

Archivos del Instituto de Cardiología de México

Volumen **70**
Volume

Número **1**
Number

Enero-Febrero **2000**
January-February

Artículo:

¿Es aún válido el concepto de “salto de onda”?

Derechos reservados, Copyright © 2000:
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

Otras secciones de
este sitio:

- 👉 Índice de este número
- 👉 Más revistas
- 👉 Búsqueda

*Others sections in
this web site:*

- 👉 *Contents of this number*
- 👉 *More journals*
- 👉 *Search*



Medigraphic.com

¿ES AÚN VÁLIDO EL CONCEPTO DE “SALTO DE ONDA”?

Gustavo A. Medrano, Alfredo de Micheli, Alberto Aranda, Pedro Iturralde.

RESUMEN

El concepto de “salto de onda”, a saber del paso lento y difícil de los frentes de activación de una masa septal a la otra a través de una “barrera intraseptal”, se ha originado por estudios experimentales de la Escuela Mexicana de electrovectorcardiografía. **Objeto:** Confirmar la existencia de la llamada barrera intraseptal y del fenómeno del “salto de onda”. **Método:** Se efectuaron preparaciones histológicas en 24 corazones: 12 de perros, 6 de ratas y 6 humanos. Asimismo se analizaron los electrocardiogramas con bloqueos tronculares de grado intermedio y avanzado (“salto de onda” y cambios en los complejos intracavitarios), así como los trazos con bloqueos periféricos (sin “salto de onda” y sin modificaciones de dichos complejos). **Resultados:** Las preparaciones histológicas muestran, tanto en los corazones de animales como en los corazones humanos, una banda septal media, longitudinal, que separa las dos masas septales. En presencia de bloqueos tronculares acentuados, al cambiar el sentido y la duración de la activación septal, se modifican las características morfológicas y cronológicas de los complejos intraventriculares. Cuando existen bloqueos periféricos, dichas características no se modifican. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos apoyan sólidamente la validez de los conceptos de “barrera intraseptal” y de “salto de onda”. Este fenómeno permite reconocer la existencia de una zona inactivable septal, asociada a trastornos de la conducción o arritmias ventriculares, porque entonces los frentes de activación deben rodear dicho obstáculo.

SUMMARY

IS THE CONCEPT OF “JUMPING WAVE” PHENOMENON STILL VALID?

The concept of the “jumping wave” phenomenon, i.e. of the slow and difficult passage of activation fronts from one septal mass to the other through an “intraseptal barrier” is derived from experimental studies of the Mexican School of Electrovectorcardiography. **Objective:** To confirm the existence of histologically bipartite interventricular septum and of the electric independence of both septal masses. **Methodology:** We examined the histological characteristics of both septal masses in rat, canine, and human hearts. We also analyzed the morphological and chronological data of intracavitary records in the presence of different degree proximal blocks, comparing these findings with those obtained when peripheral blocks existed. **Results:** We found a medial, longitudinal band between the two septal masses in animal as well as in human hearts. The analysis of intracavitary electric records confirmed a slow and difficult transmission of the activation fronts from one septal mass to the other, in the presence of proximal blocks and ventricular arrhythmias. Morphological and chronological changes of intraventricular complexes could not be explained if the septal activation process were of syncytial type. **Conclusions:** Results of this study firmly support the validity of our approach to the septal activation process in the presence of ventricular conduction disorders and arrhythmias. This approach helps to detect the possible coexistence of dead septal tissue.

RESUME

LE CONCEPT DU “SAUT D’ONDE” EST TOUJOURS VALABLE?

Le concept du “saut d’onde”, à savoir du passage lent et difficile des fronts d’activation d’une masse septale à l’autre au travers d’une “barrière intraseptale”, tire son origine d’études expérimentales de l’École Mexicaine

Del Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”. (INCICH. Juan Badiano No. 1, Col. Sección XVI, 14080, México, D.F.).

Aceptado: 15 de septiembre de 1999.

*d'électrocardiographie. **Objet:** Confirmer l'existence d'une barrière intraseptale et du phénomène du "saut d'onde". **Méthode:** On effectua des préparations histologiques sur 24 coeurs: 12 de chiens, 6 de rats et 6 humains. On analysa de même les électrocardiogrammes montrant des blocs de branche de degré intermédiaire ou avancé (avec "saut d'onde" et modifications des complexes endocavitaires), aussi bien que les tracés présentant des blocs périphériques (sans "saut d'onde" et sans modifications de ces complexes). **Résultats:** Les coupes histologiques des coeurs d'animaux, aussi bien que celles des coeurs humains, montrent une bande septale moyenne, longitudinale, qui sépare les deux masses septales. En présence des blocs tronculaires accentués, se modifient les caractéristiques morphologiques et chronologiques des complexes endoventriculaires à cause des changements du sens et de la durée de l'activation septale. Quand existent des blocs périphériques, ces caractéristiques ne se modifient point. **Conclusions:** Les résultats obtenus confirment de manière solide la validité des concepts de "barrière intraseptale" et de "saut d'onde". Ce phénomène permet de déceler l'existence d'une zone septale inactive, associée à des troubles de la conduction ou à des arythmies ventriculaires, car les fronts d'activation doivent contourner cet obstacle.*

Palabras clave: Bipartición histológica septal. Bipartición eléctrica septal. Barrera intraseptal. "Salto de onda".
Key words: Septal histological partition. Septal electric partition. Intraseptal barrier. "Wave jumping" phenomenon.

INTRODUCCIÓN

Según de Vries y Saunders,¹ el tabique interventricular se forma por la unión de las paredes derecha e izquierda del ventrículo primitivo y del *bulbus cordis* (ventrículos prospectivos izquierdo y derecho, respectivamente). A su vez, Harh y Paul² han dado una demostración experimental del mecanismo descrito por los autores antes mencionados: el tabique interventricular se forma por plegamiento y fusión de las dos paredes ventriculares primitivas. Esto explica el porqué cada masa septal posee un patrón de diseño específico.

