

심장 전기 전도계의 형태

—부검례를 토대로한 형태학적관찰—

서울대학교 의과대학 병리학교실

서정욱 · 지제근 · 이상국

서 론

17세기 초 Harvey가 순환기 이론을 창안한 이래 심장은 우리 몸에서 가장 중요한 장기로서 그 형태와 기능에 대하여 많은 연구가 있었다.

그러나 심장은 생명과 직접관련이 있는만큼 연구의 방법에서 많은 제약이 있는 게 사실이어서 그 정체에 대한 논란이 많은 장기중의 하나이다. 그러한 특징을 갖는 것중에도 심장전도계는 오래전부터 형태학자에 의해 연구되었지만 아직도 논란이 되고 있고 최근들어 자세한 연구의 필요성이 증가되고 있다.

역사적으로 1845년 Purkinje^{1,2)}가 돼지의 심내막하에서 Purkinje fiber로 불리는 특수한 심근을 발견하였지만 심장전도계에 대한 중요한 연구는 Gaskell³⁻⁵⁾이후에 이루어졌다고 할 수있다. 그는 생체외에서 자극에 의해 심방과 심근이 별도로 수축하는 것을 관찰하고 심장전도가 특수한 심장근조직으로 전달된다고 주장하였다(근원설 : myogenic theory).

그후, Kent⁶⁾와 His⁷⁾에 의해 His bundle이 발견되었다. 1906년 Tawara⁸⁾는 방실결절(atrioventricular node)을 발견하고 방실결절과 His bundle의 연결을 확인하였다. 1907년 Keith와 Flack⁹⁾는 동방결절(sinoatrial node)을 발견하였다. 그후 전기 생리학의 발달에 힘입어 Oppenheimer¹⁰⁾에 의해 동방결절의 위치가 생리학적으로 확인되고 심장 전기 전도계의 연구는 형태학과 생리학이 상호 보완적으로 발달하였다.

1950년대 들어 진단방법과 개심술이 발달하여 심장에 대한 수술이 늘어나면서 복잡한 심장기형의 수술

이 가능해지고 그에의한 후유증으로 심장전도계의 손상과 부정맥증례가 증가하였다¹¹⁾. 어른에서는 심근경색증으로 인한 부정맥증례가 증가하고^{12,13)} 그 밖에 원인불명의 급사에 대한 연구등의¹⁴⁻¹⁶⁾ 필요성은 심장전도계의 형태에 대한 연구를 다시 촉진하였다. 1960년대 이후 Hudson¹⁷⁻¹⁹⁾, Lev²⁰⁻²²⁾, Anderson²³⁻²⁵⁾, James^{12,26,27)}, Davies^{4,5)} 및 van Mierop²⁸⁾ 등의 연구가 그 대표적인 예라 할수 있고 일본에서도 심전도 소견과 연관하거나²⁹⁾, Kawasaki병의 사인규명등의 목적으로³⁰⁾ 심장전도계에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다.

한국인의 연구로는 1959년에³¹⁾ 개의 심내막을 육도 염색하여 수술시 나타날수 있는 심장전도계의 손상을 피하려는 시도가 있었고 실험적으로 개의 동방결절에 손상을 주어 나타나는 심전도 및 병리학적 변화를 연구하기도 하였다³²⁾. 1970년 허 등³³⁾은 방실전도 장애 및 심실내전도 장애 192예를 임상적 측면에서 분석하였으나 병리학적 소견은 검사되지 못하였다. 치료에 저항한 빈맥으로 사망한 여자의 부검에서 동방결절을 침범한 결핵이 발견되어 보고된 바도 있었으나³⁴⁾ 심장전도계에 대한 체계적인 형태학적 연구는 문헌을 참조하기 어려운 실정이다.

저자들은 부검례를 중심으로 동방결절, 방실결절의 정확한 위치 크기 및 형태를 관찰하고 검색방법을 개선하여 심장전도계의 병리학적 연구의 기본적 자료로 삼고자 본 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

1) 재 료

1981년과 1982년 서울대학교 병원 병리과에서 시행한 부검 예증 심장의 고정상태가 좋고 우심방의 절개상태가 동방결절부위를 손상하지 않은 것을 택하였다. 주로 그 크기가 작은 태아 및 영아의 심장을 재료로

접 수 : 1983년 7월 26일

* 본 연구에 소요된 경비의 일부는 서울대학교병원 1982년도 임상 연구비(이상국)에 의해 충당되었음.

Table 1. Summary of the cases examined

Case No.	Autopsy No.	Age/Sex	Autopsy diagnosis	Cardiac pathology	Weight of heart (gm)
1	A81-39	O/F	FDIU	Atrial septal defect	8.3
2	A82-35	O/M	FDIU	None	10.7
3	A82-6	NB/F	Exencephaly	None	14.2
4	A82-14	NB/F	Anencephaly	None	15.4
5	A82-58	4d/M	Anencephaly	Patent foramen ovale	15.9
6	A81-68	NB/M	Neonatal death	None	19.2
7	A82-59	NB/M	Birth trauma	None	19.7
8	A81-56	6d/M	Gastroschisis	None	22.2
9	A82-20	10d/F	Congenital heart disease	ASD, VSD, PDA,	39.2
10	A82-63	9d/F	Toxic encephalopathy	ASD, VSD Aortic hypoplasia	43.1
11	A82-74	5/M	Sepsis	None	130.0
12	A82-2	16/F	Massive hepatic necrosis	None	254.0
13	A81-51	34/F	Chronic renal failure	None	468.0

(NB: newborn, ASD: atrial septal defect, FDIU: fetal death in utero, VSD: ventricular septal defect, PDA: patent ductus arteriosus)

Table 2. Age groups of the cases examined

Age group	M	F
Fetus	1	1
Infant	4	4
Child	1	
Adolescent		1
Adult		1
Total	6	7

Table 3. Diagnoses of the hearts examined

Cardiac diagnosis	No. of cases
Normal heart	9
Malformed heart	4
• ASD + VSD + hypoplastic aorta	
• ASD + VSD + PDA	
• ASD	
• Patent foramen ovale	

하였고 성인 심장도 2예 포함시켰다(표 1). 이들의 연령분포는 표 2와 같다. 사망원인은 태아사망 2예, 선천성기형에 의한 사망 5예, 후천적질환에 의한 사망 6예였다. 13예중 9예의 심장은 정상이었으며 4예는 비정상이었다(표 3). 심장의 무게는 100gm 이하가 10예 그리고 100gm 이상이 3예였다(표 4).

2) 방 법

(1) 일반적 검색:

10% 중성 formalin에 고정된 심장의 무게 및 부피를 측정하고 병변유무 및 일반적 형태를 관찰하였다.

