

## DESENVOLVIMENTO DA ÁREA JUNCIONAL ATRIOVENTRICULAR NO HOMEM

ARMANDO MIGUEL JUNIOR

O sistema cardiocirculatório é um dos primeiros a se tornar atuante, encaminhando nutrientes para todo o embrião<sup>1</sup>. Neste particular, torna-se muito interessante a formação do sistema gerador, e condutor dos impulsos, e deste, o nó AV, que está implicado como causa de morte nos recém-natos e lactentes<sup>2-6</sup>.

O mais notável achado sobre as fases iniciais da embriogênese é o caminho dos pares primordiais. Mesmo o coração, uma estrutura impar, origina-se de pares primordiais, os quais no início estão amplamente separados em cada lado da linha mediana do embrião, isto, porque o embrião nas fases iniciais, aberto ventralmente, estende-se na superfície do saco vitelino<sup>7</sup>.

Na formação do tubo cardíaco primitivo os primórdios aos pares vão se juntando e estabilizando na seqüência céfalo caudal, primeiro a porção trunco ventricular, em seguida o átrio e por último todo o “sinus venosus”, e isto é importante para a compreensão da gênese e condução dos estímulos elétricos<sup>7,8</sup>.

Estudos de eletrogramas e medidas de potenciais de ação intra celular, em corações de embriões de galinha com oito somitos mostram possíveis áreas de marca-passo antes mesmo do início das pulsações<sup>9</sup>.

Estas áreas de geração de potenciais aparecem primeiramente no miocárdio do ventrículo primitivo antes mesmo de ocorrer a fusão completa da região atrial e do “sinus venosus”, porém estes potenciais geram pulsações insuficientes para promover o movimento de sangue nos vasos recém formados<sup>8</sup>. Esta é a fase em que se inicia a formação do sistema específico do coração.

As áreas pulsáteis iniciam-se em diferentes regiões do coração, acompanhando a seqüência em que vão se formando<sup>7</sup>. Com o coração em forma de um tubo único, em torno do 20º dia, encontramos em cada um dos lados das veias cardinais comuns, entre os cornos do “sinus venosus”, áreas de marca-passo<sup>8</sup> promovendo pulsações como ondas peristálticas, que caminham da extremidade venosa para a arterial<sup>1</sup>.

Em alguns répteis estes achados persistem mesmo na fase adulta. Com a evolução das espécies, e a estruturação diferente do coração, ocorrem modificações no sistema específico até os primatas. Asidéias de Haaec-

kel que a embriogênese simula a filogênese são bem sustentadas nos estudos deste sistema, como pode ser demonstrado por Anderson<sup>10</sup>, Wenink<sup>11</sup> e Benninghoff<sup>12</sup>.

Apesar da existência do sistema específico do coração ter sido descrita por Purkinje, 1845<sup>13</sup>, foi His, 1893<sup>14</sup> que se ocupou com a embriogênese, admitindo que o nó AV provinha da continuação muscular entre o átrio e o ventrículo. Esta hipótese recebeu o nome de teoria miogénica, e até 1940 foi aceita pela comunidade científica. Segundo Robb, 1948<sup>1</sup> isto se deve as seguintes razões: o feixe de His é composto de um tecido não nervoso; a interrupção deste provoca bloqueio cardíaco; as pulsações precedem o desenvolvimento de nervos dentro do coração, e finalmente, o coração continua a pulsar mesmo separado do sistema nervoso.

Os trabalhos pioneiros de Keith e Flack, 1906<sup>16</sup>, e Mall, 1912<sup>17</sup> concluíram que o nó AV tinha origem “in situ” a partir do canal muscular atrioventricular Tandler, 1912<sup>18</sup> e Wall, 1947<sup>19</sup> em oposição admitiam que o nó AV se formaria por migração ativa de células a partir do canal muscular atrioventricular; Shaner, 1929<sup>20</sup> em vitelo, e Lieberman, 1970<sup>21</sup> em aves, chegaram a esta mesma conclusão.

Em 1970 James<sup>22</sup> formulou a hipótese que o nó AV se forma a partir de estruturas oriundas do corno muscular esquerdo do “sinus venosus”, que se deslocando com as torções, e evoluções do tubo cardíaco primitivo, acabava por se localizar na posição definitiva, à semelhança do que ocorre com as estruturas oriundas do corno muscular direito que dá origem ao nó sinusal.

Anderson e Taylor, 1972<sup>23</sup> estudando histográfica e histoquimicamente embriões humanos de 7 mmCR a 190 mmCR (*cronrump*) concluíram que o nó AV se formaria a partir de células do corpo muscular esquerdo do “sinus venosus”, e de células do canal muscular atrioventricular, desta forma combinando as teorias anteriores.

Uma outra hipótese foi levantada por Truex e col 1978<sup>24</sup> em estudos de 27 embriões humanos, por técnicas histográficas. Os autores encontraram duas popu-

lações distintas de células primordiais situadas na parede posterior do átrio comum no estágio de 6 mmCR, que seriam responsáveis pela formação do nó AV.

A população de células do componente direito representa no coração formado as células superficiais do nó AV, frouxamente organizadas entre a artéria nodal e as células musculares atriais, as células do componente esquerdo representam a porção profunda com uma ou mais massas de pequenas células nodais interpostas entre a artéria nodal e o anel fibroso.

A união destas duas porções é muito importante pois se houver deficiência nesta ligação, podem ocorrer bloqueios como nos casos ilustrados por James e col 1976<sup>25</sup>, e na presença de dois nós, nos casos de cardiopatias congênicas observados por Bharati e Lev, 1978<sup>26</sup>.

Uma teoria bem aceita atualmente tem suporte nos achados filogênicos de Benninghoff, 1923<sup>12</sup>; Goettler, 1963<sup>27</sup>; Schiebler e Doerr<sup>28</sup>; Heine, 1972<sup>29</sup>; e Vassall-Adams, 1982<sup>30</sup>, que observaram a presença de anéis especializados separando estruturas cardíacas, e tendo a função de gerar e conduzir pulsações rítmicas à semelhança do peristaltismo. Em embriões humanos Wenink, 1976<sup>11</sup> também encontrou estas estruturas que estudaremos em pormenor adiante. O quadro I ilustra as teorias da embriogênese do nó AV humano segundo os vários autores.

