

# Temas de actualidad

---

## Marcapasos bicamerales

**BERNARDO LOZADA (h)**

Trabajo recibido para su publicación: 11/87. Aceptado: 12/87

*Dirección para separatas:* French 2380, (1125) Buenos Aires, Argentina

Desde hace treinta años los marcapasos cardíacos implantables han sido empleados para estimular a los ventrículos con seguridad progresivamente creciente.

Esta corta pero fructífera historia se encuentra jalonada por avances en su momento decisivos: los catéteres endocavitarios, las baterías de litio, los circuitos integrados.

A favor de esta evolución, el objetivo primario de mantener estimulado en forma permanente al corazón derivó lentamente a una proposición más ambiciosa: simular lo más posible la activación eléctrica normal.

Para algunos, la necesidad de un marcapaseo más fisiológico se justifica por sí misma. Para otros, resulta suficiente asegurarse la longevidad y confiabilidad de un diseño simple y probado, como el empleado hasta ahora.

De cualquier manera, este artículo intenta ofrecer mayores precisiones respecto de la importancia relativa de las variables hemodinámicas involucradas, y las complicaciones o riesgos que supone el empleo de formas terapéuticas más complejas.

### ESTIMULACION FISIOLÓGICA

Tomando como base el ritmo sinusal, se consideraría como "fisiológica" aquella estimulación artificial que proveyera:

- a) Frecuencia cardíaca variable y ajustable automáticamente a los requerimientos fisiológicos.
- b) Preservación de la secuencia y sincronización auriculoventricular, tanto en reposo como en ejercicios diversos, y aun en máximo esfuerzo.
- c) Mantenimiento de la sinergia normal de contracción ventricular.

Desde hace tiempo es conocido el importante papel que desempeña la respuesta cronotrópica en el ajuste hemodinámico. Casi toda la posible variación del volumen minuto cardíaco depende, en los sujetos sanos, de una modificación de la frecuencia cardíaca, debido a que la adaptación inotrópica suele ser lenta, cuando no pobre e

ineficiente.

Esta característica es aún más evidente en cardiopatías con deterioro de la función contráctil del ventrículo izquierdo.

Una enfermedad del nódulo sinusal o un bloqueo AV que motiven el implante de un marcapasos ventricular definitivo, eliminan definitivamente toda posibilidad de adaptación cronotrópica, reduciendo frecuentemente en forma dramática la capacidad de ajuste hemodinámico.

De suerte que parece un valor principal el mantenimiento de una frecuencia variable según las necesidades metabólicas, con el fin de aliviar la carga inotrópica sobre un ventrículo que puede aparecer como insuficiente.

A pesar de que pueda parecer clara una relación directa entre la necesidad de la respuesta cronotrópica y el deterioro ventricular, ésta se torna algo imprecisa cuando se carece de sincronismo AV, como se verá más adelante. Así, una "taquicardia ventricular" como la que virtualmente provoca un marcapaso con respuesta automática sin contribución auricular, sólo resulta beneficiosa en tanto y en cuanto se posea un ventrículo izquierdo con escaso o moderado deterioro; cuando la falla contráctil es mayor puede resultar incluso francamente perjudicial, por el menor lleno diastólico que presupone un tiempo diastólico más corto.

Cabe, por lo tanto, señalar la importancia relativa de la secuencia auriculoventricular en la contracción como generador de un funcionamiento hemodinámico más fisiológico: cuando la frecuencia cardíaca es baja (digamos menos de 100 ppm) su contribución al gasto es menos que escasa; cuando la frecuencia se eleva, su papel en lograr una apropiada precarga se valoriza. Si la patología incluye déficit contráctil o de distensibilidad, el límite "crítico" de frecuencia que reduce el volumen diastólico final, y consecuentemente el volumen de expulsión ventricular, se vuelca hacia valores menores.

En algunos casos (miocardiopatías hipertróficas

severas) la necesidad de contribución auricular se experimenta con frecuencias tan bajas como las observadas en reposo.