Más aún, la separación entre la masa septal derecha y la izquierda se nota claramente en preparaciones histológicas de Jean Lenègre y de Maurice Lev.³ Hay en ellas un plano de clivaje entre la masa septal derecha y la izquierda en la mitad inferior del tabique interventricular.

Por otra parte, la independencia eléctrica de las dos masas septales ha sido señalada a su tiempo por Maekawa,⁴ por Rubio y Rosenblueth⁵ y también por la Escuela Mexicana de electrocardiografía.⁶

El objeto de nuestro estudio es confirmar la existencia de la bipartición histológica y eléctrica del tabique interventricular en corazones animales y humanos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Preparaciones histológicas

Se realizaron cortes transversales de 24 corazones: doce de perro, seis de rata y seis humanos, previa-

mente fijados en formol al 10%. Se estudiaron las rebanadas ventriculares de la porción media, las que corresponden a la zona de inserción de los músculos papilares del ventrículo izquierdo. Se efectuaron cortes histológicos de los corazones caninos y humanos y de toda la rebanada cardiaca en los corazones de ratas. Los tejidos fueron incluidos en parafina, cortados a 4 micras de espesor y teñidos con hematoxilina-eosina y Masson por su análisis.

Registros eléctricos

Hemos estudiado los bloqueos ventriculares izquierdos proximales y periféricos en sobrecargas ventriculares homolaterales experimentales⁷ y clínicas.⁸ Los casos clínicos correspondían a 90 sujetos con sobrecarga diastólica y mixta, debida a persistencia del conducto arterioso permeable, y a otros 70 con sobrecarga sistólica y mixta por coartación de la aorta. En el primer grupo, había 5 bloqueos izquierdos tronculares o proximales: 4 de grado menor, i.e. sin fenómeno de "salto de onda", y uno de grado intermedio, i.e. con "salto de onda" limitado. En el segundo grupo, hubo solamente bloqueos izquierdos distales o periféricos (sin "salto de onda").

Los bloqueos derechos han sido analizados en 115 perros con sobrecarga experimental diastólica y mixta del ventrículo derecho y, en otros 16, por lo que toca a la activación de la cresta supraventricular. Se han analizado asimismo en 400 casos de comunicación interauricular y, en 216 de ellos, también a los tres, cinco y ocho años tras el cierre quirúrgico del defecto septal.

RESULTADOS

Estudio histológico

La rebanada correspondiente a porciones medias del corazón canino (*Figura 1A*) exhibe una banda longitudinal, que parte el tabique en dos masas septales (flecha): la izquierda es más gruesa y menos trabeculada que la derecha. Es evidente aún otra banda, que se dirige en forma semicircular de la porción subendocárdica del músculo papilar anterior hacia la porción subepicárdica de la cara dorsal del corazón (cabeza de flecha).

En la rebanada de corazón humano (*Figura 1B*), es visible igualmente dicha banda septal, longitudinal media (flecha). Ésta se ha observado también en los corazones de ratas.

Bajo el aspecto histológico, la porción anterior media del corazón canino (*Figura 2A*) muestra que la banda longitudinal media del tabique interventricular corresponde a un fascículo de fibras musculares, que corre paralelo al eje ventro-dorsal del tabique interventricular. Las fibras de ambas masas septales se disponen en ángulo respecto al fascículo central y alcanzan el endocardio. Este fascículo, en

un sentido morfológico simplista, podría compararse a un helecho, en donde el mismo forma el tallo y las fibras de las masas septales constituyen las hojas que emergen anguladas. En los corazones humanos (*Figura 2B*), y en los de las ratas, el fascículo longitudinal es más delgado y muestra más abundante tejido conectivo intersticial con arteriolas (flecha).

Tanto en el aspecto macroscópico como en el microscópico, advertimos que el fascículo longitudinal del tabique constituye un límite estructural entre las dos masas septales y determina el substrato histológico de la llamada barrera intraseptal.

Estudio eléctrico

BRIHH acentuado

El proceso de activación ventricular se inicia en la masa septal derecha anteroinferior y los frentes de activación tienden a transmitirse hacia la masa septal izquierda. Por eso, cambia el sentido de la activación septal y aparece una deflexión positiva inicial del complejo intracavitario en porciones medias e inferiores de la cavidad ventricular izquierda⁹ (*Figura 3*). Cuanto más extenso es dicho fenómeno a través del



FIG. 1A: Corazón canino: corte transversal de los ventrículos al nivel de los músculos papilares. Se observa el fascículo longitudinal medio en el tabique interventricular (flecha). Hay otro fascículo en la pared libre del ventrículo izquierdo, que corre del subendocardio al subepicardio (cabeza de flecha).



FIG. 1B: Corte transversal de corazón humano al nivel de los músculos papilares ventriculares. Es evidente el fascículo longitudinal medio (flecha).