(2) 동방결절 검색:

상대정맥과 하대정맥을 확인하고 우심방 이개(auricle)의 최상단이 상대정맥(superior vena cava)과 만나는 점을 sulcus terminalis의 기점으로 하였고 심근층이 끝나고 하대정맥이 시작되는 곳까지의 길이를 sulcus terminalis의 길이로 측정하였다.

Sulcus terminalis에서 우심방 자유 벽(free wall)쪽으로 1cm 가량되는 곳을 절개하였다(Fig. 1). 그 절개가 우심방 이개의 상연과 만나는 곳에서부터 상대정맥까지 상연을 따라 절개하였다. 절개후 펼치면 평면적으로 펼칠수가 있었다(Fig. 2). 소정의 고정방법으로 심장을 고정한후 사진촬영을 하고 동방결절의 현

미경적 검사를 위한 적출을 하였다. 동방결절을 ① 적출후 횡으로 3등분하여 포매하는법(10예) ② 적출후 종으로 2등분하여 포매하는법(1예) ③ 우심방을 심방 중격을 포함하여 절제하고 포매하는법(2예)의 3가지 방법으로 paraffin block을 제작하였다. 적출후 적출된 조직의 길이는 micrometer로 측정하였다.

(3) 방실결절 검색 :

우심실을 심실중격에 가까이 절개한후 심실의 병변 여부를 관찰하고 삼첨판 판막의 길이를 micrometer로 측정하였다. 삼첨판중 중격판막은 모양이 일정하여 절개의 기준으로 삼았다.

먼저 중격판막의 중앙부를 상하로 절개하였다(Fig. 2). 이 절개에서 승모판의 전첨(anterior cusp)이 절개되었다. 중격판막 중앙부에서 양쪽으로 5mm 가량 되는 곳에 2차 절개를 하였다. 전방에서는 대동맥의 비관상동맥(non-coronary cusp)이 포함되었고 후방으로는 관상동(coronary sinus)의 개구부가 절개되었다. 상하의 길이가 2~3cm 가량되게 상하부를 절개하여 적출하고 적출된 조직을 micrometer로 측정후 포매하였다.

(4) 박절 및 염색 :

Paraffin block을 제작한후 100 μ m에 1장씩 규칙적인 단계박절을 하였다. 포매된 조직 2-3편 중 1편이라도 나올 때부터 모두 없어질때까지 박절하여 1block 당 약 50장의 박절표본을 얻었다.

5장의 박절표본중 1장씩 hematoxylin-eosin 중복 염색을 하였다.

(5) 1차 검경 및 추가 염색 :

박절된 slide를 모두 검경하여 총 박절수(total section count)를 세었다. 조직이 반이상 나온 조직편의 수를 모두 세어 상대정맥쪽부터 번호(section count)를 부여하여 그 마지막 번호를 총 박절수로 하였다.

현미경적으로 동방결절을 찾을수 있는 slide로 잠정적 결절범위로 삼고 그 주변의 slide를 H&E, Masson trichrome, von Verhoeff 탄력섬유 염색 및 reticulin 염색을 하였다.

(6) 2차 검경 :

추가 염색된 slide를 현미경으로 검경하여 정확한 결절 범위를 정하고 결절의 면적을 측정하였다.

3) 측정 및 통계

(1) 1차원적 측정 :

Formalin에 고정된 상태의 길이를 계산하기 위하

Table 4. Weights of the hearts examined

Weight of heart (gm)	No. of cases
0-15	5
16-30	3
31-100	2
over 100	3
Total	13

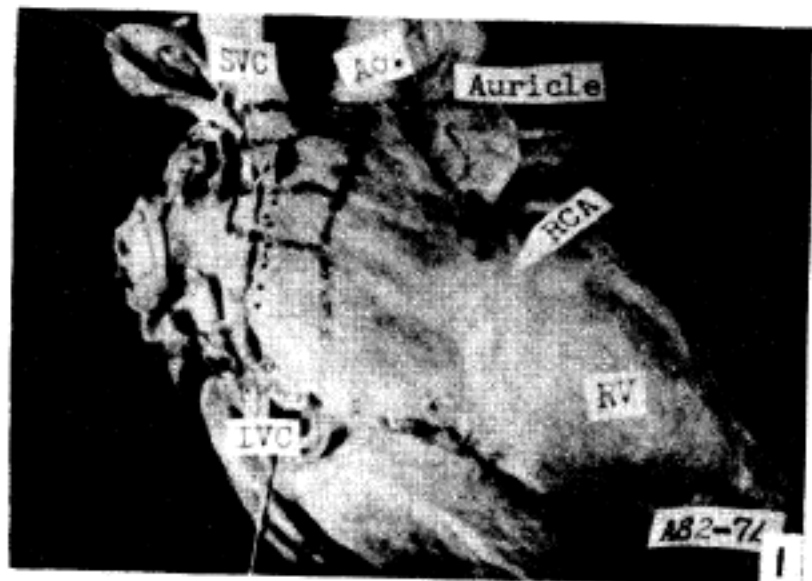


Fig. 1. Right side of the heart, showing sulcus terminalis (dotted line), on which SA node (black) is located. Rectangular drawings represent the lines of incisions.



Fig. 2. Open view of the right atrium and ventricle, showing incision lines and locations of sinoatrial(SA) and atrioventricular(AV) nodes, which are stained black.

여 현미경으로 검경한 길이를 paraffin block에서의 길이로 바꾼 후 formalin에 고정된 상태의 길이로 환산하였다. 총 박절수(total section count)에 100 μ m를 곱하면 paraffin block에서의 길이가 된다.

$$\begin{aligned} & \text{Length in the paraffin block(mm)} \\ & = \text{total section count} \times 0.1 \end{aligned}$$

Formalin에 고정된 상태의 길이와 paraffin block에서의 길이의 비를 수축 비율(contraction ratio)로 표시하였다.

$$\text{Contraction ratio} = \frac{\text{length in paraffin block}}{\text{length in formalin fixed state}}$$

Paraffin block에서의 길이는 total section count로 계산할수도 있지만 micrometer로 측정할수가 있으므로 이 두 방법으로 각각 contraction ratio를 계산하여 20%이상 차이가 있는 1에는 측정치 분석시 제외되었다.

(2) 동방결절의 절대 및 상대위치:

동방결절의 위치를 section count로 표시하고 번호에 0.1mm(100 μ m)를 곱하면 paraffin block상 기점으로부터의 길이를 계산하게 된다. 이 값에 수축비율의 역수를 곱하면 동방결절의 절대위치가 된다.

Absolute location

$$= \text{section count} \times 0.1 \times \frac{1}{\text{contraction ratio}}$$

동방결절의 상대위치는 sulcus terminalis의 길이에 대한 백분율로 표시하였다.