Debe tenerse en cuenta, además, el papel fundamental de la sincronización atrial, más que su mera ubicación secuencial con respecto a la contracción ventricular.

Así, el acortamiento progresivo y coincidente del P-R durante la taquicardia es tanto más deseable cuanto mayor sea la elevación de la frecuencia y cuanto más profundo sea el deterioro del inotropismo o la distensibilidad; de otra manera, el alejamiento relativo de la contracción auricular con respecto a la telediástole termina por invalidar el efecto buscado.

Finalmente, el mantenimiento de una secuencia de despolarización ventricular apropiada se traduce inevitablemente en un latido sinérgico y efectivo, sin disquinesias provocadas por el origen ectópico del impulso en los marcapasos ventriculares, y sin regurgitaciones valvulares (frecuentes en marcapasos convencionales).

No debe desdeñarse la importancia electrofisiológica de un ritmo que mantenga estables las propiedades de membrana gracias al incremento de frecuencia y la secuencia de activación no ectópica de los ventrículos.

En el primer caso, porque una apropiada adaptación hemodinámica reduce la deuda de oxígeno durante el ejercicio, que es grande y tarda en normalizarse en los pacientes con marcapasos ventriculares (aun con escaso fallo contráctil); en el segundo, porque los períodos refractarios se mantienen homogéneos en su duración, evitando la dispersión habitual en los latidos conducidos por vías no especializadas, y que favorecen la aparición de arritmias repetitivas en los pacientes marcapasados.

Se podrían resumir entonces los argumentos mencionados de la manera siguiente:

- La respuesta de frecuencia es deseable.
- Cuando existe deterioro contráctil o de distensibilidad, la contribución atrial es imprescindible, especialmente si la frecuencia es variable (aumenta con el esfuerzo).
- Resulta útil la preservación de la sinergia ventricular normal.

Obviamente, ninguno de los marcapasos actualmente disponibles se encuentra en condiciones de proveer todos y cada uno de estos postulados en todo momento adaptativo.

#### DISTINTOS TIPOS DE MARCAPASOS "FISIOLOGICOS"

De cualquier manera, tanto marcapasos unicame-

rales como bicamerales han sido identificados como fisiológicos, al posibilitar algún grado de adaptación hemodinámica en el esfuerzo.

El sistema AAI (marcapaso auricular, aurículo inhibido) provee secuencia AV y latidos ventriculares sinérgicos; ambas condiciones sólo ante conducción AV inalterada. Su variante AAI,R (*idem* con respuesta de frecuencia gracias a algún biosensor) agrega frecuencia variable y sincronización AV durante el ejercicio, con la misma limitación: conducción AV indemne.

El marcapasos VVI,R (marcapaso ventricular, ventrículo inhibido, con respuesta de frecuencia) logra sólo la adaptación automática del ritmo cardíaco, pero no la contribución atrial; el latido sigue siendo disinérgico.

En los sistemas bicamerales, los modos DVI o DDI (estimulación bicameral, sin ajuste de frecuencia por carecer de la capacidad de percepción de la onda P para sincronizar el disparo ventricular) sólo permiten la contribución auricular al llenado diastólico, sin variación de la frecuencia de estimulación.

El marcapaso VDD (estimula ventrículo pero sensa aurícula y ventrículo) logra ajustar la frecuencia ventricular a la actividad auricular espontánea del paciente, mediante su percepción y sincronización, que incluye la secuencia AV preservada (excepto en bradicardia). Sin embargo, requiere de la existencia de un ritmo sinusal de comportamiento normal. El QRS persiste con características ectópicas.

El sistema DDD (estimula aurícula y ventrículo y sensa ambas cavidades) permite variación de frecuencia (si existe ritmo sinusal) y secuencia AV en cualquier condición (salvo taquicardia extrema). Si hay conducción AV espontánea del latido originado en la estimulación auricular, se preserva la sinergia normal.

Finalmente, el DDD,R permitiría agregar la respuesta de frecuencia aun en ausencia de ritmo auricular espontáneo de comportamiento apropiado.

