

TEMA 20.

Conceptos de electrofisiología cardíaca. Sistema de conducción.

ÍNDICE

1. Excitabilidad

- 1.1. Potencial de acción de respuesta rápida.
- 1.2. Potencial de acción de respuesta lenta.
- 1.3. Periodos refractarios.

2. Automatismo.

3. Conducción.

- 3.1. Electrocardiograma.
- 3.2. Fenómeno de reentrada.

Para que se produzca la contracción del corazón, es necesario un potencial de acción. El corazón genera su propio potencial de acción a través del marcapasos cardiaco, formado por los senos AV y SA. Son fibras miocárdicas diferenciadas a la conducción, no son células nerviosas. Cualquier célula miocárdica puede convertirse en célula de conducción.

Propiedades de las células miocárdicas

- Excitabilidad o batmotropismo.
- Frecuencia o cronotropismo.
- Conductibilidad o Dromotropismo.
- Contractilidad o inotropismo.
- Relajación o lusitropismo. Pasivo, pero muy bien regulado.

1. Excitabilidad o batmotropismo.

El periodo refractario es más largo.

Las células de Purkinje tienen una excitabilidad y duración del potencial similar a las células contráctiles del corazón.

Células de potencial de acción de respuesta rápida (musculatura de trabajo y las de Purkinje) y de respuesta lenta.

1.1. Potencial de acción de respuesta rápida (PARR).

Fase 0: apertura de canales de Na^+ voltaje-dependientes.

Fase 1: Inactivación de canales de Na^+ y se crea una corriente de K^+ hacia el exterior, a través de los canales K^+ to (transitorios de egreso) que es más lenta que la anterior. Esto produce un pequeño descenso del potencial. También se produce la entrada de Cl^- .

Fase 2: La célula sigue refractaria, y entra Ca^{2+} a través de canales lentos. Se equilibra con la salida de potasio, lo que mantiene el potencial constante.

Fase 3: Salida de K^+ por aumento de la permeabilidad de canales K^+ r y K^+ s (rectificadores tardíos rápidos y lentos). Inactivación de los canales lentos de Ca^{2+} y de Na^+ .

Fase 4: al inactivarse los canales, se percibe el efecto de las bombas (Na/K -ATPasa, Ca -ATPasa e intercambiador $3\text{Na}/\text{Ca}$). Devuelven el calcio a la concentración inicial, y el potencial de membrana al basal. Estas bombas actúan todo el tiempo, pero su efecto es inapreciable con los otros canales activos.