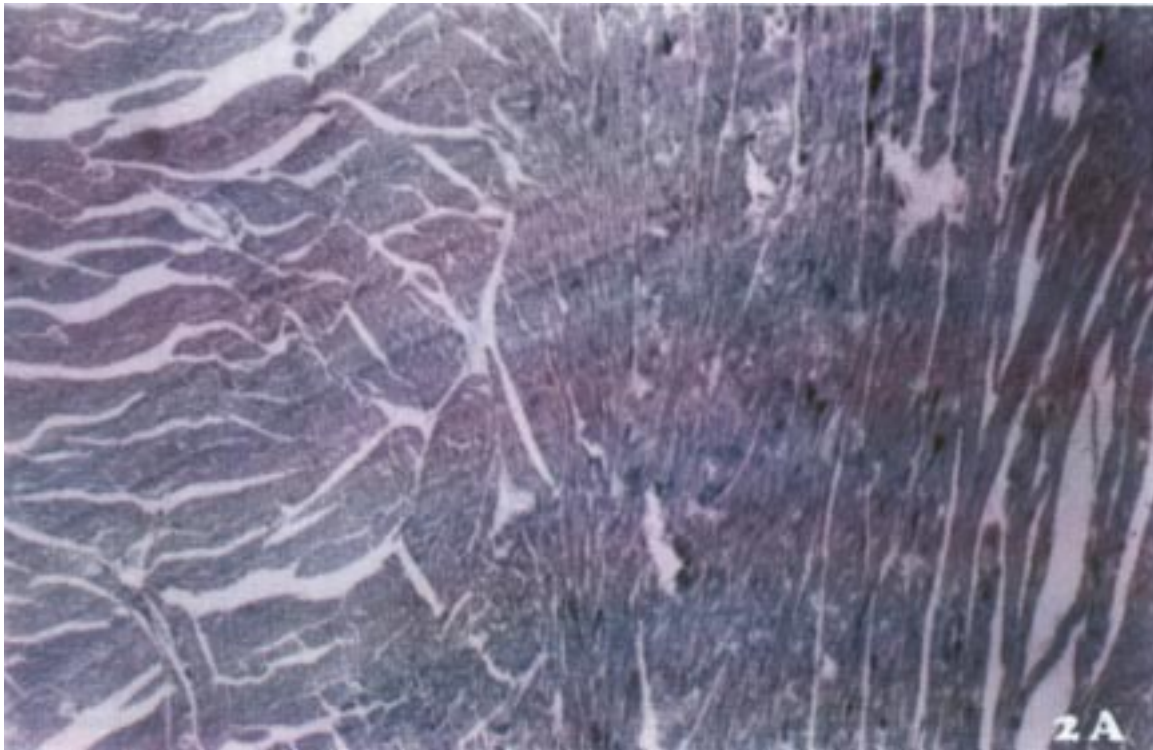


FIG. 2A: Corte histológico del tabique interventricular en corazón canino. Muestra un fascículo longitudinal central, limitado por fascículos laterales que corren en diferentes direcciones. Massón 16X.

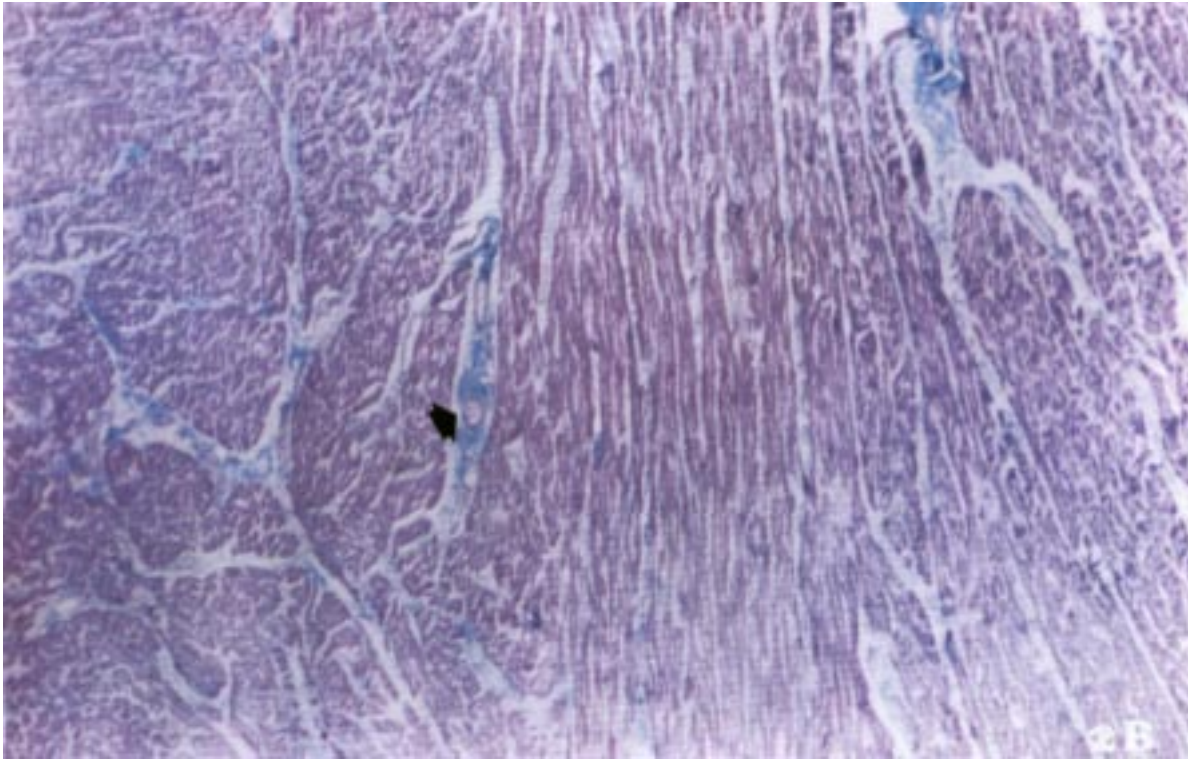


FIG. 2B: Corte histológico de corazón humano, que muestra el fascículo longitudinal medio, acompañado de tejido conectivo y vasos sanguíneos (flecha).

tabique interventricular, tanto mayor es la parte del ventrículo izquierdo que se activa de manera anómala. Así pues, las fuerzas electromotrices más importantes de la despolarización y la repolarización ventriculares son las septales, que duran más que las otras y causan mayor voltaje de la onda R del complejo intraventricular izquierdo. Este último, en la presente serie, mostraba una deflexión positiva inicial en presencia de BRIHH de grado intermedio y avanzado, pero no cuando existían bloqueos periféricos.

