

EMBRIOGÊNESE DA SEPTAÇÃO VENTRICULAR

ARMANDO MIGUEL JÚNIOR, MARIA HELENA VIDOTTI AGUIAR
Campinas, SP

Analisamos nesta revisão os conceitos atuais sobre a embriogênese do septo interventricular, cujo desenvolvimento se relaciona a várias estruturas, como por exemplo, a via de saída dos ventrículos, e é objeto de interesse de vários estudos¹⁻⁸.

Em 1970, demonstrou-se que a persistência do foramem comunicando os ventrículos primitivos, por um período de tempo, é importante para o desenvolvimento destas câmaras e estruturas adjacentes².

Outra decorrência de alterações na embriogênese do septo interventricular é a banda anômala, que compromete a função da via de saída dos ventrículos⁹.

Sistemática

Utilizaremos os planos de cortes, de visão aos pontos de referências adotados por Goor e col². Nos embriões o plano de corte horizontal corresponde aos planos paralelos ao septum transversum (futuro músculo diafragma), o plano vertical toma como referência os orifícios atrioventriculares e o plano frontal aos cortes paralelos à visão ventral do embrião. Os termos caudal (pólo venoso), cefálico (pólo arterial), ventral e dorsal referem-se à orientação espacial do coração embrionário; os termos preceder e suceder aplicam-se à condição temporal do desenvolvimento de uma referida estrutura.

Os tempos de ocorrências dos eventos embrionários serão marcados por estágios segundo os critérios adotados por O'Rahilly¹⁰ ou por dias a partir da concepção, ou comprimento craneocaudal em milímetros (mmCR).

Morfologia do Septo Interventricular

Os estudos morfológicos levaram autores a denominarem de modo diferente a uma mesma

estrutura (quadros I e II) o que dificultou a compreensão¹¹.

QUADRO I — Sinonímias das estruturas septais musculares do ventrículo esquerdo	
Anderson e Cal 1980 (5)	Door et col 1970 (2)
Região de entrada	Septo posterior live
Região trabeculada	Septo Posterior trabeculado
Região de saída	Septo anterior (septum cono-ventricular)

Porção Muscular do Septo Interventricular

Região de entrada - A região de entrada do septo muscular separa a via de entrada dos dois ventrículos até a cruz do coração. No ventrículo direito é delimitada pelas inserções das cordas dos folhetos septal da valva tricúspide, e tem aspecto trabeculado. No ventrículo esquerdo corresponde à extensão lisa do septo posterior². A região de entrada funde-se abaixo com o septo trabecular posterior que se apresenta liso na parte mais basal do ventrículo esquerdo e é sobreposto pela trabecula septo marginalis no ventrículo direito (fig. 1 e 2).

Região trabeculada - As partes apicais posteriores do septo interventricular correspondem à região trabeculada que se apresenta com trabeculações finas no ventrículo esquerdo e grosseira no ventrículo direito.

Região de saída - A região de saída do septo é pequena e está abaixo da parte distal do infundíbulo, separando as vias de saída de ambos os ventrículos. As estruturas componentes de cada uma destas regiões foram definidas em pormenor por Goor e col².

Porção Membranosa do Septo Interventricular (Pars Membranacea Septi Cordis)

A porção membranosa faz parte do esqueleto fibroso do coração^{3,4} e é a última estrutura a se formar no septo interventricular, fe-

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, SP.
Correspondência: Armando Miguel Jr. -PUCCAMP- Campus II
Av. John Boyd Dunlop Km2 -13100- Campinas., SP
Recebido para publicação 27/ 5/ 91
Aceito em 26/11/91

QUADRO II — Sinonímia das estruturas septais da porção muscular do ventrículo direito.					
Anderson 1980 (5)	Goor 1970 (2)	Keith 1909 (12)	Tandler 1913 (13)	Brant 1953 (6)	Van Mierop 1974 (14)
Região de entrada	Septo posterior trabeculado				Músculo papilar posterior
Região trabeculada	Banda moderadora	Banda moderadora	Trabécula septo marginalis	Fascículo bulbi sinistri	
Região de saída	Crista supra ventricularis	Banda infundibular direita	Crista supra ventricularis	Fascículo bulbi dextri	Crista supra ventricularis
	Banda parietal				
	Banda septal	Banda infundibular esquerda	Banda septal		Banda septal
	Infundíbulo ventricular (conus)				
	Músculo papilar do conus				