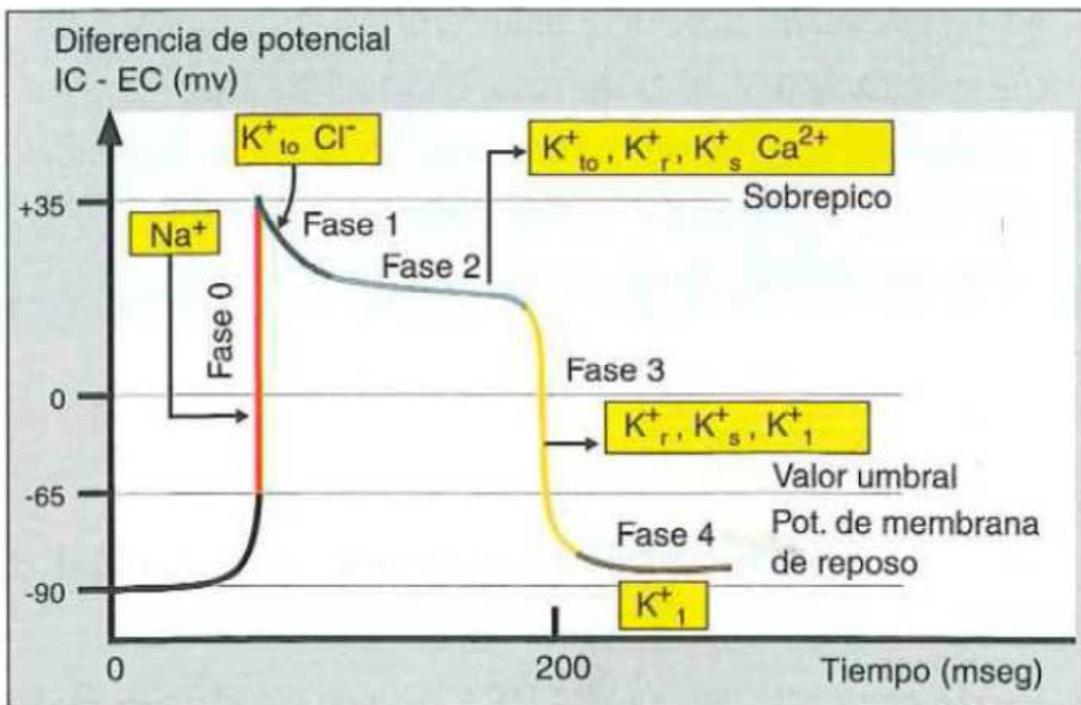


Fig. 13-9. Potencial de acción de respuesta rápida

1.2. Potencial de acción de respuesta lenta (PARL).

Lo tienen las células de conducción excepto las de Purkinje, las células de los nodos SA y AV y la unión AV (Haz de Hiss).

Fase 0: apertura de canales lentos de Ca^{2+} y Na^{+} .

No hay fase 1.

Fase 2 y 3 (se confunden): meseta menos marcada y potencial de menor duración.

Fase 4: Claramente inestable, debido a canales de Ca^{2+} , canales lentos de Na^{+} y la corriente de K^{+} , que pueden producir una **despolarización diastólica espontánea (DDE)**.

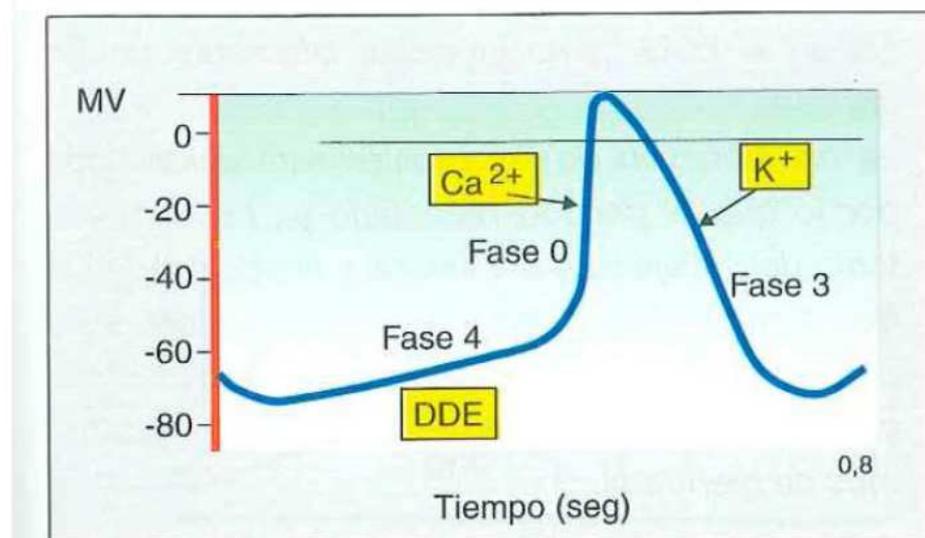


Fig. 13-10. Curva de potencial de acción de respuesta lenta (PARL).

1.3. Periodos refractarios.

En células con PARR, a partir de la fase 3, entramos en la fase refractaria relativa. Hasta entonces, absoluta. Depende del voltaje, ya que se convierte en relativa a partir de -55 mV.

En células con PARL, la duración del potencial no depende del voltaje. Después de la repolarización, la célula sigue siendo refractaria absoluta (refractoriedad posrepolarización). Depende únicamente del tiempo. Este fenómeno es muy importante, sobre todo en el nodo AV, para evitar estímulos de alta frecuencia desde la aurícula, que alteren el ritmo cardíaco.

El periodo refractario protege al corazón de las frecuencias muy rápidas, que impiden una relajación completa del músculo cardíaco y que al disminuir su distensibilidad ventricular, pueden interferir con su función como bomba.