Relative location

$$= \frac{\text{Absolute location}}{\text{Length of sulcus terminalis}} \times 100$$

이와 같은 방법으로 동방결절의 절대범위와 상대범위를 계산하였다.

(3) 2차원적 측정:

동방결절이 포함된 slide를 microprojector를 이용하여 모눈종이에 비치고 모눈수를 세었다. 한개의 모눈에 해당하는 slide의 면적을 계산하여 slide상 동방결절의 면적을 측정하였다.

Calculation of area

$$= \text{area of one square} \times \text{number of squares}$$

Paraffin block을 박절하여 slide로 만드는 과정에서 박절기날의 방향으로는 길이의 변화가 없으나 그 수직 방향으로는 매 slide마다 차이가 심하여 slide에 옮겨진 paraffin 박절 길이와 paraffin block 길이의 비로 보정하였다. 그리고 paraffin block에서의 면적에 수

축비율의 역수를 두번 곱하여 formalin에 고정된 상태의 면적으로 수정하였다.

Corrected area

$$\begin{aligned} & = \text{calculation of area} \times \frac{\text{length of paraffin block}}{\text{length of paraffin on slide}} \times \\ & \left(\frac{1}{\text{contraction ratio}} \right)^2 \end{aligned}$$

(4) 3차원적 측정:

동방결절의 면적을 각각의 slide에서 측정 한 후 section의 두께(0.1mm)와 수축비율로 formalin에 고정된 상태의 부피를 계산하였다.

True volume

$$\begin{aligned} & = \text{corrected area} \times 0.1 \times \frac{1}{\text{contraction ratio}} \\ & = A_o \times L_o \times 0.1 \times \left(\frac{1}{CR} \right)^3 \sum \frac{a}{l} \end{aligned}$$

A_o : Area of one square

L_o : Length of paraffin block

CR : Contraction ratio

a : Count of squares

l : Length of paraffin on slide

동방결절의 상대부피는 동방결절부피를 심장의 부피로 나눈값으로 표시하였다.

(5) 통 계:

동방결절의 위치는 각 측정 동방결절의 중앙치의 평균과 결절범위의 평균으로 표시하였다.

심장무게의 차이에 따른 동방결절범위, 동방결절 절대부피 및 동방결절 상대부피의 변화를 상관분석(correlation analysis)과 Spearman의 순위 상관분석 방법으로 분석하였다.

결 과

1) 동방결절의 위치

Sulcus terminalis의 기점(상대정맥과 우심방이개가 만나는점)에서 하대정맥의 기시부까지 즉 sulcus terminalis의 길이는 10-36mm로 심장의 크기에 따라 커지는 양상이었으나 동방결절 중앙부위까지의 거리는 0.9-10.5mm로 차이가 비교적 심하였다.

Sulcus terminalis의 기점을 0으로 하고 하대정맥의 기시부는 100으로 하였을때 동방결절의 상대위치는 평균하여 18.4-35.4였다(Fig. 2).

Table 5. Absolute and relative location of the SA nodes

Case	Weight of heart	Length of sulcus term.	Absolute location		Relative location					
			mid-point	range	summit	10	20	30	40	50
1	8.3 gm	12 mm	3.7 mm	3.0 mm						
2	10.7	10	2.9	1.9						
3	14.2	15	4.7	3.5						
4	15.4	14	5.4	2.6						
5	15.9	13	0.9	1.4						
6	19.2	16	5.3	2.9						
7	19.7	14	3.4	3.1						
8	22.2	16	1.9	0.8						
9	39.2	27	10.5	3.7						
10	43.1	21	8.7	1.8						
11	130	23	4.4	2.3						
12	254	36	5.9	4.0						
Mean										

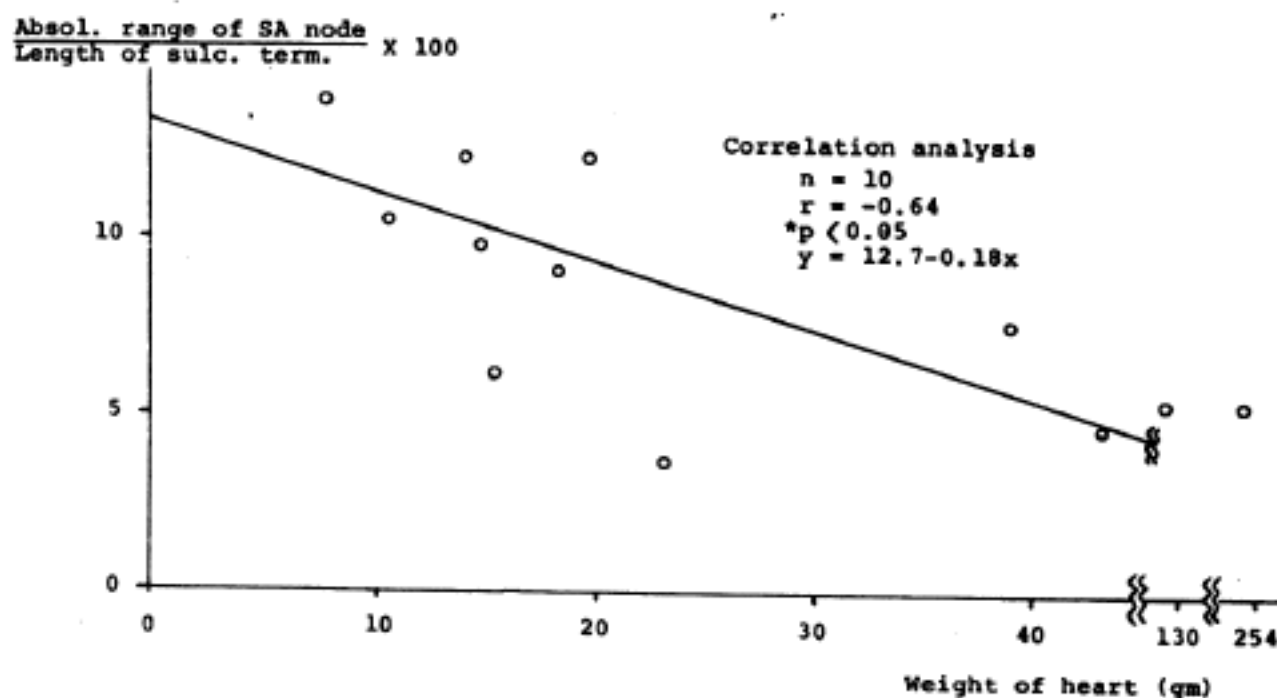


Fig. 3. Relative range of SA node.

가장 상부에 위치한 예는 1-14였으며 가장 하부에 위치한 예는 28.5-48.5의 위치에 있었다(표 5).