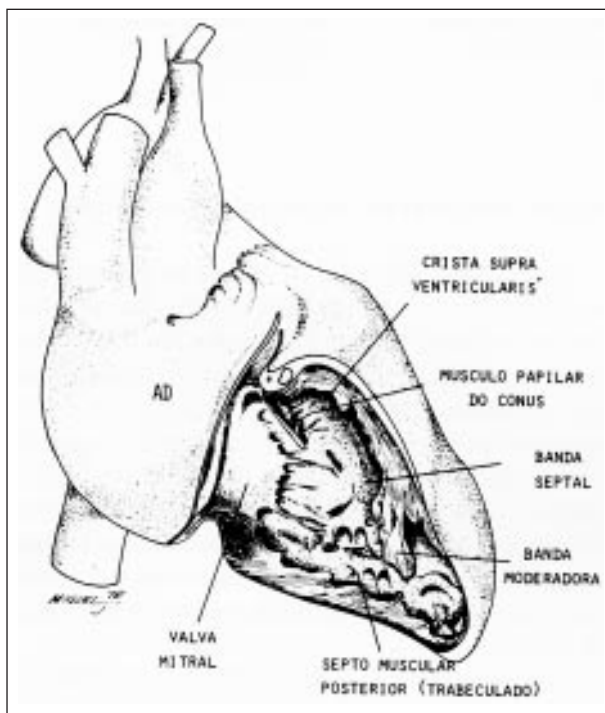


Fig. 1 - Visão das estruturas do septo interventricular pela face ventricular direita.

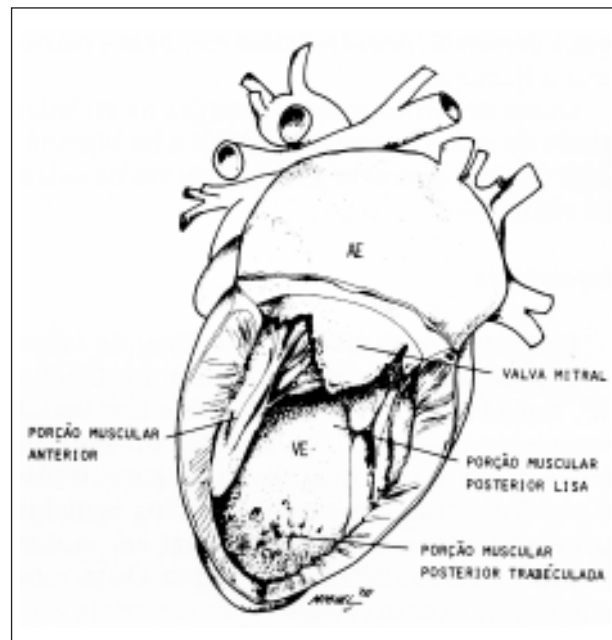


Fig. 2 - Visão das porções do septo interventricular muscular pela face ventricular esquerda.

chando o foramen entre os ventrículos. Sua localização é na porção mais basal dos ventrículos tendo dois componentes: o componente interventricular que separa os dois ventrículos e o componente átrioventricular que separa a via de saída do ventrículo esquerdo do átrio direito. Dependendo da altura de inserção da lâscinea medial da valva tricúspide na porção membranosa do septo interventricular, o componente átrioventricular será maior ou menor que o componente interventricular (fig. 3)¹⁵⁻¹⁸.

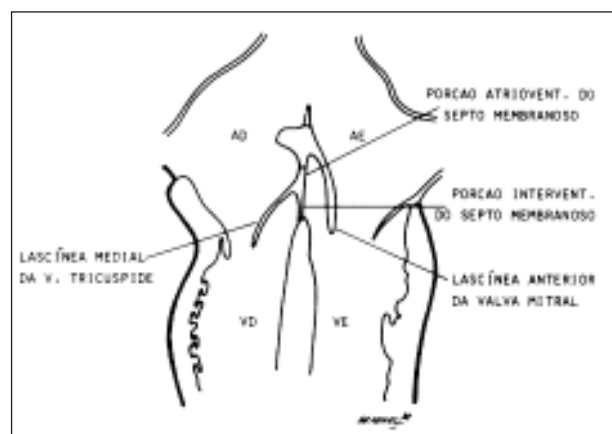


Fig. 3 - Porção membranosa do septo interventricular, regiões átrioventricular e ventricular.

