

# *El Electrocardiograma. Componentes. Valores normales y Semiología de sus perturbaciones*

El electrocardiograma habitual consta de 5 ondas: P, Q, R, S y T.

Algunos autores prefieren llamar *ondas* a los grafoelementos de curso lento: P y T, denominar *deflexión* a los fenómenos de curso rápido: Q, R y S. Dichas ondas aparecen siempre en el mismo orden en un electrocardiograma normal. Excepcionalmente se observa una 6ta. onda, llamada U, más visible en las derivaciones precordiales derechas (V1, V2).

Debemos recordar que la onda P se inscribe como resultado de la activación auricular y que, de inmediato, aparecen Q, R y S, integrando el complejo ventricular por la propagación de la onda de excitación a la musculatura de ambos ventrículos y al tabique interventricular. Terminando el proceso de despolarización de toda la masa muscular auricular y ventricular, acaece una pequeña pausa (que luego conoceremos como segmento S-T) y más tarde se inscribe la onda T, la expresión del restaurador proceso de repolarización.

Con alguna frecuencia, la presencia de las 5 ondas deja de tener lugar; vemos entonces trazados con 4 ondas y en ocasiones con 3 ondas, lo que no es anormal. Sucede que en algunas derivaciones estándares solemos ver con gran nitidez la onda P y, a continuación, la R y la T, siendo la Q tan pequeña (o ausente) que cuesta trabajo identificarla. Lo mismo sucede con la S, sobre todo en D2.

En algunas derivaciones precordiales, especialmente la V1, sucede algo semejante, es decir, se identifican fácilmente las P, R, S y T, pero puede faltar la Q. En atención a estos hechos, el estudioso debe ser flexible en su criterio *porque pueden faltar ondas o aparecer estas de tan pequeña magnitud que necesitemos una lupa para su reconocimiento, sin que ello tenga significación patológica.*

Los equipos con los que se realiza el electrocardiograma vienen dotados de un selector de derivaciones,

de modo que estas se toman siempre en el mismo orden, son: D1, D2, D3, VR, VL, VF y las 6 precordiales: V1, V2, V3, V4, V5 y V6. Se encontrarán las primeras derivaciones identificadas mediante una marca que se hace por un dispositivo indicador que acompaña al propio equipo, si falta esa marca, la derivación VR es una buena guía, ya que todos sus grafoelementos son de signo negativo (VR). Las 3 derivaciones que la preceden son D1, D2 y D3. Le siguen por su orden VL y VF, y a continuación las 6 precordiales.

Cuando el estudioso posee cierto adiestramiento, identifica las derivaciones con facilidad, aunque no estén marcadas, valiéndose de 4 datos importantes.

1. La negatividad de todas las ondas en VR. Se debe recordar que en esta derivación ese hecho representa la normalidad.
2. Al cumplirse la ley de Einthoven, en las derivaciones estándares, se observan complejos ventriculares QRS, cuyo voltaje en D2 es igual a la suma de los voltajes del propio complejo ventricular en D1 y D3. Basta una ojeada para comprobar que la R de D2 es igual a la suma de la propia R en D1 y D3.
3. En las precordiales derechas, V1 y V2, se observará una pequeña onda positiva inicial seguida de una fuerte negatividad. Más tarde designaremos esa positividad inicial con el nombre de onda R, y la negatividad terminal como onda S.
4. En las derivaciones izquierdas, V4, V5 y V6 se hallará una imagen opuesta a la anterior: una gran positividad inicial seguida de una débil negatividad. Llamaremos después R a la positividad inicial, y S a la negatividad terminal.

El electrocardiograma está constituido no sólo por esas 5 ondas. Existen además ciertos intervalos o sectores que expresan momentos distintos de la activación y desactivación auricular y ventricular. Hay en la literatura especializada cierta confusión a ese

respecto, y el lector encuentra una terminología muy variada que acaba por confundirlo. Nosotros consideramos sólo 3 *espacios* y 1 *segmento*. Los 3 espacios corresponden a P-Q, también denominado P-R, Q-T y T-P. El único segmento que mencionaremos en adelante será el S-T. El espacio P-R ó P-Q comienza al principio de la despolarización auricular y termina al principio del complejo ventricular QRS. A esa característica debe su dualidad de nombre: unas veces dicho complejo ventricular comienza con una Q muy nítida; en otras ocasiones, la onda Q no es perceptible y la primera onda del complejo ventricular es la R.

El espacio Q-T se mide desde el principio de Q hasta el final de la onda T. Es recomendable tomar su longitud en una derivación en las que se observe nítidamente la onda Q.

El espacio T-P es el sector comprendido entre el final de la onda T de un ciclo cardíaco y el comienzo de la onda P del ciclo siguiente. Debe ser isoelectrico (al igual que P-Q), aunque en ocasiones se inscribe la onda U justamente en su trayecto.

El único segmento propiamente dicho del electrocardiograma es el S-T. Se mide desde el punto donde termina S hasta el comienzo de la onda T (Fig. 3.1).

Este sector del electrocardiograma es de vital importancia en el diagnóstico de las enfermedades coronarias.

**Resumen**

Los accidentes del electrocardiograma son: 5 ondas (muy excepcionalmente 6), 3 espacios y 1 segmento:  
 Ondas: P-Q-R-S-T.  
 Espacios: P-Q (también llamado P-R), Q-T y T-P.  
 Segmento: S-T.

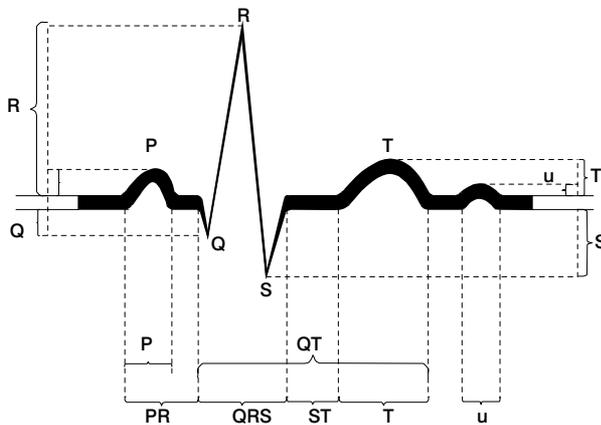


Fig. 3.1 Esquema de un electrocardiograma normal que muestra todas sus ondas y espacios así como el segmento S-T.

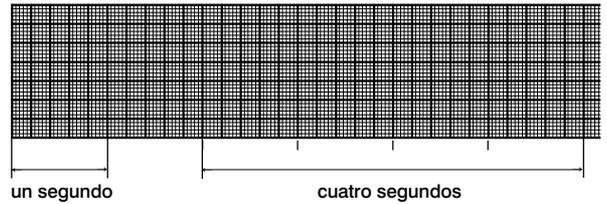


Fig. 3.2 Muestra del papel empleado en electrocardiografía. Puede observarse la existencia de líneas horizontales y verticales que configuran pequeños cuadraditos; las líneas horizontales están separadas por la distancia de 1 mm; las verticales por 0,04 s. Entre cada 5 líneas verticales u horizontales, se inscribe una de mayor relieve que forma cuadrados mayores, de 5 mm de altura y 0,20 s de anchura. Cinco cuadrados mayores integran 1 s, y 20 cuadrados mayores constituyen 4 s; en 6 s quedan incluidos 30 cuadrados grandes. En el papel aparecen señalados los espacios de 1 s y 4 s.

Antes de explicar el origen, significación normal y patológica de estos fenómenos, digamos unas palabras sobre el papel empleado para la toma de un electrocardiograma.

Se trata de un papel cuadrado, dividido por líneas horizontales y verticales; entre cada 2 líneas horizontales existe una distancia de 1 mm; entre cada 2 líneas verticales la magnitud se refiere a tiempo, y median 0,04 s entre una y otra línea.