동방결절은 sulcus terminalis부위의 심외막 직하부에 위치하였다. Crista terminalis는 sulcus terminalis보다 앞쪽에 위치하므로 동방결절은 crista terminalis보다 뒷쪽에 위치하였다(Fig. 6).

2) 동방결절의 크기

동방결절의 1차원적 절대크기 즉 sulcus terminalis방향으로의 길이는 0.8-4.0mm로 나타났다. 동

방결절의 상대범위는 심장무게가 커짐에 따라 작아지는 경향이였다. 심장무게가 130gm, 254gm인 두 예를 제외하고 상관분석을 하면 통계적으로 유의하였다(Fig. 3).

동방결절의 3차원적 절대크기 즉 부피는 0.53-4.21mm³로 측정되었고 심장의 무게가 커짐에 따라 부피도 커졌다. 이는 통계적으로 매우 유의하였다(Fig. 4).

동방결절의 3차원적 상대크기 즉 상대부피는 1.6-17.3×10⁻⁵이었고 이들의 평균은 6.6×10⁻⁵이었다.

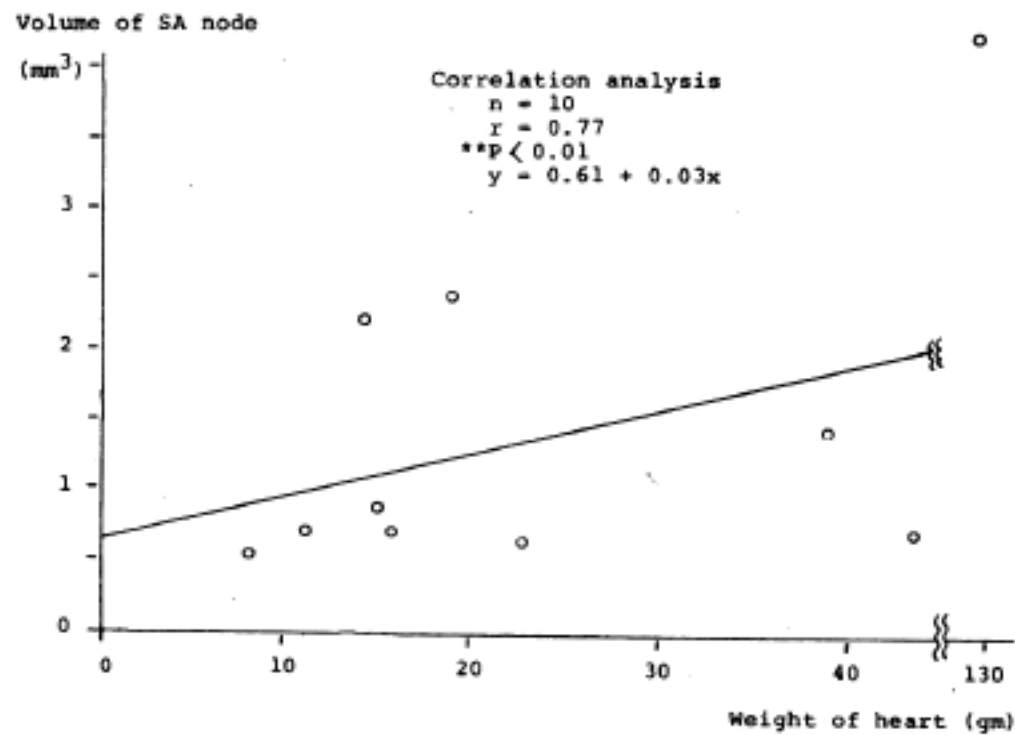


Fig. 4. Absolute volume of SA node.

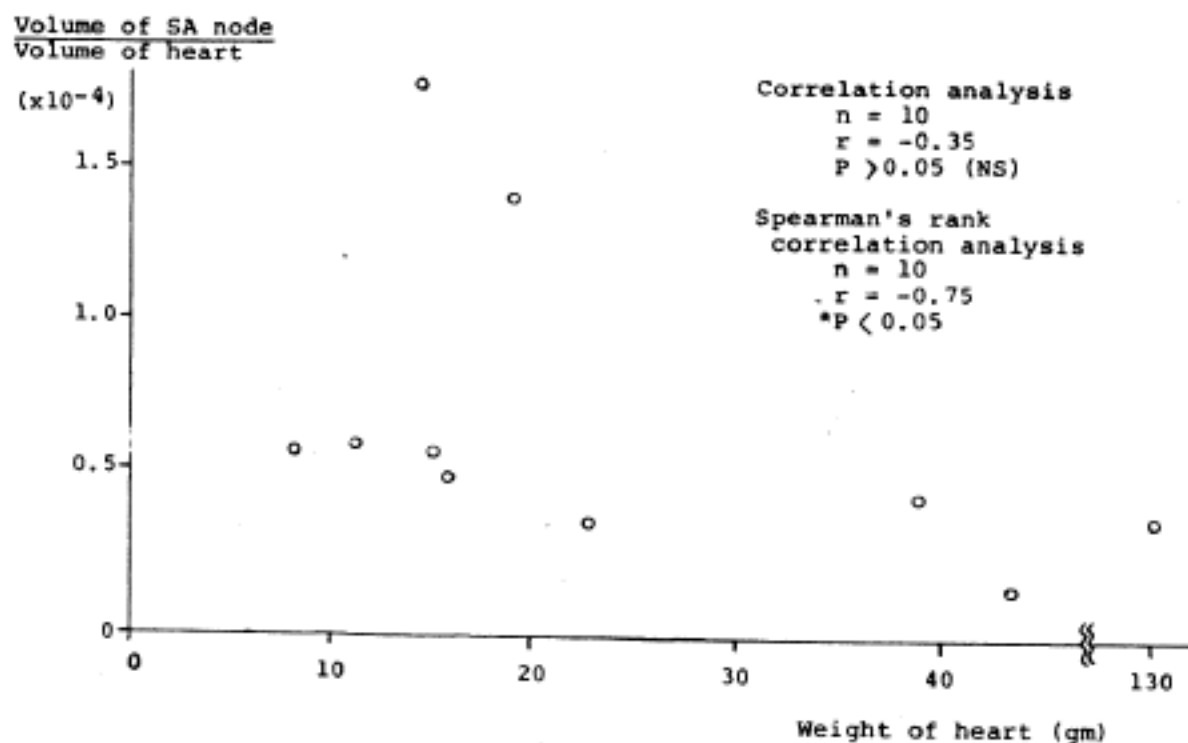


Fig. 5. Relative volume of SA node.

상대부피도 심장무게가 커짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 상관분석 방법으로는 유의한 차이가 없었으나 Spearman의 순위 상관분석으로는 유의한 차이가 있었다(Fig. 5).