Existe uma íntima relação entre o septo membranoso e o nó atrioventricular e o feixe AV, tornando-se importante no estudo do sistema específico de condução cardíaca^{19,20}.

Embriogênese do Septo Interventricular

O desenvolvimento do septo interventricular se dá num longo período da embriogênese cardiovascular (quadro III), e envolve várias estruturas, só se completando quando as câmaras estão praticamente definidas e formadas, não necessitando mais da permanência da comunicação entre os ventrículos para se desenvolverem².

QUADRO III — Esquema cronológico de septogênese ventricular.			
Dia	Estagio de O'Rahilly (10)	mm de comprimento	Evento cardiológico
26	12	3 a 5	P O P R R R Ç Ç Ç Ã Ã Ã O O O
28	13	4 a 6	M M M U U U S S S C C C
32	14	6 a 7	A P P N O O T S S E T T R I L I O R R S A A B
36	16	8 a 11	P B T O A R R N A Ç D B Ã A É O S C M E L E P A M T A B R S R A E A N P O N T S O A A M A R G
41	17	11 a 14	
44	18	13 a 17	
47	19	16 A 18	

Este longo período da septação ventricular inicia-se em torno do 280 dia, em embriões que medem aproximadamente 3,6 mmCR e termina com o fechamento do foramen terciário pela porção membranosa nos embriões com 30 mmCR.

Podemos dividir didaticamente a embriogênese do septo ventricular em três partes distintas: 1) a formação da porção muscular anterior que deriva da saliência bulbo (cono) ventricular; 2) a formação da porção muscular posterior com seus dois componentes, o liso e o trabeculado, que tem a sua origem a partir do ventrículo primitivo; 3) a formação da porção membranosa (pars membranacea septi cordis) cujo desenvolvimento se deve a estruturas oriundas dos coxins endocárdicos do canal muscular atrioventricular.

Foramen Interventricular

Foramen interventricular primário -

No início da embriogênese o tubo cardíaco primitivo tem ampla comunicação entre as câmaras que vão se formando, com o intuito de ajudar no desenvolvimento das suas estruturas. No estágio 14 de O'Rahilly¹⁰ com os embriões tendo de 5 a 7 mm de comprimento crânio-caudal, observa-se um orifício que separa o ventrículo primitivo do bulbus cordis. Este orifício é margeado dorsalmente pela porção posterior do septo interventricular, e ventralmente pela saliência bulbo (cono) ventricular. Van Mierop e col^{21, 22} admitem que a distinção entre o septo interventricular que está se formando e a saliência bulbo (cono) ventricular é puramente didática e não anatômica, mas é muito útil para as descrições da formação do septo interventricular (fig. 4A e B).

Foramen interventricular secundário -

Este foramen aparece no coração embrionário como um anel incompleto, centrado entre os ventrículos, a região conal e o canal átrio-ventricular. As bordas do foramen secundário são, portanto: cefalicamente a saliência bulbo (cono) ventricular, ventral e caudalmente o septo interventricular muscular e dorsalmente os coxins endocárdicos ventral e dorsal. A transformação que ocorre do foramen interventricular primário em foramen interventricular secundário se deve à mudança que ocorre na parede do canal átrioventricular, projetando-se para a luz da cavidade ventricular (fig. 4B).

