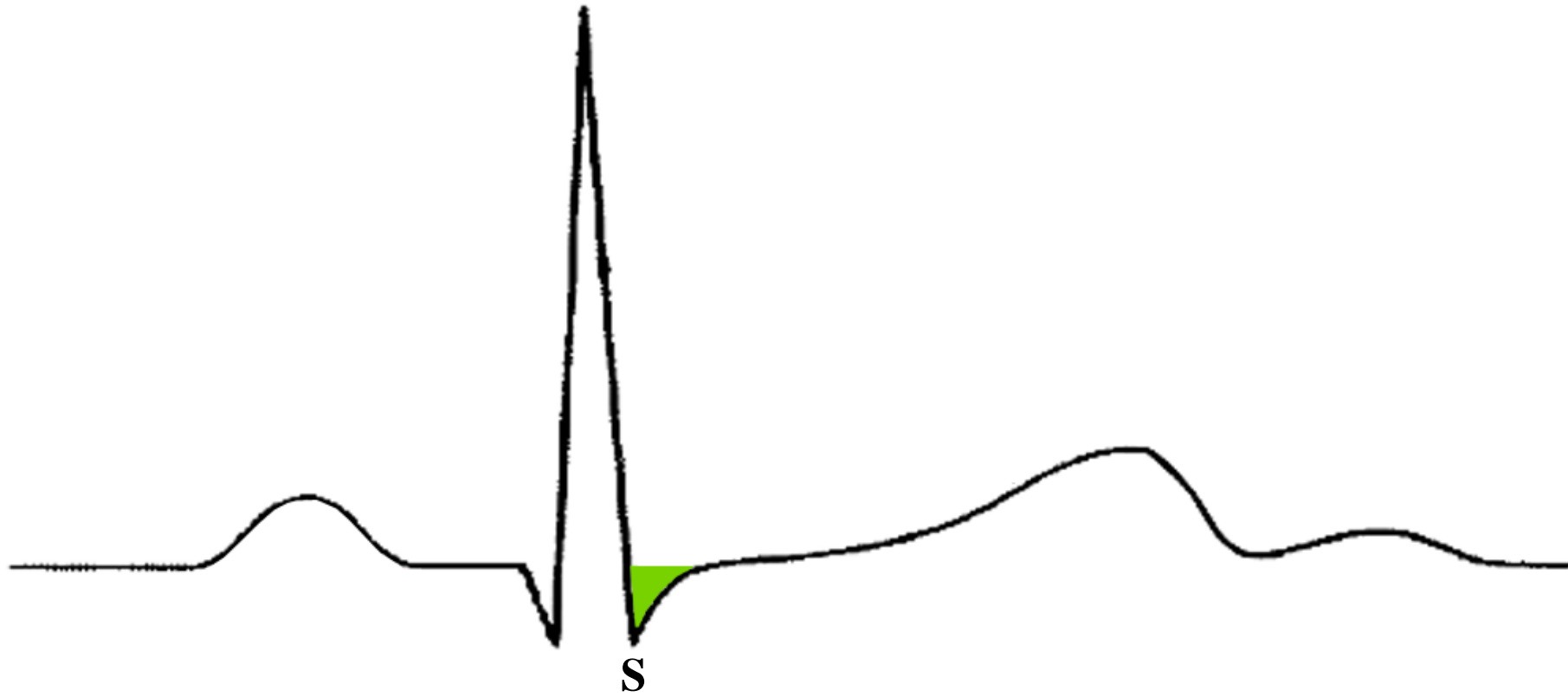
Onda R o r

Onda R o r: primera onda positiva del complejo QRS precedida o no de Q o q y sucedida o no de S o s.



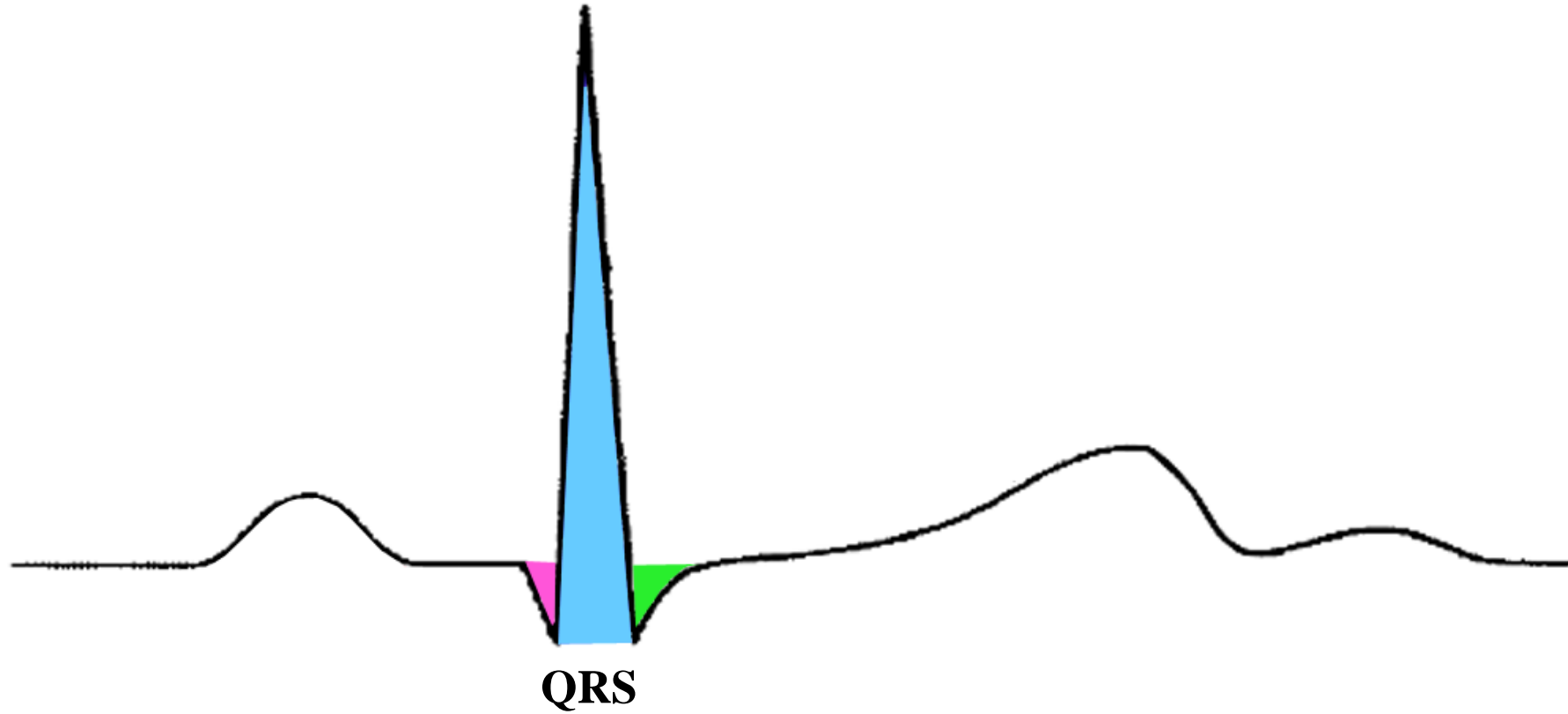
Onda R, R' y R'': primera, segunda y tercera deflexión positiva del QRS o despolarización ventricular.

Onda S o s



Ondas S, S' y S: primera, segunda y tercera deflexión negativa luego de la primera, segunda o tercera onda positiva del QRS.

QRS o complejo QRS



Conjunto de deflexiones que representan la despolarización ventricular. Cuando el complejo QRS está representado por una única deflexión negativa se la conoce como QS típico de los infartos transmurales.

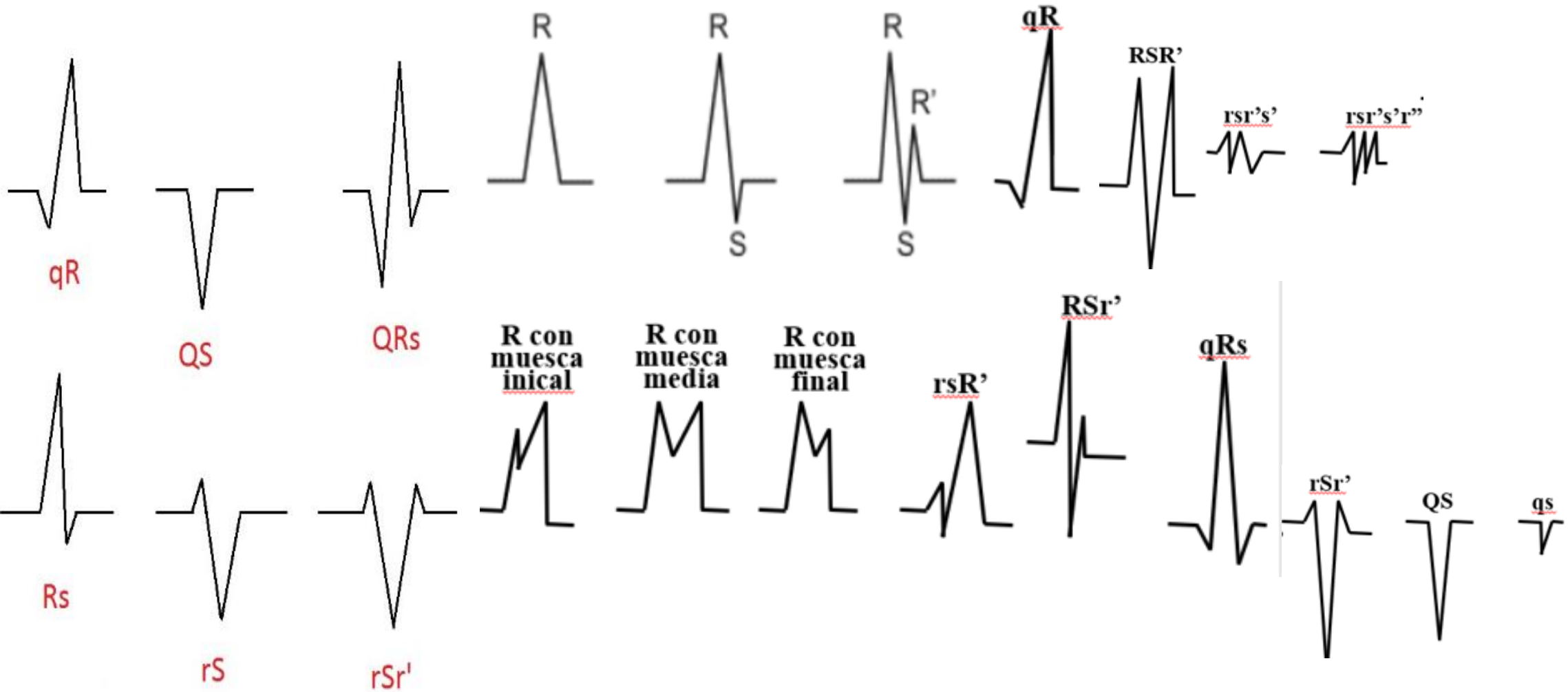
El complejo QRS

Concepto: conjunto de deflexiones u ondas que representan la despolarización ventricular.

Sus componentes se denominan de la siguiente manera:

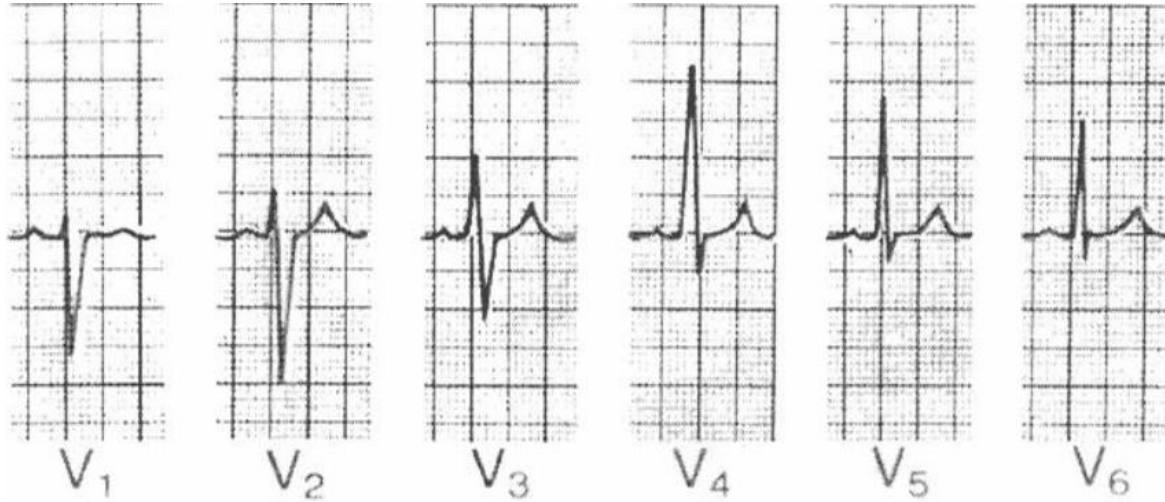
Onda Q o q: primera onda negativa del complejo QRS seguida de una onda R o r.

Las ondas de voltaje reducida se escriben con letra minúscula (q) y las de gran profundidad con mayúscula (Q).



Ítems a ser analizados en el complejo QRS

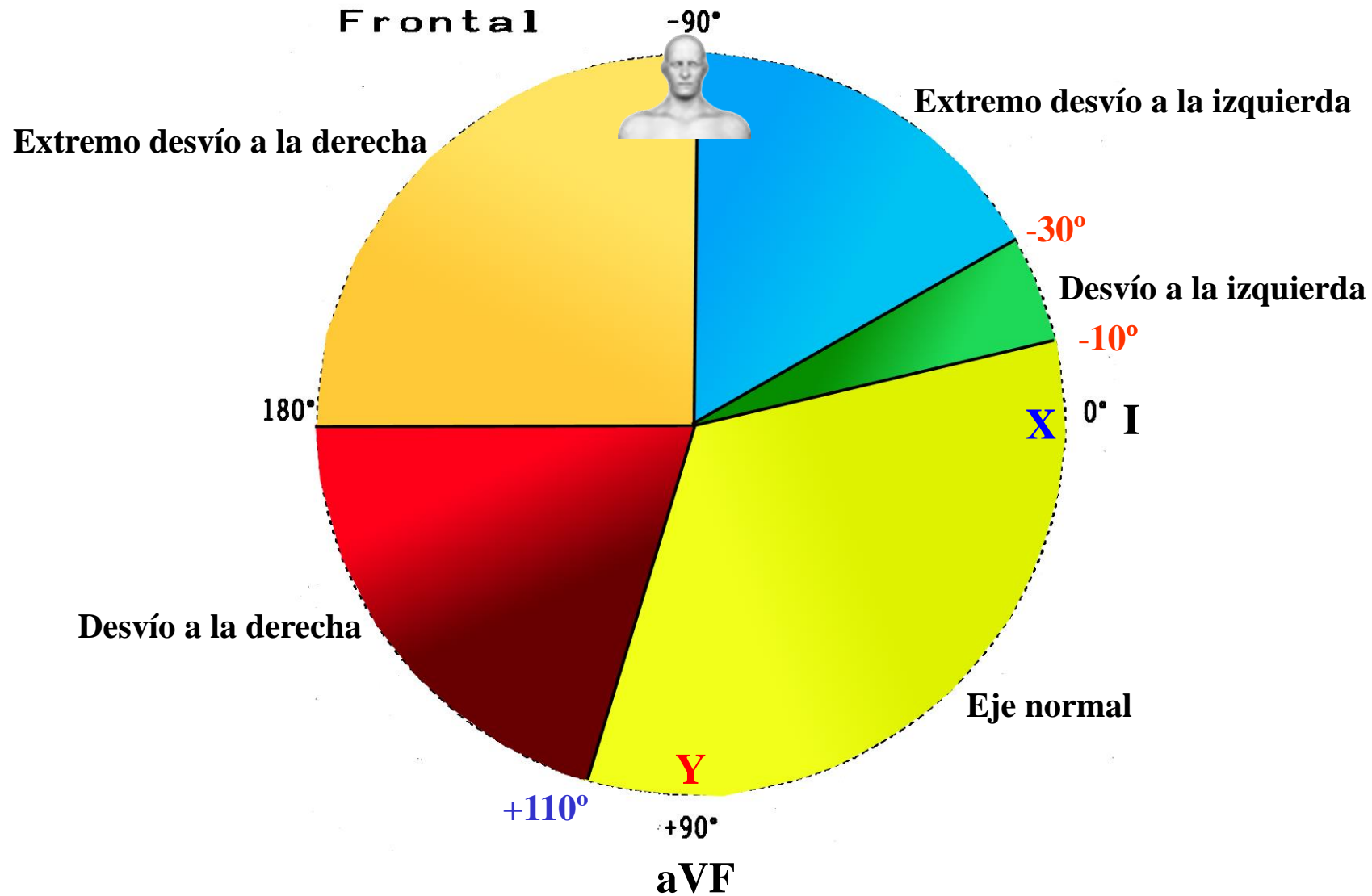
1. Orientación del vector medio del QRS o eje del QRS ($\hat{S}\hat{A}QRS$ o $\hat{A}\hat{Q}RS$) en el PF y PH;
2. Duración del complejo QRS: tiempo de conducción intraventricular;
3. Voltaje o amplitud del complejo QRS: normal, bajo voltaje o voltaje aumentado;
4. Morfología o forma de los complejos QRS;
5. Localización de la zona de transición en las derivaciones precordiales;



Se denomina zona de transición precordial al momento que el QRS es isodifásico ($R=S$), en este caso V3. V1 y V2 normalmente son predominantemente negativos (rS). La transición ocurre con mayor frecuencia en derivación V3 pero es altamente dependiente de la colocación de los electrodos. Cuando la transición ocurre en V1 o V2, se la denomina transición precoz. Cuando ocurre en V4, V5 o V6, se lo denomina transición tardía.

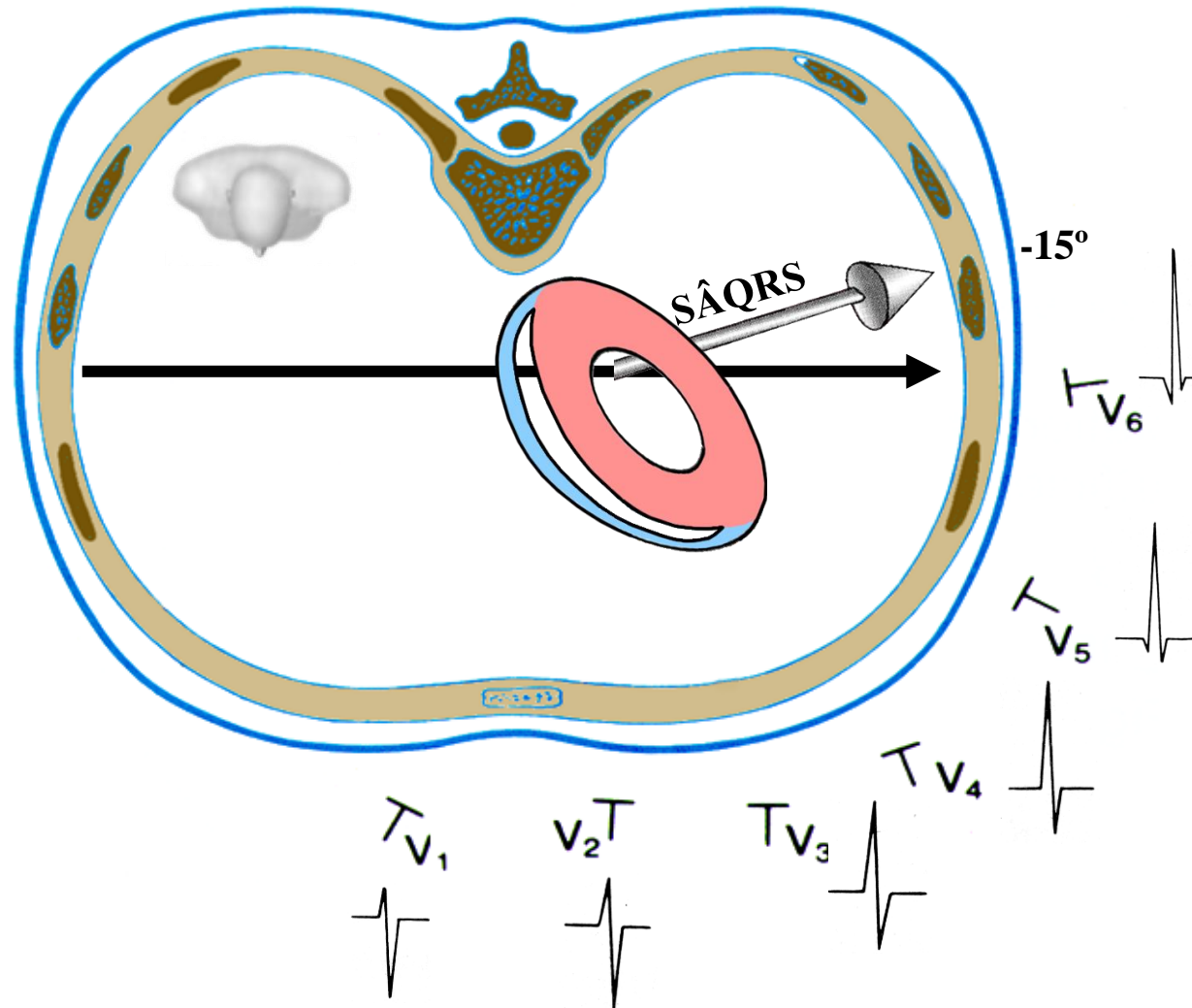
6. R-wave peak time, tiempo de activación ventricular “ventricular activation time”:
 - Para VD: en V1-V2
 - para VI: en V5-V6
7. Análisis de las ondas del complejo QRS.