QUADRO I - Teorias propostas para a embriogênese da área juncional AV

ANO	AUTOR	TEORIA
1893	His	Miogênica
1906	Keith & Flack	"In situ" nas células do canal muscular AV
1912	Mall	Migração ativa das células do canal muscular AV
1912	Tandler	
1929	Shaner	
1947	Wall	
1970	Lieberman	
1933 e 1956	Patten	Corno muscular esquerdo do "sinus venosus"
1970	James	Corno muscular esquerdo do "sinus venosus" e canal muscular AV
1972	Anderson & Taylor	
1923	Benninghoff	Anéis de tecido especializado
1963	Goettler	
1963	Schiebler & Doerr	
1972	Heine	
1976	Wenink	
1976	Anderson et al	
1982	Vassall-Adams	
1978	Truex et al	

Os estudos do sistema específico de condução do estímulo elétrico do coração iniciaram-se com Purkinje, 1845<sup>13</sup>, observando algumas células peculiares na região subendocárdica do ventrículo de carneiros com as características diferentes das de contração muscular. Posteriormente His, 1893<sup>14</sup> demonstrou a existên-

cia de um fascículo que recebeu o seu nome, e Tawara, 1905<sup>31</sup> descobriu uma formação refletindo uma particular estrutura, na porção mais apical do feixe, cabendo a Keith e Flack, 1906<sup>16</sup> uma melhor definição da região, que foi por eles denominada de região sino-auricular.

Existe grande confusão na definição os termos "nó AV" e "junção AV". A junção AV representa uma área mais ampla com os tecidos especializados que apontam ao nó AV compacto, como os tratos pré-nodais dos átrios, e os tecidos cujos potenciais "H" do hissiograma detectamos no lado atrial do esqueleto fibroso, já o termo "nó AV" compreende uma região definida como nó AV compacto (fig. 1)<sup>32</sup>.

Apesar das variações e das discrepâncias existentes nas definições do nó AV dada pelos morfologistas, pelos clínicos, e eletrofisiologistas, a região da junção AV pode ser definida como a área do tecido especializado atrioventricular formando a união entre as fibras musculares de contração dos átrios e dos ventrículos.

A junção AV situa-se no lado direito do septo interatrial, anteriormente ao seio coronário, acima da base do folheto septal da valva tricúspide, mede aproximadamente 8 x 4 x 6 mm, continua com o feixe AV de His, passando medialmente e inferiormente ao penetrar o trigono fibroso. Esta porção penetrante do feixe AV é contínua com os ramos, correndo inicial-

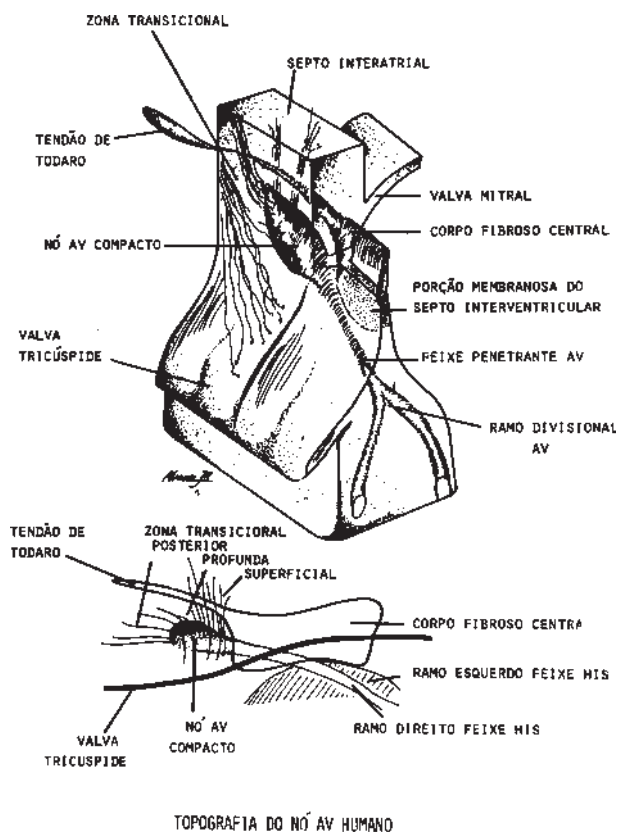


Fig. 1—Topografia do nó AV humano

mente na “crista” da porção muscular do septo interventricular<sup>32</sup>.

O nó AV compacto ocupa o ápice do triângulo de Koch, que é formado pelo seio coronário, o anel fibroso da valva tricúspide e pelo “tendão de Todaro” (fig. 1)<sup>33,35</sup>.

Com base na morfografia e arquitetura celular Anderson e Becker<sup>34</sup> definiram quatro regiões na área juncional AV: 1) região da zona transicional; 2) região do nó AV compacto; 3) região do feixe penetrante AV; 4) região do ramo divisional AV.

**Região da Zona Transicional** —Esta região é ocupada por células histograficamente diferentes das do miocárdio atrial e do nó AV compacto, sendo mais separadas tendem a formar um arranjo individual entremeadado com tecido fibroso. Esta região é semelhante à descrita como intermediária por Tawara, 1905<sup>31</sup>, e as proximais nodais de Lev, 1968<sup>36</sup> e a parte de inserção nodal descrita por Truex e Smithe, 1967<sup>37</sup>. A zona transicional se subdivide nos componentes anterior, posterior, superficial e profunda.

**Região do nó AV compacto** —O nó AV compacto exibe uma composição celular peculiar que levou Tawara, 1905<sup>31</sup> a designar de “Knotenpunkten” pelo grande entrelaçamento de pequenas células. Esta região foi ainda designada como área reconstruída<sup>37</sup>, e área intertextil<sup>35</sup>. As células especializadas do nó são divididas histograficamente nas porções superficiais e profundas, sendo esta última composta pelos segmentos intermediário e inferior<sup>35</sup> (quadro II).

Quadro II – Regiões do nó AV compacto

Anderson 1975 (35)	Porção Superficial		
	Porção Profunda	Segmento Intermediário	
Truex			Segmento Inferior
Truex 1978 (37)	Porção superficial Porção profunda		

A porção profunda é composta por células pequenas orientadas paralelamente ao anel fibroso da valva tricúspide, e porção superficial, é formada por múltiplas pequenas células dispostas em feixes semelhantes à rotula.

**Região do feixe penetrante AV** —O feixe penetrante forma um conjunto de fibras que fazem a ligação entre o nó AV compacto e o ramo divisional AV (feixe de His). Na porção proximal as células são mais homogêneas lembrando as do nó AV compacto e na porção distal tem semelhança às células do ramo divisional AV.

As células do ramo penetrante AV estão envoltas pelo tecido conjuntivo do corpo fibroso central, e pela porção membranosa do septo interventricular.

