

# Desarrollo del Nodo Sinusal

Trindade de Veglia, Hilda M. y Civetta, Julio D.

## Antecedentes

El desarrollo del corazón se realiza a partir de un tubo primario que se inflexiona y tabica para llegar a ser un órgano de cuatro cavidades en condiciones de impulsar la sangre a través del sistema vascular.

El tubo primitivo está compuesto de tres capas, una interna: el endotelio; una media, formada por una substancia anhista, la gelatina de Davies, y una externa: el mioepicardio.

Cuando las fibras miocárdicas reemplazan a la gelatina de Davies, el corazón adquiere la propiedad de contraerse.

Este tubo primario presenta diversas porciones: el seno venoso, la aurícula primitiva, el ventrículo primitivo, el bulbo, y el tronco, separadas entre sí por zonas de menor diámetro o estricturas. Estas estricturas o anillos presentan un tejido distinto del resto del tubo, hecho señalado por Keith a principio de siglo y nuevamente postulado a partir de estudios realizados con tejidos marcados con anticuerpos monoclonales por Anderson y Becker<sup>1</sup> en 1976.

Estos tejidos son de gran importancia en el desarrollo del sistema de conducción.

En estudios realizados en embriones de pollo se ha visto que las contracciones comienzan en el ventrículo primitivo, en embriones de 10 somitos, contracciones que son irregulares y lentas (40 por minuto), al diferenciarse las aurículas estas contracciones se hacen más frecuentes y alcanzan a 100 o más latidos por minuto al incorporarse el seno venoso a la aurícula. (Genis Gálvez<sup>2</sup>).

En el hombre las primeras contracciones probablemente se producen en la tercera semana de vida intrauterina<sup>2</sup>.

## Material y Métodos

Para el presente trabajo se han utilizado cortes transversales seriados de Embriones Humanos (EH) y Fetos Humanos (FH) pertenecientes a la Embrioteca del Laboratorio de Anatomía del Desarrollo de las Cátedras de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina, desde 5 a 75 mm CR coloreados con la técnica de Mallory-Heidenheim y Hematoxilina-Eosina.

Cada ejemplar fue analizado bajo microscopio óptico y se obtuvieron microfotografías de las zonas más características.

Los EH estudiados pertenecientes a la etapa de embriogénesis fueron:

1. PAU – 3. EH de 5 mm. CR. Horizonte XIII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
2. MAM – 1. EH de 6 mm CR. Horizonte XIV de Streeter. Cortes Transversales. Tinción Mallory – Heidenheim.
3. FH – 1. EH de 8 mm. CR. Horizonte XV de Streeter. Cortes Transversales. Tinción Hematoxilina – Eosina.
4. PET – 5. EH de 8,5 mm. CR. Horizonte XV de Streeter. Cortes Transversales. Tinción Hematoxilina – Eosina.

Los EH estudiados pertenecientes a la etapa de organogénesis fueron:

5. TEMAR – 1. EH de 9,5 mm. CR. Horizonte XVI de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
6. GIR – 1. EH de 10,5 mm. CR. Horizonte XVI de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
7. CIV – 2. EH de 11,5 mm. CR. Horizonte XVI de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
8. GV – 1. EH de 12 mm. CR. Horizonte XVI de Streeter. Cortes transversales. Tinción Mallory – Heidenheim.
9. TE – 10. EH de 13,5 mm. CR. Horizonte XVII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
10. BLU – 3. EH de 14 mm. CR. Horizonte XVII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
11. JU – 4. EH de 14,8 mm. CR. Horizonte XVII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
12. MON – 1. EH de 16 mm. CR. Horizonte XVIII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina Eosina.
13. GON – 2. EH de 18 mm. CR. Horizonte XVIII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Mallory – Heidenhem.