3) 동방결절의 형태

동방결절의 세포는 다른 심근 세포보다 세포질이 작은 방추형세포로서 밀집된 분포를 보였다. 이들은 1-2개의 중심동맥주변으로 동심분포(concentric arrangement)를 보였고 많은 모세혈관과 망상섬유의

증가가 있었다(Fig. 7). 동방결절은 상하부로 장축을 갖는 방추형이었고 상하부에 따른 조직학적 차이는 없었다. 탄력섬유 염색에서 탄력섬유는 결절이나 주변에서 차이가 없었다. 동방결절 주변의 심근층은 비교적 구분이 잘되었다. 동방결절의 심외막쪽은 교원조직과 지방조직으로 되어있고 신경절세포를 포함하는 신경섬유가 잘 발달되어 관찰되었다. 심내막쪽은 sinus venarum쪽의 심내막이 두꺼워 동방결절과 직접닿기도 했지만 다른 부위에서는 심근층과 연결되었고 상하부에서 심근층과의 이행부로 관찰되었

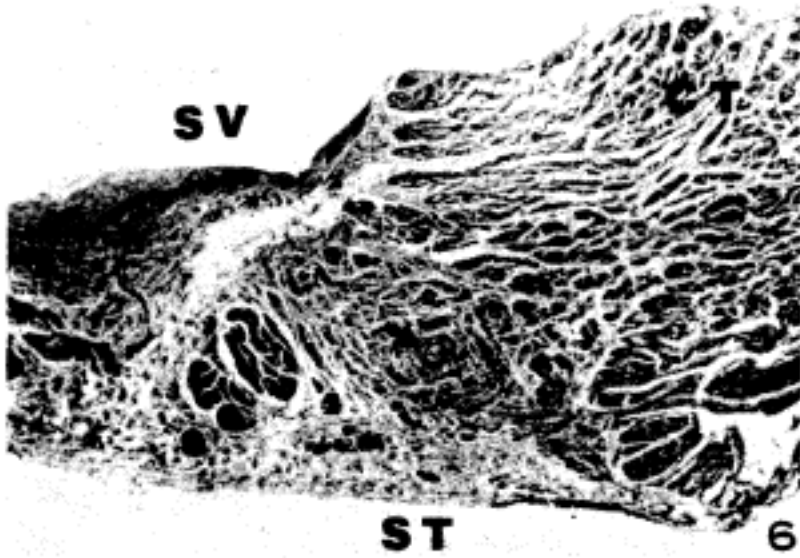


Fig. 6. Low power photomicrograph of sinoatrial node. Concentric arrangement of nodal cells around the central artery(t) is seen. (Masson's trichrome $\times 25$) SV: sinus venarum, ST: sulcus terminalis. CT: crista terminalis.

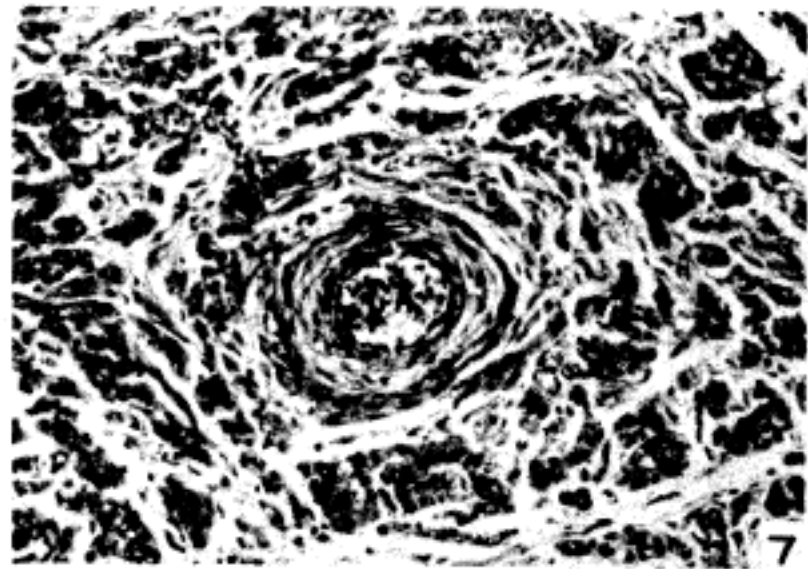


Fig. 7. Magnification of sinoatrial node showing small nodal cells, central artery (CA) and capillaries. (H&E, $\times 160$)

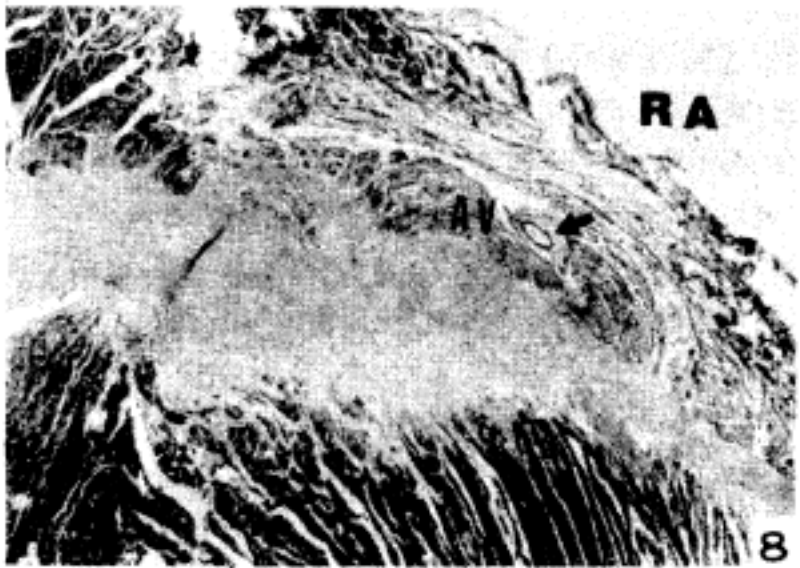


Fig. 8. Atrioventricular node(AV) at its beginning, showing nodal artery(t) and loose areolar tissue at its atrial side. (H&E, $\times 125$) RA: right atrium