**Região do ramo divisional AV**—O ramo divisional AV situa-se acima da porção muscular do septo interventricular relacionando-se superiormente com a porção membranosa do septo. Logo o feixe se divide nos ramos direito e esquerdo. A composição celular é semelhante às células de trabalho contrátil.

#### Suprimento sanguíneo

A área juncional AV é suprida pelo ramo fibroso septal, que tem origem em 92% dos casos da artéria coronária direita, e em 8% da artéria circunflexa<sup>38,39</sup>.

Um fato interessante do suprimento sanguíneo é a disposição anatômica desta artéria, como que sendo puxada em direção ao nó AV fazendo um cotovelo. Como existe uma tendência em admitir-se que o vaso formado acompanha a estrutura correspondente por ocasião da formação, isto fez supor que a formação do nó AV compacto em parte, ocorra de estruturas originárias da parte “externa” do coração, como admitem alguns autores<sup>10,12</sup>.

#### Sistemática

Nesta revisão utilizaremos os critérios descritos e adotados por Goor e col<sup>40</sup> com relação aos cortes, planos de visão e pontos de referência.

Resumidamente destacamos que o plano de corte horizontal corresponde ao plano paralelo à parede diafragmática do embrião (“septum transversum”), o plano sagital toma como referência o maior eixo do corpo do embrião e finalmente o plano frontal ou coronal corresponde ao corte paralelo à visão ventral. Os termos caudal (polo venoso); cefálico (polo arterial); ventral e dorsal referem-se à orientação do coração embrionário. Os termos preceder e suceder aplicam-se à condição temporal do desenvolvimento de uma determinada estrutura embrionária em relação a outra.

As marcações dos tempos de ocorrência dos fenômenos embrionários serão feitos segundo os critérios descritos nos estádios de O’Rahilly<sup>41,42</sup> ou de Streeter<sup>43-46</sup>, por entendermos que estes estádios clássicos e as bibliografias consultadas ora citam uma ora citam outra classificação.

Além dos estádios nós também lançaremos mão da contagem em dias a partir da concepção e da medida céfalo-caudal em milímetros (mmCR)<sup>41,47</sup>.

As cronologias dos fenômenos cardíacos nas várias espécies, são de valiosa ajuda e as tabelas de Sissma<sup>47</sup> se prestam para as correlações.

Alguns fenômenos embrionários importantes para a compreensão da formação da área juncional AV estão resumidos e estadiados de acordo com os critérios adotados por O’Rahilly<sup>41,42</sup> no quadro III.

#### Definição de Termos

Okamoto<sup>48</sup> pode observar a enorme dificuldade que existe pela grande variação de sinônimos para uma mesma estrutura de acordo com os vários autores.

QUADRO III - Sinopse dos estádios embrionários de O'Rahilly (1971)

Dia	Estágio O'Rahilly	mmCR	Eventos Embrionários do coração humano
20	09	1,5 a 2,5	1 a 3 somitos
22	10	2,0 a 3,5	4 a 12 somitos
24	11	2,5 a 4,5	13 a 20 somitos
26	12	3 a 5	início canal AV
28	13	4 a 6	septum primum, coxins endocárdicos
32			
33	14 15	6 a 7 7 a 9	Identificação do nó AS Identif.do nó e feixe AV
36	16	8 a 11	Formação do ostium secundum
41	17	11 a 14	Fechamento do <i>ostium primum</i> , canal AV dividido
44	18	13 a 17	Formação do septo conal e valvas Ao e P
47	19	16 a 18	Formação do tendão de TODARO
50	20	18 a 20	

No final da 4ª semana podemos identificar as várias porções que formam o “tubo cardíaco primitivo” que se formou. Utilizaremos neste estudo a nomenclatura empregada por Van Mierop<sup>49</sup>.

A partir desta fase o coração passa a exibir torções que lhe conferirão dobras e sulcos na sua face externa, como o sulco atrioventricular, e o bulbo (cono) ventricular que tem importante papel como sede de estruturas que formarão os septos atrial e ventricular, o esqueleto fibroso e o sistema de condução.

Nas fases iniciais do tubo cardíaco primitivo a luz deste é única comunicando todas as câmaras esboçadas, e na fase que ocorre a torção (8 a 20 somitos) observa-se a presença entre os átrios dos forâmens interatrial: “ostium primum” e “ostium secundum”; entre o átrio primitivo e o ventrículo primitivo o chamado forâmen atrioventricular ou canal atrioventricular, e finalmente entre o primitivo ventrículo esquerdo e o primitivo ventrículo direito dos forâmens inter-ventriculares primário, secundário e terciário.

O canal atrioventricular apresenta tumefações bem distintas nos embriões com 35 dias (9 mmCR), os coxins endocárdicos ventral e dorsal, e sucedendo-os os coxins laterais direito e esquerdo<sup>49,50</sup>. No estágio 13 (5 mmCR) aparece na face interna do “bulbus cordis”, a saliência bulbo (cono) ventricular que dará importante contribuição na compreensão das estruturas. Nesta mesma ocasião ao longo da parede dorsal direita do “conus cordis” aparece a chamada crista bulbar direita, e ao longo da parede ventral esquerda a chamada crista bulbar esquerda. Aos 16

mmCR estas intumescências se juntam e fundem-se dando o septo do conus.

Na região do “truncus arteriosus” aparecem também intumescências nos embriões com 6 mmCR, que se localizam na parede ventral direita (crista tronco-conal direita) e na parede dorsal esquerda (crista tronco-conal esquerda). Ao crescerem em direção ao saco aórtico giram em torno de si e acabam fundindo-se para formar o septo do truncus aos 18 mmCR<sup>48,50</sup>.

### Concepção Atual

Como vimos anteriormente muitos autores se ocuparam do estudo das origens do sistema de condução em especial do nó AV<sup>7,11,16,18</sup> as teorias são esquecidas e lembradas por autores modernos<sup>10,11,22,30</sup>.

A sistematização da área juncional feita por Anderson & Becker<sup>34,51</sup> muito auxilia na compreensão da embriogênese das estruturas e evolução das mesmas. As 4 estruturas componentes parecem iniciar-se em períodos muito próximos, mas tornam-se mais evidentes, e importantes em fases distintas em decorrência da formação de estruturas adjacentes como o septo interatrial.

Toda a formação da área juncional AV desde a sua fase inicial no 22º dia até a estabilização final aos 60º dia é acompanhada pela septogênese cardíaca. Por uma questão didática, iniciaremos a revisão pela embriogênese do nó AV compacto.