1. Valores de la orientación del vector medio o eje del QRS ($\hat{S}\hat{A}\hat{Q}\hat{R}\hat{S}$ o $\hat{A}\hat{Q}\hat{R}\hat{S}$) en el adulto en el PF



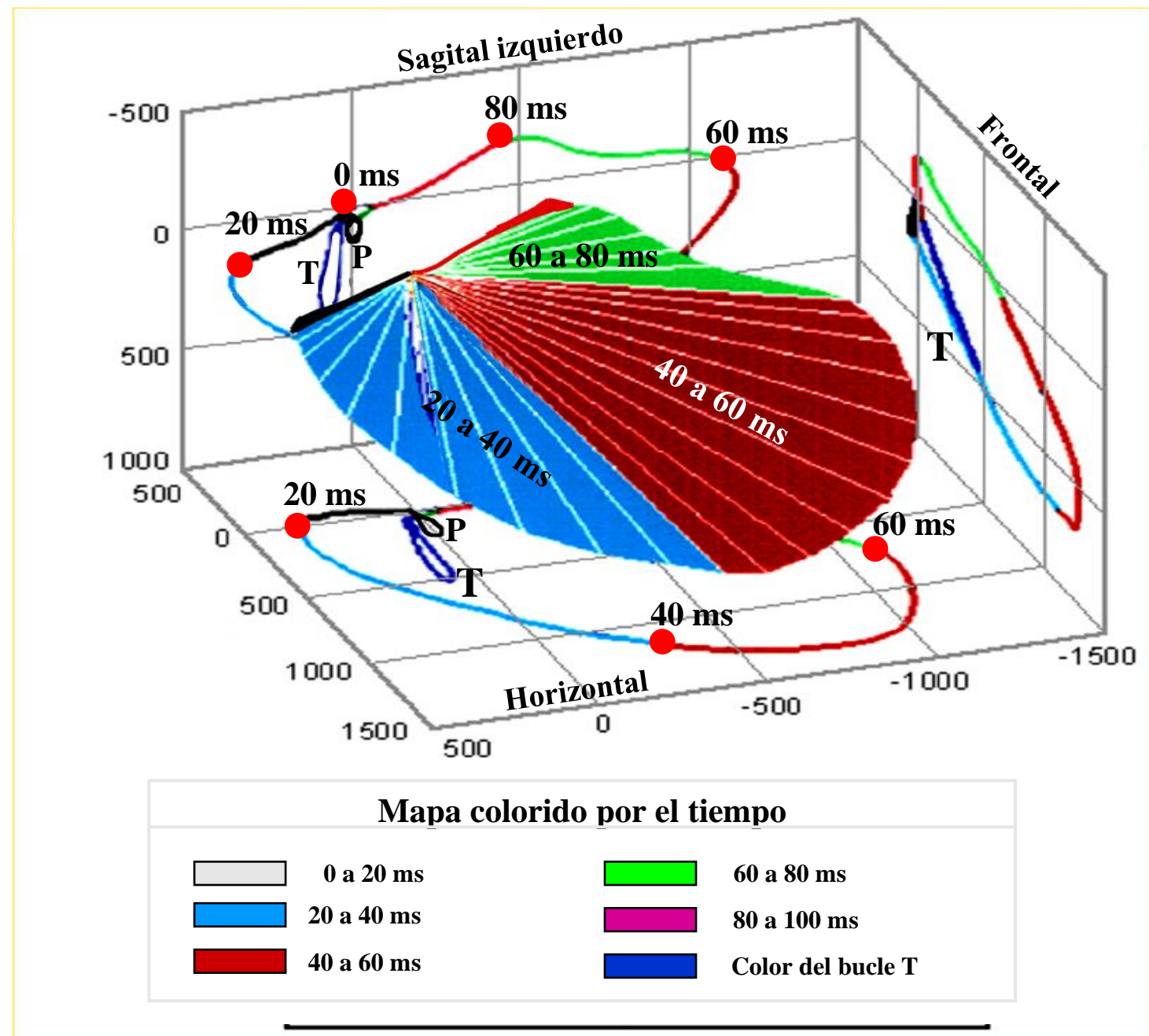
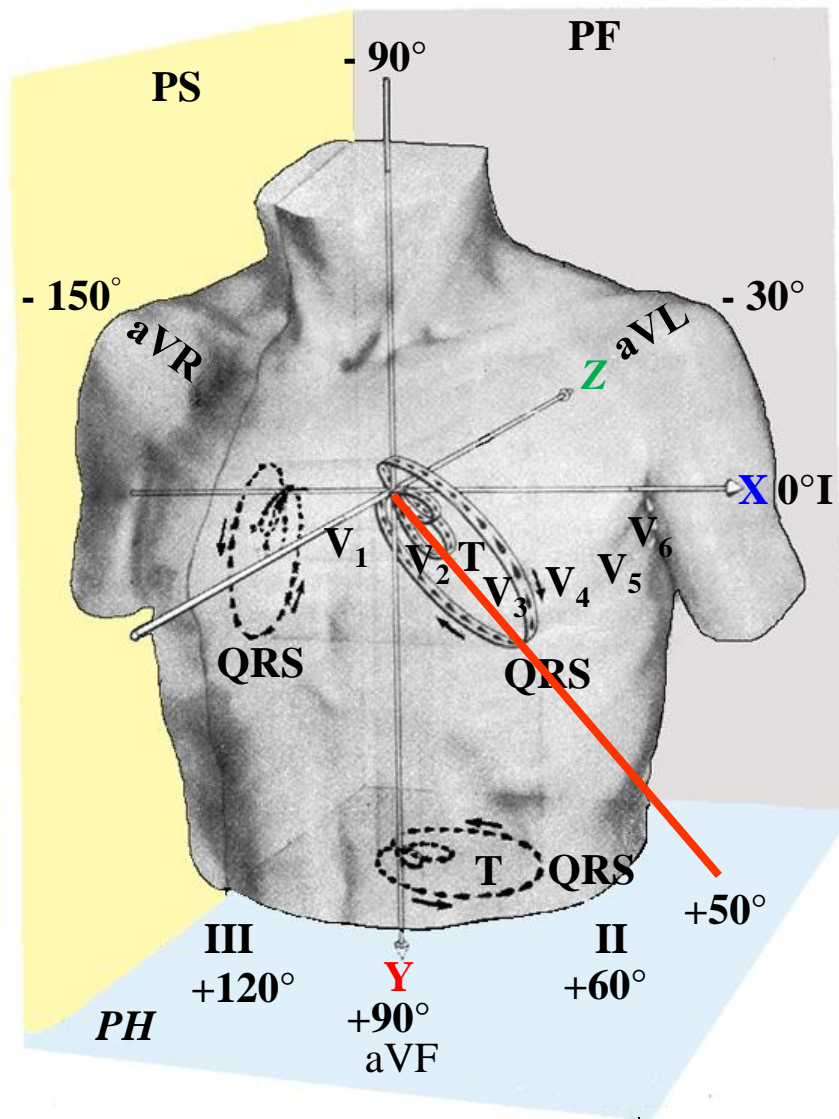
En el plano frontal (PF), el $\hat{S}\hat{A}\hat{Q}\hat{R}\hat{S}$ medio se encuentra en los +50°

1. Valores de la orientación del vector medio o eje del QRS ($\hat{S}\hat{A}\hat{Q}\hat{R}\hat{S}$ o $\hat{A}\hat{Q}\hat{R}\hat{S}$) en el adulto en el PH



Localización media del eje de la onda QRS (SAQRS) en el plano horizontal en el adulto. En esta edad este eje apunta hacia el ventrículo predominante (VI) localizado atrás y a la izquierda. En promedio alrededor de los -15° .

Los bucles del VCG en los tres planos



Representación en los tres planos del espacio (frontal, sagital y horizontal) de los bucles de la despolarización auricular (bucle P) y ventricular (bucle QRS) y de la repolarización ventricular (bucle T).

Duración del complejo QRS y factores que influyen en su duración

A) Edad

- De 0 a 5 años: hasta 80ms (como máximo, o sea, 2 cuadrados pequeños);
- De 5 a 14 años: 40 a 90 ms;
- Adolescentes después de los 14 años y adultos: 60 a 100 ms (2% presentan QRS >100 ms).

B) Género

- El hombre tiene 5 a 8 ms más largo el QRS.

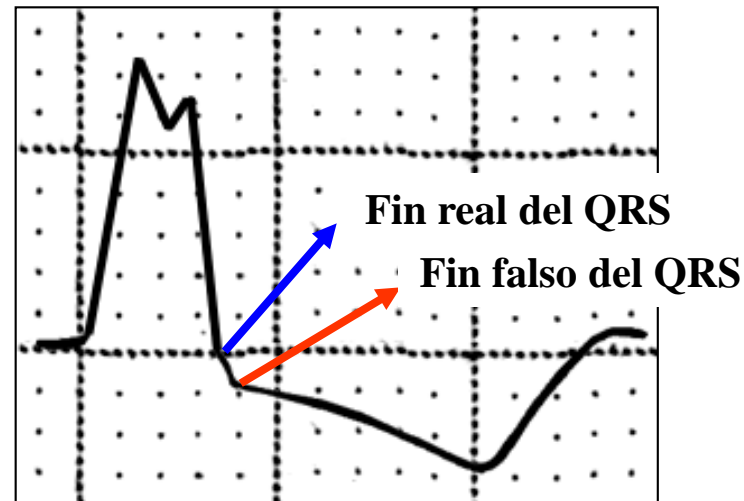
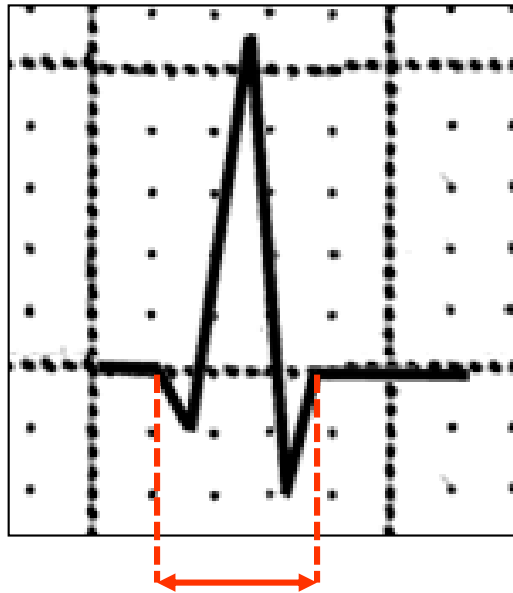
C) Frecuencia cardíaca

- Inversamente proporcional.

D) Raza

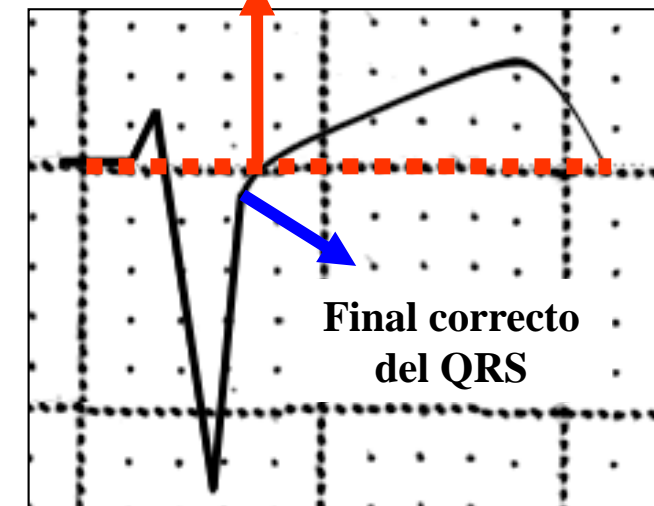
- Tendencia a ser más corto en la raza negra.

Medición correcta de la duración del QRS



El primer cambio de la rampa descendente corresponde el final del QRS

Final incorrecto del QRS

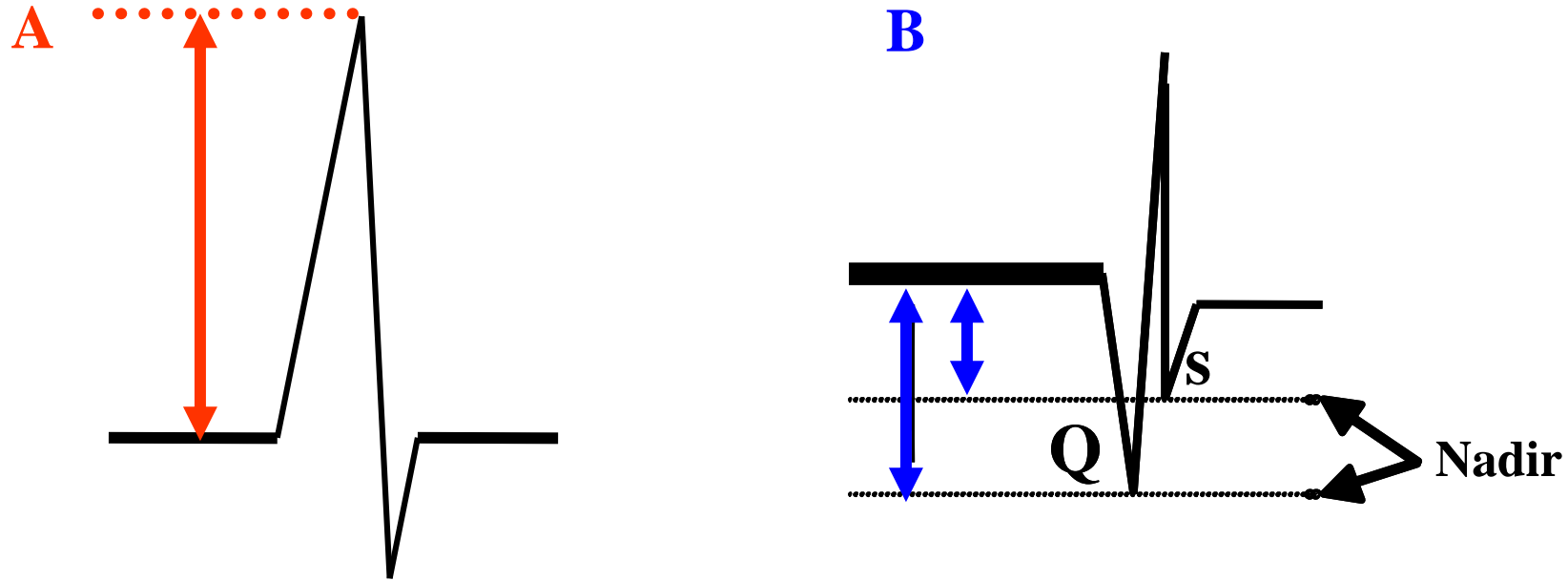


El primer cambio de la rampa ascendente corresponde el final del QRS

Medición correcta del voltaje del QRS

El voltaje de la onda R debe medirse del borde superior de la línea de base al ápice de la onda R (A).

El voltaje de la profundidad de las ondas Q y S debe medirse del borde inferior de la línea de base al nadir de las respectivas ondas (B).



Criterios de bajo voltaje del QRS

En el plano frontal

Se considera bajo voltaje en las derivaciones si ninguna onda alcanza los 5 mm (1 cuadrado grande o 5 pequeños en sentido vertical).

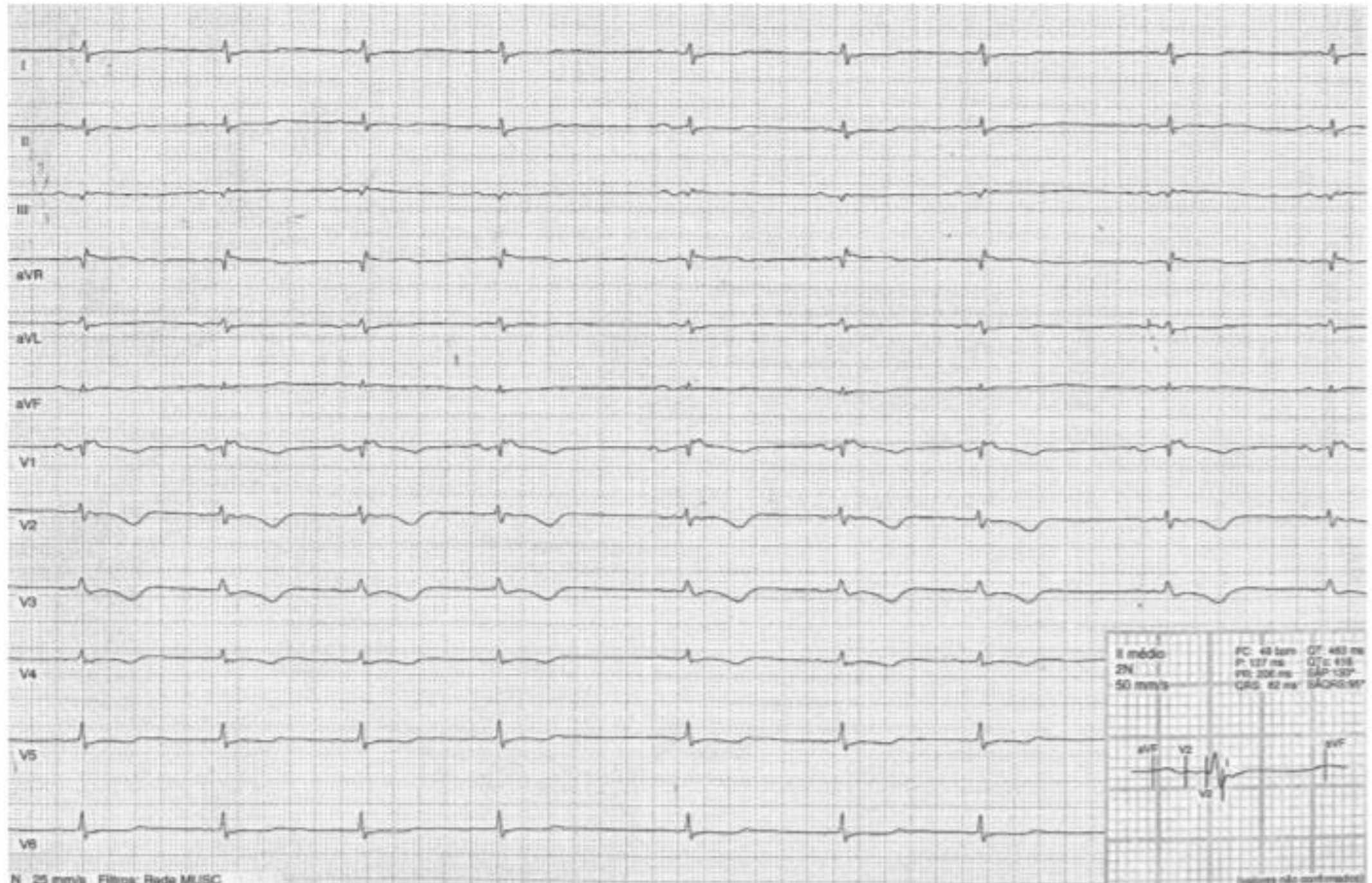
En el plano horizontal

Si ninguna onda alcanza los 10 mm en sentido vertical.

Causas clínicas de bajo voltaje del QRS

1. Obesidad;
2. Anasarca;
3. Derrame pleural, pericárdico, pleuro-pericárdico;
4. Pneumotórax izquierdo;
5. Hipotermia;
6. Miocardioesclerosis;
7. Infartos extensos;
8. Miocardiopatías;
9. Hemocromatosis;
10. Mixedema;
11. Amiloidosis;
12. Caquexia;
13. Insuficiencia cardíaca;
14. Variante normal;
15. Estenosis mitral;
16. Enfisema

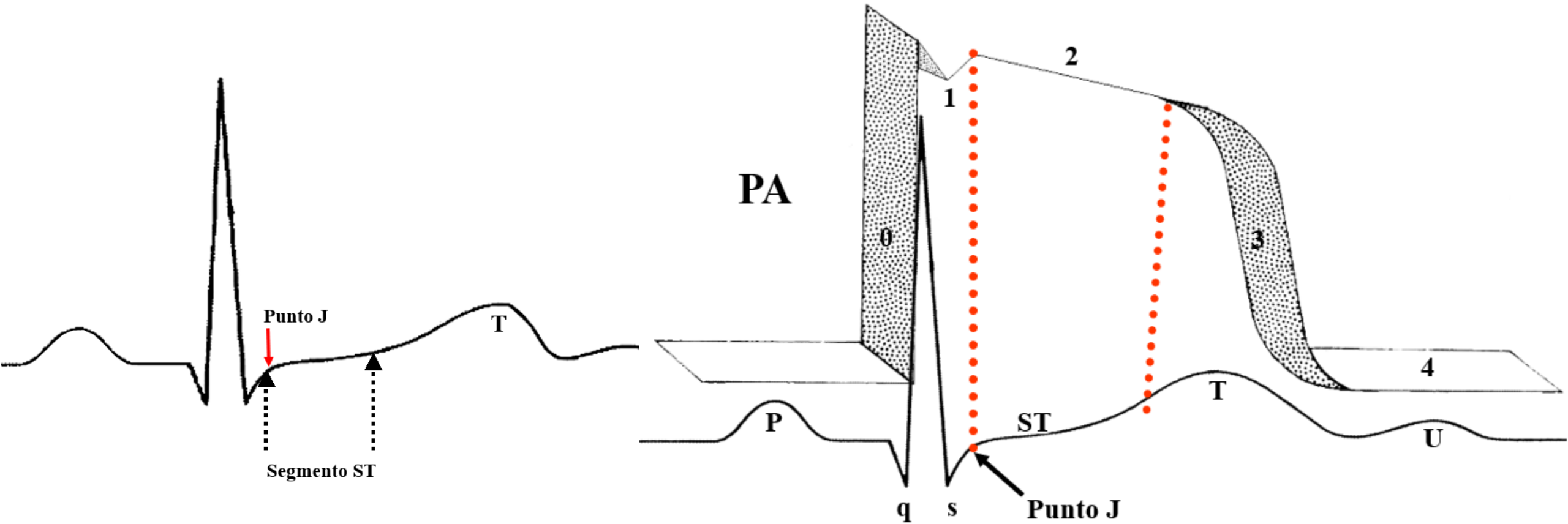
Ejemplo de bajo voltaje en ambos planos en una mujer de 55 años, portadora de displasia arritmógena del VD



Causas que aumentan el voltaje del QRS

- 1) Edad: niños, adolescentes y jóvenes;
- 2) Biotipo: longilíneo asténico;
- 3) Género: masculino. En la mujer la mama aleja los electrodos del corazón;
- 4) Raza: negra. Los hombres negros tienden a tener mayor voltaje de los QRS por poseer pared posterior del VI más gruesa;
- 5) Vagotonía;
- 6) Atletas: atletas de elite y físicoculturistas, por el aumento de la masa del ventrículo izquierdo;
- 7) Mastectomía izquierda;
- 8) Sobrecargas ventriculares.

El segmento ST

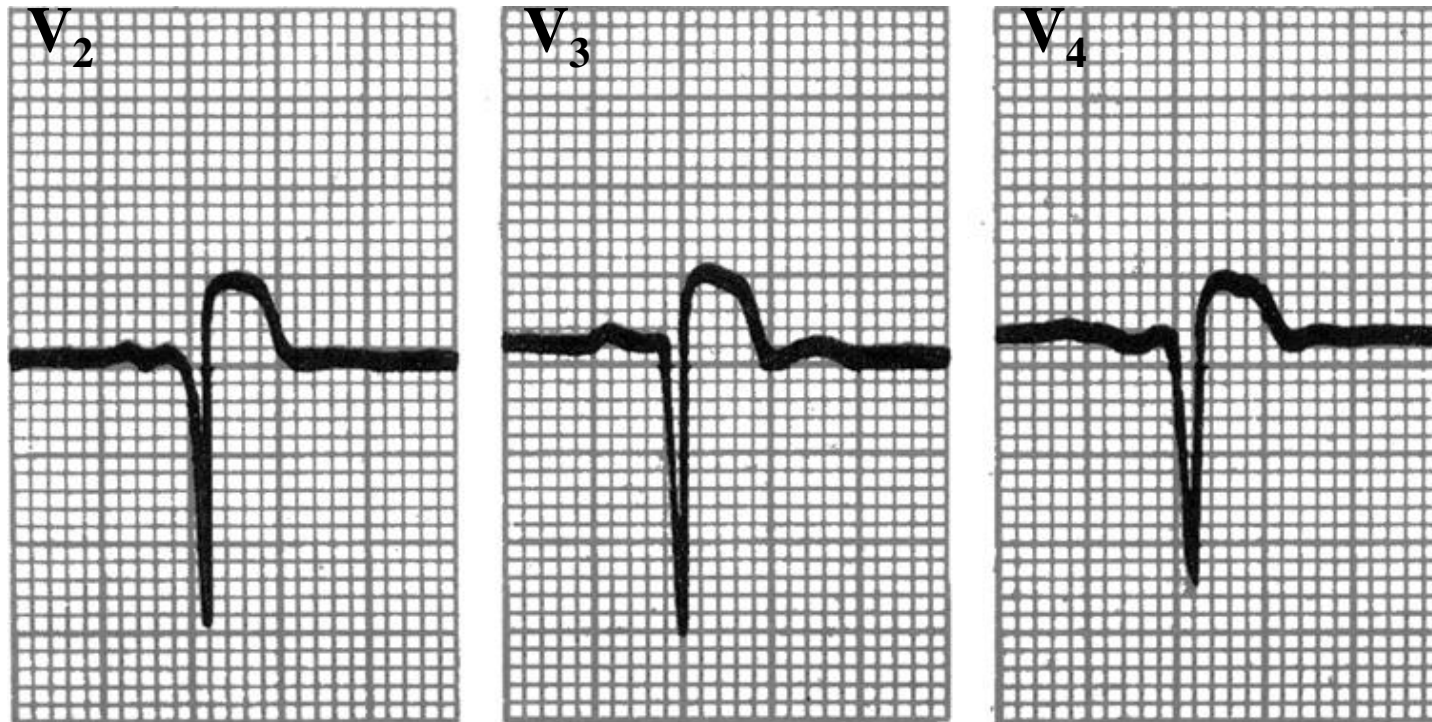


Concepto: Porción de la línea de base del trazado que se extiende desde el punto J (fin del QRS, el cual puede hacerlo con una onda r o una onda s) hasta el inicio de la onda T. Corresponde a fase 2 del potencial de acción (PA).
Se extiende desde el punto J (unión del segmento ST con el fin del QRS) hasta el inicio de la onda T, la cual acostumbra ser de difícil determinación.