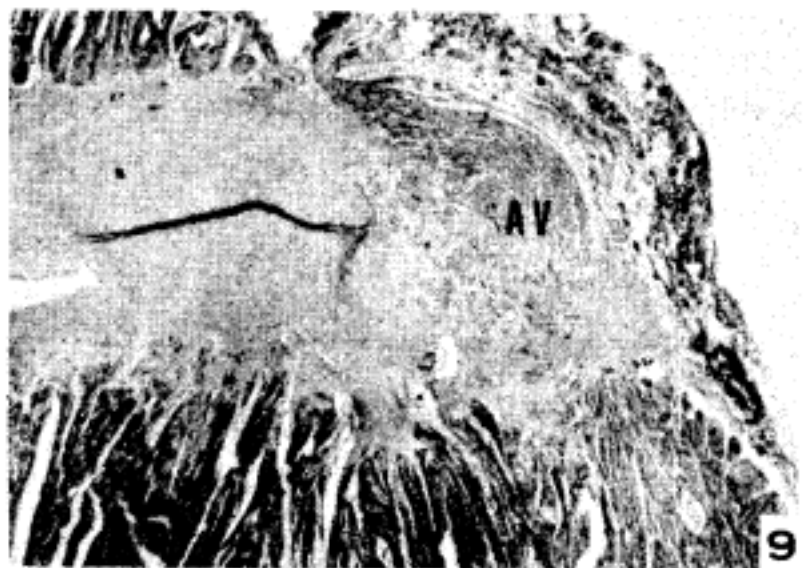


Fig. 9. Atrioventricular node(AV) at its center showing dense attachment to the cardiac skeleton. (H&E, $\times 25$)



Fig. 10. His bundle(H) and left bundle branch(LBB). (H&E, $\times 25$) TV: tricuspid valve, septal leaflet, LV: left ventricle

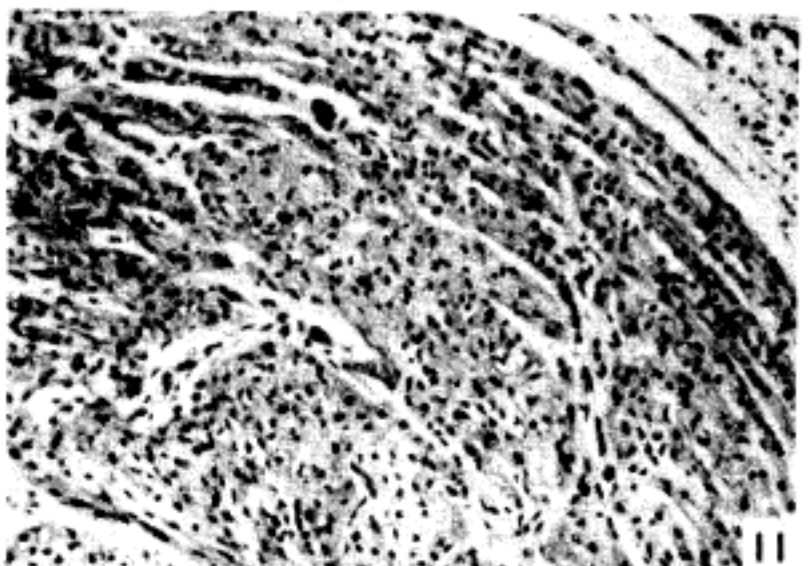


Fig. 11. Magnification of atrioventricular node (Fig. 9), showing compact arrangement of nodal cells with less prominent capillarization. (H&E, $\times 160$)

다. 2 예의 성인 부검예에서 동방결절은 지방조직의 침윤이 현저하였고 탄성섬유의 증가가 있었다.

4) 방실결절의 위치

방실결절은 삼첨판 중격판막의 전반부 section에서 관찰되었다(Fig. 2). 중격판막 중앙부에서 시작하여 전하방으로 난원형으로 위치하였고 심장골격계를 관통하는 His bundle과 연결되었다(Fig. 8~10).

5) 방실결절의 모양

방실결절은 전체적으로 난원형이었고 측면에서 보면 반달 모양을 하였으며 오목한 곳이 심장골격계(cardiac skeleton)를 향하여 붙어있었다(Fig. 8, 9). 반면 볼록한 곳을 소성의 교원조직으로 연결되고 있어서 우심방 내막과 연결되었다. 결절세포는 방실결절세포보다 더 규칙적인 배열을 나타냈고 중심동맥이 1개 있었으나 없는 경우도 많았다. 모세혈관도 현저하지 않았다(Fig. 11).

고 찰

1) 심장 전도계의 검색 방법

1909년 Curran이 방실결절과 하부 전도계의 해부와 계측을 시도한 이후 1951년에 Widran과 Lev³⁵⁾, 1959년 Uhley와 Rivkin³⁶⁾에 의해 연구되었다. 이들은 주로 방실결절 및 그 이하의 전도계를 대상으로 하였다. 왜냐하면 방실결절과 His bundle 및 그 branch는 당질의 함유량이 많아 육도 염색등의 방법으로 육안 검색이 가능하였기 때문이다^{31,36)}.

동방결절에 대한 체계적인 검색방법은 Hudson¹⁷⁾에 의해 제시되었다. 그는 심방내를 솜으로 채우고 상대정맥을 꼭지로 하는 원뿔형의 심방을 경도로 절개하여 9개의 띠 모양의 조직을 얻고 포매 박절하여 판독하였다. 그후 그는 심장전도계에 대한 체계적인 검색방법을 정립하였고¹⁸⁾ 수술후 사망예의 부검등을 위하여 심장전도계의 외과병리학이라는 개념까지 확대하였다¹⁹⁾. Hudson 외에도 Lev²⁰⁾, Davies와 Anderson^{4,5)}등도 심장전도계에 대한 검색방법을 제시하였다. 이들이 제시한 검색방법들이 서로 다른 방향이기는 하지만 연속절편의 중요성을 주장하고 있고 임상소견 특히 심전도 소견을 참고할 것을 강조하고 있다. 종래에 보고된 방법들 중 Lev는 평면으로

편친 후에 필요한 조직을 적출하고 연속절편 하였으나, Hudson의 방법은 원뿔형을 편친후 적출하였다고는 하나 원래 입체가 원뿔형과 잘 맞지도 않고 절개에 따른 위치변동이 심하였다. 또 경도의 절개가 상대정맥으로부터의 위치설명은 가능하지만 수평으로의 위치는 거의 불가능하다. 이에 대하여 Anderson KR²⁴⁾ 등이 위도절편을 이용해 sulcus terminalis를 지표로 잡은 바 있다. 최근에는 컴퓨터를 이용한 동방결절 검색방법이 보고되고 있다³⁷⁾.

아주 작은 병변이 심한 임상질환을 유발할 수 있기 때문에 연속절편이 필수적이지만 이에 소요되는 노력의 문제도 크기 때문에 Lev의 방법²⁰⁾처럼 엄청난 분획과 연속절편은 실행상 문제가 있다. Hudson¹⁹⁾의 방법이 편리하기는 하나 결과의 표준화가 곤란하다고 생각된다.

심장전도계의 형태학적 변화에 대해서는 많은 연구가 있었고 전도기구의 크기를 측정하려는 노력은 있었으나 주로 육안검색이 가능한 방실결절에 국한하였고 동방결절의 측정은 문헌을 인용하기 힘들었다. 또 이러한 현미경을 이용한 측정은 많은 오차의 단계가 있음에도 그에 대한 보정의 시도는 전자현미경상 크기보정을 위한 연구³⁸⁾를 제외하면 인용할 수가 없었다.