Bloqueo izquierdo distal o periférico

Si el retardo y la lentitud de la activación ventricular izquierda son de tipo regional o segmentario, los frentes de onda no tienen que atravesar el tabique para pasar de un ventrículo al otro. Por eso, no se modifican ni el sentido de la despolarización septal ni la morfología del complejo intraventricular izquierdo.¹⁰⁻¹²

El trazo de la *Figura 4* muestra un bloqueo de la subdivisión anterior izquierda (BSAI), producido experimentalmente con una aguja larga. A consecuencia de dicho bloqueo (a la derecha), se empasta el vértice de la onda R, y aumenta su

voltaje, en aVL y D₁, pero no se modifica el complejo intraventricular izquierdo (Cav). A su vez, el empastamiento preterminal y terminal de la curva vectocardiográfica ventricular, situado a la izquierda, arriba y atrás de su punto de origen (punto 0), confirma la existencia de una activación retardada y lenta en regiones altas del ventrículo izquierdo. Es éste justamente el territorio de distribución de la subdivisión anterior izquierda.

BRDHH acentuado

En estos casos, cambia el sentido de la activación septal y, por ende, se empasta la pequeña deflexión positiva inicial -y se prolonga el TIDI- en las porciones bajas y aún más en las regiones basales del ventrículo derecho, las últimas en activarse.

El electrocardiograma de la *Figura 5* pertenece a una mujer de 33 años, portadora de una comunicación interauricular. Exhibe un BRDHH de grado intermedio, porque existe empastamiento de la onda R en todas las derivaciones que exploran el corazón derecho y una doble positividad del complejo intraventricular derecho (V.D.). El TIDI es de 45 mseg en el complejo intraventricular derecho, de 40 mseg

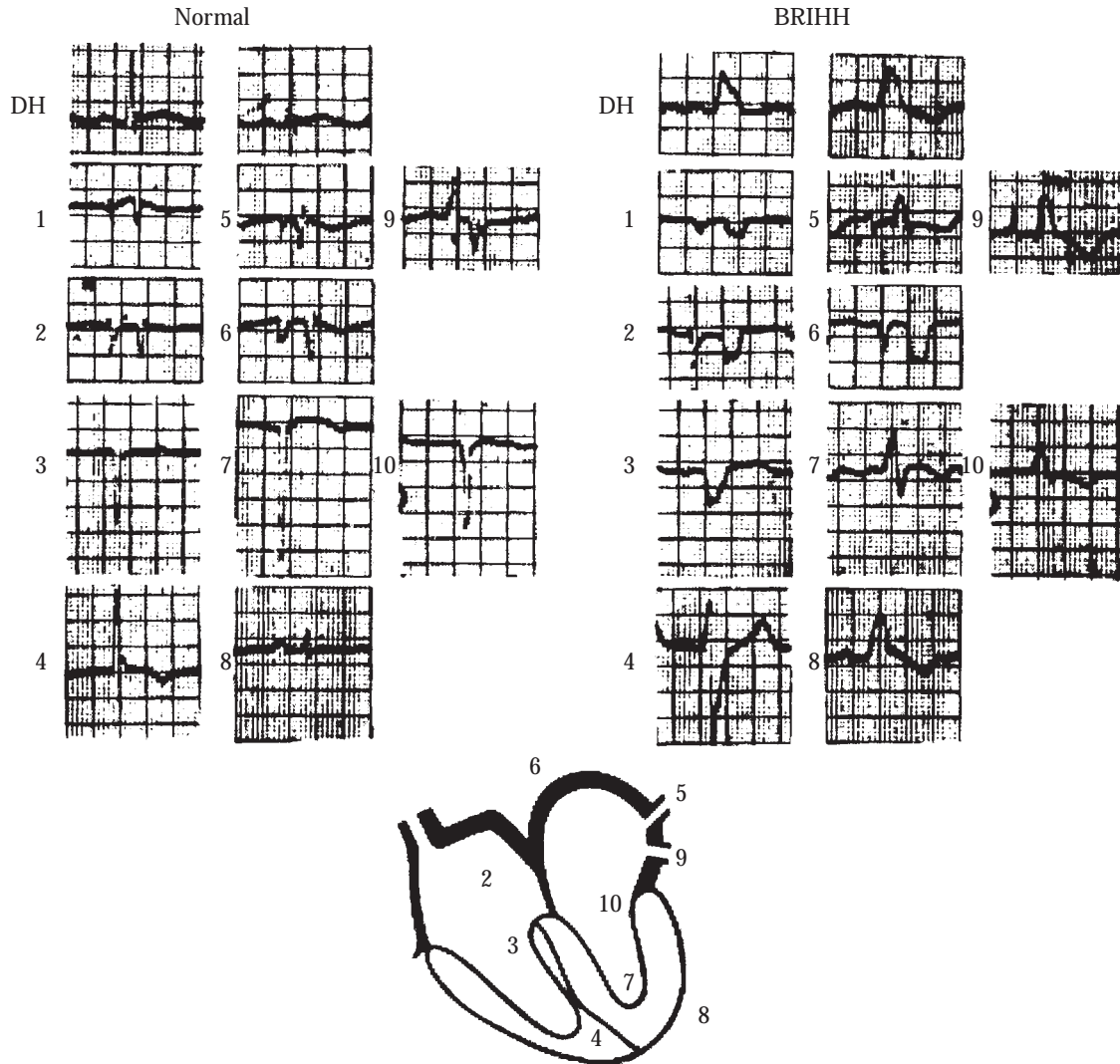


FIG. 3: BRIHH obtenido experimentalmente en corazón de perro. En presencia de este bloqueo de grado avanzado, los complejos intraventriculares izquierdo bajo y medio (7 y 10), que eran negativos (QS) en el trazo de control, se vuelven de tipo R > S.

en la derivación transicional V_3 , de 70 mseg en aVR y de V_{7R} a V_{3R} , de 60 mseg en V_1 y en las abdominales altas MD, ME y MI.