A) Elevación del segmento ST convexo hacia arriba

1. Fase aguda del infarto de miocardio;
2. Angina variante de Prinzmetal;
3. Aneurisma de pared anterior del ventrículo izquierdo;
4. Fase aguda de la pericarditis;
5. Síndrome de Brugada Tipo I: en V1-V2 o V1-V3. “coved type”

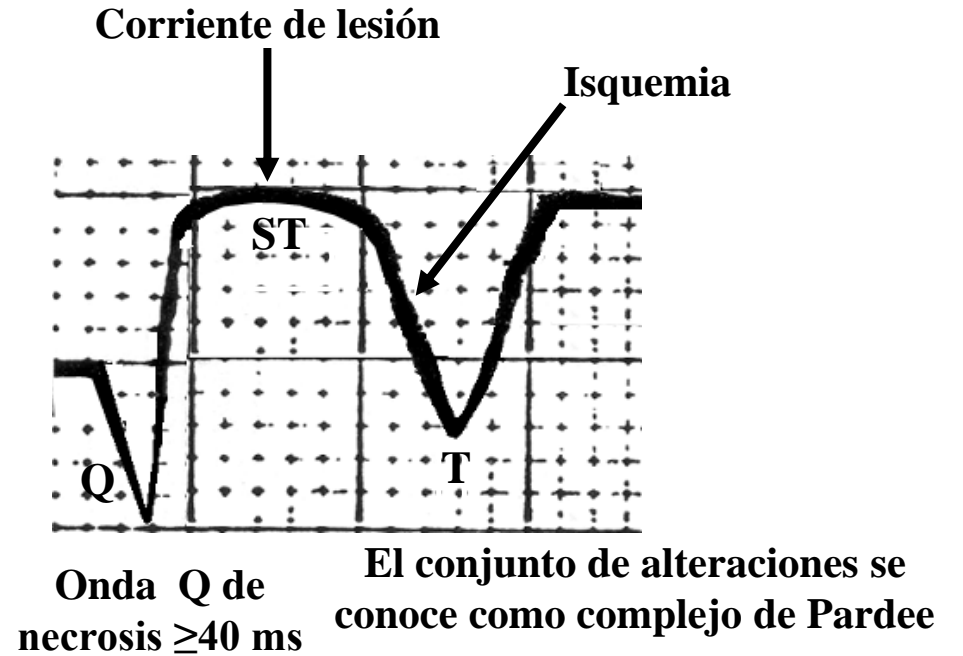
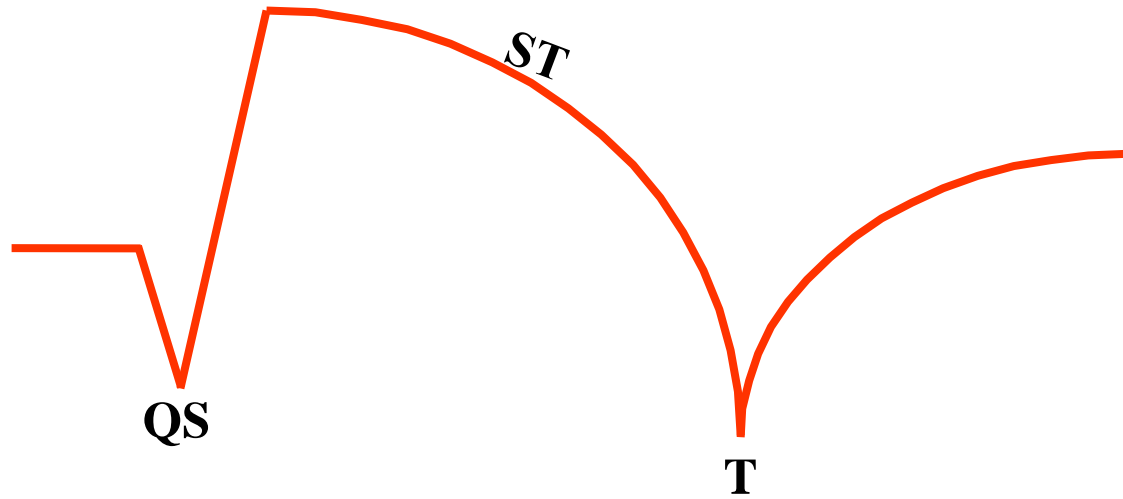
Aneurisma de pared anterior del ventrículo izquierdo



Luego de 3 meses de la fase aguda, permanece una elevación del segmento ST, señalando la posibilidad de aneurisma residual.

Fase aguda del infarto

Esquema de los tres elementos del infarto agudo: onda Q >40 ms, elevación convexa hacia arriba del segmento ST, seguido de onda T invertida y simétrica de base ancha (isquemia subepicárdica).



Según la Tercera Definición Universal de Infarto de Miocardio (2012), los siguientes son los valores de corte para la elevación del segmento ST en la isquemia miocárdica aguda:

Nueva elevación del segmento ST en el punto J en 2 derivaciones contiguas con los siguientes valores de corte: $\geq 0,1$ mV (1 mm) en todas las derivaciones excepto de V2-V3 donde se aplican los siguientes valores de corte: Hombres <40 años $\geq -0,25$ mV (2,5 mm); Hombres ≥ 40 años $\geq -0,20$ mV (2,0 mm). Mujeres $\geq -0,15$ mV (1.5 mm). El criterio para infarto de VD es elevación del segmento ST $>0,5$ mm ST en las precordiales derechas especialmente V4R pero también en V5R y V6R (excepto en hombres < 30 años con un valor de corte de >1 mm).

Patrón Brugada tipo I



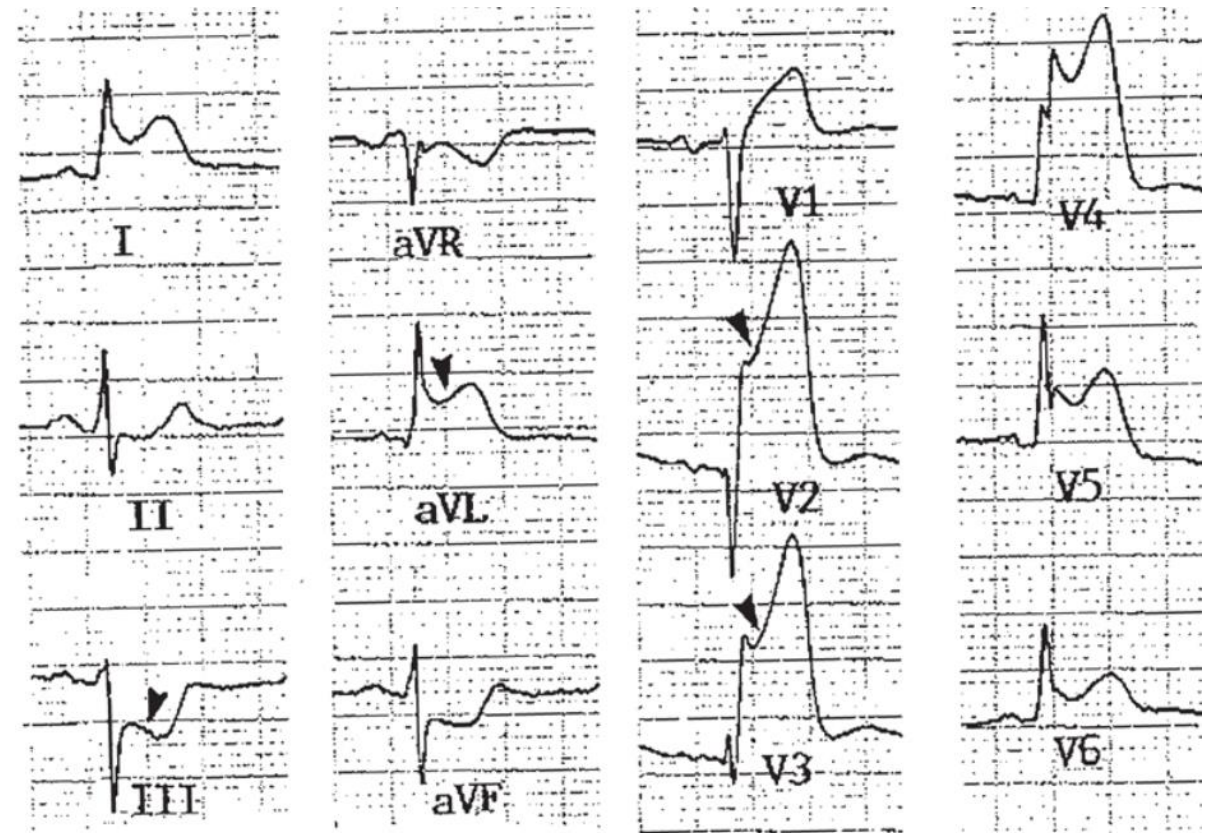
“Convexo hacia arriba”

Elevación del segmento ST convexo hacia arriba

Patrón electrocardiográfico típico de Brugada Tipo I: elevación del segmento ST ≥ 2 mm convexo hacia arriba o rectilíneo oblicuo descendente, seguido de onda T invertida en las precordiales derechas (V1, V2 o V3).

B) Elevación del segmento ST convexo hacia abajo o de concavidad superior

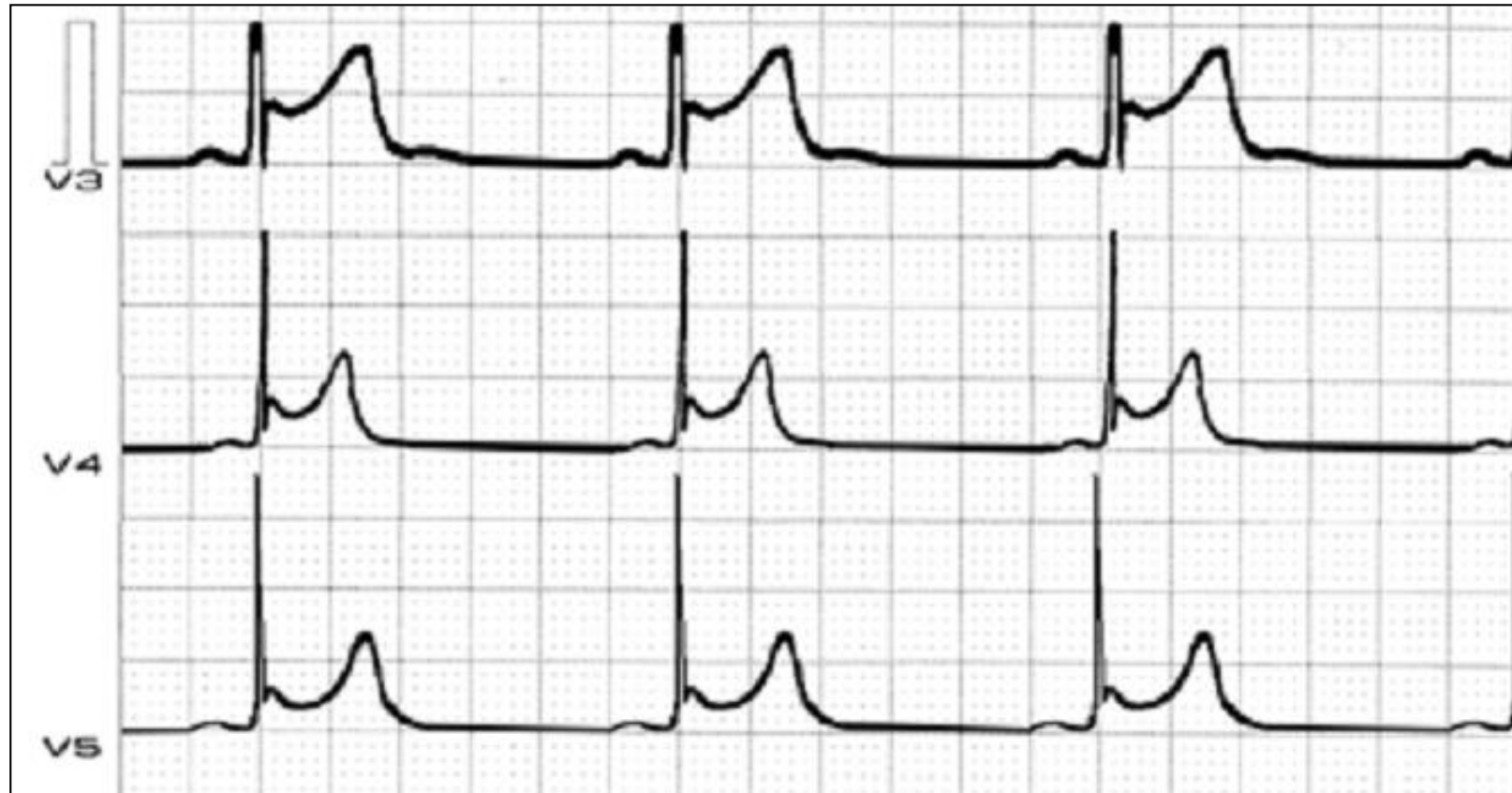
- 1) Vagotonía;
- 2) Raza negra;
- 3) Síndrome de repolarización precoz;
- 4) Patrón juvenil;
- 5) Hábito asténico
- 6) Fase hiperaguda del infarto; →
- 7) Fase aguda de la pericarditis;
- 8) Interferencia ocasionado por inercia excesiva de la aguja del aparato;
- 9) Patrón Brugada tipo 2 en silla de montar



Fase hiperaguda de STEMI anterior en un hombre de 51 años. Segmentos ST marcadamente elevados (cóncavos hacia arriba) en V2 a V6, y aVL (flechas) fusionándose con ondas T altas en V2 a V4 (elevación del segmento ST y onda T en V2 = 10 mm y 20 mm respectivamente).

Depresión concomitante del segmento ST recíproca en II, III y aVF (flecha en III). La angiografía coronaria reveló una estenosis proximal del 90% de la arteria descendente anterior proximal.

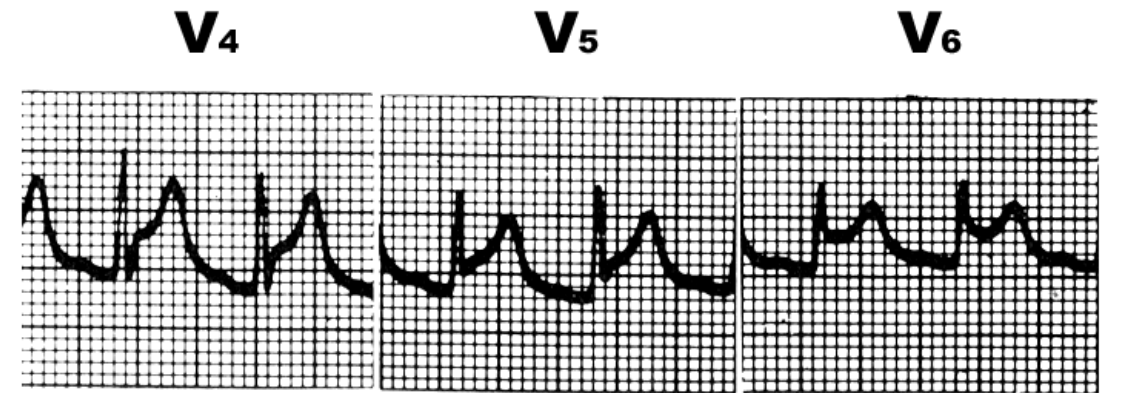
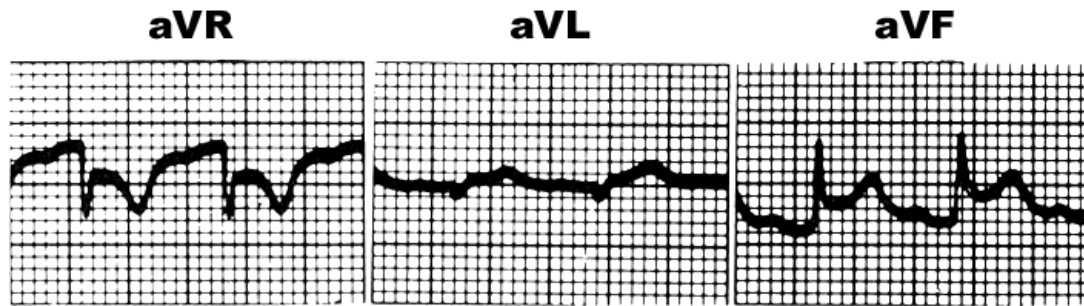
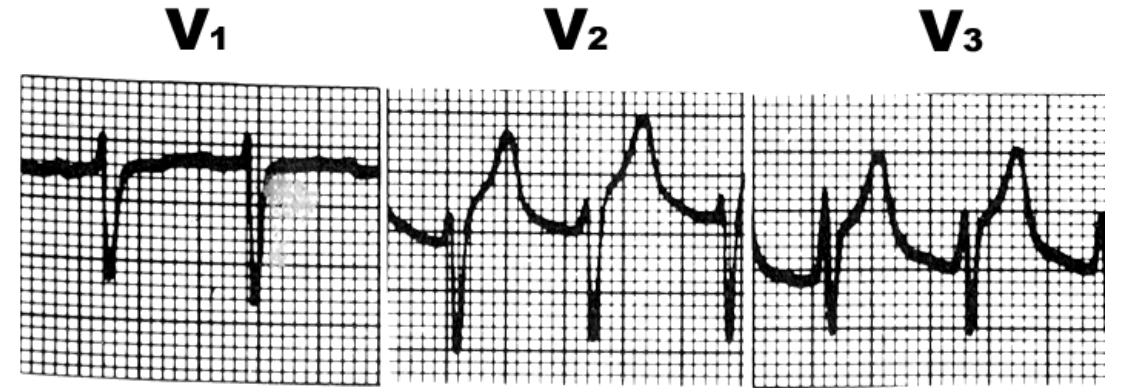
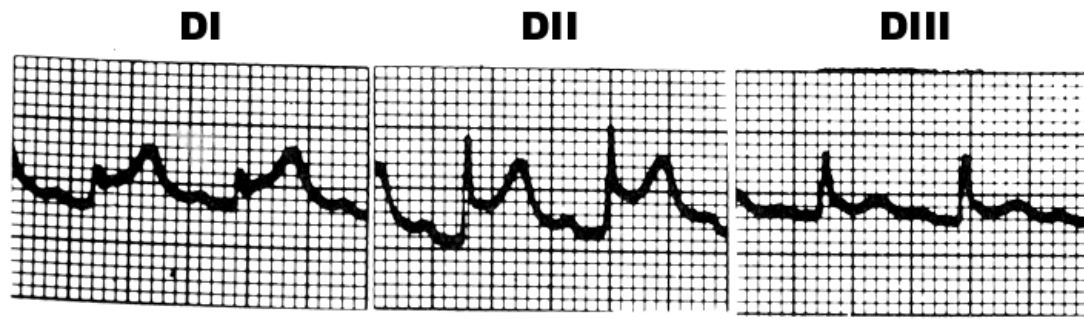
C) Elevación del segmento ST convexo hacia abajo: síndrome de repolarización precoz



Síndrome de repolarización precoz

Ejemplo típico de síndrome de repolarización precoz: elevación del segmento ST convexo hacia abajo en las derivaciones precordiales intermedias (V3 y V4), seguido de onda T positiva; más frecuente en el sexo masculino y la raza negra.

C) Elevación del segmento ST convexo hacia abajo: pericarditis aguda – primera fase (extenso y poco intenso)

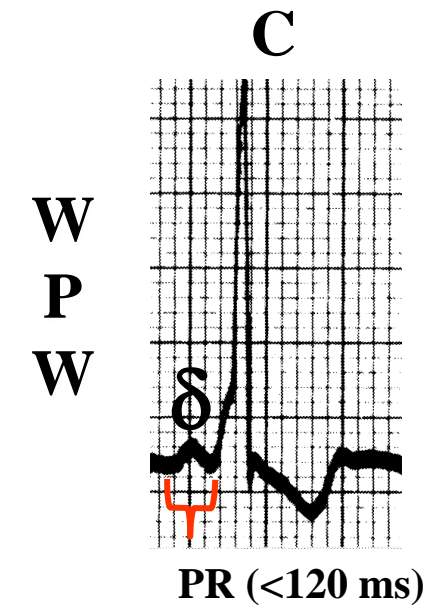
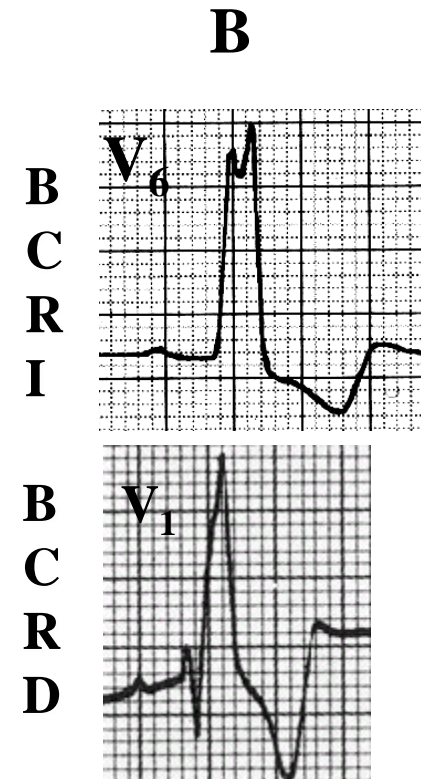
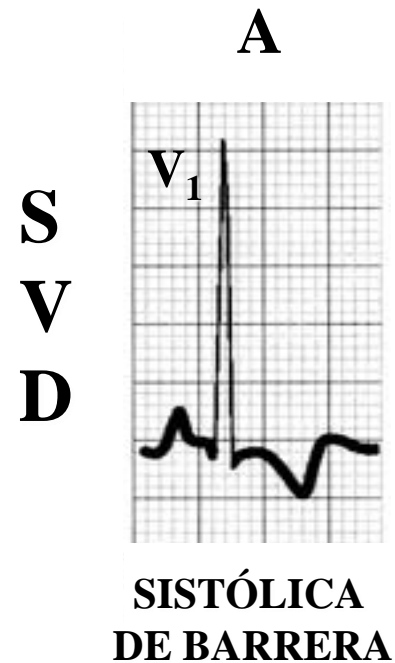
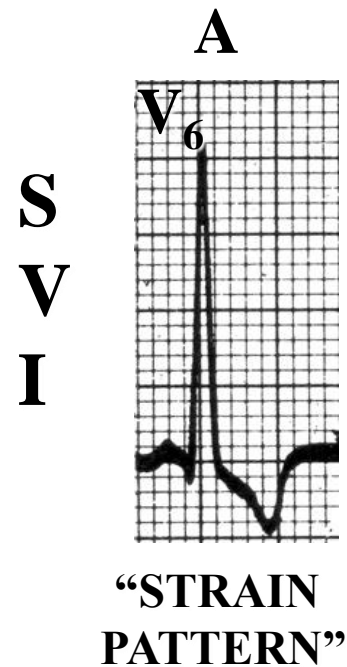


Elevación del segmento ST de concavidad superior. Se observa algunas horas antes del dolor de tórax y tiene varios días de duración. Los cambios del segmento ST son extensos y poco intensos, normalmente notables en todas las derivaciones.