저자들의 동방결절의 검색방법은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째, 심장의 평면화를 시도하였다. 원래 입체구조의 심장이지만 절편후 재조합을 위해서는 평면구조로 변형시킬 필요가 있기 때문이다. 둘째, 정확한 지표를 설정하였다. 종래 동방결절의 위치등에 대한 이견중 일부는 지표의 부정확에 있다고 생각되었기 때문이다. 매 절편에 지표가 포함되기 위해서는 경도절편보다 위도절편이 유리하였다. 셋째, 연속절편의 필요성과 그에 소모되는 노력의 문제에서 2-3 조직을 동시에 포매하는 법과 규칙적인 단계 절편 및 단계염색으로 개선하였다. 넷째, 측정의 오차를 줄이고 표본제작과정에서 생기는 여러가지 오차 원인을 보정할 수 있었다.

2) 동방결절의 검색

Davies⁴⁾나 Ludwig³⁹⁾의 성서에 소개된 동방결절의 위치는 우심방이개 최상단과 상대정맥이 만나는 곳 혹은 그 부근의 상대정맥 부위라고 기술하고 있는데 Anderson KR 등²⁴⁾은 그보다 더 아랫쪽에 있다고 하였다. 저자의 검색결과에서 우심방이개 최상단과 상대

정맥이 만나는 곳에 가까운 예는 있었으나 상대정맥에서 발견된 예는 없었고 Anderson KR의 소견에 합당한 결과를 보였다.

Anderson KR과 저자가 공히 쓴 소제가 소아 부검예였다는 공통점이 있으나 소아와 성인에서 다를 것 같지 않고 저자가 포함한 2예의 성인부검례도 비슷한 위치에서 발견된 점 등으로 보아 저자 및 Anderson KR의 결과가 맞다고 생각된다. 그리고 이러한 차이는 종래 검색어 정도 절편에서 얻은 결과를 수축의 보정없이 육안소견과 연관시켰고, 또 확실한 지표의 설정이 없었기 때문이라고 생각되었다.

동방결절의 부피가 심장부피의 1/20,000가량 차지하였다. 소아에서 얻은 상대부피이기 때문에 어른에서 어떻게 말할수는 없겠으나 조사한 소아연령층의 심장 (100g 이하의 심장)에서는 통계적으로 유의한 감소를 나타내었다. 동방결절의 범위 및 상대범위의 측정에서도 심장무게가 커짐에 따라 상대범위가 작아지는 것이 나타난 것은 상대부피에서의 결과와 일치하는 것이다.

종래 동방결절의 위치가 막연히 sulcus terminalis 및 crista terminalis와 일치한다고 알려져 있었다. 저자의 검색에서 sulcus terminalis와 crista terminalis는 약간의 거리가 있고 동방결절은 sulcus terminalis에 가까이 위치하는 것으로 나타났다.

3) 방실결절의 검색

방실결절에 대하여는 이미 잘 알려져 있다. 방실결절의 모양이나 위치에 있어 개인적 차이가 많다고 알려져 있고 결절 형태로 나타나는 경우도 있지만 그 부위에 산재하는 경우도 있다고 한다⁴⁾. 일부 선천성 기형에서는 방실결절을 찾을 수 없고 이들에서는 선천성 방실단절이 있어 사망한다고 한다²¹⁾.

저자의 검색에서 이미 기술되어 있는 위치에서 발견한 예도 있었으나 1/4가량에서는 정확한 위치를 정하기 곤란한 경우도 있어 추후의 검색이 필요하다고 사료된다.

결 론

11예의 소아와 2예의 성인부검예 심장의 동방결절과 방실결절에 대한 형태학적 검색을 하였다.

동방결절은 가) 적출후 횡으로 3등분하여 포매하는 법, 나) 적출후 종으로 2등분하여 포매하는 법,

다) 심방중격을 포함하여 우심방을 절제하고 포매하는 법의 3가지 방법으로 포매하고 매 예에서 100 μ m에 한장씩 50장의 규칙적인 단계 박절을 한후 동방결절의 절대위치 및 상대위치, 면적, 절대부피 및 상대부피를 측정하고 오차의 원인을 분석하여 보정하였다.

방실결절은 삼첨판의 중격판막의 중앙부를 중심으로 단계 박절한후 위치, 형태 및 주위 조직과의 관계를 관찰하였다.

그 결론은 다음과 같다.

1) 동방결절은 sulcus terminalis의 제1, 제2사등분 경계선에 위치하고 (26.8/100) 심외막 하부에 위치하며 이는 crista terminalis보다는 뒷쪽에 해당한다.

2) 동방결절의 상하 길이는 sulcus terminalis의 길이의 16.8%에 해당하였고 심장무게가 커질수록 결절길이의 비율은 작아진다. 동방결절의 부피는 심장부피의 1/20,000에 해당하고 심장무게가 커질수록 감소한다.

3) 방실결절은 삼첨판 중격판막의 전반부에 위치하고 전하방으로 His bundle과 연결되며 현미경적으로 동방결절과 비슷하나 중심동맥이 없는 경우가 많았고 모세혈관도 적게 관찰되었다.

(본 연구의 통계처리에 도움을 주신 예방의학교실 유근영선생과 임상병리과의 문해란선생, 표본제작을 도와주신 정동주, 이재택씨 그리고 오영란씨등에게 감사드립니다).

REFERENCES

- 1) Purkinje JE: *Mikroskopish neurologische Beobachtungen. Arch Ant Physiol* 12:281, 1845 (Cited by Matousek and Posner 1969)
- 2) Matousek M, Posner E: *Purkynes (Purkinje's) muscle fibers in the heart. Brit Heart J* 31:718, 1969
- 3) Gaskell WH: *On the innervation of the heart with special reference to the heart of the tortoise. J Physiol* 4:43, 1883
- 4) Davies MJ: *Pathology of conducting tissue of the heart. Butterworths, London, 1971*
- 5) Davies MJ, Anderson RH: *The pathology of the conduction system in The Pathology of the Heart edited by Pomerance A and Davies MJ: Blackwell scientific publication, Oxofrd London, 1975*
- 6) Kent AFS: *Researches on the structure and function of*