Bloqueo derecho distal o periférico

Cuando existe una lentitud regional de la activación ventricular derecha, no se produce el paso de frentes de onda de la masa septal izquierda hacia la derecha. No se modifica, por ende, el comienzo de

la activación septal y el complejo intraventricular derecho es normal.¹³

Los hechos mencionados pueden verse en la *Figura 6*, correspondiente a una joven de 14 años con una comunicación interauricular. El complejo intraventricular derecho es normal (TIDI = 10 mseg) y son normales los complejos registrados en la zona transicional (V_3 y V_4): onda R limpia y TIDI = 25 mseg. Sin embargo, la onda R está empastada, y el TIDI prolongado, en otras deriva-

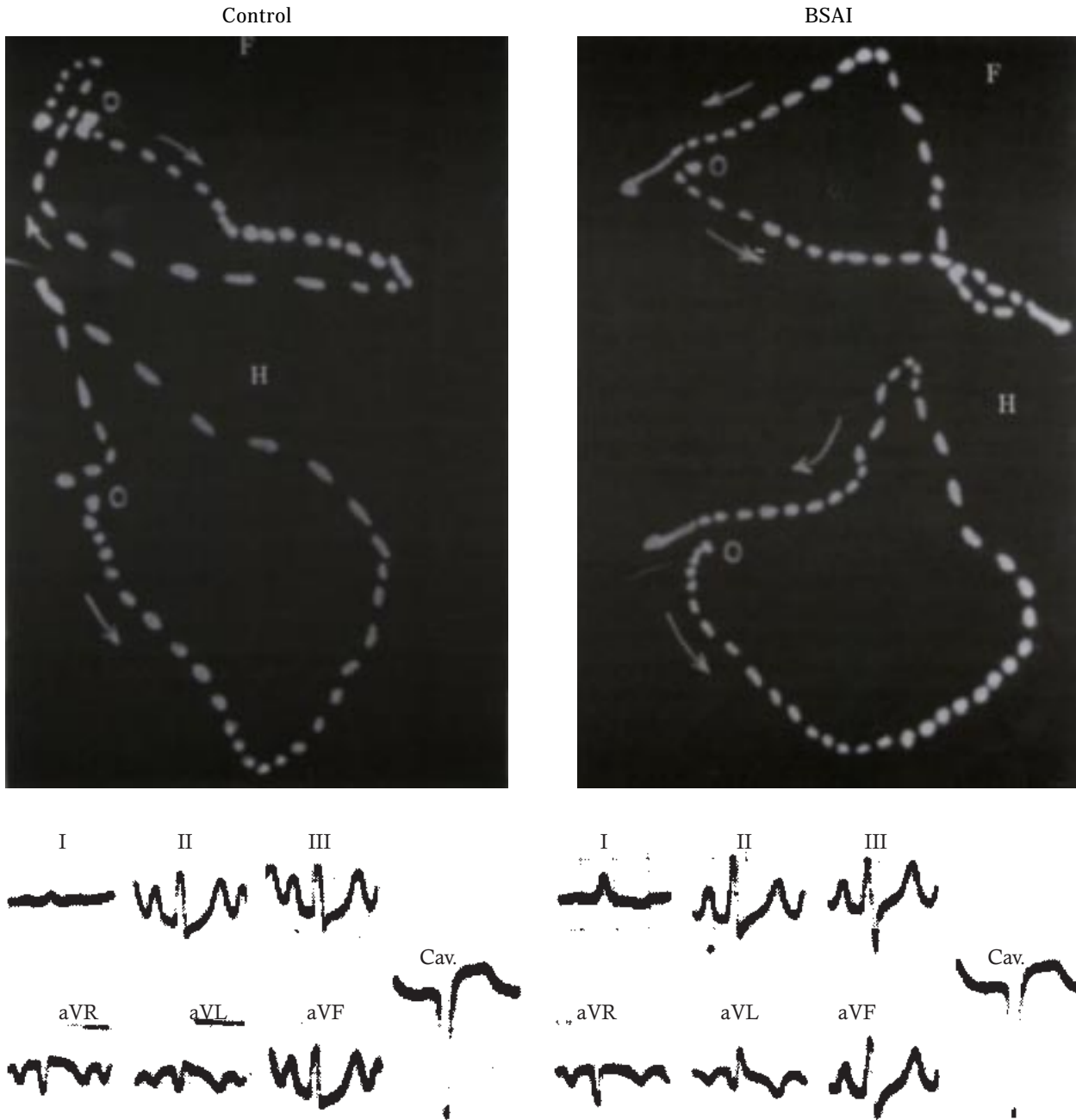


FIG. 4: Por efecto de un BSAI, producido experimentalmente en corazón de perro, se empasta el vértice de la onda R, y se prolonga el TIDI, solamente en las derivaciones izquierdas altas: aVL y D_I.

ciones derechas: 60 mseg de V_{7R} a V₁, 50 mseg en MD y ME. La onda S aparece empastada de V₂ a V₇, en D_I y D_{II}. Por lo tanto, el ECG indica la existencia de una activación lenta en regiones posterolaterales bajas del ventrículo derecho, en donde se distribuye la subdivisión posterior derecha: BSPD.

Estimulación del miocardio ventricular

La *Figura 7* reproduce los registros de una taquicardia ventricular, inducida por topoestimulación en la región medioinferior del tabique izquierdo, en un niño de 7 años. Éste presentaba episodios de taquicardia fascicular izquierda.