Foramen interventricular terciário -

Com o desenvolvimento do septo do **conus cordis**

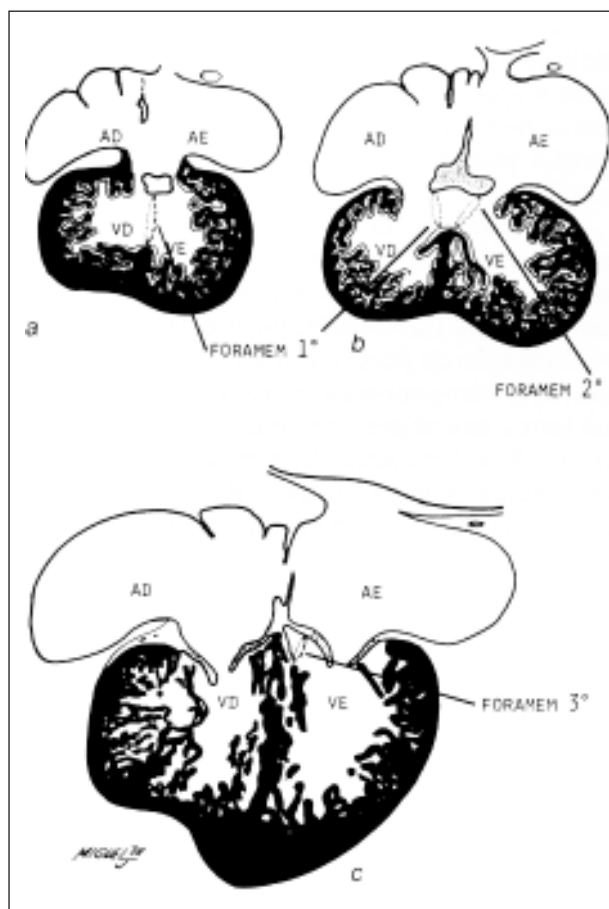


Fig. 4 A, B, C - Localizações dos forâmens interventriculares.

e a fusão dos coxins endocárdicos no 420 dia de evolução embriológica, o foramen interventricular fica com novos limites, ou seja, dorsalmente os coxins endocárdicos, caudal e ventralmente o ápice do septo interventricular muscular e cefalicamente o septo do **conus cordis**.

O fechamento deste foramen com a consequente separação das cavidades ventriculares ocorre nos embriões com 25 a 30 mmCR pelo desenvolvimento da porção membranosa do septo interventricular (fig. 4C).

Desenvolvimento da Porção Muscular (Pars Muscularis Septi Cordis)

Desenvolvimento da porção muscular anterior (Infundibular) - Os embriões com 22 dias de vida apresentam um tubo cardíaco único com ampla comunicação entre as futuras câmaras, exibindo anéis constrictivos entre elas, que servem para defini-las nesta fase inicial. Com o processo de torção e posicionamento das estruturas, surgem dobras e pregas que direcionam o fluxo sanguíneo nas várias fases evolutivas²³⁻²⁵.

A câmara ventricular primitiva começa a septar-se no 28º dia de vida com o aparecimento da porção muscular anterior do septo interventricular, a partir da saliência bulbo (cono) ventricular que é uma proeminência na face interna do coração correspondente à região do sulco bulboventricular²⁶.

Desenvolvimento da porção muscular posterior lisa - Simultaneamente com o desenvolvimento da porção muscular anterior ocorre a partir da parede muscular do ventrículo primitivo uma crista entre as depressões mais profundas do lado esquerdo do coração, é o chamado septo muscular posterior liso¹ (fig. 5).

Quando este septo muscular inicia-se a parede do ventrículo é constituída apenas do endotélio do tubo cardíaco revestido de “geléia cardíaca”, que é um tecido frouxo, com células de grande potencialidade diferenciadora, com origem mesodérmica e que resultará na formação do tecido muscular cardíaco^{27, 28}.

A porção muscular posterior lisa depois de formada resultará na região denominada de “septo liso” nos ventrículos direito e esquerdo^{1,2}.



Fig. 5 - Corte histográfico sagital em embrião humano com 7 mm CR, coloração HE, aumento de 40 vezes. Septo interventricular em desenvolvimento porção muscular posterior liso (seta).