El Cuadro 1 permite comparar rápidamente los sistemas mencionados con referencia al ritmo sinusal normal, la enfermedad del nódulo sinusal y el bloqueo AV de alto grado con QRS ancho.

#### CONTRAINDICACIONES GENERALES DE LOS MARCAPASOS BICAMERALES

En principio, no deberían indicarse en:

- Fibrilación auricular crónica o recurrente intratable.
- Parálisis auricular o enfermedad atrial severa.

**Cuadro 1**  
**Comparación entre los distintos tipos de marcapasos**

	<i>Respuesta de frecuencia</i>	<i>Secuencia AV</i>	<i>Sincronización AV</i>	<i>Sinergia de contracción ventricular</i>	<i>Comentarios</i>
Ritmo sinusal normal	*	*	*	*	
Enfermedad del nódulo sinusal		*	*	*	La adaptación cronotrópica puede existir, aunque pobre.
Bloqueo AV					La respuesta cronotrópica sinusal está disociada de la ventricular.
MP AAI		*(1)	*(1)	*(1)	Requiere conducción AV normal para su empleo.
MP AAI,R	*	*(1)	*(1)	*(1)	Requiere conducción AV normal para su empleo.
MP VVI,R	*				
MP DVI (DDI)		*	*(1)		
MP VDD	*(2)	*(2)			
MP DDD	*(2)	*	*(3)	*(1)	
MP DDD,R	*	*	*(1)(3)	*(1)	

(1) Sólo con conducción AV normal. (2) Sólo con ritmo sinusal normal. (3) Algunos sistemas acortan automáticamente el intervalo AV durante la taquicardia. El asterisco indica la presencia de la característica señalada en la primera columna.

— Edad avanzada o patología asociada severa.

### CRITERIOS CLINICOS DE INDICACION DE LOS MARCAPASOS BICAMERALES

El empleo clínico de marcapasos bicamerales queda supeditado a razones clínicas y hemodinámicas tales como la *existencia e importancia de enfermedad cardíaca asociada; edad del paciente y su grado de actividad física; factores electrofisiológicos* (arritmias sinoatriales, taquicardias reentrantes, conducción retrógrada, etc.) e incluso la experiencia y equipamiento del equipo médico actuante. En nuestro país, los factores socioeconómicos y culturales no pueden desdeñarse, por cuanto frecuentemente imponen limitaciones antes que lo puramente académico.

Toda vez que exista contraindicación expresa para la estimulación bicameral, y la adaptación hemodinámica sea deseable, debería emplearse un sistema de respuesta de frecuencia que opere mediante biosensores, intentando dar cabida a la estimulación atrial (AAI,R) siempre que se cuente con la razonable seguridad de una conducción AV indemne.

De otra manera, la elección debe recaer en los sistemas VVI,R.

Cuando el deterioro contráctil (pero especialmente de distensibilidad) es entre moderado e importante, parece comprobada la mayor eficacia del sistema bicameral, por el valor agregado de la contracción auricular telediastólica en frecuencias moderadas y elevadas.

Si el fallo ventricular es severo (digamos, fracciones de eyección por debajo del 20%) ningún sistema aporta lo suficiente como para lograr adaptación al esfuerzo: parece mejor emplear un marcapasos VVI con frecuencia baja (tiempo diastólico de llenado espontáneo prolongado) que logre un aceptable volumen sistólico gracias a una pre-carga elevada.

La mayor controversia se encuentra planteada, sin duda, en aquellos pacientes con daño miocárdico leve o nulo: si el nódulo sinusal funciona adecuadamente (aunque disociado, como en los bloqueos AV) parece más fisiológico emplear el MP DDD, especialmente si la actividad física es importante.

Si, por el contrario, la capacidad cronotrópica propia es pobre, o la actividad física es escasa, el MP de respuesta de frecuencia mediado por biosensor parece indicado.

Un breve comentario acerca de la elección de

los distintos tipos de marcapasos bicamerales en la enfermedad del nódulo, el síndrome del seno carotídeo y los bloqueos AV se resume a continuación:

#### *Enfermedad del nódulo sinusal*

Modos DVI o DDD; siempre que no exista fibrilación auricular.