No tenemos otras medidas en el electrocardiograma que esas: tiempo que demora un fenómeno desde su inicio a su terminación y milímetros para expresar su voltaje, que es como decir su potencia, su fuerza (Fig. 3.2).

Decimos, por ejemplo, que el espacio P-Q mide 0,14 s o que la onda R mide 20 mm. En el terreno práctico quedan 2 términos para referirnos a un grafocemento o fenómeno cualquiera: *su anchura (tiempo)* y *su voltaje (fuerza en milímetros)*. Cuando nos referimos al voltaje, es habitual hablar de *altura* y *profundidad*. Esa referencia implica, respectivamente, que la onda es positiva o negativa (Fig. 3.3).

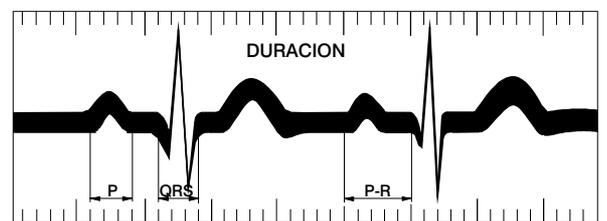


Fig. 3.3 Esquema del procedimiento para medir la duración de las ondas y otros fenómenos del electrocardiograma. Los espacios comienzan en el inicio de una onda y terminan al finalizar la otra. El segmento S-T no incluye ondas porque se mide desde el final de S hasta el principio de T.

Las ondas las mediremos a partir de la línea cero o *isoeléctrica*, representada habitualmente por los espacios P-Q, o por el espacio T-P. Volviendo a las dimensiones del papel tenemos que: las líneas horizontales y verticales delimitan cuadraditos que tienen 0,4 s y 1 mm de extensión. Cada 5 cuadraditos configuran un cuadrado mayor, que tiene 0,20 s y 5 mm de altura. Como es lógico, 5 cuadrados grandes tienen 1 s y 30 tienen 6 s. Es comprensible el empleo de fracciones de segundo para referirnos a los componentes del electrocardiograma. Una persona que tenga 60 ciclos cardíacos/min tiene 1 ciclo/s.

Es comprensible también el empleo de milímetros para referirnos al voltaje, porque la fuerza, la potencia de los fenómenos eléctricos generados por el miocardio, es muy pequeña. Cada 10 mm representan la energía de 1 mV (Fig. 3.4).

A la pequeñez de esos fenómenos contribuyen 2 hechos:

1. Que se captan a una distancia relativamente grande de su fuente original (distancia entre el corazón y los lugares donde se colocan los electrodos).
2. Que esos potenciales pierden parte de su fuerza original al atravesar los tejidos que rodean al corazón: la piel, el tejido celular subcutáneo (TCS), la grasa y los músculos.

### Resumen de las características del papel empleado en Electrocardiografía y algunas generalidades

Son ondas positivas las que se inscriben desde el borde superior de la línea isoeleétrica hacia arriba; inversamente, son negativas las que lo hacen desde el borde inferior de dicha línea hacia abajo.

Existen sólo 2 magnitudes en el electrocardiograma: *anchura*, para referirnos al tiempo (expresado en centésimas de segundo) y *altura* o *profundidad* (según la onda sea positiva o negativa) para aludir al voltaje (que es la fuerza de los potenciales eléctricos).

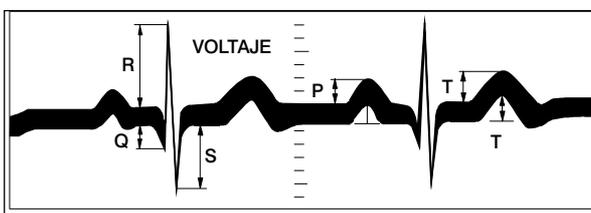


Fig. 3.4 Esquema del procedimiento para medir la magnitud (voltaje) de las ondas. Las positivas se miden desde el borde superior de la línea cero o isoeleétrica; las negativas se miden desde el borde inferior de dicha línea.

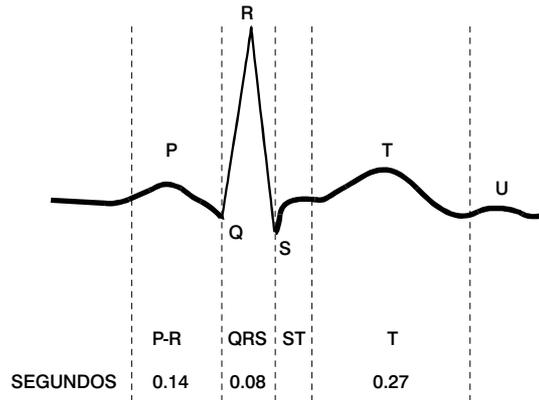


Fig. 3.5 Esquema de los valores normales de los distintos elementos del ECG. Obsérvese la secuencia normal de los distintos fenómenos, comenzando por la onda P y terminando con la onda T.

El papel empleado en electrocardiografía está cuadrículado por líneas horizontales y verticales. Siempre hablaremos de milímetros y de centésimas de segundo al referirnos a valores o magnitudes de las ondas y sectores del ECG.

Cinco cuadraditos suman 0,20 s y 5 mm; 5 veces esa magnitud, representa 1 s, integrado por 5 cuadrados mayores (Fig. 3.5).

### Muecas y empastamientos

Antes de entrar en detalles de morfología y dimensiones de los distintos grafoelementos, consideremos brevemente una alteración del contorno de las ondas, que debe conocerse para atribuirle su verdadero valor (Fig. 3.6).

En cualquier onda del electrocardiograma pueden aparecer pequeños accidentes que cambien su aspecto a la inspección visual. Esta alteración tiene 2 gradaciones: *empastamiento* y *muesca*. La muesca es siempre patológica, y suele expresar un trastorno en la conducción del estímulo activador. El empastamiento se observa por lo general en personas normales, pero puede adquirir categoría de signo patológico en las eventualidades siguientes:

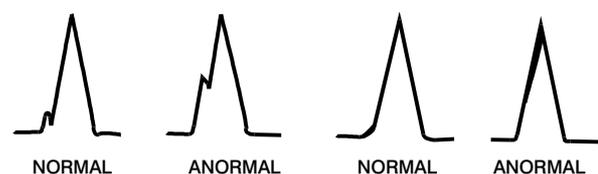


Fig. 3.6 Esquema que muestra el aspecto morfológico de una muesca y de un empastamiento.

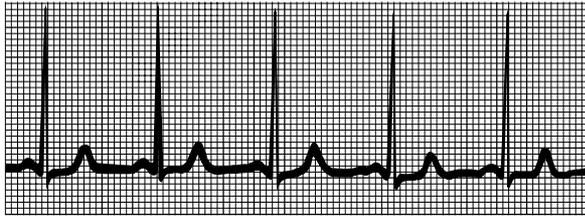


Fig. 3.7 Trazado electrocardiográfico normal, con sus 5 ondas. Derivación D2.

1. Cuando se encuentre localizado cerca de la punta de R.
2. Cuando se le halle en varias derivaciones.
3. Cuando forme parte de otras alteraciones, sobre todo en ondas de alto voltaje.

Las ondas, cuando son de pequeño voltaje pueden presentar anomalías en su contorno sin significación patológica.

Al atribuir significado patológico a una muesca debemos advertir que no se la encuentre en la derivación estándar D3, ya que esta es conocida como *la derivación de las excepciones*.

### Onda P

Es la primera onda del electrocardiograma. Representa la despolarización auricular. Mide, normalmente,

de 0,06 s a 0,10 s de anchura y de 0,5 mm a 2,5 mm de altura (Fig. 3.7).