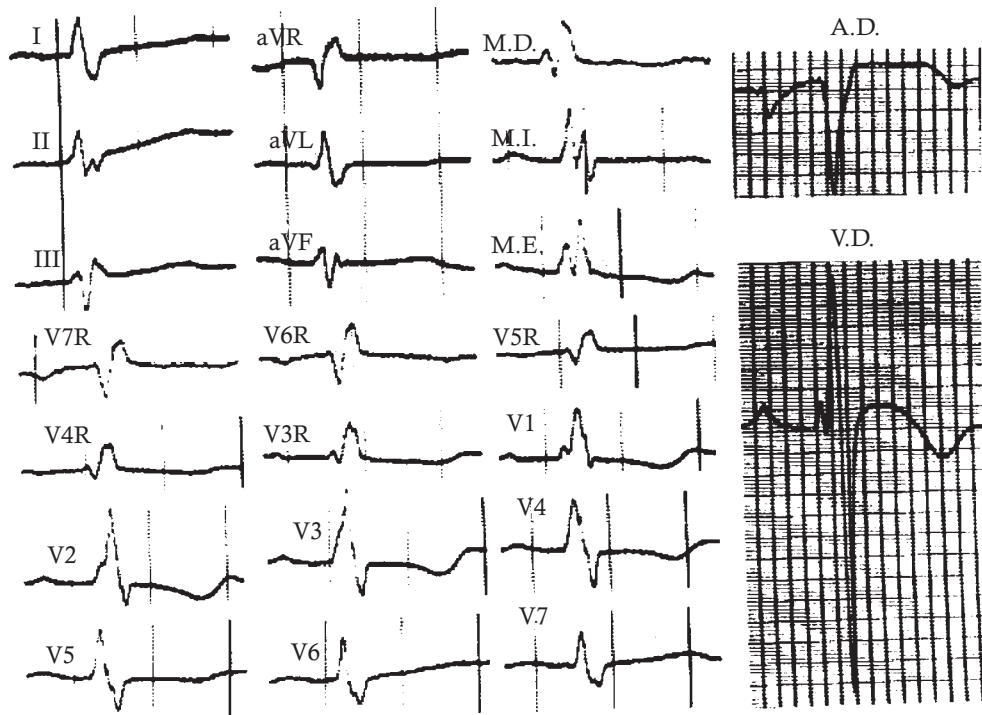


FIG. 5: BRDHH de grado intermedio en una mujer de 33 años con una comunicación interauricular. Hay empastamiento de la onda R, y prolongación del TIDI, en todas las derivaciones que exploran el corazón derecho, así como en el complejo intraventricular derecho (V.D.). Estandarización: 1 mV = 10 mm. Velocidad del papel: 100 mm/seg.



FIG. 6: BSPD en una joven de 14 años, con una comunicación interauricular. La onda R es limpia, y el TIDI normal, en el complejo intraventricular derecho (I.V.D.) y en las derivaciones transicionales V_3 y V_4 . Hay empastamiento de la onda R, y prolongación del TIDI, de V_{7R} a V_1 y en las derivaciones abdominales altas MD y ME. Estandarización: 1mV = 10 mm. Velocidad del papel: 100 mm/seg.

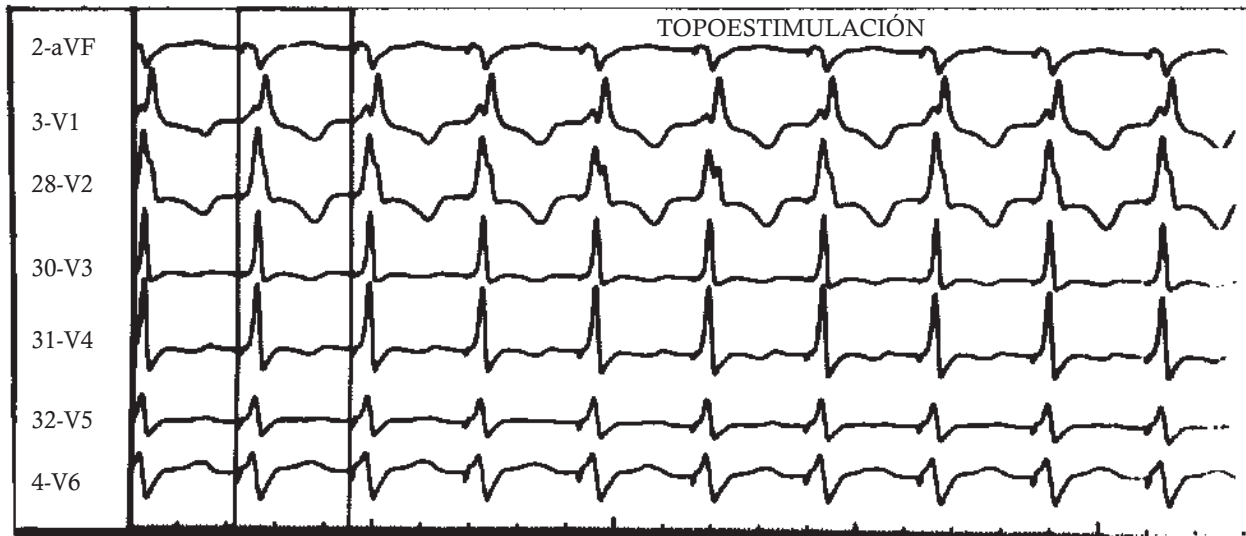


FIG. 7: Taquicardia ventricular provocada por topoestimulación en porciones medioinferiores del tabique izquierdo. El cuadro electrocardiográfico es semejante al de un BRDHH acentuado.

El trazo muestra ondas R empastadas o con muesca de V_1 a V_3 y ondas S empastadas en V_5 , V_6 y aVF: cuadro electrocardiográfico de BRDHH de grado avanzado. Mediante 8 pulsos de radiofrecuencia con 40 W promedio -2.5 min en total- se suprimió la taquicardia. El comportamiento de esta última aboga a favor de un "salto de onda" de la masa septal izquierda hacia la masa septal derecha.

COMENTARIO

Aspectos histológicos

Los ángulos de las hojas o fascículos miocárdicos fueron estudiados por LeGrice y cols.¹⁴ Tales autores calcularon y graficaron las variaciones en la orientación de las fibras miocárdicas de las paredes libres de ambos ventrículos y del tabique interventricular. Las variaciones de la orientación de los fascículos musculares en la porción media de los ventrículos es semejante para ambas paredes libres, con una orientación que cambia progresivamente de hacia abajo en el endocardio hacia arriba en el epicardio. Sin embargo, los autores mencionados encontraron una disposición de las fibras septales con angulaciones diametralmente opuestas (en 180°). Dichas fibras se dirigen en su mayoría en sentido longitudinal y, en menor proporción, en sentido transversal. Así pues, para el tabique interventricular la variación del sentido de las fibras, a nivel del tercio medio, es más pronunciada y va de arriba en el subepicardio izquierdo hacia abajo en el subendocardio derecho. Tales hallazgos concuerdan

con los nuestros. Existe, en el tabique interventricular, una buena proporción de fibras miocárdicas dispuestas transversalmente, que salen anguladas realizando un clivaje con el fascículo longitudinal, pero tales fibras no se evidencian en las paredes libres.