Especialmente indicado en pacientes con función ventricular pobre, en casos con trastornos de conducción AV asociada y/o conducción retrógrada documentada.

Obviamente, no indicado el modo VDD.

#### *Síndrome del seno carotídeo hipersensible*

Modos DVI o DDI; éste último reduce el riesgo de desarrollo de fibrilación auricular por estimulación atrial competitiva.

El marcapaso DDD no estaría indicado porque en este grupo existe un 80% de incidencia de conducción VA, y es posible la generación de taquicardia ventricular reentrante.

#### *Trastornos de conducción AV*

Toda vez que se requiera el beneficio hemodinámico provisto por la frecuencia variable y la secuencia AV:

1) Modo VDD, cuando existe contracción auricular efectiva y la frecuencia sinusal es normal.

2) Modo DVI, cuando existe baja frecuencia auricular o bien paros sinusales prolongados. También cuando se requiere estimulación secuencial a baja frecuencia por disminución de la distensibilidad ventricular.

3) Modo DDD, en pacientes jóvenes en los cuales se pretende obtener el máximo beneficio hemodinámico y disponer de una adecuada respuesta de frecuencia asociada a la contracción auricular, en una amplia gama de situaciones: reposo, ejercicio moderado e intenso, etc.

Debe tenerse en cuenta, finalmente, que este tipo de marcapaso requiere la implantación de dos electrodos: uno en aurícula y otro en ventrículo, los que serán empleados para estimular y/o percibir.

Si bien su uso tiende a generalizarse en todo el mundo, los porcentajes inicialmente crecientes de utilización (cerca al 50%-60% en centros de los EE.UU. y Canadá) han disminuido rápidamente (para ubicarse en un 20%) en la actualidad.

Algunos problemas técnicos relacionados con el tamaño de generadores y el diseño de electrodos, la aún escasa expectativa de vida de baterías con mayor consumo y, especialmente, las complicaciones por inestabilidad del catéter auricular, han sido responsabilizados de la reducción en el fervor

inicial.

Una mejor ponderación de beneficios presuntos y riesgos potenciales ha permitido un crecimiento evidente del interés por los MP con biosensores, especialmente aquellos de mayor simplicidad.

#### PROGRAMABILIDAD

El empleo de la programabilidad resulta de fundamental importancia en marcapasos de doble cámara. En pacientes portadores de tales marcapasos, la programabilidad puede ser el único medio posible para tratar y prevenir determinadas complicaciones (taquicardias reentrantes mediadas por marcapasos, *cross talk*, etc.).

El ajuste de los parámetros esenciales en estimulación bicameral (frecuencia mínima, frecuencia máxima, intervalo AV) permite un correcto diagnóstico en determinadas condiciones clínicas (por ejemplo: captura y percepción auricular), y logra obviamente una adecuada adaptación a las condiciones clínicas de cada paciente.

#### *Frecuencia mínima o de escape*

Al igual que en la estimulación unicameral, la frecuencia programable puede ser empleada para:

- Proteger el ritmo sinusal, manteniendo una frecuencia de escape que impida asistolias prolongadas.
- Optimizar el volumen minuto cardíaco, especialmente si no hay miocardiopatía asociada.
- Suprimir arritmias por sobreestimulación (incluso asociada a intervalos AV cortos).
- Prolongar la vida del generador, promoviendo un mayor porcentaje de latidos intrínsecos.
- Adaptarse a pacientes pediátricos.
- Marcapasear pacientes con cardiopatía isquémica, insuficiencia cardíaca congestiva o miocardiopatía severa.
- Disminuir el discomfort producido por la estimulación ventricular (síndrome del seno carotídeo y ENS, especialmente).
- Como medio diagnóstico (dependencia, análisis del ritmo subyacente, etc.).