QUADRO IV - Teorias propostas para a embriogênese do nó AV compacto

	Anderson & Taylor. 1972	Gerlis Et al, 1975	Truex et al, 1978	Wenink 1976	Anderson et al 1976
P P O R R O Ç F Â U O N D A	Corno Esquerdo do Sinus Venosus	Região Mitral da Porção Muscular Posterior Do septo Interventricular	Pequeno Primórdio Direito Na parede Dorsal Do atrio Primitivo	Invaginações Ventral e Dorsal Dos Anéis Especializados AS e AV	Porção Dorsal do Anel Especializado AV e Porção Muscular Posterior do Septo Interventricular
P S O U R P Ç E Â R O F I C I A L	Canal Muscular Atrio-Ventricular	Região Tricúspide do Canal Muscular Atrioventricular	Grande Primórdio Esquerdo Na parede Dorsal Do Atrio Primitivo		

### Embriogênese do Nó AV Compacto

O nó AV compacto é dividido em duas porções, segundo os vários autores (quadro II), com origens distintas (quadro IV).

O nó AV tem a sua origem a partir de estruturas que se formam em embriões com aproximadamente



30 dias, localizadas sobre o septo interventricular em sua porção muscular posterior, com o nome de primórdio nodal (fig. 2,3). Várias hipóteses explicam a formação desta estrutura<sup>3,10,11,24,52-55</sup>.

Com aproximadamente 22 dias (2 mmCR, Horiz X) o coração apesar de sua forma tubular já exhibe vários segmentos que podem ser facilmente reconhecidos: o “sinus venosus”, o átrio primitivo; o ventrículo primitivo; o “bulbus cordis”; e o “truncus arteriosus” (fig. 2, 4, 5)<sup>49</sup>. Como pode ser demonstrado por Wenink, 1976<sup>12</sup>, separando estes segmentos existem anéis de tecido constrictivos especializados, que ao exame histológico são compostos por células com características diferentes das encontradas nas paredes das regiões intermediárias destes segmentos acima descritos. O exame paralelo a esta situação pode ser visto nos corações dos vertebrados inferiores<sup>11,27-30</sup>.

Estes anéis foram denominados de: anel sinoatrial (SA); anel atrioventricular (AV); anel ventrículo-bul-

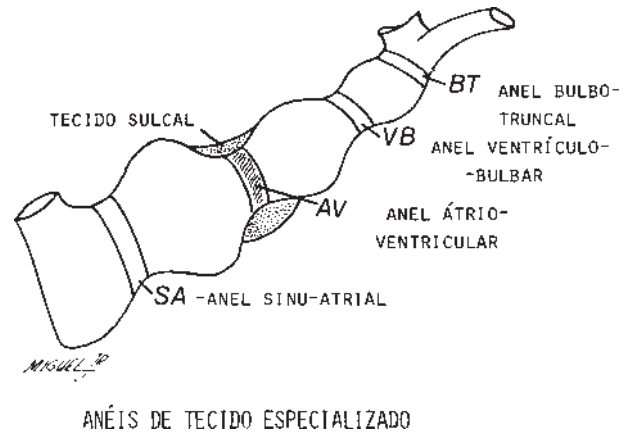


Fig. 4—Esquema dos anéis de tecido especializado em um embrião com 25 dias. Adaptado de Anderson e col<sup>10</sup>.

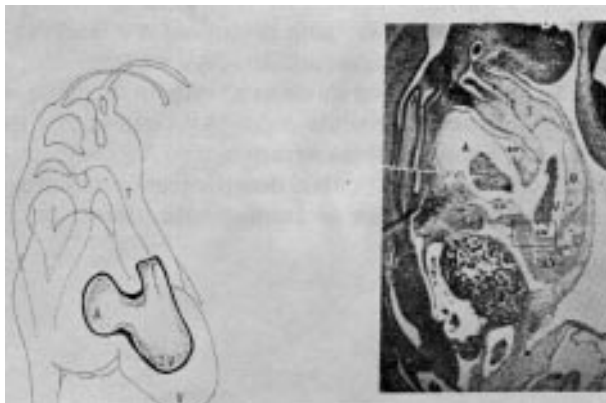


Fig. 2—Primórdio Nodal. Embrião humano com 35 dias de vida, corte sagital de 8 um. coloração pelo hemalum eosina, aumento 40 vezes. S—“sinus venosus”; A—átrio primitivo; V—ventrículo primitivo; B—“bulbus cordis”; T—“truncus arteriosus”; CD—coxim endocárdico dorsal; CV—coxim endocárdico ventral; SIV—septo interventricular; PN—primórdio nodal.

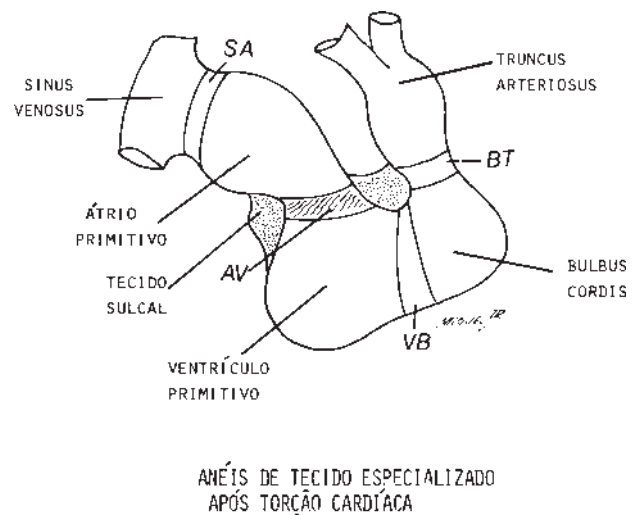


Fig. 5—Esquema dos anéis de tecido especializado em um embrião com 30 dias, após o período de torção do tubo cardíaco. Adaptado de Anderson e col<sup>10</sup>.

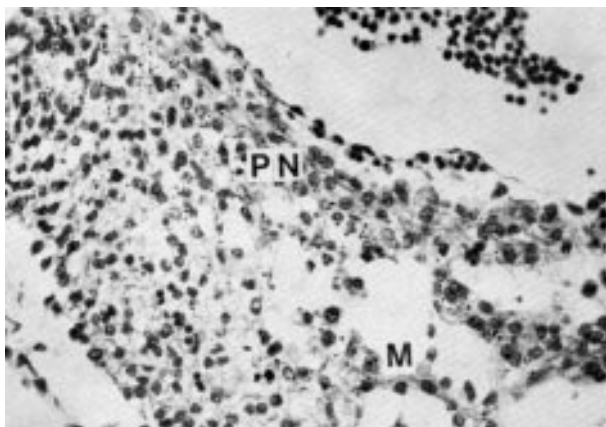


Fig. 3—Primórdio Nodal (PN) localizado no topo da porção muscular posterior do septo interventricular, detalhe da figura 02, aumento de 300 vezes. M—células miocárdicas contráteis.

bar (VB) e anel bulbo-truncal (BT), de acordo com as regiões que os mesmos separam<sup>10,11</sup>.