Por otro lado, el trabajo de LeGrice y cols.¹⁴ demuestra que no hubo variación significativa en la organización de las capas u hojas musculares en su espesor con 4 ± 2 miocitos, pero sí hubo variación en el acoplamiento entre las diferentes hojas. Además, en la porción media de la pared libre ventricular izquierda, la distribución de fibras perimisiales de colágena es mayor.

La evidencia macroscópica de la banda septal media en las porciones medias del corazón humano (Figura 1B) concuerda con los hallazgos de Torrent-Guasp,¹⁵ que mediante disecciones demostró la presencia de fascículos musculares ventriculares dispuestos en forma de espiral: disposición denominada comúnmente "en ocho". El investigador mencionado acepta la teoría de Pettigrew de la espiral cónica. Según ésta, las fibras miocárdicas se asemejan a las hojas de los vasos de papel que al plegarse, además de tomar la configuración "en ocho", también se enrollan y conservan un extremo exterior y uno interior, i. e. en un extremo pueden ser subendocárdicas y, en el otro, subepicárdicas.

Los ángulos de las fibras miocárdicas parietales, en el mismo plano utilizado por nosotros, fueron determinados hace tiempo por Streeter y cols.^{16,17} en el ventrículo izquierdo canino, durante la sistole

le y la diástole, mediante una secuencia de microfotografías. Dichos autores demostraron así que el ángulo de las fibras próximas al endocardio es de 90° hacia arriba, mientras que el de las fibras próximas al epicardio se sitúa como a 90° hacia abajo y el de las fibras centrales, que corren longitudinalmente, es de alrededor de 0°.

Aspectos eléctricos

El concepto de “salto de onda” con una conducción lenta en el tabique interventricular parece bien definido en los casos de bloqueos proximales derechos e izquierdos. Esto resulta bien demostrado por los registros unipolares intraventriculares durante estudios electrofisiológicos cardiacos. Pero ciertas taquicardias ventriculares, que no presentan un cuadro de bloqueo de rama, pueden originarse en el propio tabique, cerca de la “barrera intraseptal”, sin producir el fenómeno del “salto de onda”.

El modelo de la activación septal propuesto por la Escuela Mexicana hace muchos años¹⁸ se basa en los hallazgos obtenidos mediante la introducción en el tabique interventricular de 4 ó 5 flechas con electrodos multipolares. Tienen éstos 10 puntos de registro bipolares próximos (distancia entre los electrodos de menos de 0.3 mm), de manera que cada flecha comprenda 20 electrodos terminales distribuidos en pares que se sitúan a 1.2 mm uno del otro. Los electrodos de registro de las derivaciones bipolares próximas se colocaron a un mismo nivel en el espesor septal y estaban separados por una distancia interelectrodal de 0.3 mm o menor. Al mismo tiempo, se registraron derivaciones bipolares escalonadas, relativamente alejadas (distancia interelectrodal de 1.0 a 1.2 mm), entre dos pares contiguos de electrodos bipolares próximos. Cada par de tales electrodos se hallaba a distinta profundidad, en tanto que los primeros estaban a la misma profundidad. Dichos estudios se efectuaron en 30 perros y los datos de despolarización así obtenidos resultaron, como promedio, más precisos que los relatados por otros autores.¹⁹

Las características del fenómeno de “salto de onda”, en presencia de bloqueos proximales, se estudiaron en grupos de 10 animales para cada tipo de bloqueo.¹⁸ Los registros escalonados (a 1.2 mm) exploran, en realidad, un punto medio y proporcionan una inflexión principal, rápida, que

corresponde a un sitio intermedio. En presencia de bloqueos de rama, la distribución de los electrodos escalonados no proporciona el tiempo real marcado por el segundo electrodo del registro bipolar; es conveniente, entonces, poner algún par de electrodos en el mismo nivel. La activación normal, así como la despolarización anómala en presencia de bloqueos de rama o extrasístoles ventriculares, se capta mejor por el último par de electrodos.

La despolarización lenta en el espesor de la masa septal, cuando existen bloqueos de rama o extrasístoles ventriculares, podría explicarse por su sentido axial o transversal o ambos. De hecho, algunos autores²⁰ han establecido que la velocidad de despolarización en sentido axial es de dos a cuatro veces mayor que la de la despolarización en sentido transversal o perpendicular.

Los hallazgos histológicos aquí descritos demuestran la existencia de diferentes estratos de fibras septales, orientadas en direcciones distintas. Esto podría justificar de manera satisfactoria la presencia de una “barrera” intraseptal histológica y fisiológica, así como la lentitud de los frentes de la activación septal y el concepto de “salto de onda” cuando existen bloqueos de rama o extrasístoles ventriculares.

APLICACIONES CLÍNICAS

Desde 1972 nuestro grupo ha efectuado la estimulación de la superficie septal derecha en corazones humanos estructuralmente normales o con infarto miocárdico reciente, a fin de analizar las morfologías registradas en las derivaciones unipolares precordiales y periféricas.²¹ La estimulación eléctrica, aplicada en tres niveles (bajo, medio y alto), dio origen a morfologías del tipo del BRIHH de grado avanzado, con diferente orientación de $\hat{A}QR-S_F$, así como la presencia de complejos QS, R o Rs en las derivaciones III y aVF según el sitio de la estimulación. Tales registros confirman el valor de los datos electrocardiográficos para el diagnóstico de zona inactivable miocárdica cuando coexiste un BRIHH acentuado o una arritmia ventricular derecha.²² Nuestros estudios, pues, permiten refutar la aseveración de ciertos autores, quienes opinan que no es posible reconocer la presencia de una zona inactivable septal coexistente con un BRIHH de grado intermedio o avanzado.