#### *Energía de salida*

La energía de salida puede ser cambiada mediante la programación independiente o simultánea del ancho de pulso y del voltaje (o corriente, en los marcapasos de corriente constante), con el fin de:

- Incrementar la longevidad del generador (programando una energía menor).
- Mantener la captura auricular y/o ventricular en elevaciones agudas o crónicas del umbral, evitando reoperaciones. Otro tanto puede

decirse para los microdesplazamientos, especialmente del catéter auricular.

- Eliminar o reducir estimulación muscular esquelética, estimulación diafragmática, disconfort o dolor en relación con el marcapaseo.
- Analizar el umbral crónico para establecer el margen de seguridad, especialmente (si es posible) determinando las curvas voltaje-duración.

### *Sensibilidad*

De importancia relevante en estimulación bicameral para prevenir o tratar las fallas de percepción auriculares, que puedan desembocar en estimulación atrial competitiva y consecuente fibrilación auricular.

En marcapasos bicamerales unipolares, reducir la sensibilidad puede servir para evitar el sobresensado de miopotenciales.

### *Límite de frecuencia máxima*

En algunos equipos, la máxima frecuencia de respuesta ventricular a la taquicardia auricular se define por el período refractario auricular total (intervalo AV + refractario auricular postevento ventricular). Toda vez que la frecuencia auricular excede la máxima frecuencia de respuesta dada por este período refractario, se desarrolla un bloqueo 2 a 1, debido a que una onda P cae en período de no percepción.

Otras unidades se comportan de manera diferente. Para frecuencias atriales entre la frecuencia mínima y la máxima, la relación AV se mantiene 1 a 1. Cuando la frecuencia auricular excede la frecuencia máxima programada, la frecuencia ventricular se mantiene constante en su límite máximo, desarrollándose un mecanismo tipo Wenckebach, con prolongación progresiva del intervalo AV, hasta la caída de una onda P en período refractario, y por lo tanto no percibida. Cuando la frecuencia auricular excede la frecuencia de máximo seguimiento ventricular, se desarrolla igualmente un bloqueo 2 a 1.

Se podrían definir, por lo tanto, dos límites de frecuencia:

- Límite de frecuencia máxima, con mantenimiento de la frecuencia AV con mecanismo de Wenckebach.
- Máxima frecuencia de sincronización AV, dada por la suma del intervalo AV más el período refractario atrial, donde se pierde la secuencia AV.

Ambos parámetros son críticos desde el punto de vista hemodinámico, y deben ser programados individualmente para cada paciente.

Situaciones clínicas diversas, tales como angina de pecho, insuficiencia cardíaca, edad, actividad física, etc., deben ser tomadas en cuenta para efectuar la programación, que habitualmente requiere de una ergometría para ser llevada a cabo.

### *Intervalo AV*

Debe recordarse que pueden medirse diferentes intervalos AV en el ECG, dependiendo de la modalidad del funcionamiento del marcapasos en ese momento: estimulación secuencial bicameral, estimulación auricular con conducción anterógrada, estimulación ventriculoauricular sincronizada, o inhibición secuencial bicameral (Fig. 1).

Un intervalo AV apropiado es de gran valor para incrementar el volumen minuto cardíaco.

En la mayoría de las unidades de doble cámara, el intervalo AV es fijo, y no cambia con las variaciones de la frecuencia, como lo hace el ritmo cardíaco normal.

Así, el intervalo AV apropiado para una frecuencia cardíaca baja puede ser demasiado prolongado cuando la frecuencia se incrementa, provocando la desincronización de la sístole auricular, que tiende a ubicarse en la mesodiástole.

Antes de programar el intervalo AV se hace necesario pensar en el modo en que el marcapasos trabajará en el futuro. Si existen posibilidades de que un ritmo auricular tome el comando ventricular por conducción anterógrada, éste debe favorecerse mediante el empleo de un intervalo AV prolongado.

Si, por el contrario, el modo VDD (sincronización atrial) será el habitual, conviene programar un intervalo AV más corto, para evitar que la contracción auricular quede demasiado lejos del comienzo de la contracción ventricular.