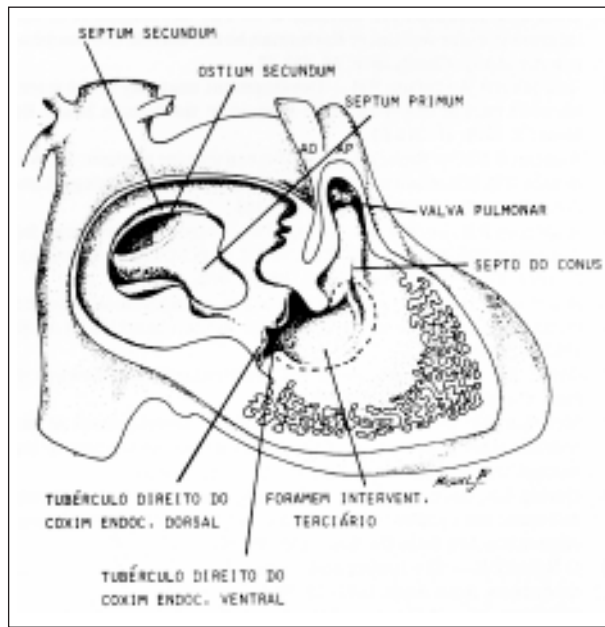


Fig. 6 - Esquema de um coração embrionário no estágio 20 de O'Rahilly. Visão pela face ventricular direita.

Desenvolvimento da porção muscular posterior trabeculada - A porção muscular posterior trabeculada inicia-se no 300 dia de evolução, a partir de estruturas ventriculares logo abaixo da porção muscular posterior lisa e cresce em direção à saliência bulbo (cono) ventricular. Com a regressão desta saliência e conseqüente centralização do tronco-cone que a porção muscular posterior passa a crescer em direção caudal, terminando sua formação no 42º dia da embriogênese²⁹.

O desenvolvimento destas porções musculares posteriores (lisa e trabeculada) resultam, no coração formado, as seguintes estruturas: no ventrículo direito a banda moderadora, a banda septal e a crista supra ventricularis; e no ventrículo esquerdo, o septo posterior trabeculado (fig. 6).

Participação do Septo do Conus Cordis no Desenvolvimento das Porções Musculares do Septo Interventricular

Nos embriões com 6 mmCR observamos ao longo da parede dorsal direita e ventral esquerda da região do **conus cordis** intumescências que crescem na luz do coração, uma em direção a outra, como também em direção ao septo do **truncus arteriosus**. As duas intumescências do **conus cordis** recebem os no-

mes de crista tronco conal direita e crista tronco-conal esquerda. A fusão destas duas intumescências foram o septo do conus cordis, dividindo-o numa porção antero-lateral que participa na formação do ventrículo direito e numa porção póstero-medial que participa na formação do ventrículo esquerdo, portanto, contribuindo na embriogênese das porções musculares do septo interventricular³⁰.

Com o término da formação do septo do conus cordis o foramen interventricular primário tem seu tamanho reduzido³¹.

Desenvolvimento da Porção Membranosa (Pars Membranacea Septi Cordis)

À medida que as porções musculares crescem, os ventrículos vão se separando, deixando cranialmente uma pequena passagem livre comunicando-os. Torna-se lógico que o índice da formação da porção membranosa ocorre quando as porções musculares estão em fase final de formação (fig. 7).