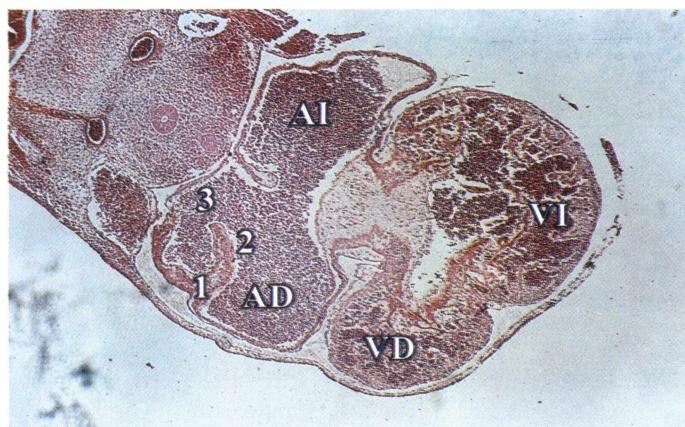
Los especímenes estudiados pertenecientes a la etapa de crecimiento verdadero fueron:

14. MOG – 1. EH de 24 mm. CR. Horizonte XXI de Streeter. Cortes transversales. Tinción Hematoxilina – Eosina.
15. GUID – 2. EH de 28,25 mm. CR. Horizonte XXII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Mallory – Heidenhem.
16. TEMAR – 3. FH de 36 mm. CR. Horizonte XXIII de Streeter. Cortes transversales. Impregnación argéntica de Bielchowsky.
17. MARIT – 1. FH de 48 mm. CR. Horizonte XXIII de Streeter. Cortes transversales. Tinción Mallory – Heidenhem.

18. VA – 2. FH de 55 mm. CR. Horizonte XXIII de Streeter.  
Cortes transversales. Tinción Mallory – Heindenhem.  
19. MARIT – 5. FH de 75 mm. CR. Horizonte XXIII de Streeter.  
Cortes transversales. Tinción Mallory – Heindenhem.

## Resultados

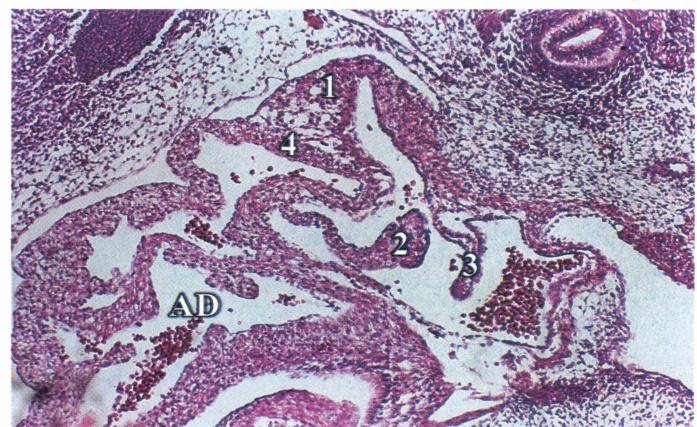
El nodo sinusal de acuerdo a las observaciones realizadas se desarrolla a partir del anillo ubicado entre el seno venoso y la aurícula primitiva.



**Foto 1. Etapa de Embriogénesis.** AD: Aurícula Derecha, AI: Aurícula Izquierda, VD: Ventrículo Derecho, VI: Ventrículo Izquierdo, 1: Nodo Sinusal, 2: Valva derecha del Seno Venoso, 3: Valva izquierda del Seno Venoso.

aurícula el septum primum se proyecta hacia adelante desde la pared posterior de la aurícula primitiva hacia los cojinetes endocárdicos, quedando separado de ellos por el foramen primum. En la zona ventricular observamos el ventrículo izquierdo separado del ventrículo derecho por el septum inferius o tabique interventricular primitivo, y una gran comunicación interventricular.

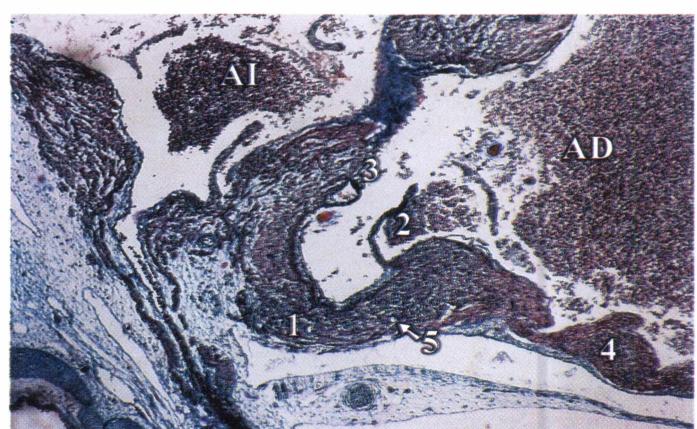
En este estadio es posible constatar un engrosamiento anular en la desembocadura del seno venoso, consistente en



**Foto 2. Etapa de Organogénesis.** AD: Aurícula Derecha, 1: Nodo Sinusal, 2: Valva derecha del Seno Venoso, 3: Valva izquierda del Seno Venoso, 4: Miocardio Auricular.



