

## 上空靜脈 — 右肺動脈 吻合에 關한 實驗的 研究

梁 起 敏

= Abstract =

### Experimental Study on Cavo-Pulmonary Anastomosis

Ki-Min Yang, M.D. \*

Superior vena cava to pulmonary arterial shunting operation was made between the superior vena cava and the right pulmonary artery in the fashion of end-to-end anastomosis in 20 mongrel dogs. The experimental animals were divided into three group and blood flow in the superior vena cava was occluded for 20, 30 and 60 minutes respectively, and observations were made for the changes in caval pressure and cerebrospinal fluid pressure. And pathologic examinations were also performed.

On occluding the caval blood flow, the superior vena caval pressure was sharply and immediately elevated from  $103.5 \pm 19.8 \text{ mmHg}$  at thoracotomy to  $556.4 \pm 86.1 \text{ mmHg}$  within 2 minutes to make its plateau thereafter, and the cerebrospinal fluid pressure followed closely the changes of the superior vena caval pressure in its level and pattern being elevated from  $102.0 \pm 19.9 \text{ mmHg}$  to  $490.5 \pm 79.9 \text{ mmHg}$ . The drops of both the caval and cerebrospinal fluid pressures were definite and marked on opening the shunt flow through the anastomosis, but these postoperative pressures retained still higher ones above their levels measured at thoracotomy. The pathological examinations of the brain and the spinal cord were also performed in six animals. Characteristic changes uniformly seen in all area and in all animals were the findings of capillary congestion and perivascular edema. On the other hand, ischemic nerve cell changes were rather evident, revealing their degrees and extents being related to the prolongation of the time of caval occlusion which has followed by the sustained high pressures in both the superior vena and the cerebrospinal fluid.

The experiment suggests the safety of this surgical procedure with minimal, if any, permanent damage as long as the occlusion of the caval blood flow is not prolonged beyond the expected.

### ]. 서 론

폐동맥 혈류감소로 인하여 청색증을 나타내는 선천성 심장기형에 대한 고식적 수술방법중의 하나인 상공정맥

—우폐동맥 전류수술은 Glenn<sup>1)</sup>이 처음으로 임상예를 보고한 이후 많이 시행되었으나 최근의 심장외과학의 발전으로 청색증 선천성 심장기형에 대한 근치적수술등이 고안되어 현재는 이 수술에 대한 적응 빈도가 현저히 감소되었으며 또한 이 수술은 우폐동맥을 파괴시키며 상공정맥 증후군이 빈발하는 불리한 점도 있다. 그러나 아직도 폐혈류 감소를 일으키는 심장기형에 대하여 근치적수술을 시행할 수 없는 경우나 현재까지 근치

\* 중앙大學校 醫科大學 外科學教室

\* Department of Surgery, College of Medicine Chung-Ang University

적수술이 고안되지 않은 질환에 대하여 빈번히 이용되고 있다. 최근까지 상공정맥—우폐동맥 전류술을 시행하였던 삼천관 폐쇄증은 Fontan동맥<sup>3)</sup>에 의하여 근치적 수술이 고안되어 시도되고 있으나 아직도 고율의 사망율을 나타내고 있다<sup>4)</sup>. 태혈관 전착증 환자중 근치적수술을 시행하기에는 아직 어린 아이들에게 외과적 심방중격결손조성과 상공정맥—우폐동맥 전류술을 함께 시행하면 좋은 결과물 얻을 수 있다. 심실전위가 있는 태혈관전착증(Corrected transposition of the Great Vessels)과 폐동맥 협착증이 공존하는 질환중 특히 단일심실증 혹은 공통심실증의 복합된 예나 또는 근치적수술을 시행하기에 불가능한 예도 본 수술의 적응이 된다. 중부태혈관 우심실증과 폐동맥협착증이 공존하는 예는 교정수술이 가능하나 심내부 기형이 복잡하거나 폐동맥의 나발성교약이 있어 충분한 폐혈류를 유지하다가 곤란한 때는 본 수술의 적응이 된다 Ebstein 기형은 판막폐쇄술 혹은 판막성형으로 근치가 가능하나 아직 어린 청색증 유아에서 심부전의 증상이 심하여 이러한 수술을 시행하기가 불가능할 때에도 시행된다. 환로 4중후군중 폐동맥의 나발성교약이 있을 때도 본 수술로서 양호한 결과를 얻을 수 있다. 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서도 삼천관 폐쇄증 심장기형 환자에게 상공정맥—우폐동맥 전류술을 시행한바 있다<sup>4), 5)</sup>. 저자는 실험견을 사용하여 상공정맥—우폐동맥 단단문합술을 시행하여 실험견에서의 혈액역학적 변동과 뇌 및 척수의 병리조직학이 변화할 고찰하였다.