CONCLUSIONES

Los hechos expuestos arriba apoyan el concepto de la bipartición histológica y funcional del tabique interventricular en los animales de experimentación, así como en el corazón humano. Cada masa septal parece recibir el impulso de activación, en forma independiente, por la vía de conducción que le corresponde. Si ésta se bloquea, van a

cambiar el sentido y la duración de la despolarización y la repolarización septales. Por lo tanto, se modifican los aspectos morfológicos y cronológicos de los complejos intracavitarios. De ahí que resulta justificado inferir los conceptos de "barrera intraseptal" y "salto de onda". Tales aspectos del fenómeno eléctrico ventricular permiten reconocer la coexistencia de una zona inactivable septal y trastornos de la conducción ventricular^{22,23} o arritmias ventriculares.

REFERENCIAS

- DE VRIES PA, SAUNDERS JB: *Development of the ventricles and spiral outflow tract in the human heart. A contribution to the development of the human heart from age group IX to age group XV.* Carnegie Inst Publ No. 256. *Contribs Embryol* 1962; 256:89-114.
- HARH JY, PAUL MH: *Experimental cardiac morphogenesis. I. Development of the ventricular septum in the chick.* *J Embryol Exp Morph* 1975; 33:13-28.
- LEV M, SIMKINS CS: *Architecture of the human ventricular myocardium. Technic for study using a modification of the Mall-Mac-Callum method.* *Lab Invest* 1956; 5:396-409.
- MAEKAWA M, ONO B: *Experimental study of the electrocardiogram of the mammalian heart.* *Jpn Circ J* 1955; 19:110-111.
- RUBIO R, ROSENBLUETH A: *La organización funcional de los tejidos ventriculares.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1956; 26:644-663.
- MEDRANO GA, BISTENI A, BRANCATO RW, PILEGGI F, SODI PALLARES D: *The activation of the interventricular septum in the dog's heart under normal conditions and in bundle branch block.* *Ann NY Acad Sci* 1957; 65:804-817.
- DE MICHELI A, MEDRANO GA, CASANOVA JM: *Aspectos eléctricos de las sobrecargas ventriculares experimentales diastólica y mixta.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1990; 60:11-19.
- DE MICHELI A, MEDRANO GA, CASANOVA JM: *Aspectos electrovectocardiográficos de las sobrecargas sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1990; 60:127-135.
- DE MICHELI A, MEDRANO GA, SODI PALLARES D: *Etude électrovectorcardiographique des blocs de branche chez le chien à la lumière du processus d'activation ventriculaire.* *Acta Cardiol* 1963; 18:483-514.
- MEDRANO GA, DE MICHELI A, CISNEROS F, SODI PALLARES D: *The anterior subdivision block of the left bundle branch of His. The ventricular activation process.* *J Electrocardiol* 1970; 3:7-12.
- MEDRANO GA, BRENES C, DE MICHELI A, SODI PALLARES D: *Block of the posterior subdivision of the left bundle branch of His.* *J Electrocardiol* 1970; 3:309-315.
- MEDRANO GA, DE MICHELI A, BRENES C, SODI PALLARES D: *Experimental bases for diagnosis of left bifascicular and trifascicular block.* *G Ital Cardiol* 1975; 5:8-18.
- MEDRANO GA, DE MICHELI A: *Contribución experimental al diagnóstico de los bloqueos fasciculares derechos.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1975; 45:704-719.
- LEGRICE U, SMAILL BH, CHAI LZ, EDGAR SG, GABIN JB, HUNTER PJ: *Laminar structure of the heart: ventricular myocyte arrangement and connective tissue architecture in the dog.* *Am J Physiol* 1995; 269 (Heart Circ Physiol):H571-H582.
- TORRENT-GUASP F: *Anatomía funcional del corazón.* Madrid. Ed. Paz Montalvo, 1957; 62-68.
- STREETER DD, SPONITZ HM, PATEL DP, ROSS J, SONNENBLICK EH: *Fiber orientation in the canine left ventricle during diastole and systole.* *Circ Res* 1969; 24:339-347.
- STREETER DD: *Gross morphology and fiber geometry of the heart.* In: *Handbook of Physiology.* (R.M. Berne, ed.). Bethesda Mar. V. 1, Ch. 4, 1979; 61-112.
- MEDRANO GA, PILEGGI F, SOTOMAYOR A, BISTENI A, SODI PALLARES D: *Nuevas investigaciones sobre la activación del tabique interventricular en condiciones normales y con bloqueo de rama. III. Estudio de las porciones anterior y media del tercio medio.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1957; 27:609-644.
- SCHER AM, JOUNG AC, MALMGREN AL, ERICKSON RV: *Activation of the interventricular septum.* *Circ Res* 1955; 3:56-64.
- SANO T, TAKAYAMA N, SHIMAMOTO T: *Directional difference of conduction velocity in the cardiac ventricular syncytium studied by microelectrodes.* *Circ Res* 1959; 7:262-267.
- CÁRDENAS M, SANZ G, LINARES JC, ZAMORA C, MEDRANO GA, ESTANDIA A: *Diagnóstico electrocardiográfico de infarto del miocardio en pacientes con estimulación endocárdica del ventrículo derecho por marcapasos.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1972; 42:345-357.
- DE MICHELI A, MEDRANO GA: *Enfoque electrofisiológico del diagnóstico de bloqueos ventriculares izquierdos no complicados y complicados.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1996; 66: 70-82.
- DE MICHELI A, MEDRANO GA: *Enfoque electrofisiológico del diagnóstico de bloqueos ventriculares derechos no complicados y complicados.* *Arch Inst Cardiol Mex* 1996; 66:269-281.