A torção cardíaca<sup>56</sup> é de grande importância na compreensão do deslocamento dos anéis e situação final do anel AV que contribui decisivamente na subsequente formação do tecido específico de condução<sup>3,10</sup>. Este processo produz em essência uma curvatura interna no coração, localizando os anéis AV, VB e BT em ponto próximo no cone ventricular, levando a formação da área juncional AV<sup>3,10,55</sup> (fig. 5).

Com 31 dias (horiz XV) várias transformações ocorreram e são de grande importância para o entendimento da embriogênese do nó AV. Os embriões nesta fase mostram a fusão do coxim endocárdico próxima de ocorrer<sup>57</sup>, o “septum primum” crescendo para baixo em direção do coxim endocárdico dá início a septação atrial, porém o “septum secundum” ainda não aparece<sup>58,59</sup>. Nesta fase o anel AV é bem evidente e em íntima relação com uma faixa de células assen-

tada na porção muscular posterior do septo interventricular, que parece derivar, também, do anel especializado AV, formando-se assim o primórdio nodal<sup>3,10</sup> (fig. 2, 5 e 6).

De acordo com Wenink<sup>11</sup> não só as invaginações anterior e posterior do anel AV participam na formação do nó AV, mas também, o tecido do anel SA que se localiza na parede posterior da câmara atrial direita, assim como parte do tecido especializado do anel VB.

No 200 dia de evolução (2,2 mmCR) o coração é formado por dois tubos que apresentam-se unidos à cavidade pericárdica pelos mesocárdios ventral e dorsal<sup>10</sup>. Na área de contacto desta faixa de tecido mesenquimal dorsal com a parede do átrio primitivo ocorre através do sulco atrioventricular uma penetração deste tecido para o interior da cavidade atrial, compondo o chamado tecido sulcal, que também irá compor o nó AV compacto. O tecido sulcal como que forma uma bainha em torno do nó AV compacto e feixe penetrante.

Gerlis, 1975<sup>52</sup> admite que o nó AV derive do aspecto tricúspide do canal muscular AV, e do “aspecto” mitral da porção muscular posterior do septo interventricular, já Truex, 1967; 1978<sup>24, 37</sup> concluiu que a região superficial do nó AV derivaria de um pequeno grupo de células primordiais que se localizam na parte direita da parede dorsal do átrio primitivo (pequeno primórdio direito), e a região profunda derivaria de um grande grupo de células na parte esquerda da parede dorsal do átrio primitivo (grande primórdio esquerdo).

#### Embriogênese do feixe AV

Outra estrutura significativa no sistema específico do coração é o feixe atrioventricular, tecido que une o nó AV compacto com a rede de Purkinje nos ventrí-

culos. O feixe AV é formado por um ramo que atravessa o esqueleto fibroso do coração, chamado ramo penetrante AV e por um ramo que fica montado no septo interventricular, e que logo se divide nos ramos direito e esquerdo, chamado ramo divisional AV.

A embriogênese do feixe AV acompanhada “pari passu” a embriogênese do nó AV compacto, e por analogia com este último, denomina-se as primeiras estruturas formadas de primórdio do feixe AV, pois como citamos anteriormente as primeiras estruturas formadas do nó AV compacto recebem o nome de primórdio nodal.

O ramo penetrante AV origina-se da fusão do tecido componente do anel especializado ventrículo-bulbar (VB) com as porções direita e esquerda do anel especializado atrioventricular (AV)<sup>3,10</sup>.

As porções direita e esquerda do anel especializado AV são resultantes das duas extensões dorsais deste anel, passando entre o tecido sulcal posterior e o tecido do coxim endocárdico<sup>3</sup> (fig. 7).

O ramo direito do ramo divisional AV tem sua origem a partir de células do anel especializado VB e o ramo esquerdo do ramo divisional AV origina-se de célula dos anéis especializados AV e VB<sup>3</sup>.

Existem inúmeras dúvidas a respeito de como se une as estruturas iniciais do nó AV compacto e do feixe AV. Alguns autores admitem o nó AV como uma estrutura supraventricular, desenvolvendo-se em separado do feixe AV, e só tardiamente unindo-se<sup>18,22, 60-64</sup>.

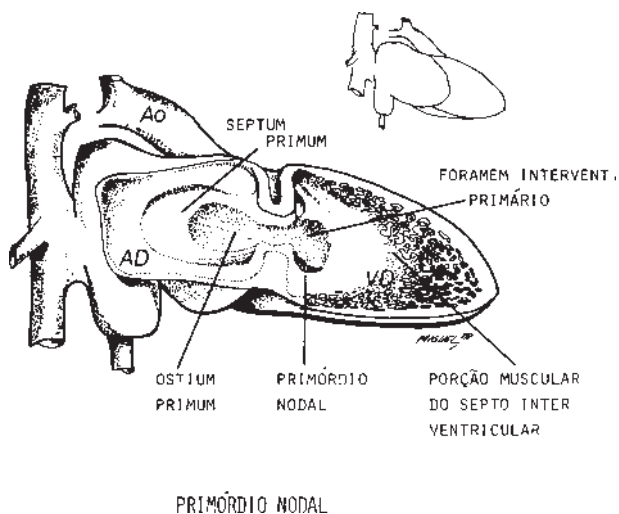


Fig. 6—Esquema do coração de um embrião com 30 dias de vida, cortado longitudinalmente e visto pela face direita. Observar a localização do primórdio nodal à semelhança com as figuras 2 e 3.