- the mammalian heart. J Physiol Lond* 14:233, 1893
- 7) His W: *Die Thätigkeit des embryonalen Herzens and deren Bedenung für die Lehre von der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arb Med Kiln Lpz* 14, 1893 (Cited by Davies, 1971)
 - 8) Tawara S: *Das Reizleitungssystem des Säugtierherzens. Eine anatomische histologische Studie über das Atrioventrikularbündel und die Purkinjeschen Fäden Jena. Fischer, 1906 (Cited by Davies 1971)*
 - 9) Keith A, Flack MW: *The auriculo-ventricular bundle of the human heart. Lancet* 2:359, 1906
 - 10) Oppenheimer BS, Oppenheimer A: *Nerve fibrils in the SA node. J Exp Med* 16:612, 1912
 - 11) Reemtsma K, Delgado JP, Creech O: *Heart block following intracardiac surgery, localisation of conduction tissue injury. J Thorac Cardiovasc Surg* 39:688, 1960
 - 12) James TN: *Arrhythmias and conduction disturbances in acute myocardial infarction. Am Heart J* 64:416, 1962
 - 13) Julian DG, Valentine PA, Miller GG: *Disturbances of rate, rhythm and conduction in acute myocardial infarction. A prospective study of 100 consecutive unselected patients with the aid of electrocardiographic monitoring. Am J Med* 37:915, 1964
 - 14) Vesterby A: *Postmortem coronary angiography and histological investigation of the conduction system of the heart in sudden unexpected death due to coronary heart disease. Acta path Microbiol Scand Sect A* 89:157, 1981
 - 15) Haerem JW: *Review of literature pertinent to the pathogenesis of sudden coronary death. Acta Path Microbiol Scand Suppl* 265 Sect A 7, 1978
 - 16) James TN, MacLean WAH: *Paroxysmal ventricular arrhythmias and familial sudden death associated with neural lesions in the heart. Chest* 78:24, 1980
 - 17) Hudson REB: *The human pacemaker and its pathology. Brit Heart J* 22:153, 1960
 - 18) Hudson REB: *The human conducting system and its examination. J Clin Path* 16:492, 1963
 - 19) Hudson REB: *Surgical pathology of the conducting system of the heart. Brit Heart J* 29:646, 1967
 - 20) Lev M, Bharati S: *Lesions of the conduction system and their functional significance. Cardiovascular Pathology Decennial 1960-1975:207, 1974*
 - 21) Lev M: *Conduction system in congenital heart disease. Am J Cardiol* 21:619, 1968
 - 22) Lev M, Widran J, Erickson FE: *A method for the histopathologic study of atrioventricular node, bundles and branches. Arch Pathol* 52:73, 1951
 - 23) Anderson RH, Taylor IM: *Development of atrioventricular specialized tissue in human heart. Brit Heart J* 34:1205, 1972
 - 24) Anderson KR, Ho SY, Anderson RH: *Location and vascular supply of sinus node in human heart. Brit Heart J* 41:28, 1979
 - 25) Anderson RH: *The disposition, morphology and innervation of cardiac specialized tissue in the guinea-pig. J Anat* 111:453, 1972
 - 26) James TN: *Cardiac conduction system, fetal and postnatal development. Am J Cardiol* 25:213, 1970
 - 27) James TN: *The connecting pathways between the sinus node and A-V node and between the right and the left atrium in the human heart. Am Heart J* 66:498, 1963
 - 28) Van Mierop LHS, Gessner ZH: *The morphologic development of the sinoatrial node in the mouse. Am J Cardiol* 25:204, 1970
 - 29) Takagi T, Odada R: *An electrocardiographic-pathologic correlative study on left axis deviation in hypertensive hearts. Am Heart J* 100:838, 1980
 - 30) Fujiwara H, Kawai C, Hamashima Y: *Clinicopathologic study of conduction system in 10 patients with Kawasaki disease. Am Heart J* 96:744, 1978
 - 31) Bittencourt D, Long DM, Lee YK, Lillehei CW: *Intravital staining of the atrioventricular bundle with iodine compounds during cardiopulmonary bypass. Circulation Research* 7:753, 1959
 - 32) 서경필, 이영균: 동심방결절 손상에 관한 실험적 연구. *중앙의학* 14:515, 1968
 - 33) 허국기, 송정상, 송희승, 서정돈, 이영우, 김도진, 이성호: 방실전도 장애 및 심실내 전도장애의 임상적 관찰. *대한 내과학회잡지* 13:651, 1970
 - 34) 우준희, 양철균, 노용호, 심영수, 서정돈, 김건열, 한용철, 서정욱, 김용일: 심장 동심방결절을 침범한 심근결핵의 1예. *결핵 및 호흡기질환* 29:37, 1982
 - 35) Widran J, Lev M: *The dissection of the A-V node, bundle and bundle branches in the human heart. Circulation* 4:863, 1951
 - 36) Uhley HN, Rivkin LM: *Visualisation of the left branch of the human atrio-ventricular bundle. Circulation* 20:419, 1959
 - 37) Roberts NK, Castlman KR: *Computer imaging of the*

atrioventricular node and bundles. Pediatric Cardiology 1:275, 1982

- 38) Gerdes AM, Kriseman J, Bishop SP: *Morphometric study of cardiac muscle, the problem of tissue shrinkage. Laboratory Investigation* 46:271, 1982
- 39) Lie JT: Ch 3, *Heart and Vascular system. In current methods of autopsy practice by Ludwig I. Saunders, Philadelphia, 1979*

= Abstract =

Cardiac Conduction System

— Morphologic observations on the autopsy cases —

Jeong Wook Seo, M.D., Je Geun Chi, M.D.
and Sang Kook Lee, M.D.

*Department of Pathology, College of Medicine,
Seoul National University, Seoul, Korea*

Sinoatrial (S-A) nodes and atrioventricular (A-V) nodes of 13 human hearts were examined by regular step sections and morphometry. Eleven cases were from fetuses, infants and children, and the others were from adult cases.

S-A nodes were examined in 3 ways. The first one was resection, horizontal trisection and regular step sections by 100 micrometers. The second one was resection, longi-

tudinal bisection and regular step sections, and the third one was regular step section in toto. Fifty sections were obtained from each node, and length of tissue in paraffin block was calculated from the total count of sections.

Location, area and volume of S-A nodes were measured and corrected. The major sources of errors were contraction during formalin fixation, contraction during dehydration and paraffin embedding, and irregular change of length during microtoming. The latter two were corrected by use of total section count and measurement of length of paraffin on slide.

The following results were obtained.

1) S-A node is located at one fourth (26.8/100) of the length of sulcus terminalis, below the summit of atrial auricle. S-A node is located at subepicardium of sulcus terminalis. (Crista terminalis is at some distance.)

2) Relative range of S-A node is 16.8/100 of the length of sulcus terminalis. And it decreases as cardiac weight increases. Relative volume of S-A node is 1/20,000 of the volume of heart. And it decreases as cardiac weight increases.

3) A-V node is located at the right atrial subendocardium, at some distance above the center of tricuspid septal leaflet. The node runs antero-inferiorly to the His bundle and pierces the cardiac skeleton.