Esta onda es positiva en todas las derivaciones, excepto en VR y, ocasionalmente, es aplanada o francamente negativa en D3. En la derivación precordial V1 puede ser bifásica (una porción positiva y otra negativa). En esos casos la porción final electronegativa corresponde a la aurícula izquierda. Es precisamente en dicha derivación V1 donde se le suele observar con mayor nitidez a causa de la posición de dicho electrodo sobre el miocardio auricular; por ello, V1 es la derivación de elección para el diagnóstico de algunas afecciones auriculares, sobre todo de la *fibrilación* y el *flutter* auricular.

Su aspecto morfológico es útil como indicio de enfermedad en entidades que repercuten hemodinámicamente sobre las aurículas, especialmente la estenosis y la insuficiencia mitral, y la cardiopatía pulmonar hipertensiva (ver “Segunda parte”).

En algunas cardiopatías congénitas, suele adquirir un aspecto acuminado (su vértice se hace muy agudo, afinado), que es demostrativo de la existencia de mezcla de sangre arterial y venosa, haciéndose dicha característica más notoria cuando más severa es la hipoxemia. El estudio de electrocardiografía, al observar en un trazado la onda P, debe formularse, mentalmente, las incógnitas o preguntas siguientes (Fig. 3.8):

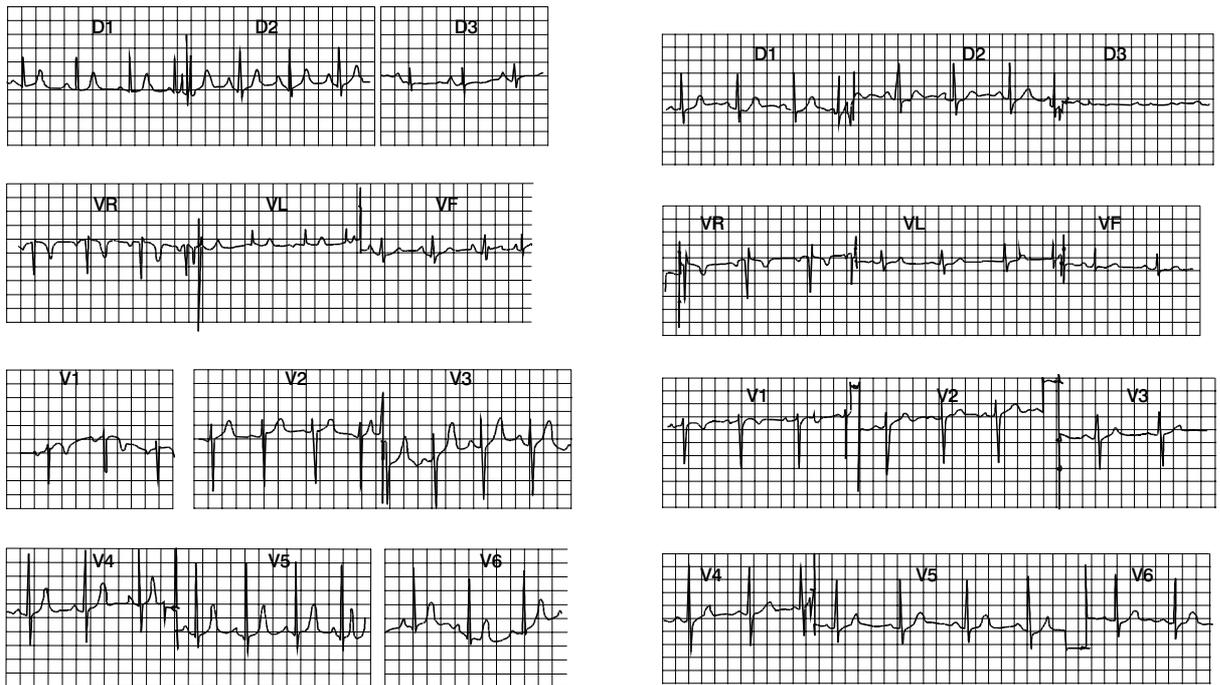


Fig. 3.8 y 3.9 Trazados en los que aparecen derivaciones con 3 y hasta 4 ondas, lo que sucede con frecuencia sobre todo en las derivaciones estándares y en las precordiales, en las que suele faltar la onda Q o la onda S; a veces faltan ambas.

1. ¿Está presente la onda P, y sus caracteres son nítidos?
2. ¿Hay ausencia de dicha onda o se le identifica con dificultad?
3. ¿Existen una o varias ondas P por cada complejo ventricular?
4. ¿Precede la onda P al complejo ventricular y hay una correlación de precedencia entre ambos grafoelementos?
5. ¿Es positiva en D1 y D2 y negativa en VR?
6. ¿Es muy alta, o muy ancha, o ambas cosas a la vez?
7. ¿Su aspecto es normal o es raro? ¿Sus 2 ramas son simétricas?

Suponiendo que una o varias de estas diversas posibilidades estén presentes, se debe pensar:

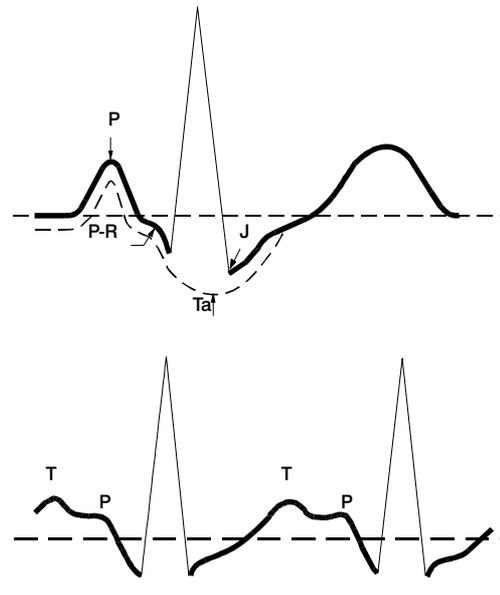
1. En ausencia de P: fibrilación auricular y extrasístoles ventriculares (si la ausencia es esporádica); pudiera estar también superpuesta a QRS o a la onda T (caso de los bloqueos aurículoventriculares de tercer grado).
2. En que es muy alta: hipertrofia auricular.
3. En que es muy ancha: dilatación auricular. Si es alta y ancha simultáneamente: hipertrofia más dilatación auricular.
4. Aspecto inusitado, atípico: *flutter* auricular.
5. En que no precede a QRS: trastornos en el ritmo cardíaco. Sustitución del ritmo sinusal normal por un ritmo ectópico: ritmo idioventricular.
6. En que existen varias ondas P por cada complejo ventricular: bloqueos AV de segundo y tercer grados (ver "Bloqueos").

Las aurículas tienen, igual que los ventrículos, su onda t (con minúscula para distinguirla de la T ventricular). Dicha onda t auricular forma con la P el complejo auricular, superponible al que genera la musculatura ventricular: QRS y T.

Habitualmente no nos ocupamos de la t auricular porque los potenciales eléctricos que la originan tienen un voltaje mínimo, de modo que la t auricular no suele visualizarse y queda englobada dentro del espacio P-Q, sin llegar a perturbar la isoelectricidad de este, aunque a veces puede desplazarlo ligeramente en sentido negativo (Fig. 3.10).

### Resumen de la onda P

Esta representa el proceso de excitación auricular. Tiene también una pequeña onda T que corresponde a su



**Fig. 3.10** Esquema de la onda T auricular. Corresponde al proceso de repolarización auricular, y habitualmente no se hace notar en el trazado. La línea de puntos de su trayectoria permite comprender el influjo que puede ejercer en el espacio P-R ó P-Q, el complejo ventricular QRS y la porción inicial del segmento S-T.

proceso de desactivación, que es de tan pequeña magnitud que no se visualiza habitualmente. Toda la afección auricular se resume en los cambios de P, ya sea en sus dimensiones, aspecto, proporción numérica con respecto al complejo ventricular y a su presencia o ausencia.