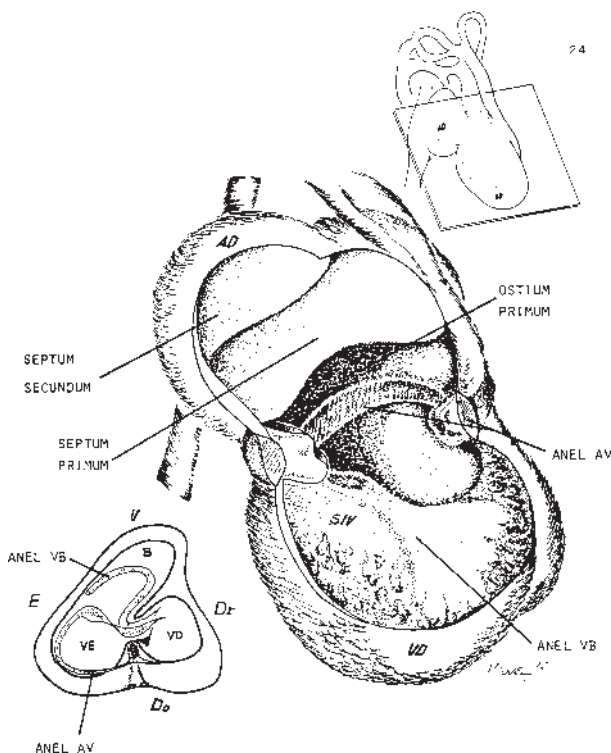


Fig. 7—Esquema do coração de um embrião humano com 35 dias (horizonte XV), chama a atenção a localização dos anéis AV e VB.

Ao que tudo indica a conexão entre o primórdio nodal e o primórdio do feixe AV se fez às custas do desenvolvimento de células do coxim endocárdico<sup>10</sup>.

#### Embriogênese da Zona Transicional

Os componentes da área juncional AV tem múltiplas origens, e a formação final só ocorre após o término da formação do septo interatrial, permitindo que as células componentes da zona transicional entre em contacto com o primórdio nodal e o primórdio do feixe AV.

Os tecidos constituintes da zona transicional estão dependentes de modo de formação da parte inferior do septo interatrial.

A porção anterior da zona transicional resulta da invaginação para trás da parte anterior do anel especializado AV, juntamente com o tecido sulcal adjacente.

A porção posterior da zona transicional resulta da projeção ventral das valvas venosas no átrio primitivo que carrega consigo o tecido do sinus venosus em direção ao primórdio nodal.

A porção superficial da zona transicional é formada pela invaginação posterior do anel especializado AV e pelo “septum primum”.

A porção profunda da zona transicional resulta da união entre a borda inferior do septum primum, a parede do átrio esquerdo e parte do tecido do anel especializado AV envolto pelo tecido sulcal. Estas hipóteses de formação da zona transicional são dadas por Anderson e col<sup>10</sup>.

#### Estabilização da Área Juncional AV

Com o desenvolvimento do septo interatrial os segmentos anterior e superior do tecido sulcal regridem, permitindo ao sinus venosus, septum primum, e porção anterior do anel especializado AV se estabilizarem ao entrar em contacto com o tecido miocárdico. Este processo termina entre a 6ª e 8ª semanas, assumindo assim a área juncional a sua forma definitiva<sup>3</sup>.

O esquema representado na figura 8 mostra as relações existentes na área juncional atrioventricular de um embrião com 40 mmCR.

#### Relação com a Septação Ventricular

O desenvolvimento do septo interventricular se dá num longo período da embriogênese cardíaca e envolve várias estruturas embriológicas. Inicia-se em torno do 28º dia (3,5 mmCR) e termina na 8ª semana de evolução (25 a 30 mmCR)<sup>65,67</sup>. Praticamente todas as porções do septo interventricular participam na embriogênese do nó AV, porém fez destaque a porção muscular posterior e a membranosa.

A porção muscular posterior tem os componentes liso e trabeculado. A porção muscular posterior lisa desenvolve-se simultaneamente à porção muscular anterior. Sua origem se dá a partir da parede muscu-

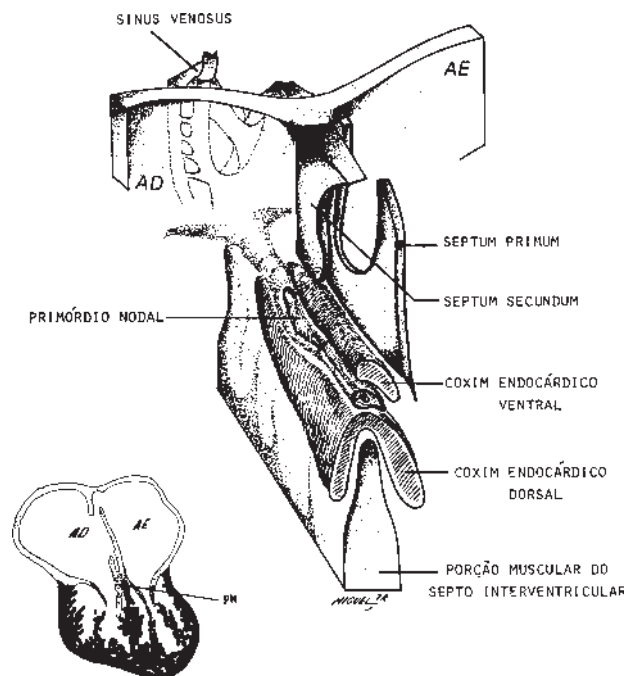


Fig- 8—Representação esquemática das relações estruturais do primórdio nodal em um embrião com 40 mmCR, próximo a sua formação definitiva.

lar, sendo bem visível nos embriões com 3,6 mmCR<sup>40</sup>. É sobre esta região que inicialmente se desenvolve o primórdio nodal<sup>10</sup> (fig. 2 e 3).

A medida que as porções musculares vão crescendo, os ventrículos vão se separando, deixando uma pequena passagem cranialmente, onde tem início a formação da porção membranosa, aos 38 dias (11 a 14 mmCR)<sup>66,68</sup> (quadro III).

O nó AV praticamente mantém o mesmo posicionamento em quanto ocorre a formação do septo membranoso, fez relação com a porção distal do feixe de His e com os ramos direito e esquerdo. Deste modo esta parte do sistema de condução está situada imediatamente por baixo da parte membranosa do septo interventricular e em íntima relação com a via de saída do ventrículo esquerdo e orifício aórtico<sup>64,69,71</sup> (fig 9).

#### Relação com o Esqueleto Fibroso do Coração

O esqueleto fibroso separa os átrios dos ventrículos servindo de base de sustentação dos aparelhos valvares e feixes musculares. Esta separação anatômica e funcional das câmaras cardíacas só é quebrada pelo feixe de condução AV<sup>67</sup>. Quando os anéis fibrosos de sustentação das valvas estão se formando tem-se a impressão que o feixe AV perfura o anel fibroso para atingir o septo interventricular, mas na realidade o nó AV e o feixe AV estão sempre em íntimo contacto com a parede atrial direita, com as paredes das veias cavas inferior e superior e o seio venoso<sup>10,67</sup>.