En el latido cardíaco sinusal normal, la contracción auricular en la telediástole actúa como bomba impulsora para incrementar rápidamente el llenado ventricular y producir en consecuencia un adecuado grado de estiramiento de las fibras miocárdicas (precarga) necesario para la máxima contracción.

Una eventual pérdida de la función contráctil auricular conduciría a una caída en la presión diastólica final con estiramiento resultante insuficiente, y virtual caída en el volumen sistólico.

Para mantener la precarga y la contractilidad ventricular, tanto la presión media auricular como la del capilar pulmonar deberán elevarse, con el consiguiente riesgo de congestión pasiva pulmonar.

La apropiada contracción auricular garantiza así una presión de fin de llenado elevada para lograr una óptima función ventricular, sin necesidad de una presión auricular o capilar pulmonar elevada

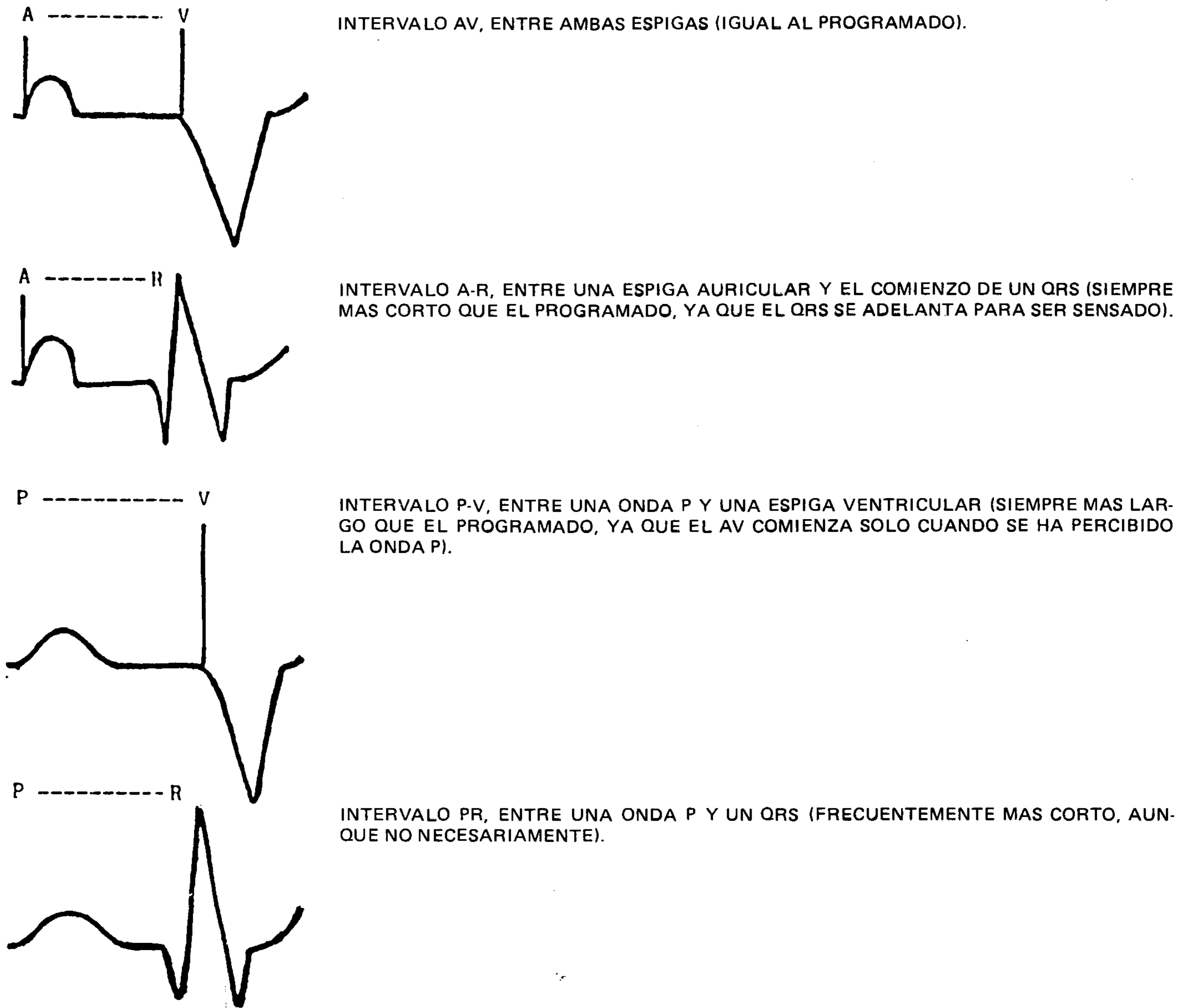


Fig. 1. Intervalos AV posibles en el ECG de marcapasos bicamerales.

durante la diástole ventricular.

Una ventaja adicional supone la adecuada sincronización del cierre valvular mitral y tricuspídeo previo a la contracción ventricular, eliminando la regurgitación transvalvular, con la consecuente pérdida de volumen expulsado efectivo.

No sólo la secuencia AV resulta importante, sino también una apropiada sincronía entre ambos latidos. Mediciones del volumen minuto cardíaco en pacientes con marcapasos sugieren que la ubicación óptima de dicho intervalo se registra en unos 130 milisegundos, si se toma en cuenta el inicio de ambas contracciones mecánicas.

Un intervalo AV óptimo resulta más crítico a

medida que se incrementa la frecuencia por respuesta ventricular sincronizada a la actividad atrial.

Una variable fisiológica de gran importancia para determinar la significación de la sincronía AV en el paciente individual, es la función ventricular izquierda.

Si bien parece no existir un beneficio exagerado en la sincronización AV para mantener un volumen minuto cardíaco óptimo con disfunción ventricular izquierda y presiones "Wedge" por encima de 20 mmHg, éste resulta importantísimo con presiones capilares normales o moderadamente elevadas (20% al 50% de incremento en el volumen sistólico).