D) Segmento ST con depresión y convexo hacia arriba

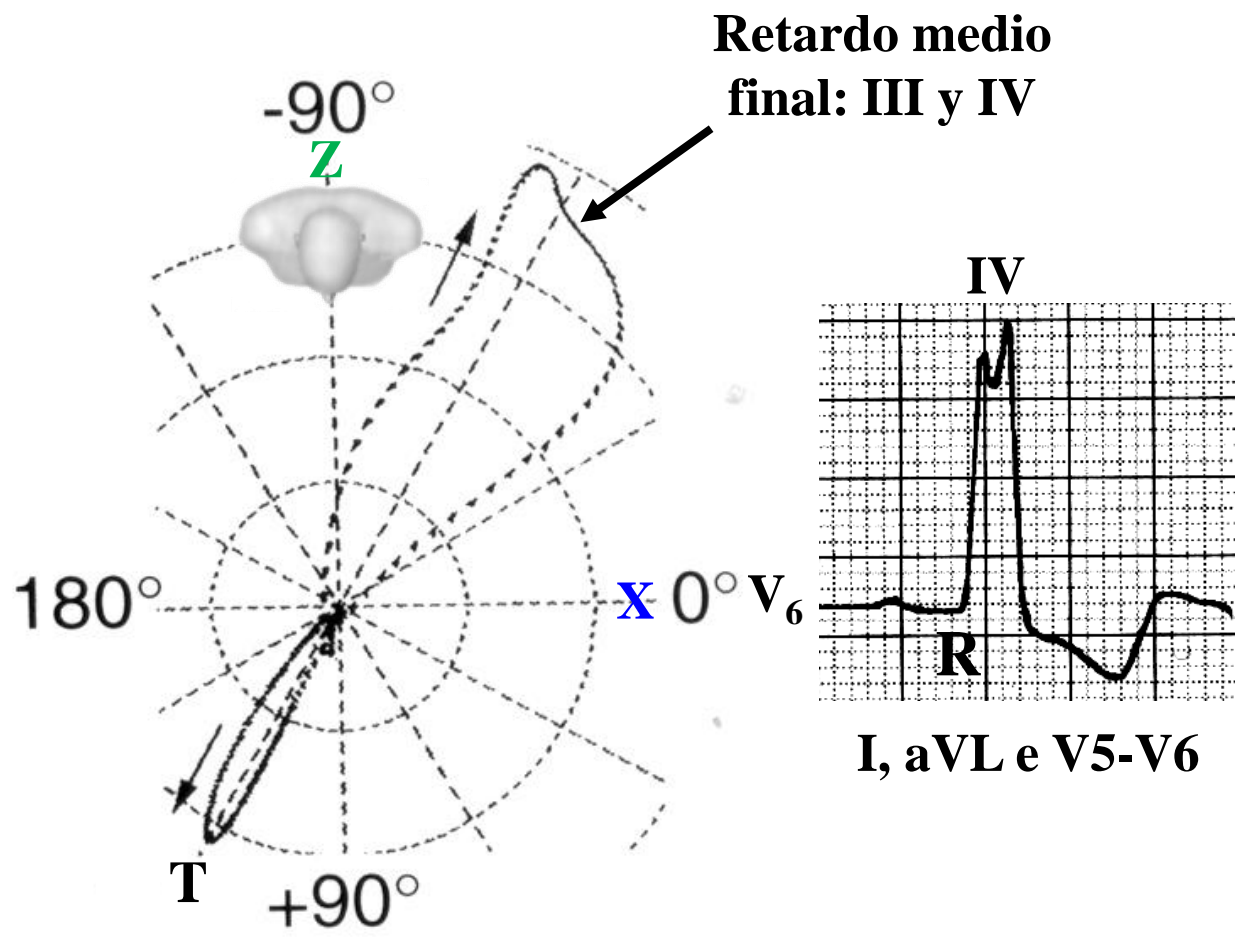
Causas:

- Sobrecarga ventricular del tipo sistólico en las derivaciones que exploran el ventrículo sobrecargado: SVI y SVD: “strain pattern”;
- Bloqueos completos o avanzados de rama izquierda y derecha;
- Preexcitación ventricular tipo Wolff-Parkinson-White.

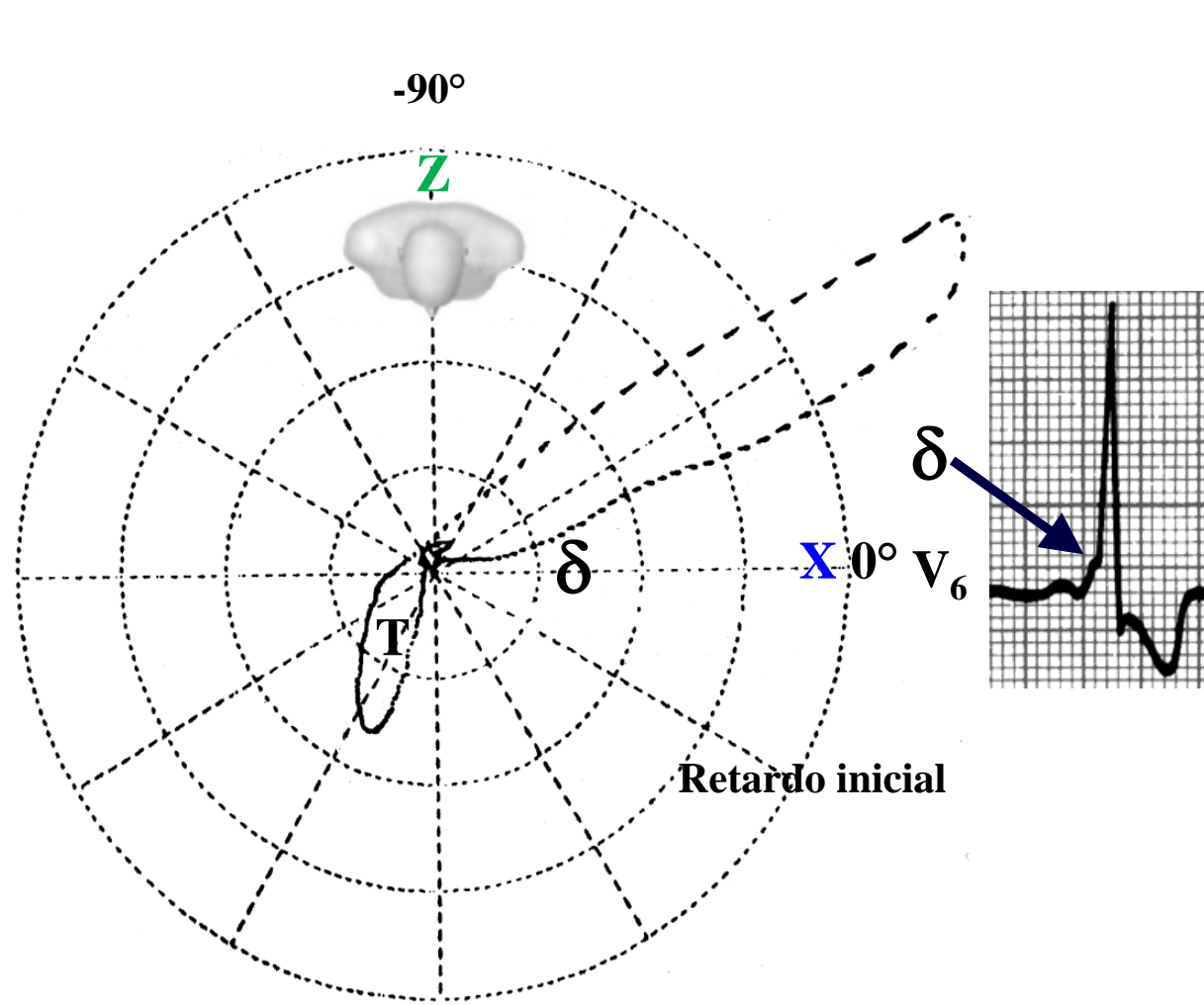


D) Segmento ST con depresión y convexo hacia arriba

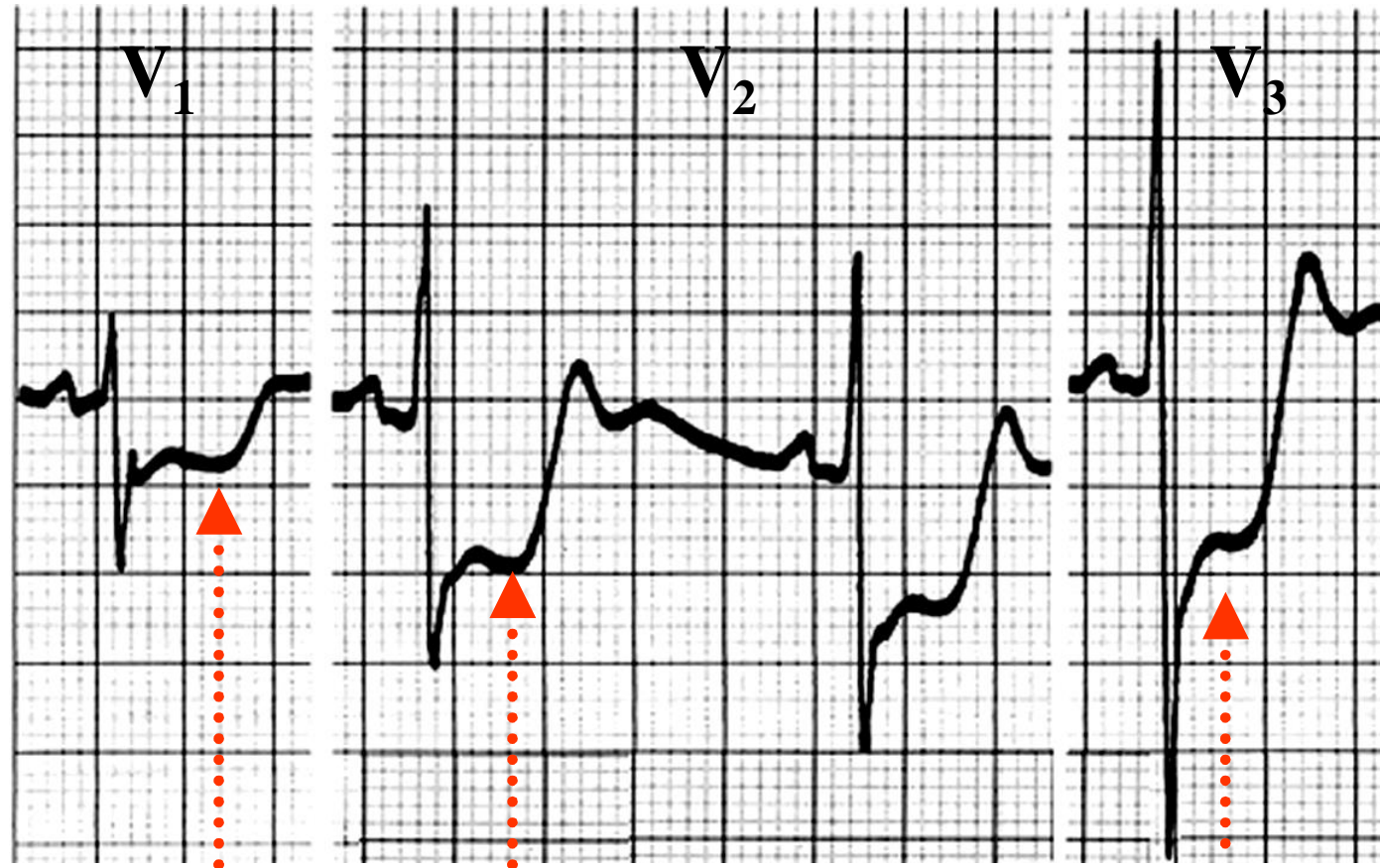
BCRI



WPW



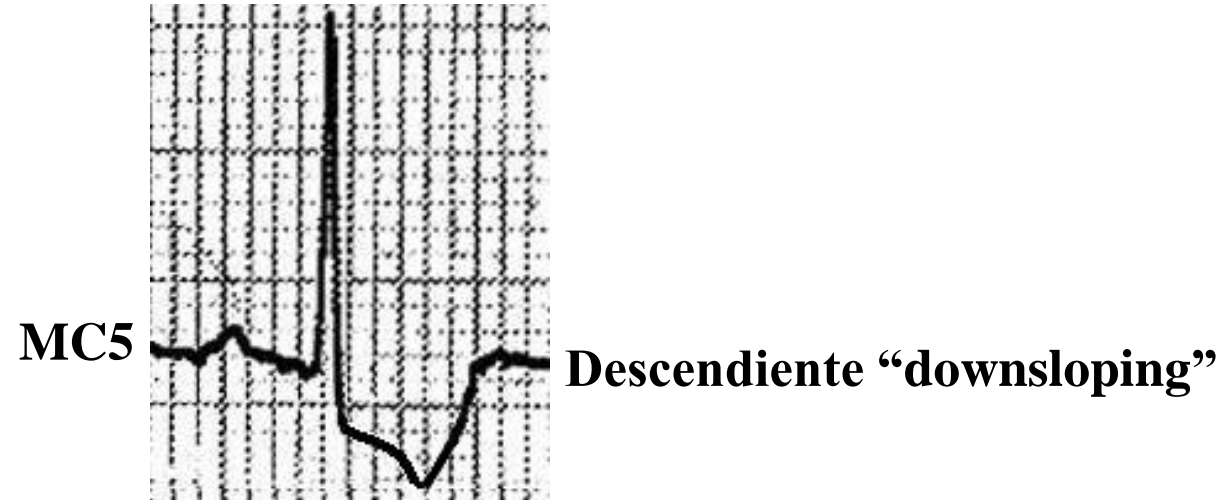
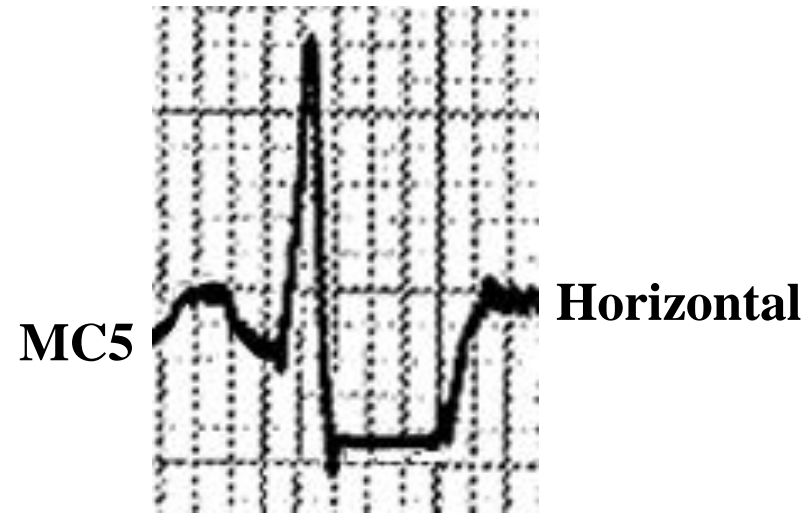
Infarto agudo lateral (antiguo dorsal)



Depresión de ST de concavidad superior de V₁ a V₃

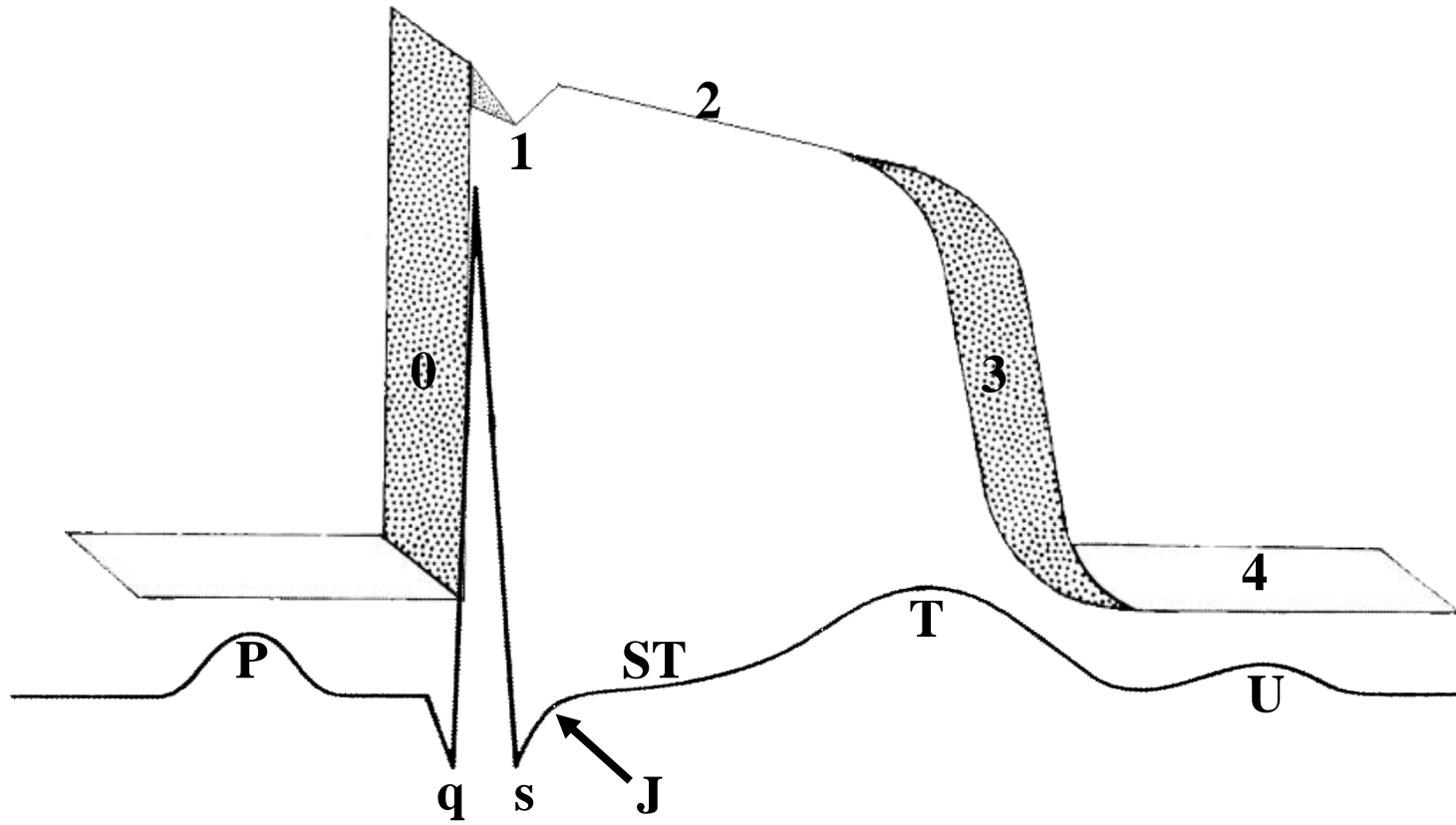
Refleja la imagen en espejo o recíproca de los eventos de la pared lateral.

E) Depresión del segmento ST en la insuficiencia coronaria crónica frente al esfuerzo o en reposo

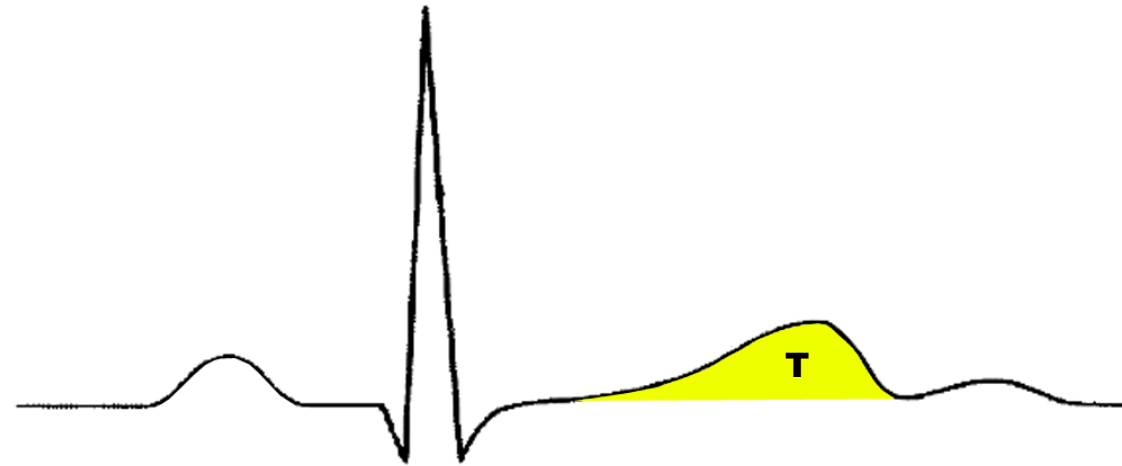


Onda T

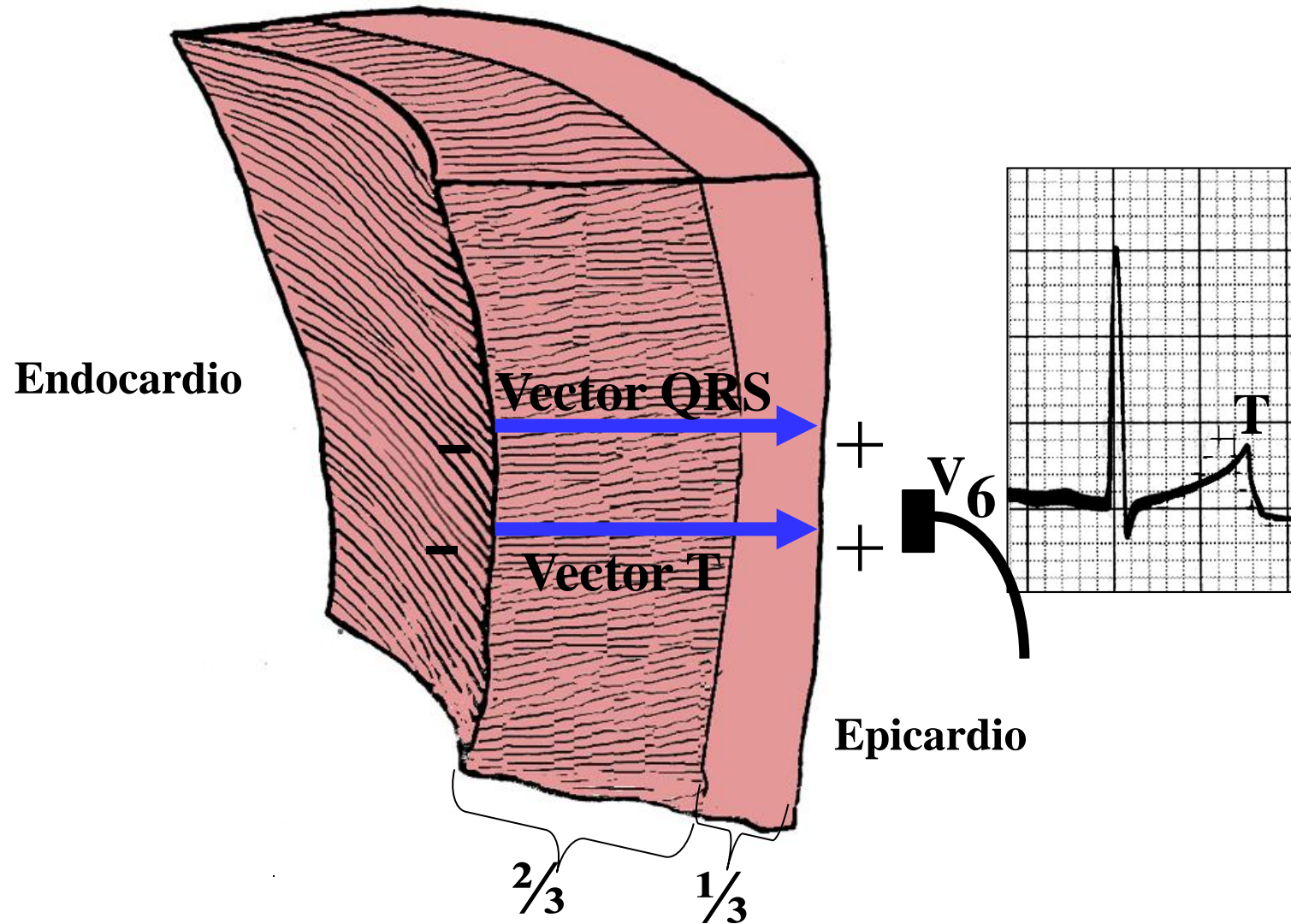
Onda que representa la repolarización ventricular conjuntamente con el segmento ST que lo precede y la onda U que le sigue. Los fenómenos corresponden a la fase 2 (ST), 3 (T) y 4 (U) del potencial de acción.