Esta onda no debe rebasar las dimensiones máximas de 0,10 s de anchura ni de 2,5 mm de altura.

Los trastornos del ritmo cardíaco y la ausencia de P con respecto al complejo ventricular son mejor diagnosticados en la derivación precordial derecha V1 y en la derivación estándar D2.

### Conducción aurículoventricular. Espacio P-R ó P-Q

Para comprender la electrogenia del espacio P-R ó P-Q, es fundamental recordar la información aportada por el hisiograma. P-R no mide en realidad la distancia recorrida por la excitación, desde su origen en el nódulo primario de Keith-Flack hasta su arribo al miocardio ventricular, sino que abarca también el curso de esa excitación por el sistema muscular específico del propio miocardio ventricular. En la figura 3.11 se observa la verdadera composición del espacio P-R ó P-Q, de modo que este *incluye* un componente auricular y otro, muy importante, ventricular. De esa concep-

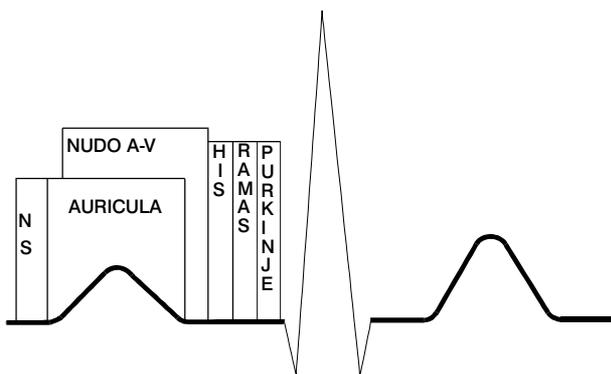
ción moderna de la electrogenia del espacio P-R ó P-Q, se desprende que las perturbaciones de la longitud de dicho espacio pueden tener un origen puramente auricular o específicamente ventricular y de ahí su importancia para juzgar el origen de la lesión, el pronóstico y el tratamiento de aquellas eventualidades en las que el espacio P-R se alarga, y que constituye lo que en la nomenclatura electrocardiográfica se denomina *bloqueo aurículoventricular* (Fig. 3.11).

La longitud del espacio P-R ó P-Q fluctúa entre 0,12 y 0,20 s, y es ligeramente menor en los recién nacidos, y en los niños en su primera infancia. Dicha magnitud puede alargarse o acortarse y, raras veces, tiene valores que varían constantemente: fenómeno de Wenkebach-Luciani (ver bloqueos AV).

Si la duración de P-R se prolonga por encima de 0,20 s nos referimos al bloqueo aurículoventricular de primer grado. Dicho trastorno suele asociarse a:

1. Fiebre reumática.
2. Algunos fármacos: digitálicos, quinidina, betabloqueadores.
3. Cardioesclerosis.
4. Enfermedades infecciosas: difteria, fiebre tifoidea, sífilis.
5. Algunas cardiopatías congénitas (dato inespecífico aunque de alguna frecuencia en las comunicaciones interauriculares).
6. Cardiomiopatías, amiloidosis del miocardio.
7. Sin evidencia de enfermedad orgánica cardiovascular.
8. Hipervagotonía.

El espacio P-R ó P-Q puede sufrir también acortamiento. En esos casos es de suponer que, en vez de ser



**Fig. 3.11** Hisiograma que muestra los diferentes componentes del espacio P-R ó P-Q. Obsérvese que dicho espacio P-R tiene componentes atriales y componentes netamente ventriculares. Por esa razón las perturbaciones del espacio P-R ó P-Q pueden asentar en el miocardio auricular o ventricular.

bloqueada, la conducción aurículoventricular ha sido facilitada o ha recorrido un trecho menor. En los casos en que la excitación normal comience en un punto del sistema muscular específico situado más caudalmente que el nódulo de Keith-Flack, el espacio a recorrer por la onda de excitación es menor. Esto sucede en las extrasístoles y en el ritmo de la unión. Raras veces en los adultos, aunque con más frecuencia en los niños, persiste en el sistema muscular específico un haz, similar al que muestran los animales (haz de Paladino-Kent). La presencia de semejante vía directa de comunicación anatómica entre aurículas y ventrículos acorta considerablemente el tiempo de conducción AV. Esta situación recibe el nombre de *Síndrome de Wolff-Parkinson-White*.

Existe también otra forma de acortamiento del espacio P-R ó P-Q, pero sin ensanchamiento del complejo ventricular QRS, a cuyo trastorno se le denomina *síndrome de Lown-Ganong-Levine*. (Ver “Trastornos en la conducción”).

En conclusión, puede decirse que el espacio P-R ó P-Q se acorta en las siguientes eventualidades:

1. Ritmo de la unión, sobre todo en sus modalidades altas.
2. Extrasístoles de la unión.
3. Síndrome de Wolff-Parkinson-White.
4. Síndrome de Lown-Ganong-White.

El que estudia un electrocardiograma debe ser cauteloso al evaluar el espacio P-R, sobre todo en las eventualidades siguientes:

1. Personas con labilidad neurovegetativa, que suelen mostrar un discreto alargamiento de P-R que no tiene valor como signo de enfermedad, siendo sólo un estigma neurovegetativo. Las personas que muestran tal perturbación recuperan la normalidad del espacio P-R cuando se les somete a la acción de la atropina o del ejercicio físico.
2. Paciente que padece fiebre reumática o se sospecha dicho diagnóstico; puede suceder que el espacio P-R esté dentro de los límites normales. En tal caso, no debe negarse el diagnóstico de carditis, porque pudiera ser que ese paciente, antes de enfermar, tuviera valores menores, también normales. Un ejemplo: un niño con fiebre reumática ingresa y tiene un P-R en 0,18 s; ese valor es normal, pero tiene un ECG tomado en el mes anterior con valor de P-R en 0,12 s. El paciente ha alargado P-R en 0,06 s sin sobrepasar el límite de 0,20 s.

3. Pacientes que presentan taquicardia sinusal (frecuencia por encima de 100 pulsaciones/min) quienes, cuando decursa algún tiempo, empiezan a mostrar un alargamiento de P-R, sobre todo cuando ya existe una circulación coronaria lesionada. Esto se debe a que el sistema de conducción funciona bien en condiciones basales, pero da, rápidamente, muestras de agotamiento. En esos casos cuando la frecuencia se normaliza, el espacio P-R readquiere su dimensión normal.

### Resumen de P-R ó P-Q

Su longitud normal no debe ser inferior a 0,12 s ni sobrepasar los 0,20 s. Sufre variaciones de estos valores, muy discretas, en relación con la edad; se alarga con la vejez.

Su alargamiento constituye el único signo del trastorno de conducción conocido como bloqueo aurículoventricular de primer grado. Los bloqueos aurículoventriculares de segundo y tercer grados consisten en una perturbación numérica de P con respecto a QRS.

Es útil para el diagnóstico de los síndromes de Wolff-Parkinson-White y Lown-Ganong-Levine y también para evaluar el manejo de la dosis de compuestos digitálicos y el curso evolutivo de la fiebre reumática.

Sin embargo, lo más importante a señalar en el espacio P-R ó P-Q es su electrogenia: 2/3 de su longitud tiene un origen atrial y 1/3 en los fascículos del haz de His y en la red de Purkinje, de lo que se infiere que sus prolongaciones pueden reflejar lesiones tanto auriculares como ventriculares.