## II. 실험 재료

실험동물은 약 12~15kg의 성숙잡종 20마리용 자웅을 가리지 않고 사용하였다.

## III. 실험 방법

### 1. 수술방법

실험견은 출생처치로 전식시키는 이외에 특별한 처치는 없었다. 마취는 2.5% sodium penthotal을 체중 kg당 30mg.을 정맥으로 주입하고 동시에 succinyl-choline을 체중 kg당 1mg을 정주하고 기관 삽관후 배기를 실험견 호흡기(Harvard dog ventilator) 혹은 physiograph에 부착된 호흡기로 호흡을 관리하였다. 수술 도중 마취는 5% 포도당 또는 생리저식염수를 점적정주하면서 2.5% sodium penthotal 1~2cc와 succinyl-choline의 추가 정주로 유지하였다. 실험견은

마취후 체모를 제거 소독하고 좌측 고동맥 및 고정맥과 우측 외경정맥을 노출하여 동맥에는 17gauge의 포리에 디엔관을 중심 대동맥까지 삽관하고 정맥에는 수혈셋트관을 각각 하공정맥 및 상공정맥에 삽관하였다. 요추전차에는 18gauge 요추침을 사용하였으며 특히 침의 고정에 유의하였다. 이들 관 및 요추침을 통하여 압력을 측정하였다. 수술은 우측 제 4늑간강을 통하여 개흉한 후 상공정맥 부위의 종벽을 절개하여 상공정맥 전장을 박리하였으며 심낭에도 절개개를 기하여 상공정맥을 전장에 견지 충분히 노출하였다. 우폐동맥을 폐동맥간 분지기시부에서 절찰하고 말초 폐문부에서는 혈관감자로 혈류를 일시 차단한 후 그 사이에서 우폐동맥을 절단하였다. 상공정맥은 기정맥 적상부에서 절찰하여 상공정맥의 혈류를 차단하고 이시간을 상공정맥 혈류차단 시작시간으로 하였다. 절찰 적상부에서 혈관감자로 혈류를 차단한 후 상공정맥을 절단하였다. 우폐동맥과 상공정맥을 5-0 혈관봉합사로 연속봉합하여 단단문합을 시행하였다. 혈관문합에 필요한 상공정맥 혈류차단 시간은 약 15분을 요하였으며 문합 완료후 상공정맥과 우폐동맥의 감자를 풀어 상공정맥—우폐동맥간 전류를 개시하였고 이때를 상공정맥—우폐동맥전류 개방시간으로 하였다. 실험복적상 상공정맥 혈류차단 시간을 변동시켜 20분(A군), 30분(B군) 및 60분(C군)으로 연장하여 혈액역학 및 동물을 감시하였다. 수술 시야의 지혈을 확인한 후 제 6늑간강을 통하여 26F. 흉관을 삽입하고 폐출혈 후 영압으로 폐를 충분히 확장시키면서 흉관을 통하여 50cc주사기로 배액 배기시켜 흉곽내의 음압을 유지하였다. 이 흉관을 감자로 감은 후 자신의 호흡이 충분할 때 기관내관을 제거하고 3~4시간 동안 매 30분~1시간 간격으로 배액 배기를 반복한 후 동물실로 이송하였다. 수술 익일에 흉관을 제거하였다. 수술후 매일 폐니실린 200만 단위를 근무하였다.

### 2. 혈액학적 검사

중심동맥압의 측정은 Strangage transducer(Statham)을 사용한 physiograph를 이용하였으며 정맥압과 뇌척수액압은 physiograph 및 수주를 사용하여 측정하였다. 상공정맥압, 하공정맥압, 뇌척수액압 및 중심대동맥압을 마취후, 개흉후, 상공정맥 혈류차단 5분, 20분, 30분 및 상공정맥—우폐동맥 전류 개방후 5분 및 30분에 각각 측정하였다.

실험견중 생존한 예는 수술 10일에 상공정맥압, 하공정맥압, 및 뇌척수액압을 측정하였으며 kcl을 정주하여 희생시켰다.