O tendão de Todaro é outra estrutura fibrosa com origem no corpo fibroso central, imediatamente acima



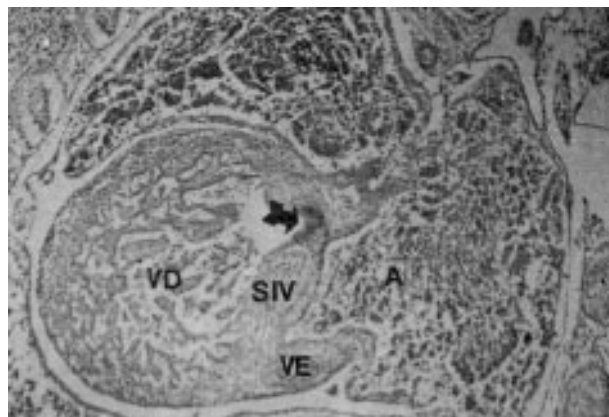


Fig-9—Embrião humano com 50 dias de vida, cortado horizontalmente, colocação pelo hemalume eosina, mostra o nó AV “cavalgando” o septo intraventricular SIV—septo interventricular: VE—ventrículo esquerdo: VD—ventrículo direito: A—átrio.

do ponto de junção entre o nó AV compacto e o feixe penetrante AV. Na região dorsal o tendão passa intramuscular através do septo atrial separando as células da região transicional, tornando-se subendocárdico no “septum sinus” e continuando com a valve de Eustachian<sup>10</sup>. Com esta localização o tendão forma um triângulo (triângulo de Koch) com o selo coronário e o anel fibroso da valva tricúspide. O ápice deste triângulo é ocupado pelo nó AV compacto<sup>10,35</sup> (fig. 1).

Embriologicamente o tendão de Todaro parece ter origem “extracardiaca” a partir do tecido sulcal, sendo visível nos embriões com aproximadamente 44 dias de vida (17 mmCr)<sup>69</sup>.

#### REFERÊNCIAS

- Sauaia N—Embriologia do Coração e Grandes Vasos. São Paulo, Ed. Nacional, 1970.
- Anderson RH, Bouton J, Burrow CT et al—Sudden death in infancy a study of cardiac specialized tissue. *Br Med J*. 2: 135, 1974.
- Anderson RH, Wenink ACG, Losekoot TG et al—Congenital complete heart block. Development aspects. *Circulation*, 56: 90, 1977.
- Dawes GS—Sudden death in babies. *Physiology of the fetus and newborn*. *Am J Cardiol*, 22: 469, 1968.
- Huntingford PJ—The aetiology and significance of congenital heart block. *J Obstet Gynaecol Brit Comm*. 67: 259, 1960.
- James TN—Sudden death in babies: New observations in the heart. *Am J Cardiol*. 22:479, 1968.
- Patten BM, Kramer TC—The initiation of contraction in the embryonic chick heart. *Am J Anat*, 53: 349, 1933.
- Patten BM—The development of the sino-ventricular conduction system. *Univ Mich Med Bull*, 22: 1, 1956.
- Van Mierop LHS—Location of pacemaker in chick embryo heart at time initiation of heart beat. *Am J Physiol*, 212: 407, 1967.
- Anderson RH, Becker AK, Wenink ACG et al—The development of the cardiac specialized tissue. In Wellens HJJ, Lie KI, Janse MJ (eds)—The conduction system of the heart: Structure, functions and clinical implications. Philadelphia, Lea & Febiger, 1976. P. 3.
- Wenink ACG—Development of the human cardiac conducting system. *J Anat (London)*, 121: 617, 1976.
- Benninghoff A—Über die beziehungen des reitzleitungssystems und der papillarmuskein zu der konturfasern des herzschlauches. *Anat Anz* 57, Ergänzungsheft, 185, 1923.
- Purkinje JE—Microscopich neurologische beobachtungen. *Arch Anat Physiol wiss Med*. 12: 281, 1845.
- His Jr W—Die thätigkeit des embryonalen herzens und dessen bedeutung für die lehre von der herz bewegung beim erwachsenen. *Arb Med Klin Leipzig*, 14, 1883.
- Robb JS, Kaylor CT, Turman WG—A study of the specialized heart tissue at various stages of development of the human fetal heart. *Am J Med*. 5: 324, 1948.
- Keith A, Flack MW—The auriculo-ventricular bundle of the human heart. *Lancet*, 2: 359, 1906.
- Mall FP—On the development of the human heart. *Am J Anat*. 13: 249, 1912.
- Tandler J—Die entwicklungsgeschichte des herzens. In Keibel F, Mall FP (eds)—Manual of human embryology. Philadelphia. Lippincott, 1912.
- Wall EW—The development of the specialized conducting tissue of the human heart. *J Anat (London)*, 81: 93, 1947.
- Shaner RF—The development of the atrio ventricular node, bundle of His, and sinuatrial node in the calf, with a description of a third embryonic node like structure. *Anat Rec*, 44: 85, 1929.
- Lieberman M—Physiologic development of impulse conduction in embryonic cardiac tissue. *Am J Cardiol*. 25: 279, 1970.
- James TN—Cardiac conduction system: fetal and postnatal development. *Am J Cardiol*, 25: 213, 1970.
- Anderson RH, Taylor IM—Development of atrioventricular specialized tissue in human heart. *Br Heart J*. 34: 1205, 1972.
- Truex RC, Marino TA, Marino DR—Observations on the development of the human atrioventricular node and bundle. *Anat Rec*. 192: 377, 1978.
- James TN, Spencer MS, Klopfer JC—De subitaneis mortibus. XXI. Adult onset syncope, with comments on the nature of congenital heart block and the morphogenesis of the human atrioventricular septal junction. *Circulation*, 54: 1001, 1976.
- Bharati S, Lev M—The course of the conduction system in dextrocardia. *Circulation*, 57 163, 1978.
- Goeettler KL—Entwicklungsgeschichte des herzens. In Bargmann, Coerr W (eds)—Das Herz des Menschen. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1963. p. 21.
- Heine H—Zur stammes- und entwicklungsgeschichte des reitzleitungssystems saügetierherzen. *Z Anat Entwickl Gesch*, 137: 86, 1972.
- Schiebler TH, Doerr W—Die entwicklung des reitzleitungssystems. In Bargmann, Doerr W (eds)—Das Herz des Menschen. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1963. p. 169.
- Vassall Adams PR—The development of the atrioventricular bundle and its branches in the avian heart. *J Anat*, 134: 169, 1982.
- Tawara S—Die topographic und histologic der brückenfasern. Ein beitrag zur lehre von der bedeutung der Purkinjeschen fäden. *Zentralbl Physiol*, 19: 70, 1905.
- Bellet S—General considerations normal anatomy. In: Essentials of cardiac arrhythmias. Philadelphia, WB Saunders, 1972. p. 1.
- Anderson RH, Becker AR, Kirklin JW—The conduction system. In *Cardiac Anatomy*. Edinburg, Churchill Livingstone, 1980. p. 6.
- Anderson RH, Becker AE—Anatomy of conducting tissue *Br Heart J*, 40: 2, 1978.
- Becker AK, Anderson RH—Morphology of the human atrioventricular junctional area. In Wellens HJJ, Lie KI, Janse MJ (eds)—The Conduction System of the Heart: Structure, Function and Clinical Implications. Philadelphia, Lea & Febiger, 1976. p. 263.
- Lev M—The conduction system in congenital heart disease. *Am J Cardiol*, 21: 619, 1968.
- Truex RC, Smythe MQ—Reconstruction of the human atrioventricular node. *Anat Rec*, 158: 11, 1967.
- James TN—Anatomy of the coronary arteries and veins. In Hurst JW (eds)—The Heart, Arteries and Veins. Tokyo, McGraw Hill—Kogakusha, 1974. p- 35.
- Frink RJ, Janse TN—Normal blood supply to the human His Bundle and proximal bundle branches. *Circulation*, 47: 8, 1973.