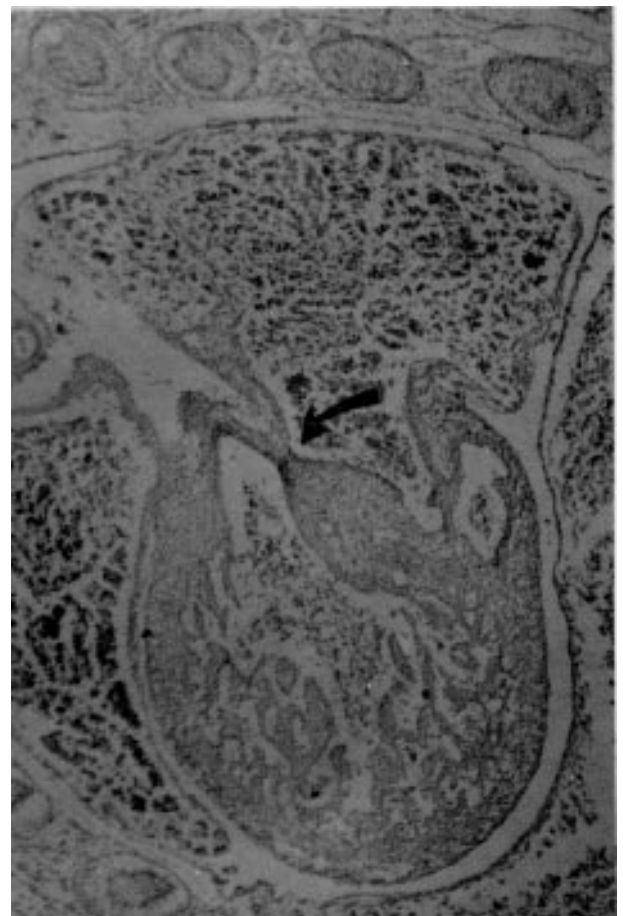


Fig. 7 - Corte histográfico frontal em embrião humano com 20 mm CR, coloração HE, em aumento de 40 vezes. Porção membranosa do septo interventricular (seta).

Como vimos anteriormente o septo membranoso apresenta dois componentes: o atrioventricular e o interventricular. O componente atrioventricular surge da fusão da crista troncoconal direita com o coxim endocárdico lateral direito e o componente interventricular surge da proliferação dos tubérculos dos coxins endocárdicos⁸.

A transformação do septo membranoso nos seus componentes atrioventricular e interventricular ocorre em períodos tardios da vida fetal, ou então logo após o nascimento, estando, este fato, associado com a liberação do folheto medial da valva tricúspide que está acolada à porção muscular do septo interventricular³.

Em resumo, o fechamento do foramen interventricular ocorre na 7^a semana de vida embrionária pelo concurso de várias estruturas do local, tendo três origens distintas: 1) a partir dos tubérculos direito e esquerdo dos coxins endocárdicos; 2) das cristas tronco-conais direita e esquerda; 3) da região apical do septo membranoso^{30, 32, 33}.

Na verdade como foi visto por vários autores^{1, 17, 26} a septação funcional dos ventrículos precede a septação anatômica propriamente dita.

O quadro IV mostra os componentes constituintes do septo interventricular e as estruturas embriogênicas que os formam.

QUADRO IV — Componentes do septo interventricular e suas origens embriogênicas	
Estrutura do septo interventricular	Origens embriogênicas
Porção muscular anterior ventricular (infundibular)	Saliência bulbo (cono)
Porção muscular posterior lisa	Depressões profundas da parede muscular do ventrículo primitivo
Porção muscular posterior trabeculada	Estruturas musculares do septo interventricular que forma a porção muscular posterior lisa
Porção membranosa Componente Atrioventricular	Fusão da crista troncoconal direita com o coxim endocárdico lateral direito do canal muscular AV
Porção membranosa Componente Interventricular	Proliferação dos tubérculos dos coxins endocárdicos do canal muscular AV