**Table 1.** Vena caval and cerebrospinal pressures during anesthesia and thoracotomy

Animal number	SVC Pressure(mmHg)		IVC Pressure(mmHg)		Cerebrospinal Pressure(mmHg)	
	Anesthesia	Thoracotomy	Anesthesia	Thoracotomy	Anesthesia	Thoracotomy
1	63	68	88	140	59	86
2	118	123	123	132	112	113
3	127	124	132	112	114	120
4	57	75	86	110	55	58
5	99	116	65	75	95	105
6	132	136	124	123	126	126
7	134	135	54	62	116	115
8	83	87	65	66	73	72
9	92	93	102	101	121	100
10	85	68	103	152	87	96
11	95	119	96	95	112	123
12	128	99	88	95	112	129
13	115	103	126	115	115	154
14	102	116	75	80	78	82
15	104	105	83	101	87	92
16	105	106	85	113	85	89
17	88	86	117	107	83	84
18	102	103	94	97	92	100
19	99	103	103	104	114	124
20	103	104	102	101	99	106
Mean±S. D.	101.6±20.8	103.5±19.8	95.1±22.3	102.0±19.9	96.8±20.7	103.9±23.3

**3. 병리조직학적 검사**

뇌 및 척수를 적출하여 병리조직학적 검사를 시행하였다. 도살직 후 10% 중성 Formalin 용액에 1주일 고정하고 뇌 및 척수의 각부위에서 절편을 절취하여 24시간 고정한후 paraffin 포매하였으며, 4~5μ 두께의 연속절편을 만든후 hematoxylin-eosin 염색 및 P. T. A. H 염색을 시행하여 검경하였다.

**IV. 실험 성적**

**1. 혈액학적 검사**

상공정맥압, 하공정맥압 및 뇌척수액압은 평균압을 사용하였다.

**1) 마취시 및 개흉시 (Table 1)**

실험견 총 20마리에서 측정된 상공정맥, 하공정맥 및 뇌척수의 내압은 마취시에 각각 101.6±20.8mmHg, 95.1±22.3mmHg, 및 96.8±20.7mmHg, 개흉시에 각각 103.5±19.8mmHg, 102.0±19.9mmHg, 및 103.9±23.3mmHg였으며 개흉에 따르는 내압의 변동은 유의하지 않았다.

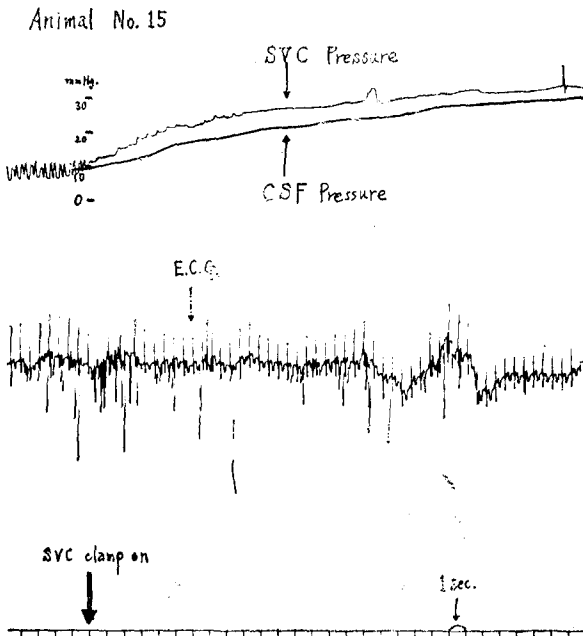
95.1±22.3mmHg, 및 96.8±20.7mmHg, 개흉시에 각각 103.5±19.8mmHg, 102.0±19.9mmHg, 및 103.9±23.3mmHg였으며 개흉에 따르는 내압의 변동은 유의하지 않았다.

**2) 상공정맥 혈류차단 5분시 (Table 2, 3)**

상공정맥 혈류차단과 동시에 상공정맥은 심히 팽대되었고 상공정맥압과 뇌척수액압이 급격히 상승하며 (P<0.001) 상공정맥 혈류차단 2분 이내에 최고압을 나타내었다. 일단 최고압에 이르면 시간 변동에 따라 큰 변동 없이 높아진 내압을 유지하였다. 뇌척수액압의 상승은 일반적으로 상공정맥압의 상승에 비례한다 (Fig. 1). 상공정맥 혈류차단 5분시 상공정맥압은 556.4±86.1mmHg (변동범위는 413~714mmHg), 뇌척수액압은 480.5±79.9mmHg (변동범위는 373~712mmHg)이었다. 이때의 하공정맥압은 유의할 소견이 없었다. 상공정맥 혈류차단 시기에 따라 혈류한 구간에서도 공히 상공정맥압과 뇌척수액압이 개흉시에 비하여 급격히 상승하였