### Complejo ventricular QRS

Está formado por la sucesión de 3 ondas de curso rápido, que representan la despolarización del miocardio ventricular. Mide normalmente de 0,06 s a 0,08 s. Por debajo de esos valores no se describen perturbaciones. Su anchura y su voltaje sí pueden aumentar. Es útil usar como norma de referencia los valores siguientes:

#### Aumentos de anchura

- de 0,08 s a 0,10 s: hipertrofias ventriculares
- de 0,10 s a 0,12 s: bloqueos incompletos de rama
- de 0,12 s en adelante: bloqueo completo de rama

Con respecto al voltaje, este puede aumentar o disminuir. Cuando el voltaje de QRS disminuye en

forma muy notoria, utilizamos el término *microvoltaje*. La disminución del voltaje de QRS se asocia con enfermedades en las que el músculo cardíaco ve mermados sus potenciales a causa de la muerte del tejido (infarto miocárdico), por infiltración acuosa (beri-beri cardíaco), o por edema intracelular (mixedema).

Se inscriben también complejos QRS de bajo voltaje cuando el corazón está rodeado por una gruesa capa de grasa (obesos), de aire (*lengueta* pulmonar en los enfisematosos) o de líquidos (derrame pericárdico o edema subcutáneo en el curso de síndromes hidropígenos asociados con enfermedades renales, cardíacas y hepáticas, o a desnutrición crónica).

En todas las eventualidades antes mencionadas, se dificulta la trasmisión de los potenciales eléctricos desde el miocardio hasta los electrodos exploradores.

Por otra parte, el voltaje de QRS aumenta cuando el grosor de las paredes ventriculares se incrementa (hipertrofias ventriculares); aumenta también en las extrasístoles ventriculares y en el ritmo idioventricular, así como en los bloqueos de rama, por razones que se explicarán en los capítulos correspondientes.

Al estimar el voltaje de los elementos del complejo ventricular, el examinador debe percatarse de que el equipo que toma el registro esté bien calibrado. Ocasionalmente, las caídas del voltaje en la línea pueden explicar la pequeñez de QRS.

Por otro lado, las personas muy delgadas aportan trazados con ondas prominentes. En ellos sucede lo inverso de lo que ocurre en los obesos: el miocardio está más próximo a los electrodos exploradores, sobre todo a los precordiales, ya que los tejidos que los separan son más delgados. La estimación del voltaje del complejo ventricular se basa en realidad en la medida de 2 de sus componentes: R y S.

La onda R no debe rebasar 20 mm en una derivación estándar, ni 25 mm en una derivación precordial. Por lo común es en V4 donde la encontramos con su voltaje máximo.

Por su parte, la onda S no debe exceder de 17 mm en una derivación precordial derecha; es en V2 donde casi siempre se inscribe más profundamente.

En cuanto a Q, lo importante es que no rebase 3 mm de profundidad ni 0,03 s de ancho. Esta es la onda de activación del tabique interventricular en condiciones normales, y es también el lenguaje con que se expresa el tejido muerto en el infarto

miocárdico; por eso, no se emplea para estimar el voltaje de QRS.

Existen una serie de artificios que consisten en relacionar las dimensiones de las ondas R y S en distintas derivaciones, con la finalidad de determinar el grado de crecimiento ventricular, si lo hubiere. De ellos, los más conocidos son los de Sokolow y Lewis que estudiaremos en detalle en “Las hipertrofias ventriculares”.

### Resumen del Complejo Ventricular QRS

Este es la resultante de la despolarización ventricular.

Su primer componente, la onda Q, significa en términos generales, la activación del tabique interventricular. La R y la S expresan el mismo proceso en las paredes ventriculares.

El voltaje de QRS aumenta en las hipertrofias ventriculares y en afecciones donde los ventrículos no se activan simultáneamente: extrasístoles ventriculares y bloqueos de rama.

No debe hablarse de microvoltaje si la suma de la onda R en las derivaciones estándares rebasa 15 mm (R1 más R2 más R3); tampoco debe hacerse si, aunque sea una sola R, en una derivación estándar, supera 7 mm.

El voltaje de QRS disminuye habitualmente en las entidades siguientes:

1. Fibrosis miocárdica.
2. Infarto miocárdico (no siempre).
3. Mixedema. Beri-beri cardíaco.
4. Obesidad.
5. Enfisema pulmonar.
6. Pericarditis con derrame. Anasarca.

### Segmento S-T

Este segmento, junto con la onda T, representa a las fuerzas originadas en el proceso de recuperación o repolarización ventricular. Con fines pedagógicos, los estudiaremos por separado, aunque realmente debe considerarse la existencia de un complejo ST-T (Fig. 3.12).

Ya se ha dicho que el segmento S-T correspondería al lapso comprendido entre la despolarización y la repolarización. Por dicho motivo, debe ser teóricamente isoeléctrico, ya que en ese instante no debe fluir corriente de acción alguna al encontrarse totalmente despolarizada la fibra muscular. En ese estado, todas las cargas son negativas y, lógicamente, no existen diferencias de potencial que genere una corriente. Pero

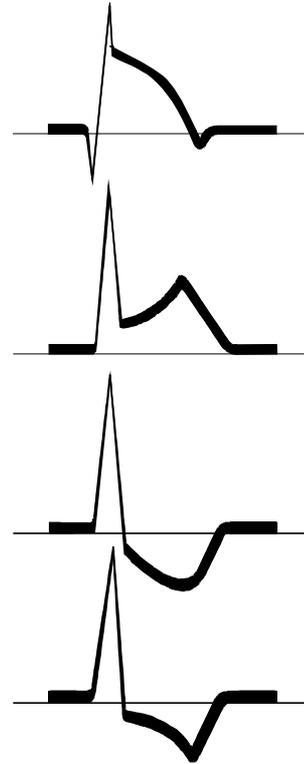


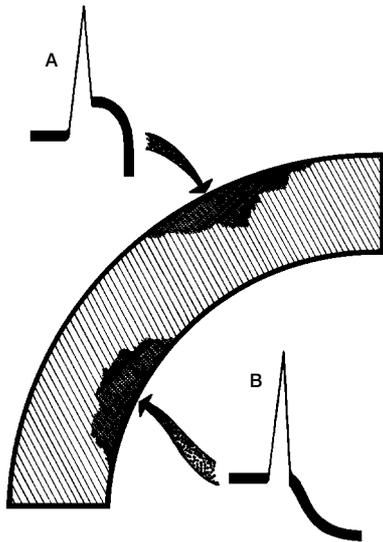
Fig. 3.12 Esquema del segmento S-T, y sus variantes normales y patológicas. Esquema tomado de Zuckermann, que muestra los desplazamientos positivos y negativos en sus modalidades cóncava y convexa.

se ha dicho también que en realidad el proceso de repolarización comienza en algunas regiones *antes* de terminar la despolarización. De todo esto resulta que la presencia del segmento S-T, representa en realidad *no solamente el instante entre la activación y el reposo, sino también el comienzo de la recuperación.*

Este segmento se mide desde el punto J (que es la unión de la parte final de S) hasta el comienzo de la onda T.

Tiene una longitud hasta de 0,15 s, magnitud que carece de importancia clínica, ya que lo esencial en este sector del electrocardiograma es la presencia de sus desviaciones o desplazamientos de la línea isoeléctrica. Estos desplazamientos pueden originarse en situaciones patológicas o como expresión del influjo de factores puramente fisiológicos. Los desplazamientos fisiológicos tienen un límite que se ha considerado de 1 mm en derivaciones estándares y hasta de 2 mm en derivaciones precordiales.

Los desplazamientos del segmento S-T son la forma de expresión del tejido miocárdico lesionado, constituyen un factor esencial en la fenomenología del in-



**Fig. 3.13** Esquema que muestra la ubicación y la expresión bioeléctrica del tejido lesionado.  
A) Localización subepicárdica.  
B) Tejido lesionado subendocárdico.

farto miocárdico y señalan la fase aguda de su evolución (Fig. 3.13).