REFERÊNCIAS

- Goor DA, Lillehei W, Rees R, Edwards JE – Isolated ventricular septal defects: development basis for various types. *Chest*. 1970; 58: 468-82.
- Goor DA, Edwards JE, Lillehei W – The development of the interventricular septum of the human heart: correlative morphogenetic study. *Chest*. 1970; 58: 453-67.
- Allwork SP, Anderson RH – Development anatomy of the membranous part of the ventricular septum in the human heart *Br Heart J*, 1979; 41: 275-80.
- Anderson RH – Embryology of the ventricular septum In: Anderson RH, Shinebourne EA (Eds.) – *Paediatric Cardiology*, London, Churchill Livingstone, 1977, p. 103.
- Anderson RH, Becker AE, Kirklin JW – Ventricular septum. In: Anderson RH, Becker AE, Kirklin JW (Eds.) *Cardiac Anatomy*, London, Churchill Livingstone, 1980, p. 420.
- Brant W – Structure and function of the infundibulo ventricular crista (crista supraventricularis) of the human heart. *Acta Anat*, 1953; 18: 202-7.
- Grant RP – The embryology of ventricular flow pathways in man. *Circulation*, 1962; 25: 756-79.
- McBride RE, Moore WC, Hutchins GM – Development of the outflow tract and closure of the interventricular septum in the normal human heart. *Am J Anat*, 1981; 160: 309-31.
- Gerola LR, Carvalho ACG, Leao LEV, Succi JE et al – Banda anômala: uma análise crítica da anatomia e embriologia de seus elementos. *Arq Bras Cardiol*, 1985; 45: 365-70.
- O’Rahilly R – The timing and sequence of events in human cardiogenesis. *Acta Anat*, 1971; 79: 70-5.
- Okamoto N – Anatomy of the heart. In: Okamoto N. (Ed.) – *Congenital Anomalies of the Heart: Embryologic Morphologic and Experimental Teratology*. Tokyo, Igaku Shoin, 1980. p. 1.
- Keith A – The Hunterian lectures on malformations of the heart. *Lancet*, 1909; 359-63, 433-5, 519-23.
- Tandler J – Anatomie des herzens, Jena, Fischer, 1913. apud Okamoto N – *Congenital Anomalies of the Heart: Embryologic, Morphologic and Experimental Teratology*. Tokyo, Igaku-Shoin, 1980.
- Van Mierop LHS – Anatomy and embryology of the right ventricle. In: Edwards JE, Lev M. *The Heart*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1974. p. 1.
- Parolari JB – “Pars membranacea septi cordis” no homem: Dados sobre sua anatomia. Tese doutorado. F M Univ São Paulo, 1951.
- Goor DA, Lillehei CW, Edwards JE – Ventricular septal defects and pulmonic stenosis with and without dextroposition. Anatomic features embryologic implications. *Chest*, 1971; 60: 117-28.
- Oldgers PNB – The development of the pars membranacea septi in the human heart. *J Anat Physiol*, 1938; 72: 247-59.
- Wlamsley R, Watson H – The outflow tract of the left ventricle. *Br Heart J*, 1966; 28: 435-47.
- Anderson RH, Taylor IM – Development of atrioventricular specialized tissue in human heart. *Br Heart J*, 1972; 34: 1205-14.
- Anderson RH, Becker AE, Wenink AC, Janse MJ – The development of the cardiac specialized tissue. In: Wellens HJJ, Lie KI, Janse MJ (Eds) – *The Conduction System of the Heart: Structure, Function and Clinical Implications*. Philadelphia, Lea & Febiger, 1976. p. 3.
- Van Mierop LHS, Alley RD, Kausel HW, Stranahan A – The anatomy and embryology of endocardial cushion defects. *J Thorac Cardiovasc. Surg*, 1962; 43: 71-83.
- Van Mierop LHS, Alley RD – Pathogenesis of transposition complexes. I. Embryology of the ventricles and great vessels. *Am J Cardiol*, 1963; 12: 216-25.
- Davis CL – Development of the human heart from its first appearance to the stage found in embryos of twenty paired somite. *Contr Err, bryol Carneg Inst (Wash)*, 1927; 15: 1-25.
- Licata RH – The human embryonic heart in the night week. *Am J Anat*, 1954; 94: 73-125.
- Mall FP – On the development of the human heart. *Am J Anat*, 1912; 13: 249-98.
- Mederith MA, Hutchins GM, Moore GW – Role of the left interventricular sulcus in formation of the interventricular septum and crista supraventricularis in normal cardiogenesis. *Anat Rec*, 1979; 194: 417-28.
- Davis CL – The cardiac jelly of the chick embryos. *Anat Rec*, 1924; 27: 201-22.
- Medeiros Sobrinho JH – Septogênese cardíaca: defeitos septais. In: Medeiros Sobrinho JH – *Embriologia e Taxonomia das Malformações Cardiovasculares*. São Paulo, Sarvier, 1977. p. 21.

29. Sauaia N – Embriologia do Coração e Grandes Vasos. São Paulo Ed. Nacional., 970. p. 32.
30. Kramer TC – The partitioning of the truncus and conus and the formation of the membranous portion of the interventricular septum in the human heart. *Am J Anat*, 1942; 71: 343-70.
31. Langman J – Cardiovascular system. In: Langman J – Medical Embryology: Human Development. Baltimore, Williams & Wilkins Co, 1969. p. 191.
32. Wenink ACG – La formation du septum membranaceum dans le coeur humain. *Bull Assoc Anat*, 1974; 58: 1127-59.
33. _____ – Embryology of the ventricular septum: separate origins of its componentes. *Virchows Arc (Pathol Anat)*, 1981; 390: 71-9.