Perfil normal de la onda T con su rampa ascendente lenta y su descenso más rápido.



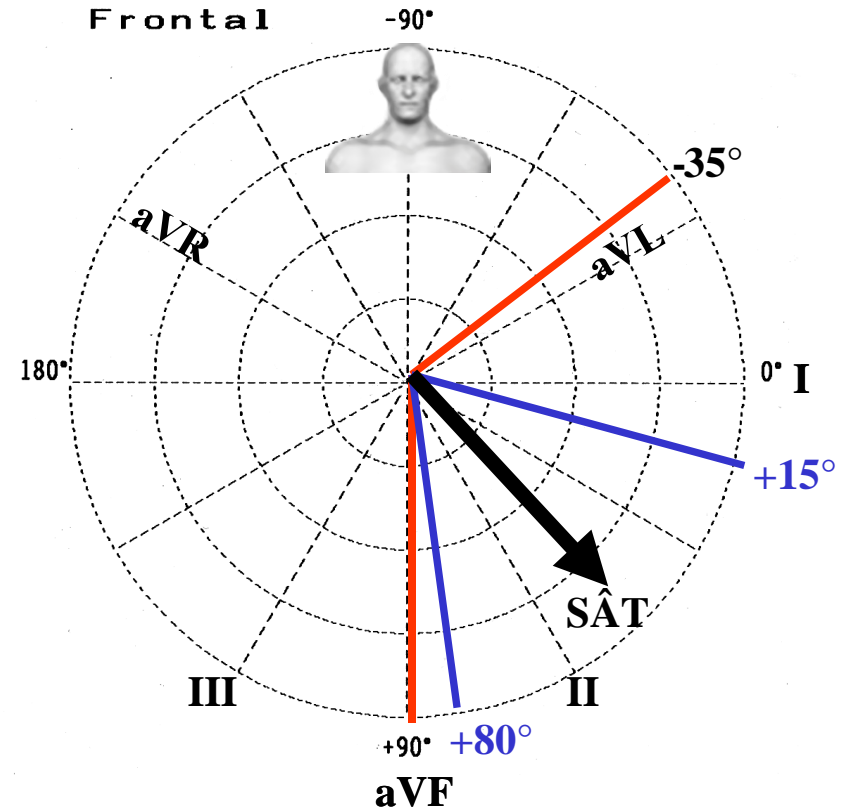
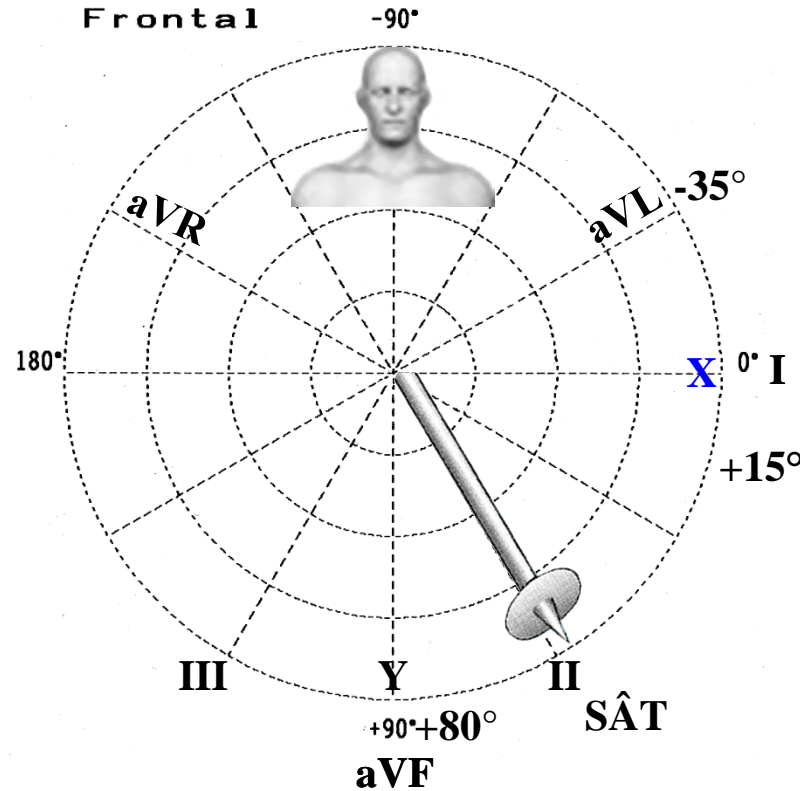
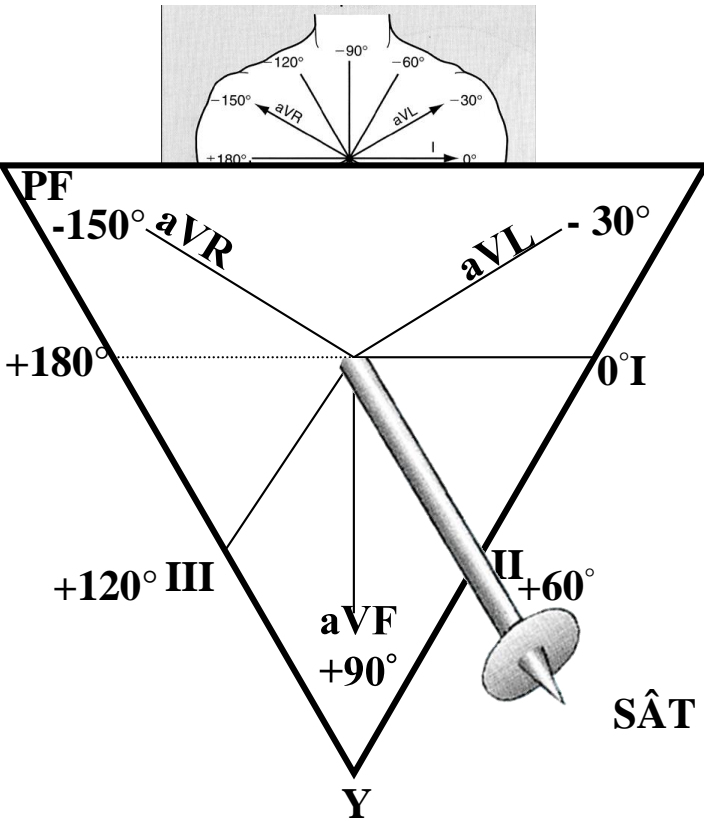
Representación del vector T de repolarización ventricular



Representación de los vectores de despolarización (QRS) y repolarización ventricular (onda T). Ambos fenómenos presentan direcciones semejantes, porque en condiciones normales, la repolarización se inicia en el epicardio, mientras que la despolarización se inicia en el endocardio. Como ambos fenómenos son opuestos, las polaridades de las ondas que representan serán semejantes.

I) El eje de la onda T en el plano frontal: polaridad en el adulto normal

SÂT en el PF se encuentra entre $+15^\circ$ y $+80^\circ$



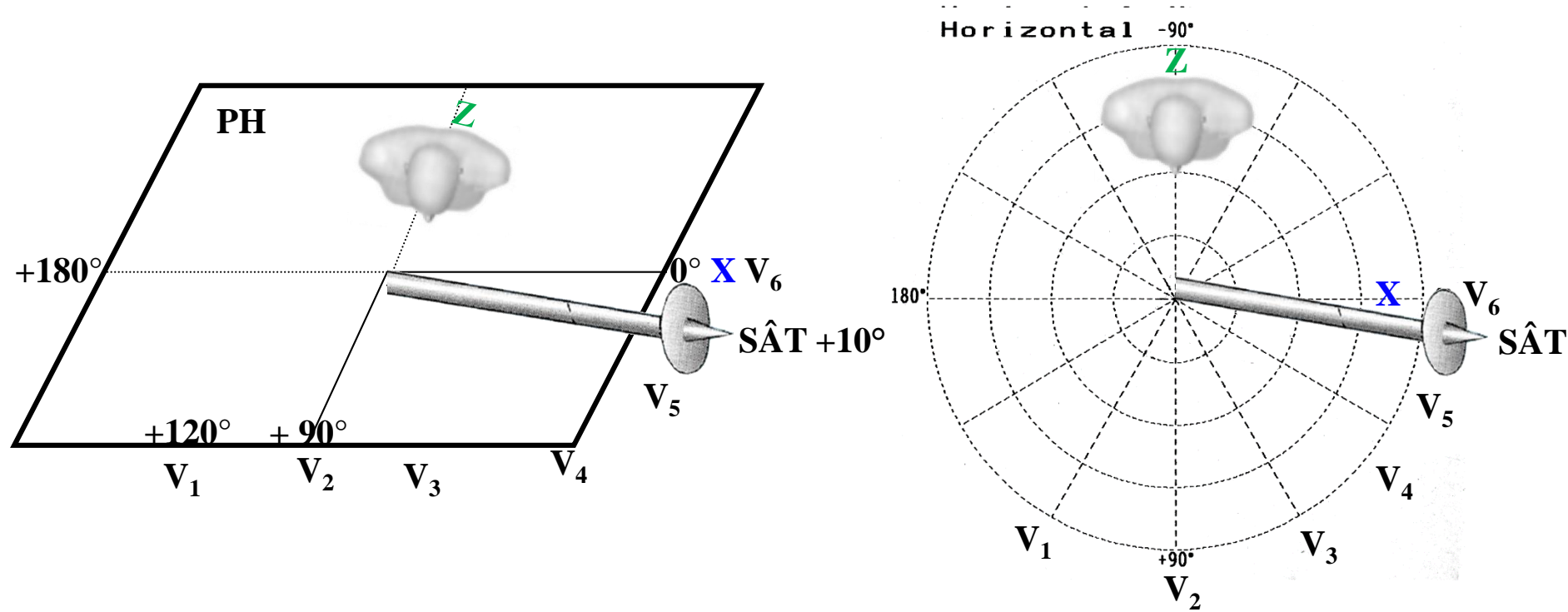
Rangos extremos entre -35° y $+90^\circ$.

Casi siempre positiva en II; casi siempre positiva en aVF y I; variable (bifásica o invertida) en aVL y III; y **negativa en aVR**.

Localización en el adulto del eje de la onda T (SÂT) normal en el PF (cercano a los $+60^\circ$).

Eje de la onda T o SÂT en el plano horizontal: polaridad en el adulto normal

SÂT se encuentra dirigido a la izquierda y levemente hacia el frente muy próximo a V_6 (0°).

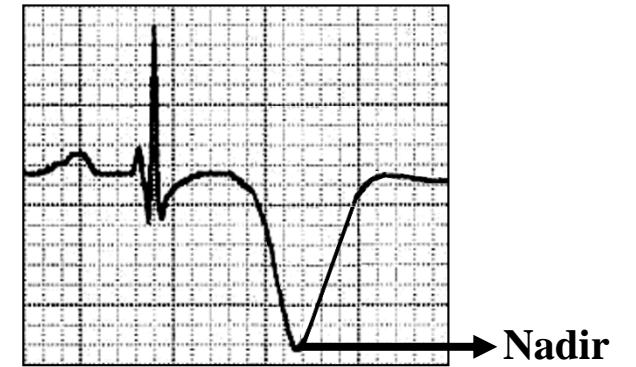
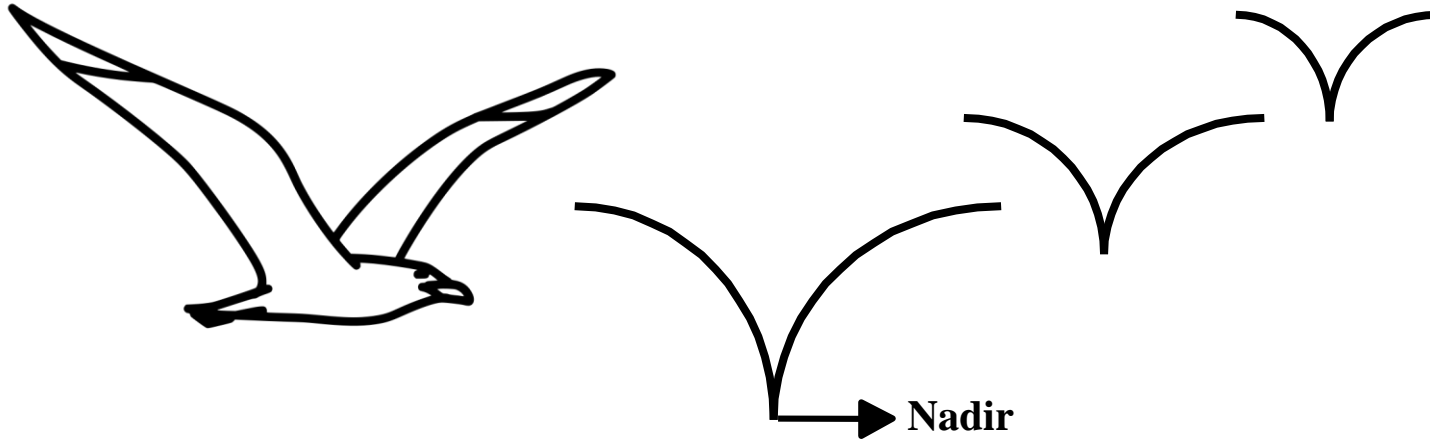


Siempre positiva de V_3 a V_6 ; generalmente positiva en V_2 y frecuentemente negativa en V_1 . En el adulto normal invariablemente el vector de repolarización ventricular (vector T) se dirige a la izquierda y abajo y habitualmente discretamente hacia adelante alrededor de los $+10^\circ$.

2) Voltaje o amplitud de la onda T

El límite máximo normal de la onda T en el PF es de 5 mm o 6 mm y para el PH 10 a 12 mm.

De las precordiales, las derivaciones V_2 y V_3 son las de mayor voltaje y las izquierdas (V_5 y V_6) las de menor. El aumento del voltaje puede ser: Fisiológico: parasimpaticotonía. Patológico: onda T isquémica.



Onda T en "alas de gaviota"

Se refiere a los valores de voltaje máximo normal en los planos frontal y horizontal. Características de la onda T de la isquemia: invertida, simétrica y de base ancha: la onda T en alas de gaviota.

2) Voltaje o amplitud de la onda T

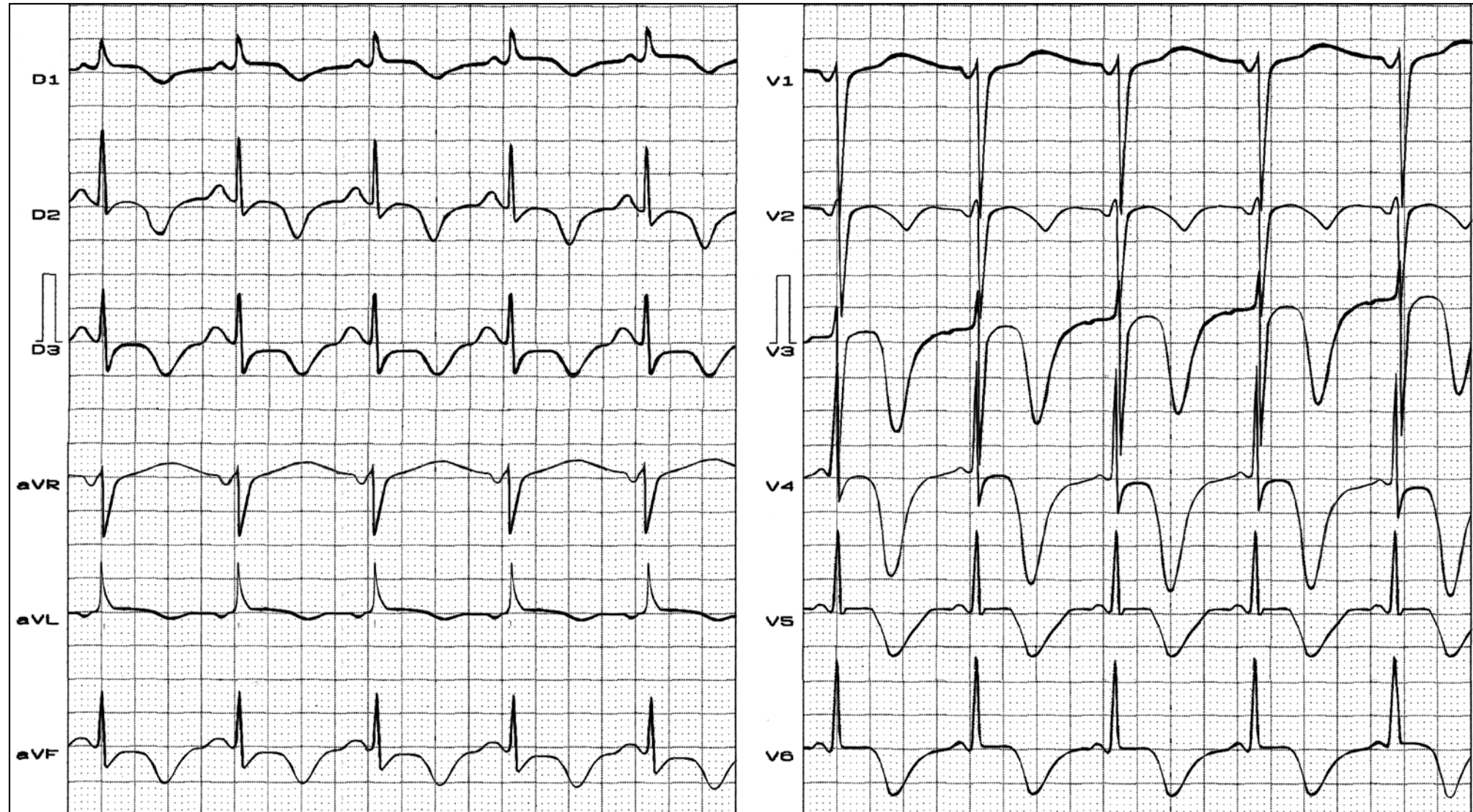
Causas de ondas T profundamente negativas:

1. Accidentes cerebrovasculares: grandes ondas T negativas en las precordiales.
2. Sobrecarga ventricular derecha sistólica de barrera: en V_1 y V_2 .
3. Luego de episodio de Adams-Stokes;
4. En la miocardiopatía hipertrófica apical;
5. Luego de retirada de marcapasos artificial.
6. Crisis adrenal aguda (1)
7. Síndrome de Wellens (2)
8. Cardiomiopatía inducida por estrese (3)
9. Cardiomiopatía de Takotsubo (4)
10. Envenenamiento por azida de sodio (5)
11. Compresión cardíaca por tubo retroesternal gástrico usado para reconstruir el esófago após la resección tumoral (6)

1. Iga K, et al. Deep negative T waves associated with reversible left ventricular dysfunction in acute adrenal crisis. *Heart Vessels*.1992;7(2):107-11
2. Riera AR, et al. Wellens syndrome associated with prominent anterior QRS forces: an expression of left septal fascicular block? *J Electrocardiol*. 2008 Nov-Dec;41(6):671-4
3. Simões MV, et al. Transient left ventricular dysfunction due to stress-induced cardiomyopathy. *Arq Bras Cardiol*.2007 Oct;89(4):e79-83.
4. Athanasiadis A, et al. Transient left ventricular dysfunction with apical ballooning (tako-tsubo cardiomyopathy) in Germany. *Clin Res Cardiol*. 2006 Jun;95(6):321-8.
5. Łopaciński B, et al. Sodium azide--clinical course of the poisoning and treatment]. *Przegl Lek*. 2007;64(4-5):326-330.
6. Takato T, et al. Marked reversible ST-T abnormalities induced by cardiac compression from a retrosternal gastric tube used to reconstruct the esophagus after tumor resection. A case of a diabetic patient and mini-review of 7 reported patients *Int Heart J*. 2006 May;47(3):475-482

Nombre: E.A.D; **Edad:** 68 años; **Sexo:** F; **Raza:** Blanca; **Peso:** 65 Kg; **Altura:** 1,65 m; **Medicación en uso:** Enalapril + Hidroclorotiazida

ECG que muestra ondas T invertidas, de gran amplitud y de base ancha con intervalo QT prolongado en un paciente con hemorragia subaracnoidea.

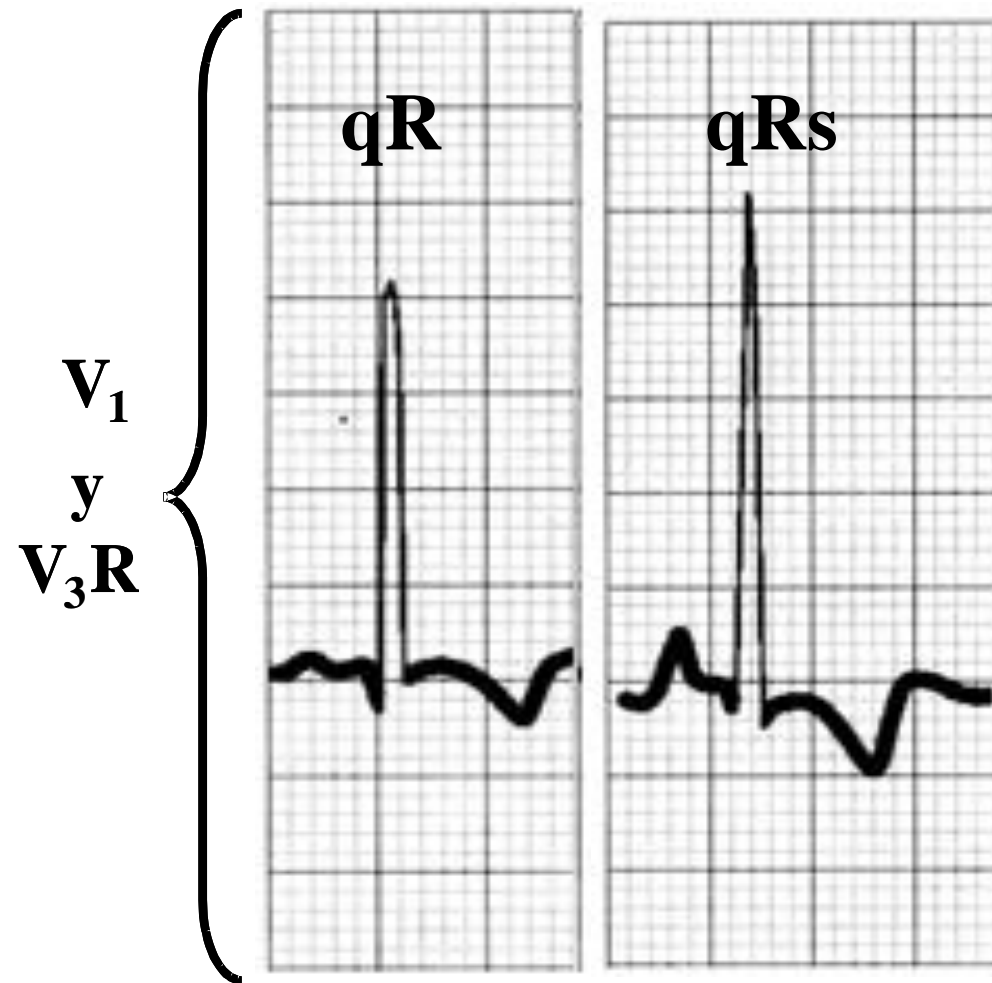


Diagnóstico clínico: Hemorragia subaracnoidea.