La razón para ello debe buscarse en el hecho de que, a presiones tan elevadas, el llenado ventricular se ha completado tempranamente en la diástole y es poco probable que se logre algo más, mediante la sístole auricular, salvo que la distensibilidad ventricular esté francamente reducida.

Finalmente, puede decirse que la contribución auricular al volumen minuto cardíaco es mayor cuando la frecuencia cardíaca se incrementa, y el tiempo diastólico se acorta sensiblemente.

Una solución interesante al problema de la "desincronización" AV a altas frecuencias puede proveerse mediante el *fall-back* del retardo AV, que autoprograma un intervalo más corto cuando éste se inicia con una onda P sensada.

De esa manera, cuando se genera una taquicardia por respuesta de frecuencia por sensado atrial y disparo ventricular, el acoplamiento mecánico entre ambas cámaras se mantiene en la telediástole, con la consiguiente persistencia en la eficiencia de la contribución auricular al llenado ventricular.

#### COMENTARIOS FINALES

El empleo de marcapasos ventriculares de confia-

bilidad creciente ha permitido, paradójicamente, el estudio y comprensión de los fenómenos hemodinámicos indeseados, o cuando menos, no fisiológicos. Sin embargo, los interrogantes acerca del peso real de los mismos sobre la incapacidad funcional o la reducción de las expectativas de vida permanecen aún sin respuesta. Tampoco ha sido evaluado en forma precisa el "costo" hemodinámico de mantener una adaptación no fisiológica, aun cuando ésta se logre.

El uso de marcapasos bicamerales continúa bajo limitación debida a la mayor complejidad del sistema y su todavía menor confiabilidad y longevidad global.

Por otra parte, la alternativa de la respuesta de frecuencia basada en la acción de biosensores ha tomado posiciones inatacables, a favor de lo antedicho, y de las contraindicaciones formales ya mencionadas.

Tal parece, por lo tanto, que esta alternativa terapéutica tenderá a estabilizarse en los próximos años en un grupo de pacientes seleccionados por su juventud o intensa actividad física, o bien por el marcado deterioro de su función ventricular.