Existen formas distintas de apreciación de los desplazamientos del segmento S-T basadas en su aspecto morfológico, y sobre todo, en el sentido positivo (por arriba de la línea de base) o negativo (por debajo de dicha línea) que muestran sus perturbaciones. Antes de entrar en esa materia, detengámonos en el examen de los influjos fisiológicos que obran sobre su morfología. Están, en primer lugar, los emanados del sistema nervioso autónomo. Los impulsos simpático-adrenérgicos incrementan la conductividad (se acorta P-Q ó P-R) y aumentan el voltaje de la onda P; en consecuencia, la onda t auricular influye en el aspecto de S-T, al causar una depresión del punto J, que es su punto de partida.

Se ha comprobado también que la estimulación con epinefrina lo deprime y puede llegar a invertir la onda T, indicando la clara acción de las catecolaminas en el metabolismo celular del miocardio.

Por otro lado, el efecto vagal, ejercido a través de estimulación del sistema nervioso central (SNC) o a partir de reflejos viscerales, puede provocar también depresiones que, por cierto, son capaces de bloquearse con la administración de vagolíticos.

Sobre el segmento S-T puede incurrir una variada gama de procesos por vía refleja. Señalaremos algunos:

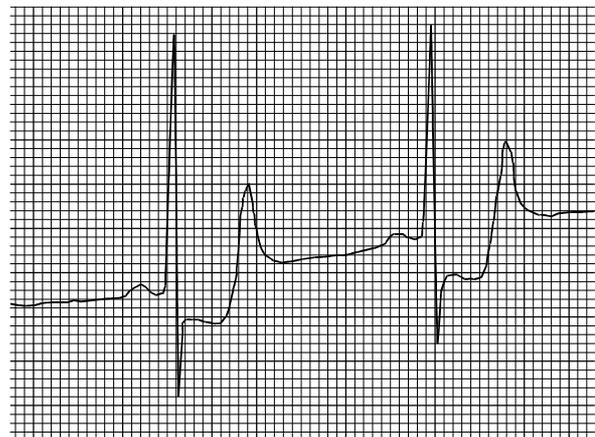
#### 1. Enfermedades cerebrovasculares.

2. Enfermedades abdominales: pancreatitis, *ulcus* péptico y la afección de las vías biliares, que parece demostrar la existencia de un reflejo víscero-coronario. También influye la distensión gastroesofágica y las lesiones peritoneales.

La hiperventilación puede también alterar el segmento S-T y la onda T y, en menor escala, modificar el espacio Q-T y originar la presencia de ondas U, que pueden deformar el aspecto de T.

En algunos adultos sanos –sobre todo en mujeres y varones de la raza negra– se ha descrito la perturbación del segmento S-T asociada por lo general a inversión de la onda T, que parece deberse a la presencia de factores psicológicos, dando lugar a lo que se ha denominado “persistencia del patrón juvenil”.

Digamos además que los desplazamientos de S-T pueden ser primarios, o secundarios a alteraciones previas en los complejos ventriculares: tal es el caso en los bloqueos de rama y las hipertrofias ventriculares. Holtzmann, dividió los desplazamientos de S-T en 2 grandes grupos: de capa interna y de capa externa. Esta clasificación se basa en un hecho anatómico: que la zona lesionada esté próxima al endocardio (fibras subendocárdicas) o al epicardio. En la zona lesionada persistiría el proceso de despolarización durante un tiempo mayor, iniciándose la repolarización en las zonas sanas adyacentes. Esto generaría un dipolo, un flujo de corriente de lesión en un instante en que teóricamente la totalidad del miocardio debe encontrarse activada. La onda de excitación (representada por un vector) se dirige de la zona sana a la enferma, lo que determina la positividad o negatividad del desplazamiento (Fig. 3.14).



**Fig. 3.14** Trazado que muestra un desplazamiento del segmento S-T negativo.

Los desplazamientos negativos de S-T o de capa interna, estarían presentes en el *angor pectoris*, y caracterizan también la acción de los compuestos digitálicos. Los desplazamientos de capa externa, acompañarían la fase aguda del infarto miocárdico, y los veríamos también asociados a la inflamación pericárdica y al embolismo pulmonar agudo (Fig. 3.15).

Para Zuckermann, el aspecto cóncavo o convexo de los desplazamientos positivos y negativos tiene valor semiológico. Veamos su clasificación.

*Desplazamientos positivos o de capa externa*

Cóncavos: vagotonía

Convexos: infarto miocárdico agudo, pericarditis aguda.

*Desplazamientos negativos o de capa interna*

Cóncavos: *angor pectoris*, acción digitálica

Convexos: sobrecargas sistólicas ventriculares.

**Resumen del segmento S-T y de sus perturbaciones**

Su electrogenia está asociada al proceso de recuperación o repolarización ventricular, formando, junto a la onda T, el complejo que señala dicha fase del ciclo cardíaco, tal como el complejo ventricular QRS expre-

sa el fenómeno de excitación o despolarización ventricular (Figs. 3.16 y 3.17).

El segmento S-T es isoelectrico, pero en realidad puede dejar de serlo siempre que la variación no rebasa límites muy precisos. Esas fluctuaciones obedecen a influjos reflejos y autonómicos y también a la presencia de alteraciones en la posición del corazón y a la frecuencia cardíaca.

El lector no debe preocuparse por la longitud del segmento S-T, pero sí debe hacerlo por sus desviaciones, lo mismo si están ligadas a perturbaciones del complejo ventricular (desviaciones secundarias) que si son autóctonas o primarias.

El segmento S-T es útil desde el punto de vista diagnóstico en atención a 2 variables: dirección positiva o negativa en que se desplaza y aspecto cóncavo o convexo de su curva.

El profesor Bayés de Luna afirma en su texto que las alteraciones de ST de signo negativo tienen mucho mayor valor semiológico cuando acaecen 80 milisegundos (8 centésimas de segundo) después del punto J y tienen una duración de 60 o más milisegundos.

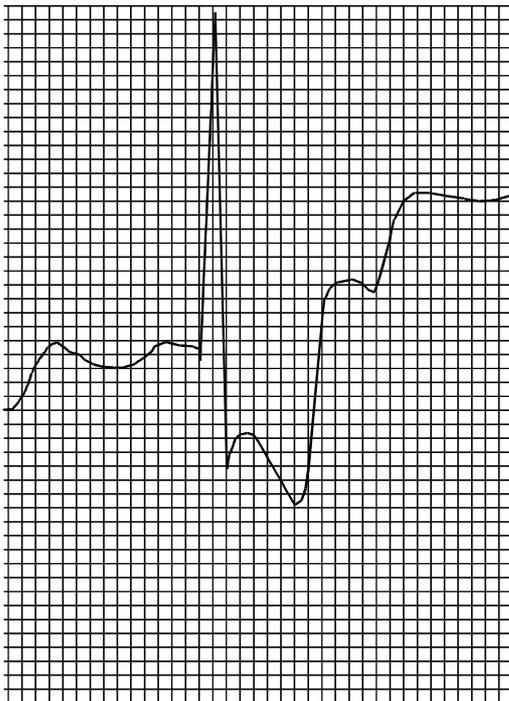


Fig. 3.15 Trazado que muestra un desplazamiento negativo del segmento S-T.

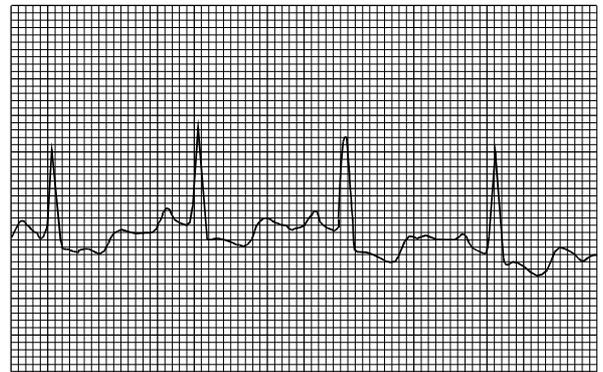


Fig. 3.16 Esquema de un desplazamiento negativo del segmento S-T.