Diagnóstico ECG: Intervalo QT prolongado, ondas T de gran amplitud e invertidas “giant T waves”.

Sobrecarga ventricular derecha sistólica de barrera: en V_1 y V_2

El ejemplo clásico del patrón barrera se encuentra en la estenosis pulmonar grave.



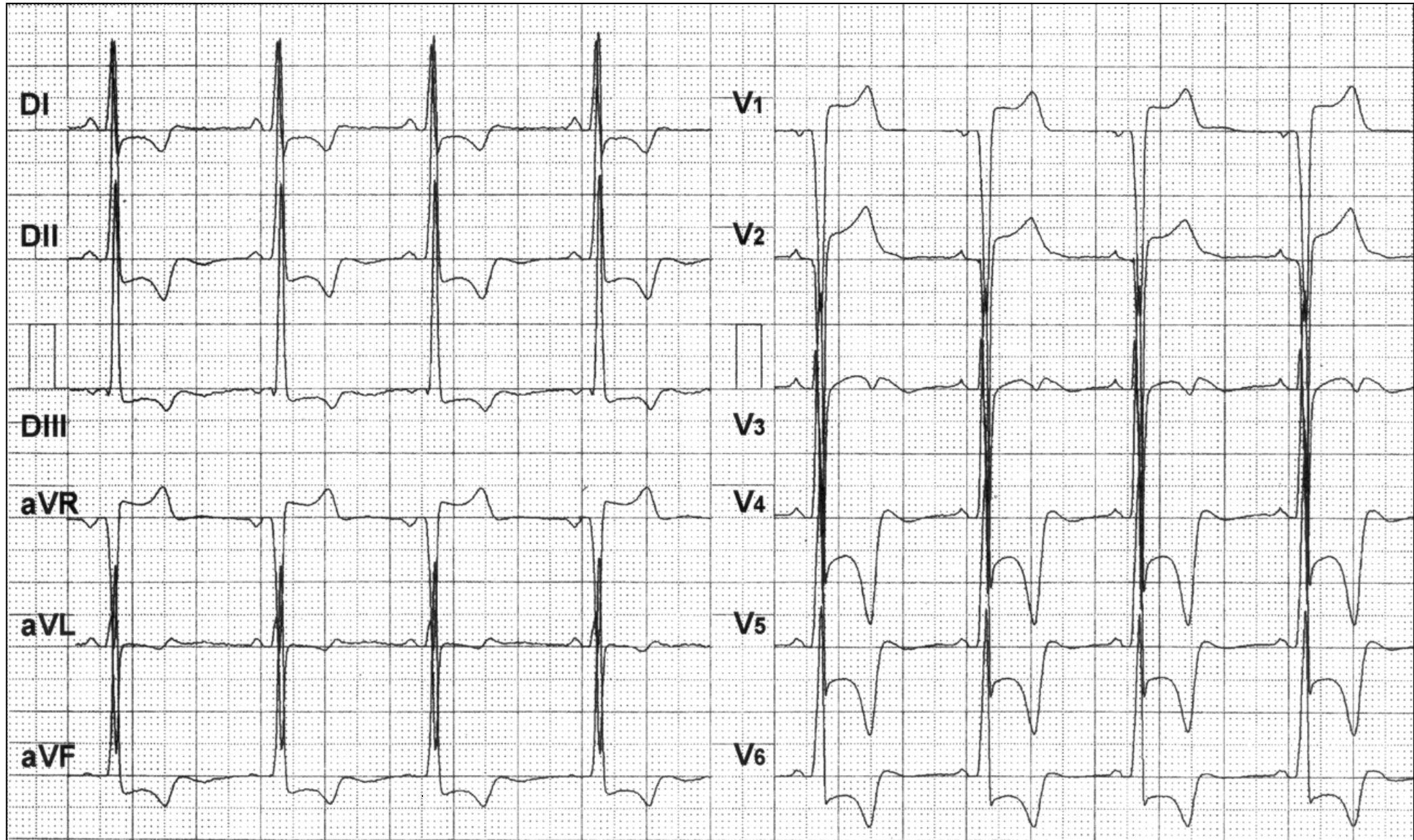
Patrón de repolarización y QRS en las precordiales derechas (V_{3R} , V_1 y V_2) en cardiopatía congénita con presión intraventricular derecha suprasistémica: QRS: patrón qR o qRs, ST depresión convexo hacia arriba y onda T invertida y con ramas que muestran tendencia a ser simétricas.

Luego del episodio de Stokes-Adams



Tira de ECG que muestra un bloqueo AV total en un paciente que había sufrido un episodio reciente de Stokes-Adams: ondas T gigantes y profundamente invertidas con intervalo QT prolongado. Esta situación ocasiona tendencia a la aparición de taquicardia ventricular polimórfica tipo torsade de pointes (TdP).

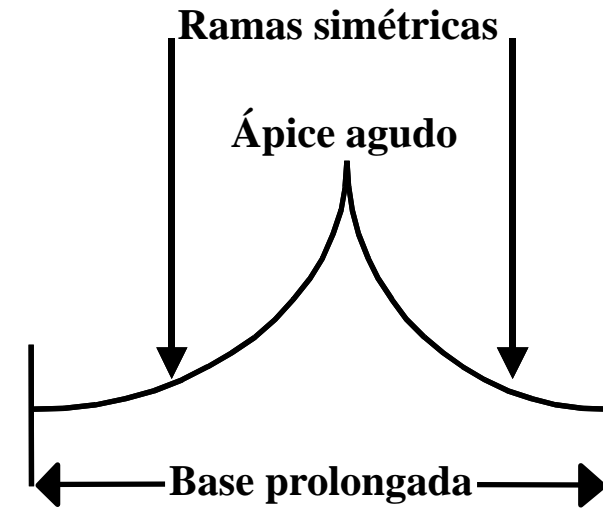
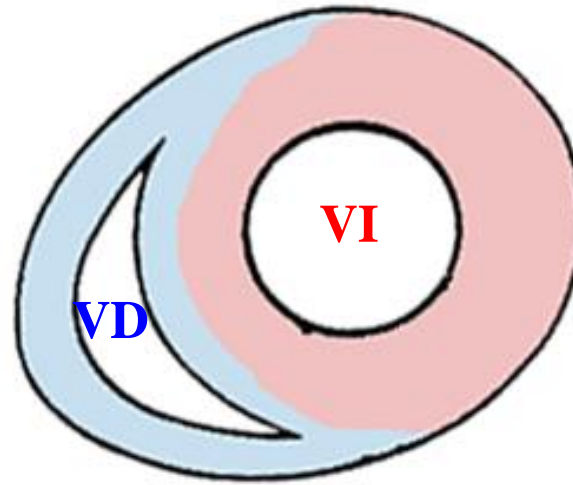
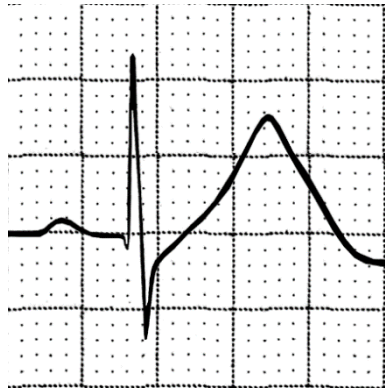
Nombre: SFS; Edad: 15 años; Sexo: M; Raza: B; Peso: 70Kg; Altura: 1,72 m; Fecha: 31/03/18; Medicación en uso: beta bloqueante.



MH-FO. Porción apical del septo con 32 mm de grosor diastólico.

SAI. SVI patrón sistólico por la importante alteración secundaria de la repolarización ventricular en la pared ántero-lateral e inferior.

b) Onda T isquémica: polaridad positiva, ramas simétricas, de base larga y ápice agudo.



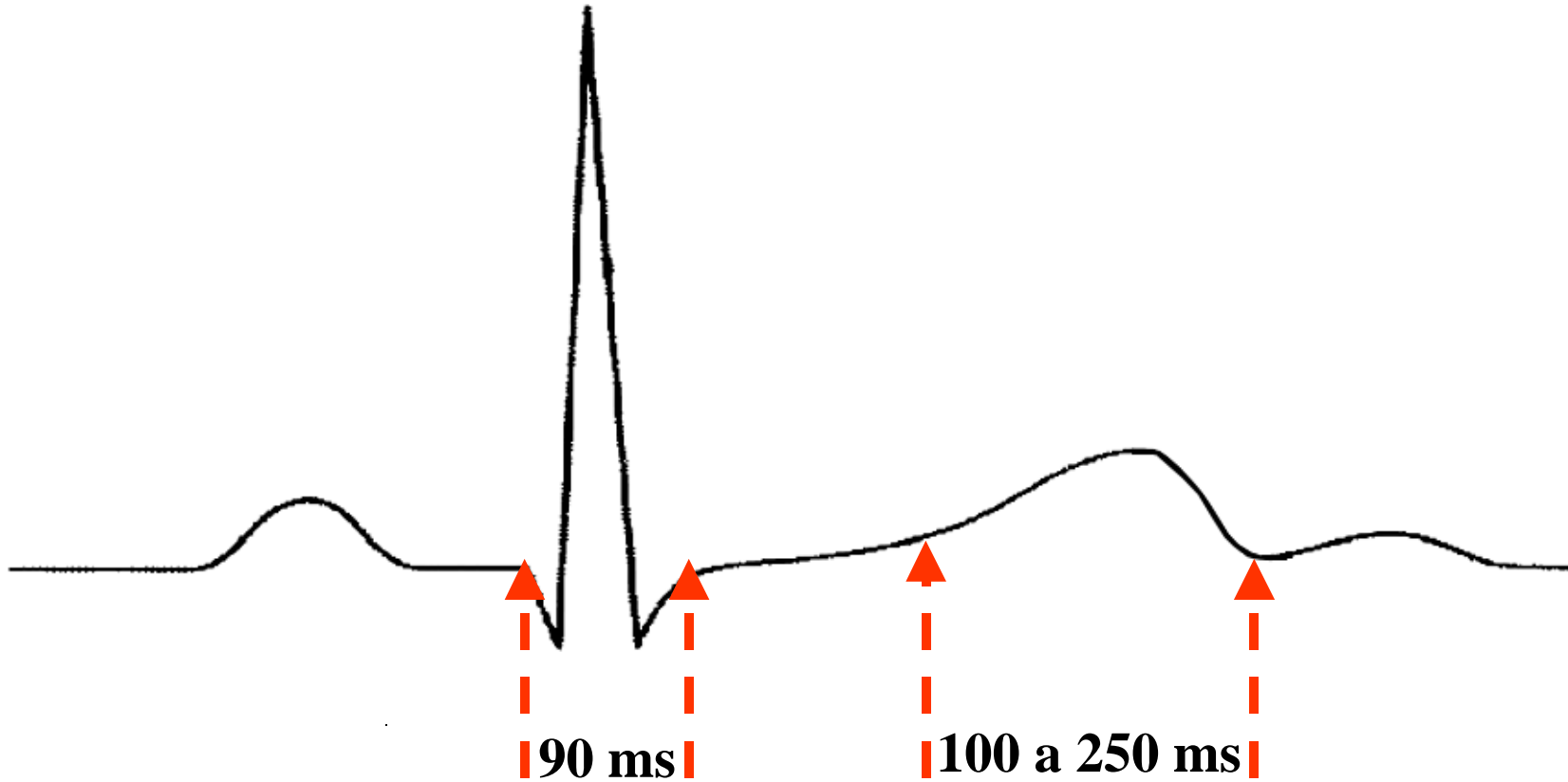
La inversión de la onda T puede considerarse evidencia de isquemia miocárdica si:

- Al menos tiene 1 mm de profundidad
- Si esta presente en ≥ 2 derivaciones contiguas que tienen ondas R dominantes (relación R/S > 1)
- Es dinámica: no está presente en un ECG antiguo o cambia con el tiempo
- La inversión de la onda T solo es significativa si se observa en derivaciones con complejos QRS con ondas R dominantes.
- La inversión de la onda T es una variante normal en las derivaciones III, aVR y V1.

Causas de disminución del voltaje de la onda T

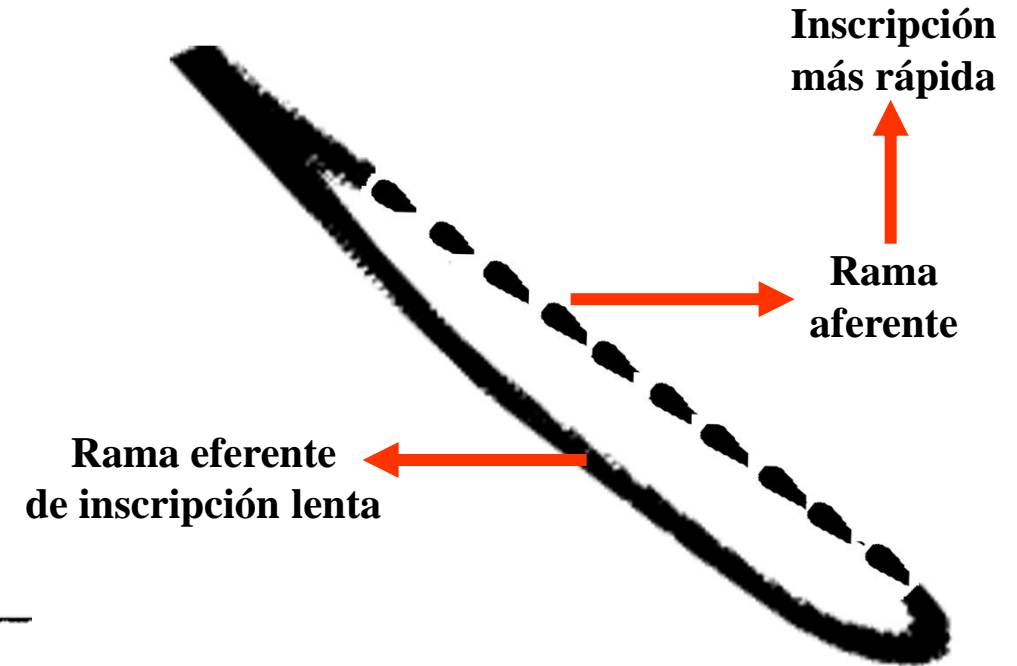
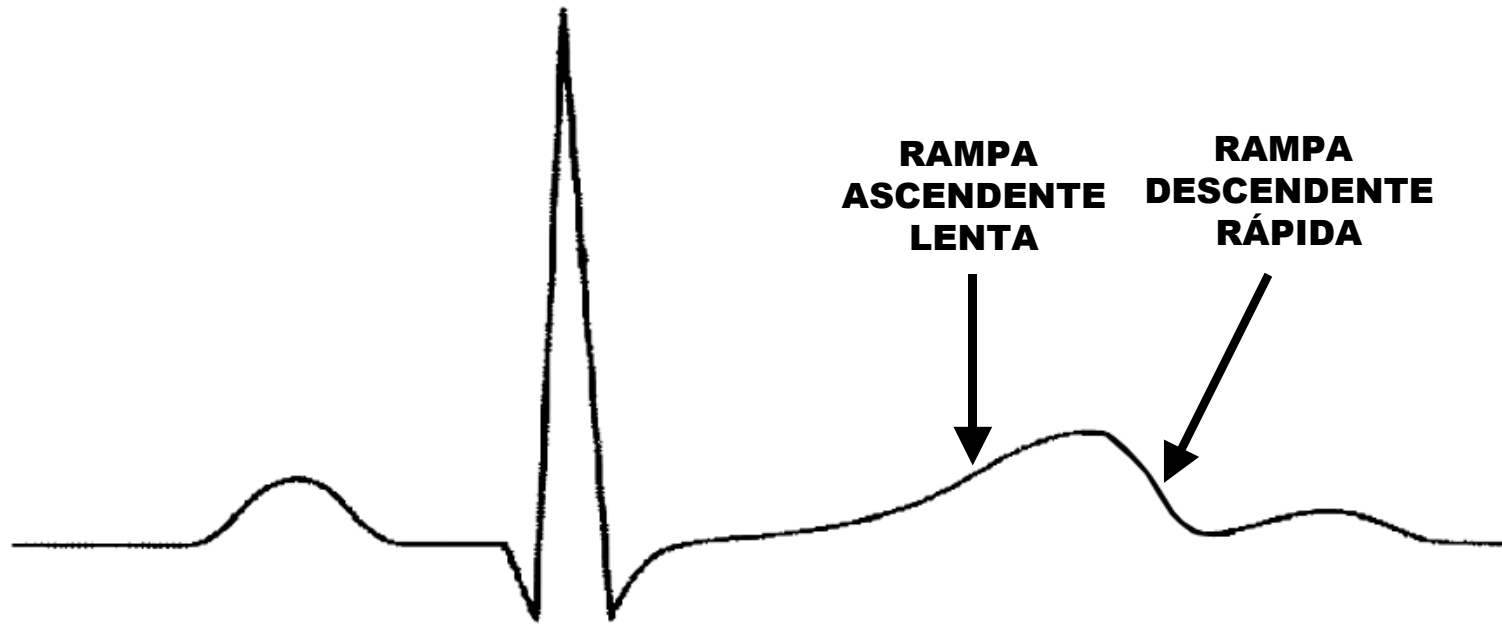
- 1) Simpaticotonía;
- 2) Insuficiencia coronaria crónica, (alcanza varias derivaciones);
- 3) Efecto digitálico;
- 4) Hipopotasemia (se asocia con depresión del ST y aparición de U prominente);
- 5) Hipotiroidismo (acostumbran revertir en semanas o meses con el tratamiento específico)

3) Duración de la onda T: 100 a 250 ms (hasta cinco veces más que la despolarización ventricular).



4) Aspecto o forma de la onda T normal

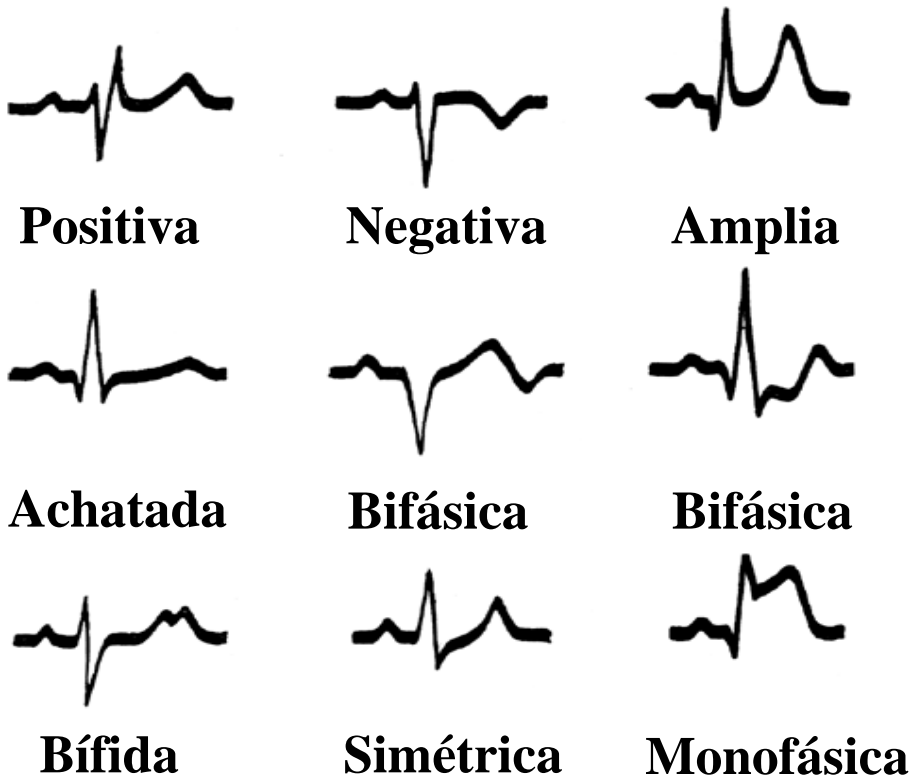
Bucle T normal



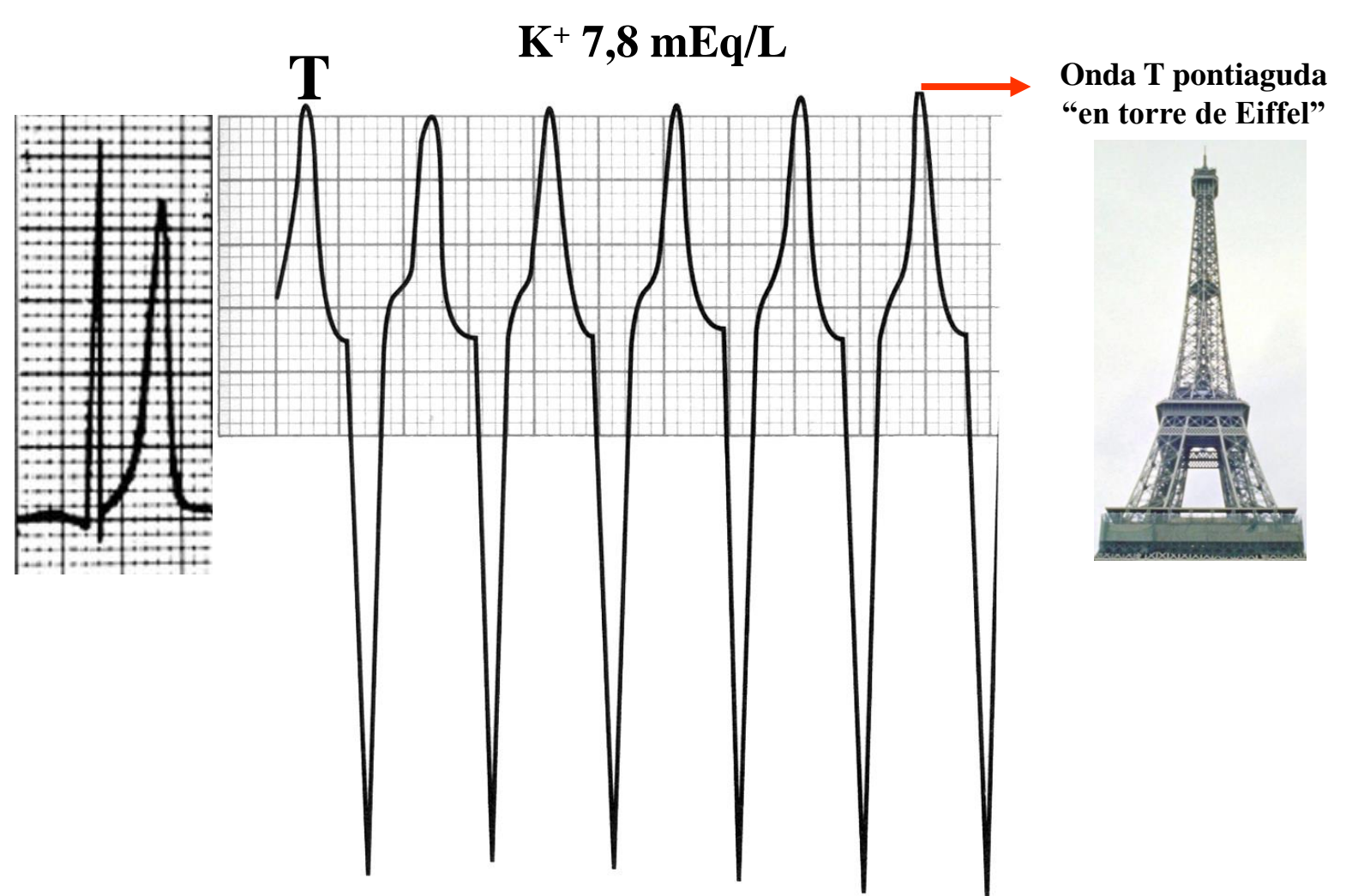
Velocidad de inscripción más lenta en su rama eferente.