**Table 2. Pressures at 5 minutes after SVC occlusion**

Animal number	SVC Pressure(mmH <sub>2</sub> O)	IVC Pressure(mmH <sub>2</sub> O)	Cerebrospinal Pressure(mmH <sub>2</sub> O)
1	714	107	712
2	694	112	552
3	664	102	475
4	546	85	551
5	434	73	410
6	413	119	373
7	480	71	426
8	632	64	514
9	521	84	427
10	612	82	486
11	541	76	463
12	592	92	472
13	457	106	415
14	612	84	542
15	445	78	413
16	557	85	531
17	604	83	417
18	580	81	532
19	494	104	379
20	536	98	519
Mean±S. D.	556.4±86.1	89.6±15.2	480.5±79.9



**Fig. 1.** Changes of pressure in the superior vena cava and cerebrospinal space on occlusion of the superior vena cava for anastomosis

으며 ( $P < 0.001$ , Table 6) 하공정맥압은 각군에서도 유의한 변동이 없었다(Table 6). B군의 상공정맥 혈류차단후 20분 및 C군의 상공정맥 혈류차단후 20분 및 30분의 상공정맥압 뇌척수액압 및 하공정맥압은 혈류차단 5분시와 비슷하여 차단후 시간변화에 따른 유의한 변동은 없었다.

**3) 상공정맥—우폐동맥 전류 개방후 5분시**  
(Table 4~Table 6)

상공정맥—우폐동맥 전류 개방과 동시에 상공정맥의 심한 노장은 소실되고 문합부를 통하여 혈류가 원활히 통과하여 문합시의 허탈되었던 우폐동맥으로 진행하였다. 문합부 개방과 동시에 상공정맥압과 뇌척수액압은 모든 군에서 급격히 하강되었다( $P < 0.001$ ). 상공정맥—우폐동맥 전류 개방 5분시의 압력은 상공정맥 혈류차단 5분시의 압력에 비하여 상공정맥압과 뇌척수액압이 각각 A군에서 37.1%, 38.3%, B군에서 40.5%, 42.1%, C군에서 52.8%, 59.1%로 하강하였으나 개흉시의 압력보다는 모든 군에서 유의한 높은 압력을 보였다( $P < 0.001$ ). 그러나 하공정맥압에서는 상공정맥 혈류차단

**Table 3.** Pressures at the time of thoracotomy, 5 minutes after caval occlusion and after opening of SVC-RPA anastomosis (group A)

Animal number	Thoracotomy	SVC occlusion at 5 min.	SVO-RPA shunt open at	
			5 min	30 min.
<b>Superior Vena Cava Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
1	68	714	254	251
2	123	694	232	231
3	124	664	211	210
4	75	546	178	168
5	116	434	248	246
6	136	413	194	138
7	135	480	166	164
8	87	632	216	213
Mean±S. D.	108.0±27.2	572.1±119.9	212.4±31.8	208.9±33.3
<b>Cerebrospinal Fluid Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
1	86	712	224	230
2	118	552	202	195
3	120	475	220	207
4	58	551	180	177
5	105	410	200	193
6	126	373	179	173
7	115	426	144	138
8	72	514	188	179
Mean±S. D.	100.0±25.1	501.6±107.4	192.1±25.7	186.5±27.0
<b>Inferior Vena Cava Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
1	140	107	112	82
2	132	112	114	117
3	112	107	118	130
4	110	85	85	86
5	75	73	76	79
6	123	119	120	124
7	62	71	65	66
8	66	64	65	65
Mean±S. D.	102.5±30.6	92.3±21.4	94.4±24.1	93.6±26.1

5분시와 상공정맥—우폐동맥 전류개방 5분시 간에 유의한 차는 없었다.

**4) 상공정맥—우폐동맥 전류 개방후 30분시**

상공정맥—우폐동맥 전류 개방 30분시 압력은 전류개방 5분시의 압력에 비하여 각각 A군과 B군에서 상공정맥압 및 뇌척수액압이 하강하는 경향은 있으나 그 차이는 유의하지 않았다. C군에서는 전류개방 30분까지 생존한 예는 1예뿐이다. 그러나 하공정맥압은 자군

에서 모두 유의한 변동은 없었다.

**5) 중심 대동맥압**

중심 대동맥압은 수술도중 사망한 5예(실험견 1.17, 18, 19, 20)에서 사망직전 하강한 외에는 실험중 큰 변동은 없었다.