**Foto 3. Etapa de Organogénesis.** AD: Aurícula Derecha, AI: Aurícula Izquierda, VD: Ventrículo Derecho, VI: Ventrículo Izquierdo, 1: Nodo Sinusal, 2: Valva derecha del Seno Venoso, 3: Valva izquierda del Seno Venoso.



**Foto 4. Etapa de Crecimiento Verdadero.** AD: Aurícula Derecha, AI: Aurícula Izquierda, 1: Nodo Sinusal, 2: Valva derecha del Seno Venoso, 3: Valva izquierda del Seno Venoso, 4: Miocardio Auricular, 5: Arteria del Nodo Sinusal.

### Etapa de embriogénesis: (Embriones de 5 a 8,5 mm)

En los especímenes más jóvenes de nuestra colección, por ejemplo un EH de 5 mm CR (Foto 1) nos muestra el tubo cardíaco ya flexionado y en las etapas iniciales de la tabicación. Los cojinetes endocárdicos aún no se han fusionado, y en la

un acúmulo de células nodales<sup>(3-9)</sup>, que se agrupan en el espesor de las dos valvas del seno venoso de las cuales la izquierda se vincula a una prolongación del mesocardio dorsal que se introduce en ella, portando vasos y nervios. La valva derecha es de mayor volumen en este caso.

En un EH de 6 mm CR, que sin embargo presenta un estadio del desarrollo más precoz que el de 5 mm (post-asa tardía), lo más destacado consiste en que el seno venoso está en plena formación y en la etapa en que se incorpora a la aurícula primitiva. Se observa en este ejemplar un engrosamiento de la pared del seno venoso en la zona que aborda la aurícula, formando un pliegue al incorporarse a ella. En la vena cardinal izquierda, la pared próxima a la aurícula también está engrosada, y si seguimos su trayecto, observamos su desembocadura en la aurícula derecha.

#### **Etapa de organogénesis:**

#### **(Embriones de 9,5 mm hasta 22 mm CR)**

En un espécimen de 12 mm (Foto 2), observamos una proliferación de tejido nodal en la pared del seno venoso, en una zona cercana a la ya incorporada a la aurícula derecha; este tejido está incrementado de volumen distalmente y desplaza la pared auricular; el miocardio auricular es claramente distinto del tejido nodal y se continúa en las valvas del seno venoso, que son ahora estructuras bilaminares (Foto 3).

#### **Etapa de crecimiento verdadero:**

#### **(Embriones y fetos a partir de 23 mm)**

En los embriones de 22 a 25 mm CR se puede constatar, en algunos ejemplares una arteria en el espesor de la base de la valva izquierda<sup>(1)</sup>, también se observan numerosos filetes nerviosos en la zona vecina al mesocardio dorsal.

Con la observación de los espécímenes mayores, la presencia de una arteria en el tejido nodal es constante y lo que se destaca es que la arteria está en el medio del nodo cuyas células la rodean sostenidas en una malla de tejido conectivo de disposición concéntrica que se tiñe de azul con la coloración de Mallory-Heidenheim, demostrando su especificidad.

La formación del nodo sinusal se completa en espécímenes de 10 semanas (Foto 4), y desde los 48 mm CR vemos el nodo formado en la base de la valva derecha y que se prolonga alrededor de la desembocadura del seno venoso, la prolongación del mesocardio dorsal hacia la valva izquierda se observa en todos los ejemplares.

#### **Discusión**

En la bibliografía consultada se establece que existe considerable evidencia para afirmar que el nodo sinusal deriva del anillo de tejido especializado distinto del resto del miocardio, ubicado entre el seno y la aurícula.