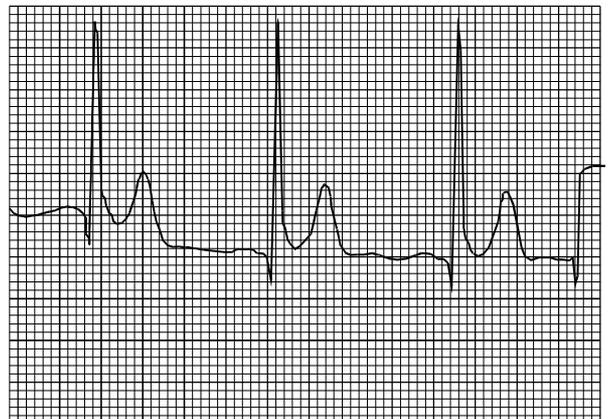


Fig. 3.17 Esquema de un desplazamiento positivo y cóncavo de S-T.

## Onda T

La onda T, junto al segmento S-T, integra los grafoelementos del proceso de recuperación o repolarización ventricular.

Representa el mismo recorrido que hizo la onda de despolarización que engendró el complejo ventricular QRS, pero tiene 2 elementos que diferencian ambos fenómenos. Tiene una anchura de 0,10 s a 0,25 s; QRS la posee de 0,06 s a 0,08 s. Esa diferencia se traduce, morfológicamente, de este modo: mientras QRS presenta ondas de curso rápido, T es una onda de configuración lenta.

La onda T es, además, el resultado de un proceso cuya orientación espacial es inversa con respecto al complejo ventricular. Es por lo general más prominente en las derivaciones precordiales, pero el lector debe conocer que la información que aporta esta variable tiene un valor relativo. Es importante, sin embargo, la orientación positiva o negativa de T, así como la correlación de esta variable con otros sectores del electrocardiograma, sobre todo con el complejo ventricular y el segmento S-T.

La onda T es normalmente positiva en:

D1 y D2.  
VL y VF.  
V2, V3, V4, V5 y V6.

En D3 es también normalmente positiva, pero puede ser negativa, y, en efecto 1 vez de cada 3, sucede así. En estos casos se trata de corazones muy horizontales, en los que, por lo común, el complejo ventricular tiene una orientación negativa.

La onda T es normalmente negativa en la derivación VR (no olvidemos que en esa derivación todas las ondas son normalmente negativas). También es negativa ocasionalmente en la derivación V1 y, de manera excepcional, algunos adultos conservan la negatividad de T hasta V3, situación que es normal en los niños desde los primeros días del nacimiento y que se mantiene durante los primeros años de la vida. La persistencia de dicha negatividad hasta la edad adulta es definida como "persistencia del patrón infantil".

Cuando el corazón es muy vertical, la onda T puede aplanarse y hasta invertirse ligeramente en VL.

En conclusión, puede decirse que:

La onda T es siempre negativa en VR, ocasionalmente negativa en V1 y V3 y excepcionalmente negativa en VL (corazones verticales).

Por otra parte: la onda T es siempre positiva en D1 y D2, VF, V2 a V/6 y, por lo general, en VL.

En los pacientes coronarios en los que T es negativa en V1, esta suele serlo también en otras derivaciones precordiales y de miembros; cuando esa negatividad de T en V1 se presenta *no asociada* a afección cardíaca, se observa una rápida transición de V1 a V2 en la que T se torna claramente positiva. Cuando el electrocardiograma muestra bajo voltaje de todas sus ondas, el complejo QRS es pequeño y también la onda T se aplana, lo que no constituye por sí un signo de enfermedad. El estudioso que juzga las características de la onda T, debe observar cuidadosamente ciertas reglas (útiles también en la consideración de todos los grafoelementos del electrocardiograma) tales como:

1. No hacer conclusiones por la observación de una sola derivación, menos aún si se trata de D3.
2. Tener presente las variaciones fisiológicas de la onda, cuyo voltaje aumenta por la hiperventilación, el ejercicio físico y los influjos autonómicos. Inversamente, se han observado aplanamientos de la onda T después de las comidas copiosas, si son ricas en carbohidratos. Por supuesto, tendrá en mente las grandes positividads de T en el síndrome anúrico-hiperpotasémico y en el hipertiroidismo. Para tales efectos, los datos clínicos son decisivos.
3. Si la onda T es negativa en D3 y positiva en VF, el trazado es normal. Si también es negativa en VF, lo más probable es que este sea patológico.
4. Recordar el llamado "patrón infantil", con persistencia de T negativa hasta V3, atribuido mayormente a estados de ansiedad, y presente frecuentemente en mujeres y varones jóvenes de la raza negra. El autor ha visto esta situación también en mujeres obesas, sin elementos clínicos de enfermedad cardiovascular.
5. Evaluar los cambios de T, ya sean aplanamientos, bifasismo o inversiones, *relacionándolos con el complejo ventricular*, lo que le permitirá englobar las perturbaciones de la onda T en 2 grandes grupos:
  - a) Ondas T con perturbaciones secundarias a cambios previos en QRS.
  - b) Ondas T perturbadas *sin alteraciones del complejo QRS* (primarias). La onda T patológica secundaria, acompaña a las hipertrofias ventriculares, los bloqueos de rama y las extrasístoles ventriculares.



### **Causas de prolongación del espacio Q-T**

1. Hipocalcemia.
2. Acidosis.
3. Isquemia miocárdica.
4. Empleo de quinidina y propiofenona.
5. Bradicardia (Q-T varía inversamente a la frecuencia).
6. Hipotermia.
7. Ensanchamientos del complejo QRS (alteraciones secundarias).
8. Hipotasemia y empleo de diuréticos.
9. Forma hereditaria, asociada o no a sordera.
10. Accidentes cerebrovasculares (en forma ocasional).
11. Empleo de fenotiacinas y otros psicofármacos.
12. Administración de propiofenona.
13. Miocardiopatías primarias.

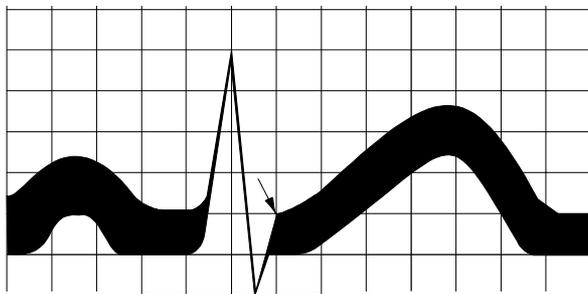
El lector no debe confundir los límites de Q-T cuando la existencia de ondas U deforma la porción final de la onda T dificultando su adecuada interpretación.

### **Causas de acortamiento del espacio Q-T**

1. Empleo de compuestos digitálicos.
2. Hiperpotasemia.
3. Hipercalcemia.
4. Taquicardia.
5. Fiebre.
6. Adrenalina.

### **Espacio T-P**

Es el sector del electrocardiograma comprendido entre el final de la onda T de un ciclo cardíaco y el comienzo de la onda P del ciclo siguiente. Las taquicardias acortan este espacio. También tienen el mismo efecto las prolongaciones del espacio P-Q ó P-R y el ensanchamiento del complejo ventricular QRS.



**Fig. 3.19** Esquema del punto J. El lector observará su ubicación. Sus oscilaciones guardan fuerte dependencia de las perturbaciones del segmento S-T.

La bradicardia, por el contrario, lo alarga. Es en el espacio T-P donde suele identificarse la onda U.