La duración del potencial de acción y del periodo refractario en las células auriculares es menor que en las ventriculares, y en estas menor que en las células de Purkinje.

2. Automatismo.

La Despolarización diastólica espontánea (DDE) depende iónicamente de la entrada de cationes Na^+ y Ca^{2+} y la atenuación de la corriente de egreso de K^+ . La pendiente de esta despolarización determina el tiempo que se tarda en llegar al umbral de excitabilidad de nuevo.

La pendiente está regulada por la temperatura y el Sistema Nervioso Autónomo. Las catecolaminas (adrenalina) incrementan la corriente ingreso de cationes y la Ach produce la apertura de canales de K^+ .

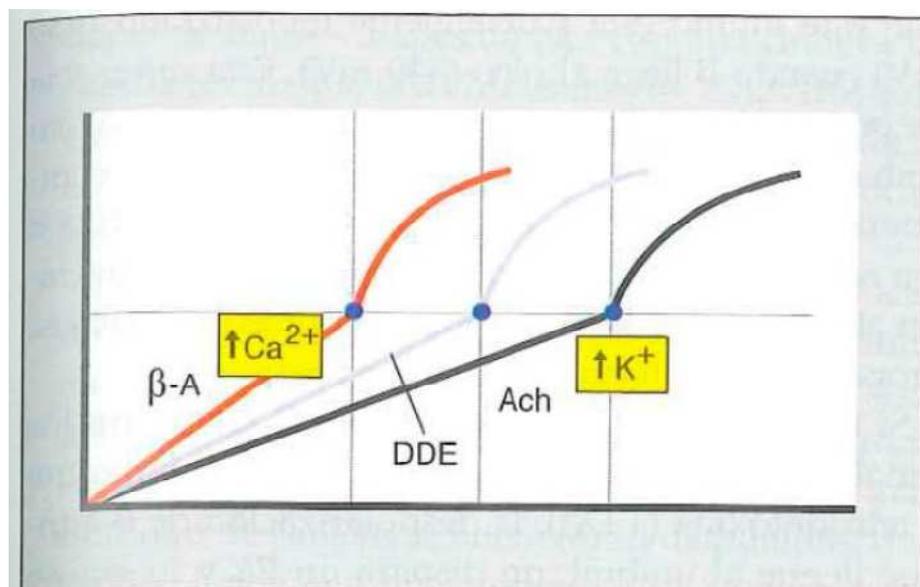


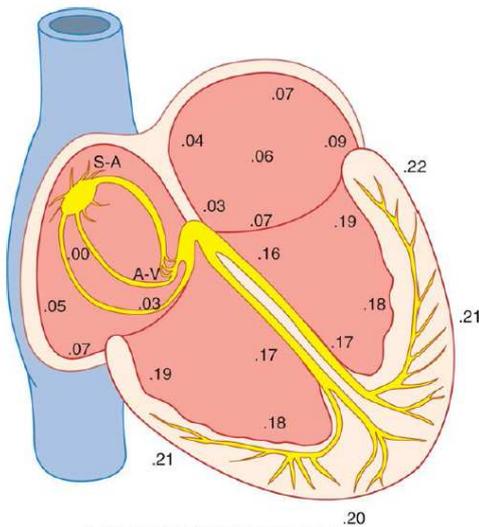
Fig. 13-13. Pendiente de despolarización diastólica espontánea (DDE) normal y bajo efecto autonómico adrenérgico (β -A) y colinérgico (Ach).

3. Conducción.

Todas las fibras preferenciales se originan en el nodo AV. Estas fibras garantizan una activación más rápida y homogénea de las células musculares, pero todas las células cardíacas son capaces de conducir el impulso eléctrico.

En el nodo AV se da el retraso de los ventrículos respecto de las aurículas (0.12s). Hasta que toda la aurícula no está despolarizada, no se despolariza el ventrículo. Esto es debido a la ausencia de uniones tipo gap que dificultan el paso de corriente. Incluso la célula auricular más alejada del nodo, tarda menos en despolarizarse que las células del Haz de Hiss.