40. Goor DA, Edwards JE, Lillehei W—The development of the interventricular septum of the human heart—correlative morphogenetic study. *Chest*, 58: 453,1970.
41. O'Rahilly R—The timing and sequence of events in human cardiogenesis. *Acta Anat*, 79: 70, 1971.
42. DeHaan RL, O'Rahilly R—Embriology of the heart. In Hurst JW (eds)—*The Heart, Arteries and Veins*. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1974. p. 6.
43. Streter GL—Development horizons in human embryos: description of age group XI, 13 to 20 somites, and age group XII. 21 to 29 somites. *Contr Embryol Carneg Inst (wash)*, 30:211, 1942.
44. Streeter GL—Developmental horizons in human embryos: description of age group XIII, embryos about 4 or 5 millimeters long, and age group XIV, period of indentation of the lens vesicle. *Embryol Carneg Inst (Wash)* 31: 27, 1945.
45. Streeter GL—Developmental horizons in human embryos: description of age group XV, XVI, XVII, and XVIII, being the third issue of a survey of the carnegie collection. *Contr Embryol Carneg Inst (Wash)*, 32:135,1948.
46. Streeter GL—Developmental horizons in human embryos: description of age group XIX, XX, XXI, XXII and XXIII, being the fifth issue of a survey of the carnegie collection. *Contr Embryol Carneg Inst (wash)* 34: 165,1951.
47. Sissman NJ—Development landmarks in cardiac morphogenesis-comparative chronology. *Am J Cardiol*, 25:141, 1970.
48. Okamoto N—*Congenital Anomalies of the Heart—Embryologic, Morphologic and Experimental Teratology*. Tokio, Igaku-Shoin, 1980 p. 1.
49. Van Mierop LHS—Embryology. In Netter FH, Yonkman FH (eds)—*Ciba Collection of Medical Illustrations, vol. 5—Heart* New Jersey, Ciba Pharmaceutical Co, 1969 p. 115.
50. Langman J—Cardiovascular system. In—*Medical Embryology—Human Development*. Baltimore, Williams & Wilkins Co, 1969, p. 191.
51. Anderson RH, Becker AK, Brechenmacher C et al—The human atrioventricular junctional area. A morphological study of the A-V node and bundle. *Eur J Cardiol*, 3: 11,1975.
52. Gerlis LM, Anderson RH, Becker AE—Complete heart block as a consequence of atrio nodal discontinuity. *Br Heart J*, 34: 345, 1975.
53. Tawara S—*Das reizleitungssystem des säugetierherzens. Eine anatomisch-histologische studie über das atrioventrikularb undel die Purkinjeschen Fäden*. Jena, G. Fischer, 1906.
54. Taylor IM, Anderson RH—The development of the atrioventricular specialized conducting tissue in the human heart. *J Anat (London)* 110: 149, 1971.
55. Davies MJ, Anderson RH—The pathology of the conduction system. In Pomerance A, Davies MJ (eds)—*The Pathology of the Heart*. Oxford, Blackwell Scientific Pub. 1975. p. 367
56. Stalberg H—Mechanism of dextral looping of the embryonic heart. *Am J Cardiol*, 25: 265, 1970.
57. Van Mierop LHS, Alley RD, Kausel HW et al—The anatomy and embriology of endocardial cushion defects. *J Thoracic Cardiovasc Surg*, 43: 71,1962.
58. Puerta Fonollá AJ, Orts Llorca F—Origin and development of the septum primum. *Acta Anat*. 100: 250, 1978.
59. Van Praagh R, Corsini I—Cor triatriatum: Pathologic anatomy and a consideration of morphogenesis based on 13 post mortem cases and a study of normal development of the pulmonary vein and atrial septum in 83 human embryos. *Am Heart J*. 78: 379, 1969.
60. Sanabria T—*Recherches sur la differenciation du tissu nodal et connecteur du coeur des mammiferes*. *Arch Biol (Paris)* 47: 1, 1936.
61. Muir AR—The development of the ventricular part of the conduction tissue in the heart of the sheep. *J Anat (London)* 88: 381, 1954.
62. Navaratnam V—The development of the specialized musculature of the human heart. *Ceylon J Med Sci*. 14: 67,1965.
63. Duckworths JWA—The development of the sinuatrial and atrioventricular nodes of the human heart, 1952. (MD Thesis, University of Edinburg).
64. Los JA—Embryology. In Watson H (ed)—*Paediatric Cardiology*. St Louis CV Mosby, 1968. p. 1.
65. Wenink ACG—Embriology of the ventricular septum. *Virchows Arch (Pathol Anat)*, 390: 71, 1981.
66. Allwork SP, Anderson RH—Development anatomy of the membranous part of the ventricular septum in the human heart. *Br Heart J*. 41: 275, 1979.
67. Medeiros Sobrinho JH—*Embriologia e Taxonomia das Malformações Cardiovasculares*. São Paulo, Sarvier. 1977. p. 271.
68. 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*. 160: 309,1981.
69. Van Gils FAW—The fibrous skeleton in the human heart Embryological and pathogenetic considerations. *Virchows Archa (Pathol Anat)* 393: 61,1981.
70. Parolari JB—“Pars membranacea septi cordis” no homem. Dados sobre sua anatomia. São Paulo, 1951. (Tese Dout, Faculdade de Medicina Universidade de São Paulo).
71. 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*, 71: 343, 1942.