La onda T cuando es positiva se caracteriza por ser asimétrica con su rama ascendente lenta y de concavidad superior y rama descendente rápida.

4) Diversos aspectos o formas de la onda T normal

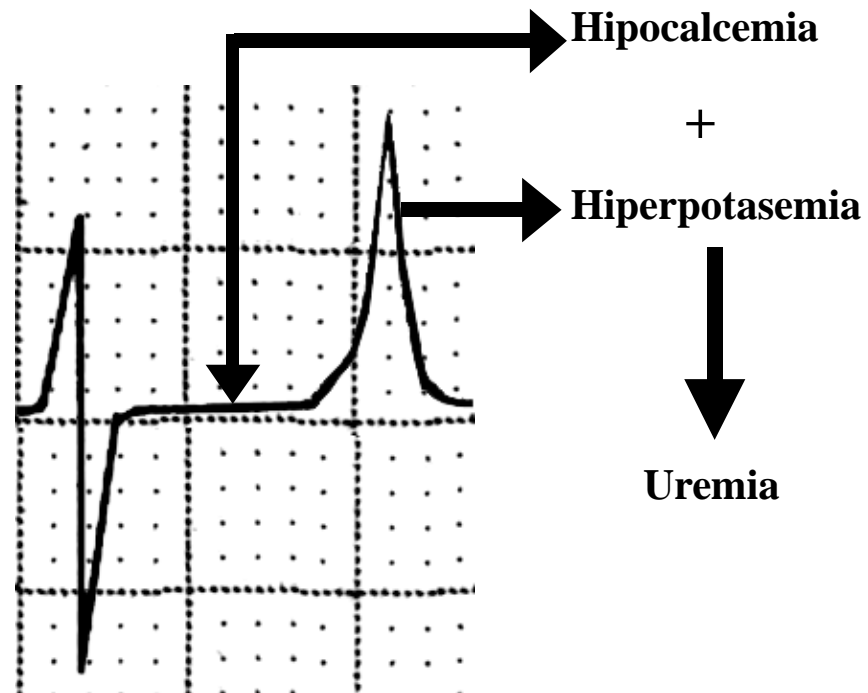


Onda T de hiperpotasemia



Onda T de base estrecha, simétrica, puntiaguda y de voltaje aumentado, “en tienda en el desierto”. El complejo QRS se alarga y la onda P se aplana o desaparece. Se observa cuando la taza del potasio alcanza 5,5 mEq/l.

Hipopotasemia asociada a hipocalcemia



Onda T alternante



La alternancia de la polaridad de la onda T es una característica de los pacientes portadores del Síndrome de QT prolongado (SQTL).

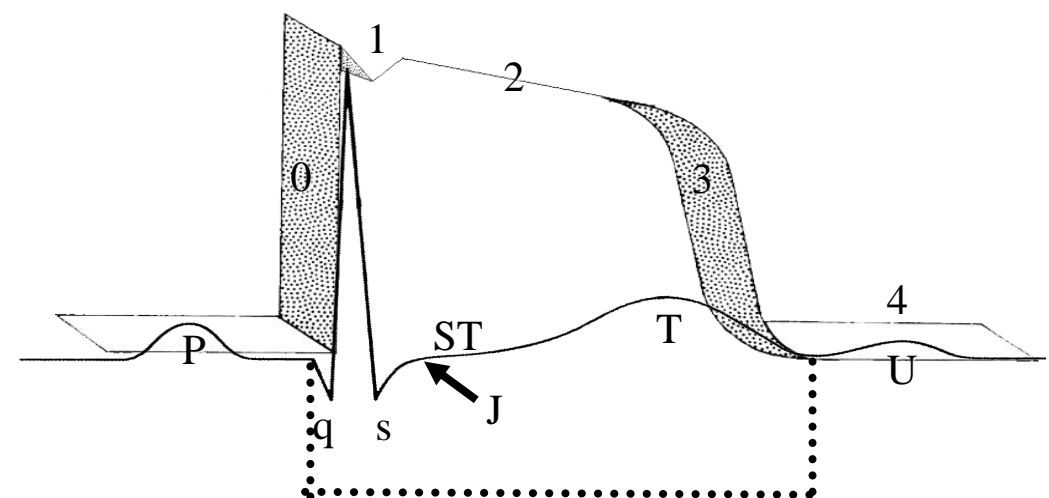
Alternancia de la onda T aislada no relacionada con taquicardia o extrasístole y acostumbra indicar enfermedad cardíaca avanzada o grave disturbio electrolítico.

Causas: Taquicardia; Súbitos cambios en la extensión del ciclo o de la FC; Hiperpotasemia grave de la uremia; Experimentalmente en la hipocalcemia en el can; Daño miocárdico grave: miocardiopatía; Isquemia miocárdica aguda en especial en la angina variante; Post-resucitación; Embolia pulmonar aguda; Luego de administración de amiodarona o quinidina (raro); Síndromes de QT prolongado congénito tipo Romano-Ward o Jerver-Lange Nielsen; Síndrome de Brugada.

El intervalo QT o sístole eléctrica

Concepto: intervalo entre la primera parte reconocible del QRS hasta la porción final reconocible de la onda T (ésta última puede ser difícil de determinar con exactitud). El fin de la T se define como el retorno de la onda T a la línea de base T-P. La duración del QT es inversamente proporcional a la frecuencia cardíaca. El rango de normalidad del intervalo QT en el adulto varía entre 350 ms y 440 ms. Para esto, debemos corregir la duración del QT (QTc) para la frecuencia usando la fórmula propuesta por Bazett en 1920:

$$QTc = \frac{\text{Intervalo QT medido em segundos}}{\sqrt{\text{Ciclo cardíaco em segundos}}} = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$$



Intervalo QT o sístole eléctrica
Valor normal: 350 a 440 ms o 446 + - 15%
< 330 ms: QT corto; > 45ms prolongado

Las causas de la prolongación del QT

A) Congénito-hereditarias

- 1) Síndrome cardio-auditivo de Jervell-Lange-Nielsen autosómico recesivo con sordera neuronal;
- 2) Síndrome de Romano-Ward: autosómico dominante y sin sordera;
- 3) Formas esporádicas.

B) Adquiridas

- 1) bradiarritmias:
 - A) Bloqueo AV avanzado;
- 2) Alteraciones electrolíticas:
 - Hipopotasemia ($< K^+$);;
 - Hipomagnesemia, ($< Mg^{++}$):
 - Hipocalcemia ($< Ca^{++}$): por ocasionar prolongación del segmento ST
- 3) Por uso de drogas:

Antiarrítmicos

Clase IA: Quinidina, Procainamida, Disopiramida y Ajmalina

Clase IC: Propafenona, Flecainida, Encainida.

Psicotrópicos: Antidepresivos Tricíclicos, Tioridazina , Clorpromazina y Trifluoperazina

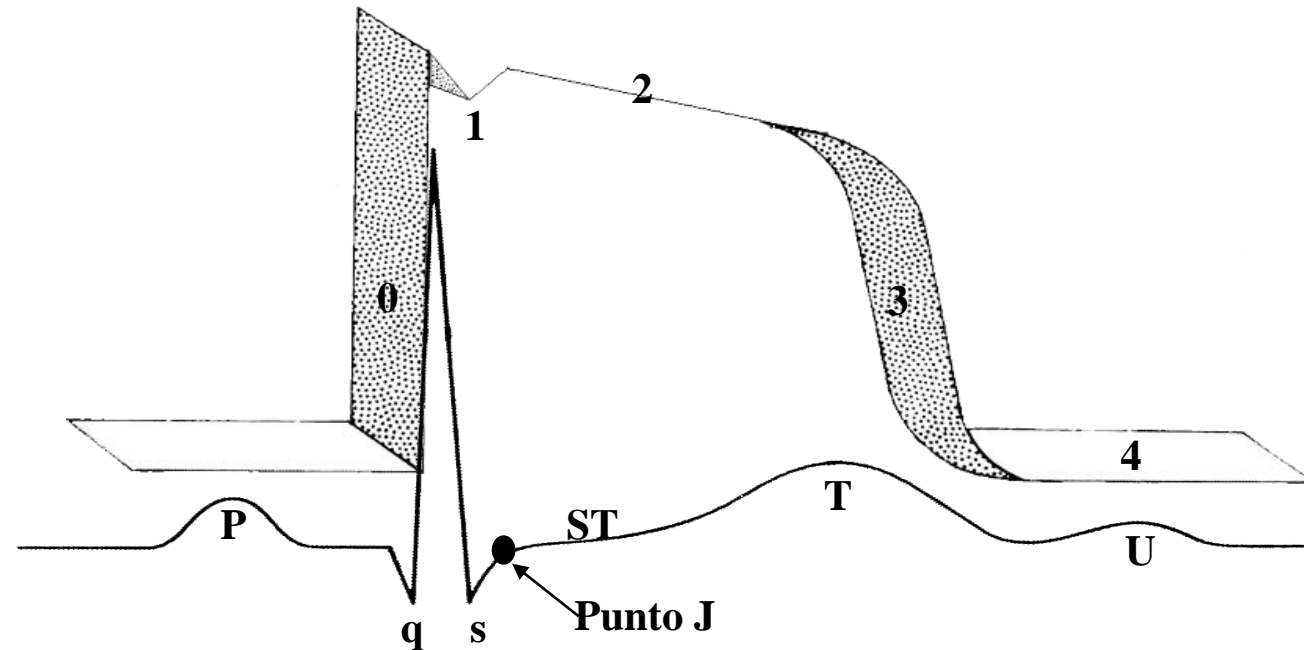
Anti-histamínicos: Astemizol

Antibióticos: Eritromicina, Sulfametoxazol, Trimetroprin, Ketoconazol, Pentamidina

Otras causas: Dietas proteicas líquidas; Anorexia nerviosa; Envenenamiento o intoxicación por órgano-fosforados; Angina variante; Fase aguda del infarto del miocardio; insuficiencia coronaria crónica; post-operatorio inmediato de substitución de prótesis mitral; Prolapso de válvula mitral o síndrome de Barlow; Miocardiopatías; Miocarditis; Enfermedades del SNC.

La onda U

Última, inconstante y menor deflexión del ECG que se inscribe luego de la onda T y antes de P del ciclo siguiente, de igual polaridad a la T precedente, es decir, positiva donde la T también lo sea. El voltaje de la U es siempre menor que 50% de la amplitud de la T precedente y generalmente entre 5% y 25% de la misma. Usualmente no excede 1 mm, siendo en promedio de 0,33 mm. Si alcanza 1,5 mm o más se considera alta, sin embargo, pueden existir ondas U normales de hasta 2 mm (0,2 mV) en DII y de V_2 a V_4 . La onda U es coincidente con la fase 4 del potencial de acción



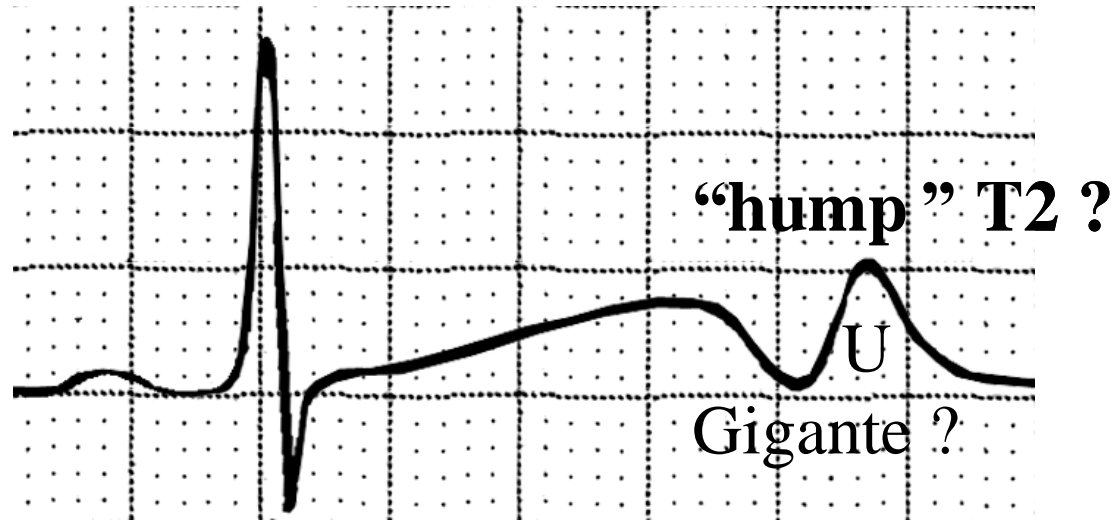
Localizada inmediatamente luego de la onda T; durante la fase protodiastólica del ciclo cardíaco (fase isovolumétrica diastólica y de llenado rápido) concomitante con el segundo ruido y con la fase 4 del potencial de acción (PA); frecuentemente ausente; ocasionalmente difícil de separar de la onda T precedente; mejor observada durante las bradicardias y eventualmente relacionada con las torsades de pointes (TdP).

El origen de la onda U es controvertido con varias teorías para explicarla: Repolarización de las fibras de Purkinje; Repolarización demorada de los músculos papilares; Potenciales residuales tardíos del septo; Acoplamiento eletro-mecánico; Teoría del origen en las células "M" y Postpotenciales de actividad desencadenada "triggered activity".

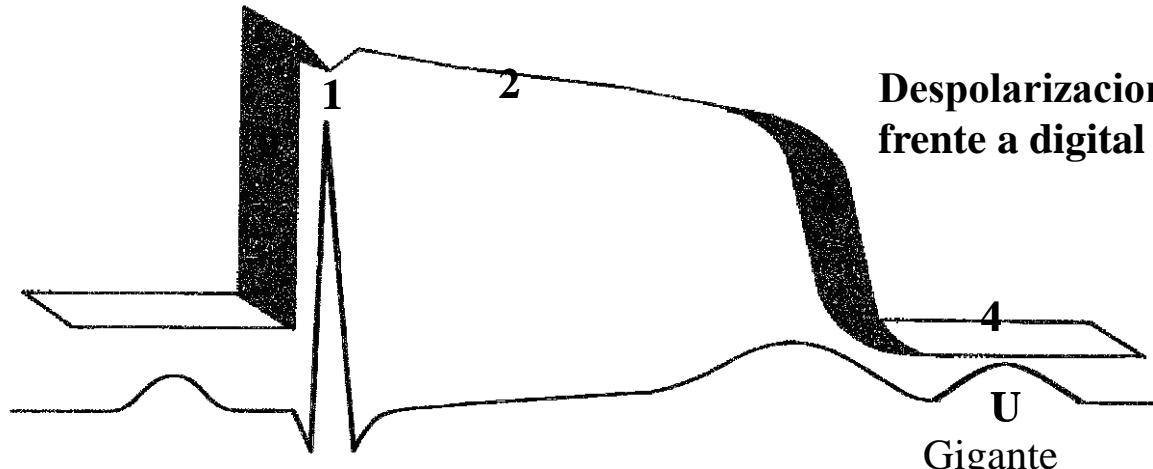
Causas de onda U prominentes

Bradicardia; hipopotasemia; hipomagnesemia; hipocalcemia; hipotermia; inspiración forzada; post-ejercicios; prolapso de válvula mitral; sobrecarga ventricular izquierda; alteraciones del SNC con hipertensión endocraneana; miocardiopatías; bloqueo AV completo; Síndrome de QT prolongado congénito.

Ejemplo de una onda U gigante en un caso de síndrome del QT largo



Importante prolongación del PAT durante las bradicardias y frente a antiarrítmicos de clase III.

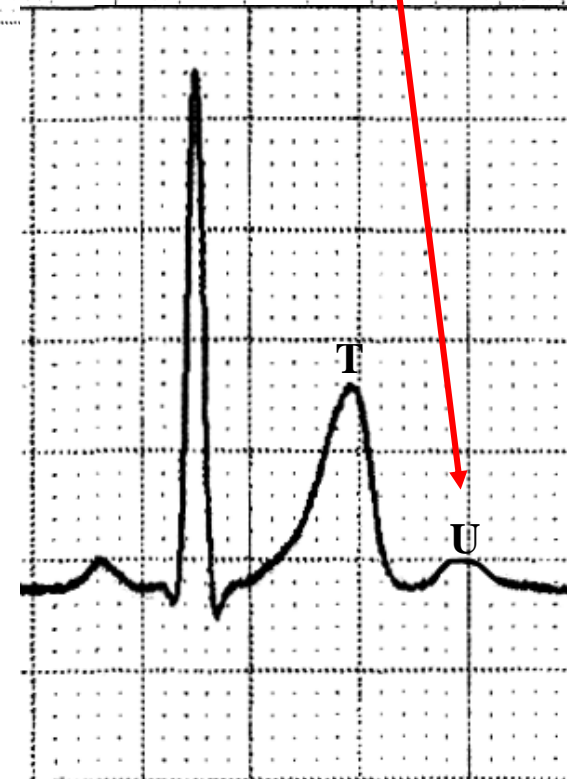


Despolarizaciones tardías “Delayed After Depolarizations (DADs) frente a digital, aumento del Ca²⁺, catecolaminas y α1 agonsitas

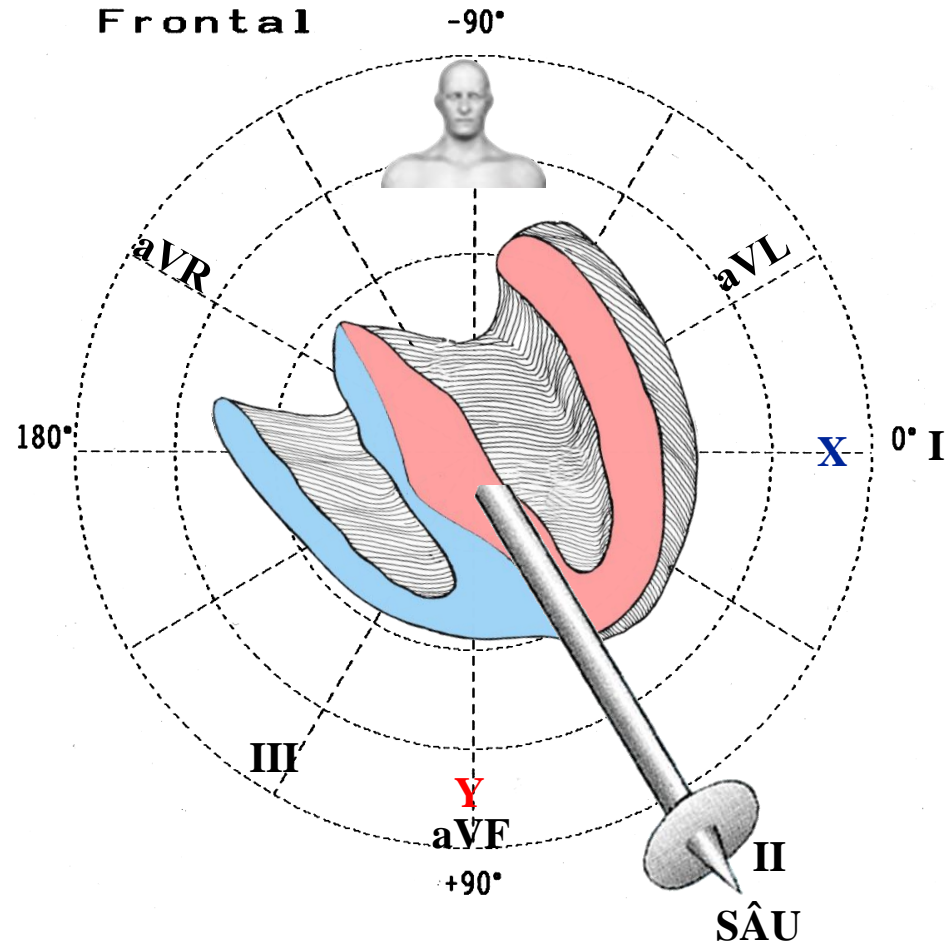
La onda U se observa mejor durante las frecuencias cardíacas bajas (bradicardias)



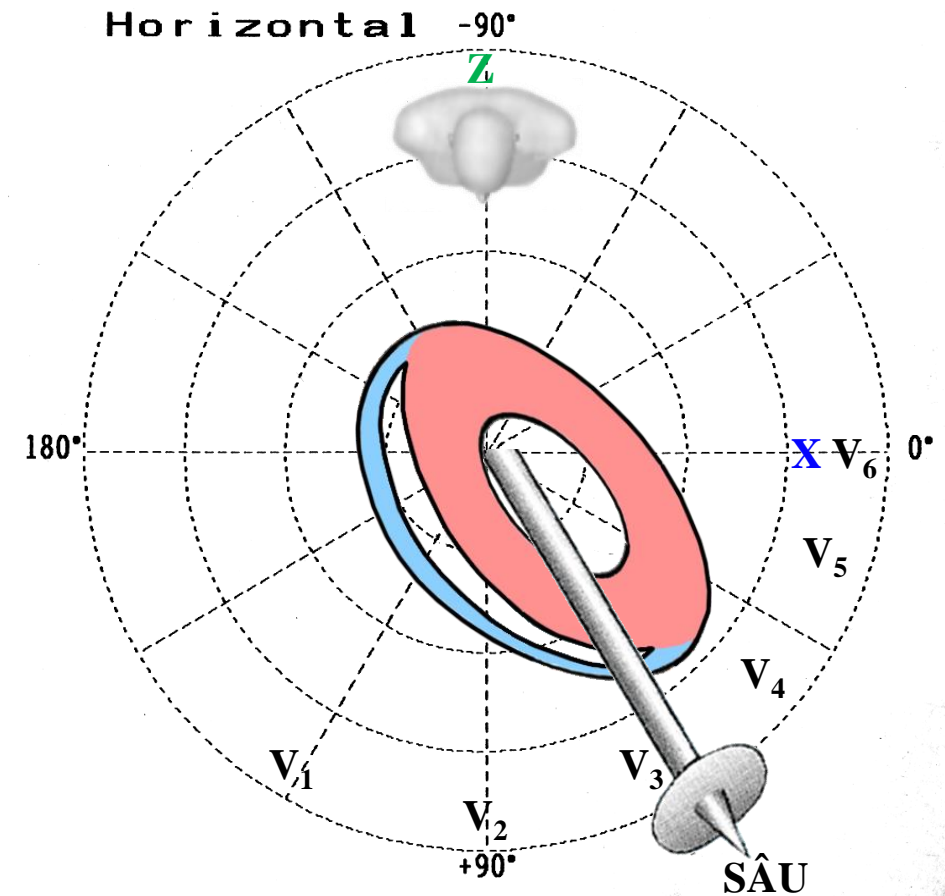
- 1) Cuando la frecuencia cardíaca es ≤ 65 lpm es visível en el 90% de los casos
- 2) Cuando la frecuencia cardíaca se encuentra entre 80 y 85lpm es visible en el 65% de los casos
- 3) Cuando la frecuencia cardíaca es > 96 lpm es observada en apenas 25% de los casos