Dentro del ventrículo lo que más rápidamente se despolariza es el septo y las fibras subendocárdicas. Las subepicárdicas (más distantes) reciben las fibras de Purkinje y tardan más en despolarizarse. De esta manera se contrae el miocardio y se vacían los ventrículos. Hay una eyección de sangre adecuada y una presión adecuada gracias a eso.



A partir del nodo AV, el sentido de la corriente es unidireccional. Las células musculares pueden ser bidireccionales siempre y cuando se lo permita el estado de excitación que acaba de dejar.

Retraso del impulso eléctrico.

En el nodo AV encontramos una mayor amplitud y duración del potencial de acción que en el nodo SA.

3.1. Electrocardiograma

La repolarización ocurre en dirección contraria a la despolarización. Por eso en el electro vemos un impulso positivo (doble negativo es positivo)

La fase 0 de despolarización del potencial de acción auricular es la onda P; y la del ventricular es el complejo QRS.

El intervalo PR marca la velocidad de conducción a través del nodo AV. (cuanto más corto, más velocidad)

El complejo QRS, también marca la velocidad de conducción intraventricular.

El Intervalo QT, marca la duración del potencial de acción ventricular.

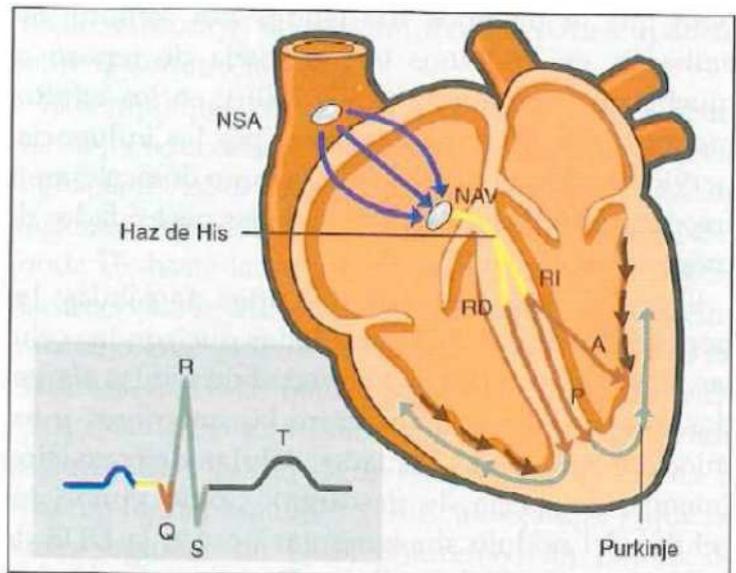
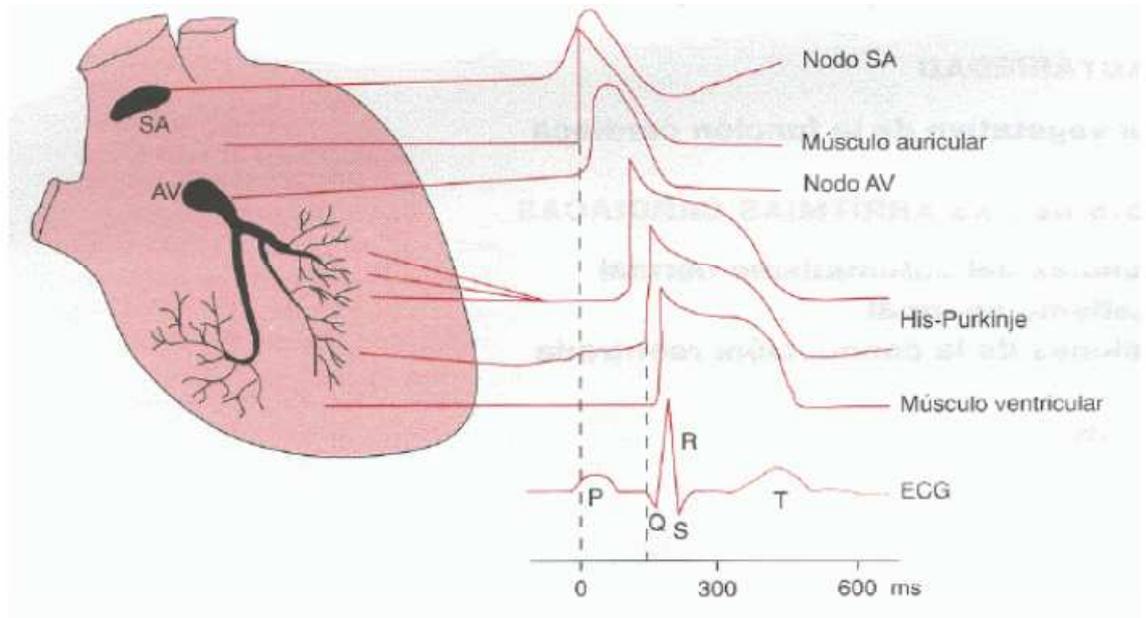