### **Punto J**

Es el lugar de unión de los procesos de despolarización y repolarización ventricular. Está situado en el punto marcado por la porción final de la onda S y el comienzo del complejo S-T-T. Este punto debe ser isoelectrico, pero hemos visto que todas las variaciones fisiológicas del segmento S-T lo desplazan (Fig. 3.19).

Conociendo el lector que el segmento S-T debe sus desplazamientos o desniveles fisiológicos a la falta de homogeneidad de las fibras del miocardio ventricular en sus procesos de despolarización y repolarización (zonas que inician la repolarización antes de terminar en su totalidad el proceso previo de despolarización), entenderá que el punto J está sujeto a desniveles positivos y negativos en corazones normales (influjos fisiológicos, generalmente autonómicos) y en corazones patológicos que muestren perturbaciones del segmento S-T, secundarias a bloqueos de rama, hipertrofias ventriculares, enfermedad coronaria isquémica y también cuando se emplean digitálicos.

### **Onda U**

Es la 6ta. onda del electrocardiograma que, repetimos, no es constante y más bien infrecuente. Su duración es de 0,16 s a 0,24 s; tiene una dirección positiva, aunque puede ser negativa, porque en realidad debe su orientación a la dirección de la onda T de la que muestra una gran dependencia.

Su origen no está bien establecido, aunque se supone que corresponde a la activación tardía de algunos sectores del miocardio ventricular. Aparece más nítidamente en las derivaciones precordiales, sobre todo en las derechas (V1 y V2).

Se la observa acompañando algunas cardiopatías congénitas, aunque a ese respecto no muestra especificidad; parece guardar una estrecha relación con el metabolismo hidromineral, en particular con el potasio sérico.

Es más evidente cuando la frecuencia cardíaca disminuye, lo mismo si la bradicardia es sinusal que si obedece a la puesta en marcha de marcapasos ectópicos.

Su voltaje, usualmente de unos 2 mm, es más ostensible cuando se emplean digitálicos.

Conviene señalar que la onda U se inscribe justamente en el instante de mayor vulnerabilidad de la ex-

citación miocárdica (fase supernormal), por lo que en ese sector ocurren con mayor frecuencia perturbaciones del ritmo, sobre todo extrasístoles.

### Artefactos

Son perturbaciones del trazado electrocardiográfico originadas en circunstancias ajenas al corazón del sujeto investigado, aunque afectan la morfología de parte o de la totalidad del trazo y dificultan la correcta interpretación de sus grafoelementos. Por lo general, los artefactos deforman las distintas ondas del ECG, pudiendo alterar también la línea de base, hecho que incurriría sobre los espacios y segmentos del ECG. Ocasionalmente, el trazado se hace tan anómalo, que su interpretación es imposible. Sus causas pueden deberse al paciente, al equipo empleado en la toma del ECG o a la línea y el ambiente en que se toma el trazado. Esas causas podemos señalarlas en forma sucinta:

1. Pacientes muy ansiosos, que llegan al Departamento de Cardiología temblorosos, asustados, y también los que rechazan francamente la investigación y se les toma el ECG en condiciones forzadas, por tanto inadecuadas.
2. Pacientes con procesos neurológicos, como la enfermedad de Parkinson, en los que los movimientos involuntarios les mantienen en perenne intranquilidad. Recuérdese que ese temblor es precisamente en reposo, y cuando pedimos *quietud* al interesado, se exacerbaban sus movimientos.
3. Personas cuya piel no ha sido debidamente aseada, por lo que no permite el contacto correcto de los electrodos exploradores. La suciedad y la sudoración deben eliminarse en las zonas destinadas a dicho contacto. Cuando se trata de las derivaciones precordiales, hemos afrontado dificultades a causa del sistema piloso, que obra como elemento perturbador y posiblemente aislante.
4. Electrodo desajustados, flojos, muy apretados o con cables inadecuadamente conectados; caso frecuente cuando se trata de cables cuyas puntas deben atornillarse en el orificio correspondiente de cada electrodo.
5. Proximidad de instalaciones eléctricas propias de equipos de aire acondicionado, oftalmoscopios, ventiladores, aparatos fluorescentes, etcétera.
6. Interferencia de corriente de 50 ciclos.
7. Calidad del material de construcción del mueble en que se toma el trazado y de la ropa de cama. Debe evitarse el empleo de hule.

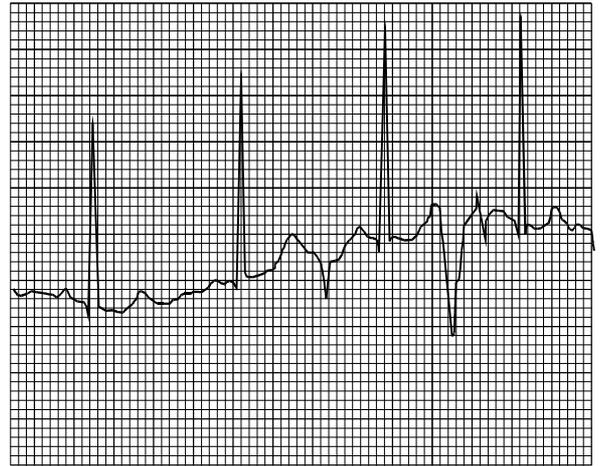


Fig. 3.20 Artefactos.



Fig. 3.21 Artefactos.

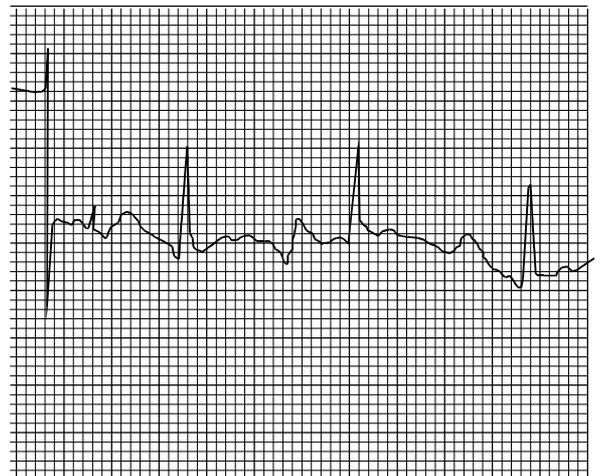


Fig. 3.22 Artefactos.



Fig. 3.23 Artefactos.

8. Conexión a tierra, inadecuada.
9. Pérdida del contacto o movimientos bruscos de la cuerda del galvanómetro, que trae aparejados grandes desplazamientos de la línea de base y perturbaciones en la forma y voltaje de las ondas. Es necesario, por último, permitir el calentamiento del equipo por espacio no menor de 10 s antes de comenzar el trazado, siendo este lapso progresivamente mayor a medida que el equipo envejece.

Las figuras 3.20 a la 3.23 representan distintas modalidades de artefactos.

No debemos confundir los artefactos con las alteraciones en la morfología normal del ECG ocasionadas por la incorrecta posición de los cables. Por ejemplo, situar el cable correspondiente al brazo derecho en el brazo o la pierna izquierda, así como otras posibilidades.

Este tipo de error trae aparejada la posibilidad de diagnósticos incorrectos y, en ocasiones, hace el trazado tan atípico que su interpretación resulta sumamente difícil.

El autor ha observado con alguna frecuencia esta eventualidad, imputable a descuido del técnico que toma el ECG. Ocasionalmente, la equivocación induce a plantear posibilidades patológicas inexistentes, sobre todo porque el patrón morfológico que puede observarse en las derivaciones estándares sugiere la existencia de *dextrocardia*.

*Advertencia:* El lector observará en la “Segunda Parte” de esta obra que muchos trazados han sido realizados a mitad de voltaje. Se les reconoce porque el nombre de la derivación aparece dividido por el número 2. Con este artificio se pretendía evitar que las ondas, al aumentar el voltaje, excedieran las dimensiones del papel empleado para la toma del registro.