Eje eléctrico de la onda U o SÂU en el Plano Frontal



Eje eléctrico de la onda U o SÂU en el Plano Horizontal



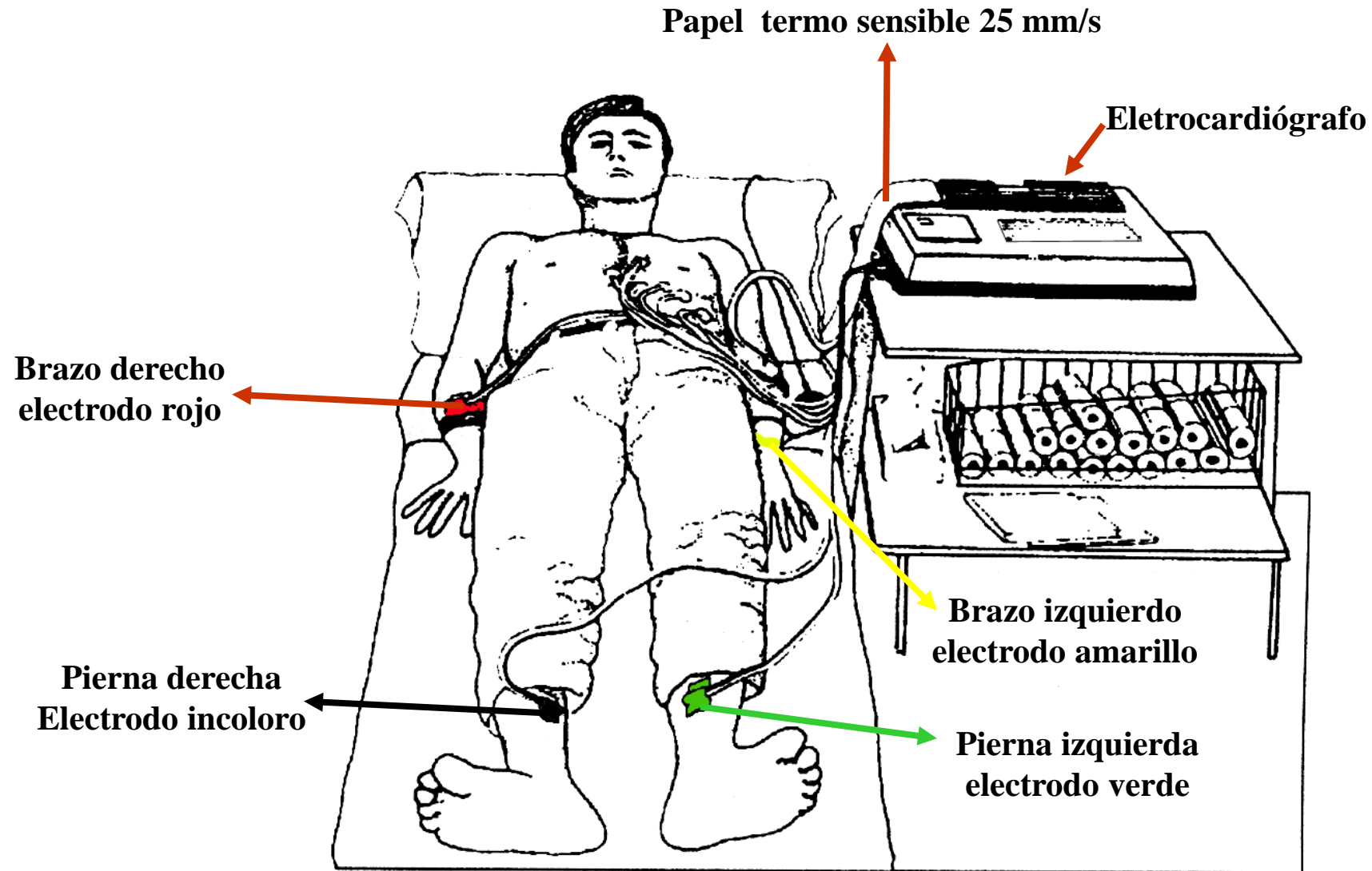
El SÂU normal se encuentra alrededor de los $+60^\circ$. Así, la onda U será positiva en II, III y aVF y negativa en aVR.

El SAU apunta hacia el frente a la izquierda, siendo así, la onda U se observa mejor en V3 (entre V2 y V4). La onda U es mejor evidenciada en las derivaciones precordiales cuando se la compara con las derivaciones del PF.

Secuencia recomendada para la lectura del ECG

- 1. Determinación del ritmo:** si es sinusal o no.
- 2. Cálculo de la frecuencia cardíaca**
- 3. Análisis de la onda P:** duración, voltaje, aspecto, polaridad y eje en el plano frontal
- 4. Medición de la duración del intervalo PR y nivel amiento en relación al segmento ST**
- 5. Cálculo del eje eléctrico del QRS (S^ÂQRS) en el plano frontal:** el Eje Eléctrico del complejo QRS, no es más que la dirección del vector total de la despolarización de los ventrículos.
- 6. Análisis del QRS:** duración, voltaje, polaridad, tiempo de activación ventricular, zona de transición precordial etc;
- 7. Cálculo de la duración de los intervalos QT y QTc**
- 8. Análisis del segmento ST:** nivel amiento en relación al segmento ST, duración aspecto: convexo hacia arriba, abajo, rectilíneo.
- 9. Análisis de la onda T:** si asimétrica, polaridad en relación a la mayor deflexión del complejo QRS precedente.
- 10. Análisis de la onda U:** polaridad, voltaje relativo en relación a la onda T precedente y eje.

Identificación de los electrodos del plano frontal



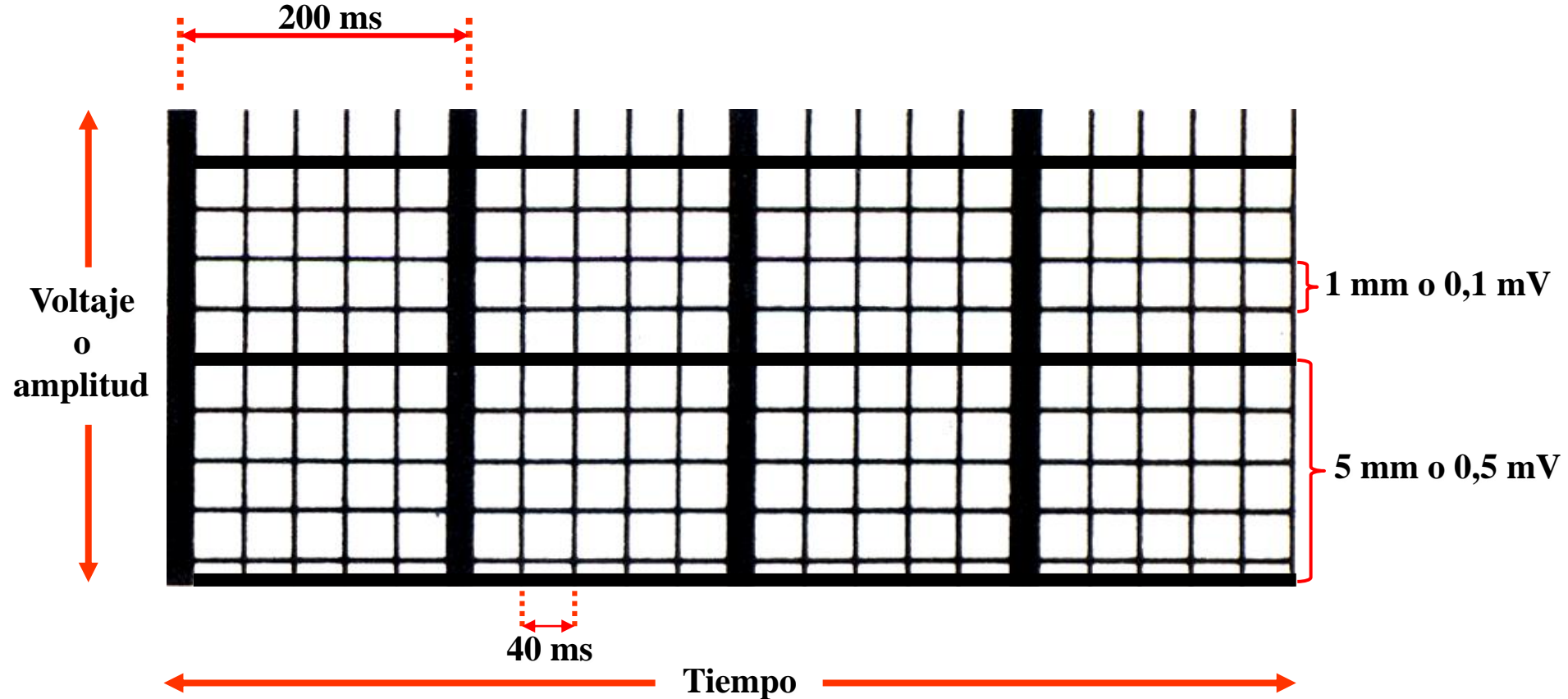
Determinación del ritmo

Se denomina ritmo sinusal en el adulto a aquel ritmo que nace en el nodo sinusal, se conduce a los ventrículos con intervalo PR entre 120 y 200 ms y con frecuencia cardiaca en reposo entre 60 y 100 bpm.

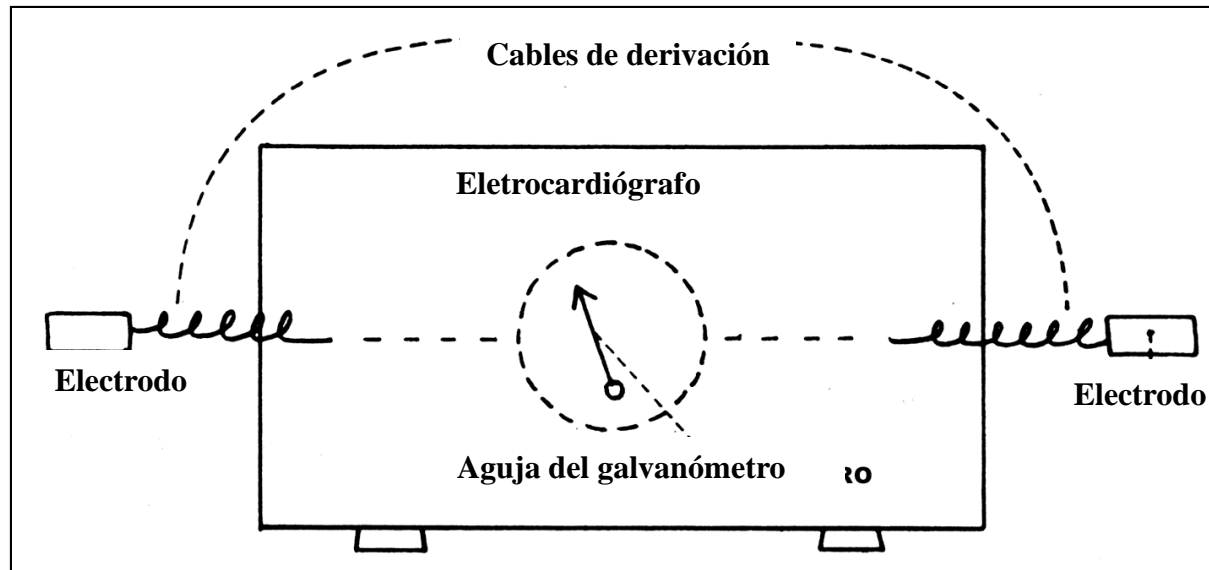
Reconocemos el ritmo sinusal por:

1. Onda P positiva en II, aVF y I y negativa en aVR
2. Onda P siempre seguida de su correspondiente complejo QRS
3. Intervalo PR Constante: mayor que 120 ms y menor que 200 ms en el adulto
4. Distancia RR regular e igual o menor que tres cuadrados grandes (100 bpm) y siempre mayor que cinco (60 bpm).

Nociones sobre el sistema de inscripción del ECG y el cálculo de la frecuencia cardíaca



El papel corre a velocidad constante de 25 mm/s, Consecuentemente, la distancia de 1mm que separa dos líneas verticales corresponde a 40 ms. Cada cinco líneas verticales hay líneas gruesas correspondiente a 200 ms. La distancia entre dos líneas gruesas verticales corresponde a un cuadrado grande de 200 ms o $\frac{1}{5}$ de un minuto por lo tanto a cada cinco líneas gruesas o 25 finas corresponden a 1 segundo. Si la distancia entre los RR fuera de un cuadrado grande (cinco cuadraditos) la frecuencia cardíaca será de 300 lpm, dos cuadrados grandes: 150 lpm; tres: 100 lpm, cuatro: 75 lpm, cinco: 60 lpm; seis: 50 lpm; siete: 43 lpm; ocho: 37 lpm; nueve: 33 lpm y diez: 30 lpm. Mostramos las características del papel del ECG, los conceptos de voltaje o amplitud y de tiempo. Cada lado de un cuadrado pequeño posee 1 mm y del cuadrado grande 5 mm. En sentido horizontal, la velocidad normal del papel (25 mm/s) en un cuadrado pequeño corresponde a los 40 ms y el cuadrado grande corresponde a 200 ms. En sentido vertical, la amplitud o voltaje de un cuadrado pequeño corresponde a 1 mm o 0,1 mV y de uno grande a 5 mm o 0,5 mV.



Derivación

Son dos electrodos unidos por cables que pasan por el galvanómetro del electrocardiógrafo.

En el plano frontal existen tres derivaciones I, II y III y 3 unipolares aVR, aVL y aVF

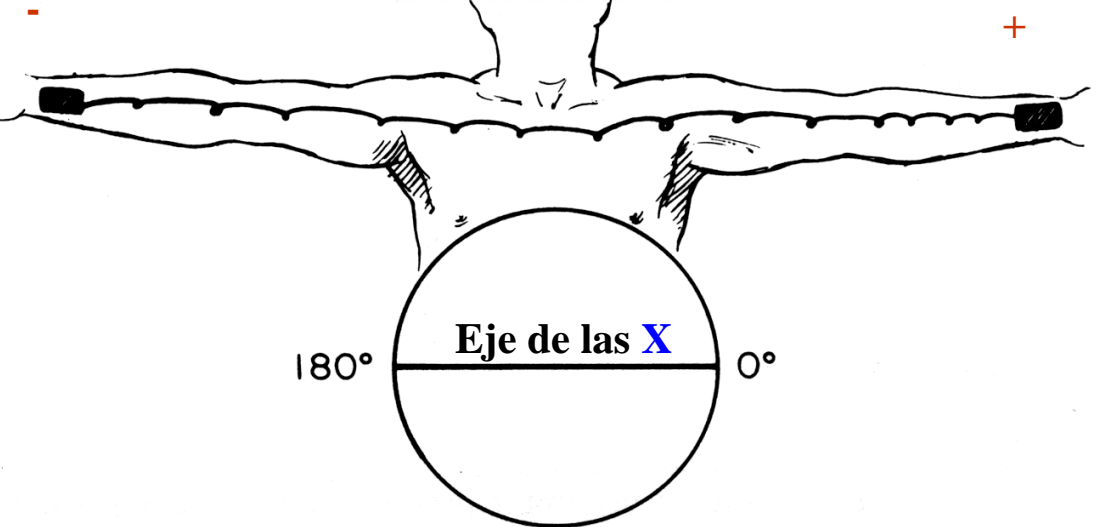
En el plano horizontal o precordial existe 6 que se cuentan de V1 a V6

Electrodos

Son placas de metal en contacto con la piel que transmite la actividad eléctrica del corazón. los electrodos de las extremidades se denominan I, II, III, aVL, aVR, aVFy los del tórax, precordiales (v). Éstos se enumeran de v_1 a v_6 de acuerdo con su localización.

Derivaciones bipolares I; II y III

Derivación I

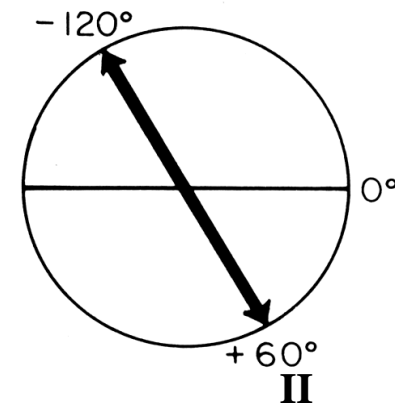
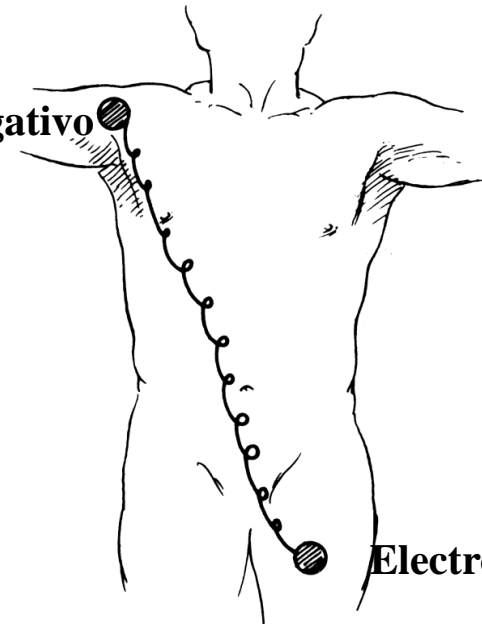


El electrodo positivo está localizado en el brazo izquierdo y el negativo en el derecho. La corriente medida seguirá una dirección horizontal que une 0° con ±180° por el llamado eje de las X.

El electrodo positivo está localizado en la pierna izquierda y el negativo en el brazo izquierdo. El eje de III sigue de +120° hasta -60°.

Derivación II

Electrodo negativo

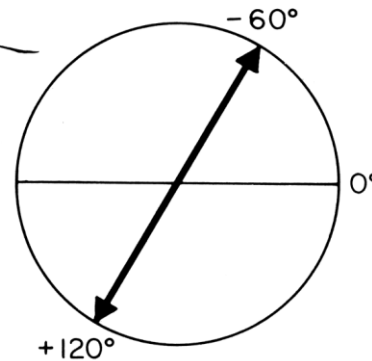
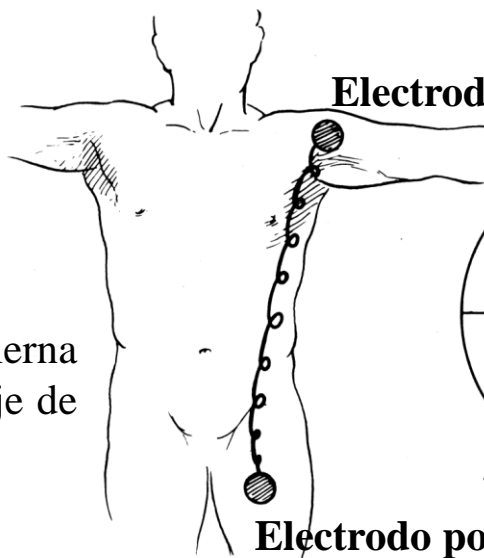


Electrodo positivo

El electrodo positivo está localizado en la pierna izquierda y el negativo en el brazo derecho. La corriente medida seguirá una dirección desde el centro del círculo hasta +60° y en la dirección opuesta hasta los -120°.

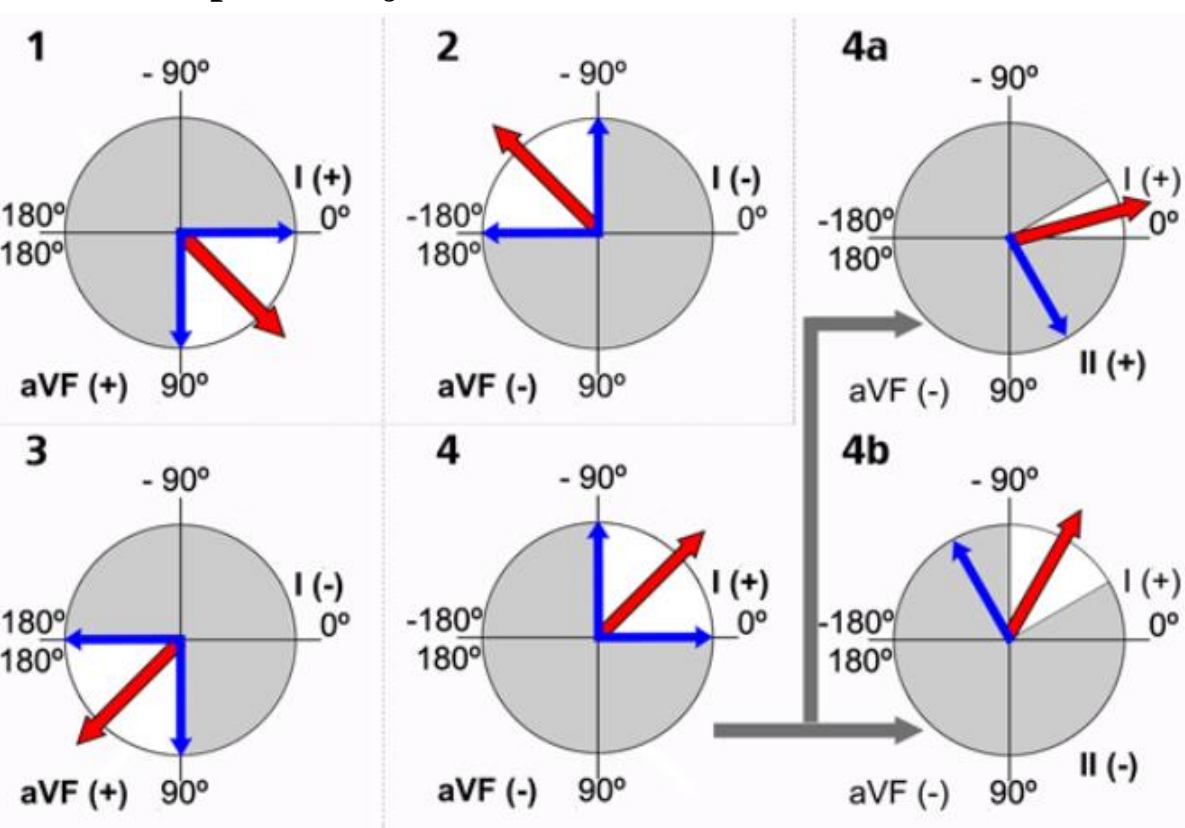
Derivación III

Electrodo negativo



Electrodo positivo III

Cálculo rápido del eje cardiaco



- Si el QRS en I y aVF es positivo, el eje es normal.
- Si en ambas es negativo, el eje tiene desviación extrema para el cuadrante superior derecho.
- Si en I es negativo y en aVF es positivo, el eje está desviado a la derecha.
- Si es positivo en I y negativo en aVF, es necesario valorar la derivación II
 - 4a. Si es positivo en II, el eje es normal.
 - 4b. Si es negativo en II, el eje está desviado a la izquierda.

I	aVF	Cuadrante	Eje del QRS
Positivo	Positivo	1	Eje normal entre 0° y $+90^\circ$
Negativo	Negativo	2	Desvio extremo para la derecha entre -90° y $\pm 180^\circ$
Negativo	Positivo	3	Eje entre $+90^\circ$ y $\pm 180^\circ$ posible desvio a la izquierda.
Positivo	Negativo	4a	Eje entre 0° y -90° posible desvio a la izquierda
Positivo	Negativo	4b	Eje entre 0° y -90° posible desvio a la izquierda

¡ ¡Gracias!!