Fig. 13-15. Sistema de conducción y relación con el ECG (véase explicación en el texto).

3.2.Fenómeno de reentrada.

Todas las vías de conducción se bifurcan en 2, transmitiendo el impulso eléctrico, hasta llegar un punto en el que unas se anulan a otras.

En el fenómeno de reentrada, se produce el bloqueo de una de las direcciones de una rama de una bifurcación.

En la primera imagen vemos una bifurcación de una rama de conducción en perfecto estado. En condiciones normales, un impulso eléctrico acaba perdiéndose cuando llega una zona totalmente refractaria, que impide la transmisión del impulso.

En la segunda, vemos que una de las ramas está dañada y no se puede conducir el impulso en ningún sentido. Este problema lo compensa la otra rama, despolarizando también la zona correspondiente a la dañada.

Cuando la célula dañada sí que puede producir una despolarización en el sentido contrario, se produce un círculo vicioso, que impide que el impulso deje de propagarse y lo haga siempre en la misma dirección, causando una fibrilación, es decir, que el músculo permanezca contraído, y no pueda llegar el impulso desde los nodos.

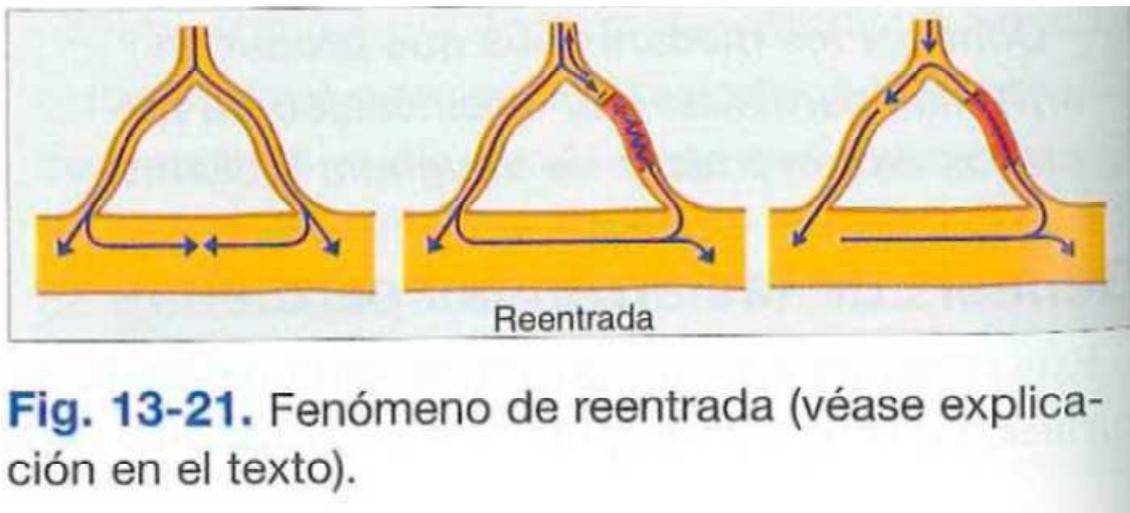


Fig. 13-21. Fenómeno de reentrada (véase explicación en el texto).