De acuerdo a las observaciones realizadas y los hallazgos encontrados se puede establecer que el tejido nodal es probablemente de origen sinusal más que auricular. En todos los espécímenes estudiados el tejido nodal es claramente distinto del resto del miocardio auricular<sup>(10,11)</sup>.

Se ha observado que las etapas del desarrollo se evidencian por un cambio sutil en la disposición del tejido nodal, que progresivamente pasa de ser una proliferación celular en la pared del seno venoso durante el período de embriogénesis, que paulatinamente se incorpora a la aurícula y pasa a engrosar la pared posterior de la aurícula derecha a nivel de la desembocadura de la vena cava superior, lateralizándose hacia la margen derecha de la desembocadura de la vena cava y ocupando el espesor de la crista terminalis.

El tejido nodal se caracteriza por la presencia de múltiples células de núcleo oscuro sostenidas en una estructura de tejido conectivo, es frecuente la presencia de una arteria en el espesor del tejido nodal, pero no está en todos los espécímenes estudiados, hay abundantes nervios en el tejido conectivo del mesocardio dorsal que se introduce en la base de la valva izquierda.

La formación definitiva del seno es un suceso relativamente tardío, recién en los espécímenes mayores desde 42 mm CR en adelante, se observa al corte una estructura nodular con una arteria en su interior y tejido conectivo como una armazón que sostiene a las células nodales.

#### **Conclusiones**

1. El nodo sinusal deriva del anillo que se encuentra entre el seno venoso derecho y la aurícula primitiva.
2. El tejido nodal es de procedencia preponderantemente sinusal.
3. Posee un esqueleto de tejido conectivo y una arteria en el eje del nodo.
4. La formación del nodo es relativamente tardía, en espécímenes de 10 semanas de vida intrauterina está completamente desarrollado.
5. Posee una rica inervación visible en su interior y en las estructuras adyacentes.
6. Todas estas observaciones coinciden con los reportes de otros autores cuyos estudios fisiológicos autorizan afirmar que la incorporación del mencionado nódulo sinusal instala el marcapasos del corazón en su desarrollo normal.

#### **Bibliografía**

1. Anderson RH, Becker AE, Wenick ACG, Janse MJ.: The development of the cardiac specialized tissue. In: The conduction system of the heart: structure, function and clinical implications. p.3. Ed. by Wellens HJJ, Lie KI and Janse MJ. New York, Lea and Febiger, 1976. 3-28.
2. Genis Galvez JM: Fundamentos de Embriología. Ed. Espax, 1969. 302-304.
3. Anderson RH and Ho SY: The morphologic substrates for pediatric arrhythmias. Cardiol Young 1991; 1:159-176.
4. Davies F: The conducting system of the vertebrate heart. Brit Heart J 1942; 4:66-76.

5. Davies MJ, Anderson RH and Becker AE: The Conduction System of the Heart. In: Heart Block 1983. Butterworth & Co (Publishers) Ltd.
6. Glomset DJ and Bierge RF: A morphologic study of the conduction system. IV: The anatomy of the upper part of the ventricular septum in man. Am Heart J 1940. 29:526-38.
7. Glomset DJ and Cross KR: A morphologic study of the conduction system. VI: The intrinsic nervous system of the heart. Arch Int Med 1952; 89:923-30.
8. Glomset DJ and Glomset ATA: A morphologic study of the cardiac conduction system in ungulates, dog and man. II: The Purkinje system. Am Heart J 1940. 20:677-701.
9. Robb JS, Kaylor CT and Turman WG: A Study of Specialized Heart Tissue at Various Stages of Development of the Human Fetal Heart. Am J Med 1948; 5:324-336
10. Veglia HM, Civetta JD: Desarrollo del sistema de conducción atrioventricular en el corazón humano durante el periodo de embriogénesis. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. SECYT UNNE, 1998. Tomo II, 3-43-45.
11. Veglia HM, Civetta JD: Estudio del desarrollo del tejido de conducción del eje atrioventricular en corazones humanos en el inicio del periodo de organogénesis. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. SECYT UNNE, 1998. Tomo II, 3-46-48.