**2. 병리조직학적 검사(Table 7)**

병리조직학적 검사는 대조실험견을 포함하여 6예(실험견 6, 8, 15, 19, 20)에서 뇌척수조직을 부위에 따라 병

**Table 4.** Pressures at the time of thoracotomy, 5 minutes after caval occlusion and after opening of SVC-RPA anastomosis(group B)

Animal number	Thoracotomy	SVC occlusion at 5 min.	SVC-RPA shunt open at	
			5 min.	30 min.
<b>Superior Vena Cava Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
9	93	521	248	226
10	68	612	213	200
11	119	541	198	208
12	99	592	165	165
13	103	457	287	291
14	116	612	214	215
15	105	445	208	189
Mean±S. D.	100.4±17.0	540.7±62.1	219.0±38.7	213.4±39.4
<b>Cerebrospinal Fluid Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
9	100	427	236	198
10	96	486	222	178
11	123	463	206	167
12	92	415	164	165
13	154	472	161	194
14	82	542	192	192
15	129	413	173	154
Mean±S. D.	110.9±25.4	459.4±39.7	193.4±29.2	178.3±16.9
<b>Inferior Vena Cava Pressure(mmH<sub>2</sub>O)</b>				
9	101	84	96	98
10	102	82	91	94
11	95	76	89	92
12	95	92	91	90
13	115	106	110	142
14	80	84	83	80
15	101	78	101	84
Mean±S. D.	98.4±10.5	86.0±10.2	94.4±8.9	97.1±20.7

리조직학적으로 검사하였다. 대조실험군은 개흉후 우폐 동맥 노출을 위한 수술적 조작은 시행하였으나 상공정맥의 혈류는 차단하지 않은 실험군이다.

### 1) 모세혈관 울혈(Capillary Congestion)

대조실험군은 중등도의 모세혈관 울혈이 있으며 대조 실험군을 제외한 모든 예에서 고도의 모세혈관울혈이 있었다.

### 2) 혈관주위 부종(Perivascular edema)

C군에서 부위에 따라 중등도의 혈관주위 부종이 있었으나 대조실험군, A군 및 B군은 공히 경미한 혈관

주위 부종이 있었다.

### 3) 신경세포의 꺾힘변화

(Ischemic nerve cell change)

신경세포 꺾힘변화는 세포의 shrinkage, angularity Nissl체의 소실, 신경세포 핵의 허탈(collapse)과 동시에 미만성 농염증(hyperchromatism)을 정하고 호염기성을 나타내는 것, 신경세포핵의 인이 불투명해지고 세포질 경계가 주위조직으로부터 분리되는 것, 세포질이 균질성으로 호산성을 띄는 것 등이다. 대조 실험군은 상기 조건중 양성소견은 나타나지 않았다. A군에서는 경미한 신경세포 변화를 나타내며 B군에서는 경미

**Table 5.** Pressures at the time of time of thoracotomy, 5 minutes after caval occlusion and after opening of SVC-RPA anastomosis(group C)

Animal number	Thoracotomy	SVC occlusion at 5 min.	SVC-RPA shunt open at	
			5 min.	30 min.
Superior Vena Cava Pressure(mmH <sub>2</sub> O)				
16	106	577	273	271
17	86	604		
18	103	580	341	
19	103	494	233	
20	104	536	232	
Mean±S. D.	100.4±8.2	558.2±43.4	294.8±51.0	
Cerebrospinal Fluid Pressure(mmH <sub>2</sub> O)				
16	89	531	260	259
17	84	417		
18	100	532	310	
19	124	379	236	
20	106	519	318	
Mean±S. D.	100.6±15.7	475.6±72.3	281.0±39.5	
Inerior Vena Cava Pressure(mmH <sub>2</sub> O)				
16	113	85	105	104
17	107	83		
18	97	81	100	
19	104	104	102	
20	101	98	100	
Mean±S. D.	104.4±6.1	90.2±10.2	101.8±2.4	

**Table 6.** Measurement and summary according to the experimental groups

Groups	Thoracotomy	SVC occlusion at 5 min.	SVC-RPA shunt open at	
			5 min,	30 min.
Superior Vena Pressure(mmH <sub>2</sub> O)				
A	108.0±27.2	572.1±119.9*	212.4±31.8**	208.9±33.3***
B	100.4±17.0	540.7± 62.1*	219.0±38.7**	213.4±39.4***
C	100.4± 8.3	558.2± 43.4*	298.4±51.0**	271
Cerebrospinal Fluid Pressure(mmHO)				
A	100.4±25.1	501.6±107.4*	192.2±25.7**	186.5±97.0***
B	110.9±25.4	459.4± 39.7*	193.4±29.2**	178.6±16.9***
C	100.6±15.7	475.6± 72.3*	281.0±39.5 "	259
Inferior Vena Cava Pressure(mmH <sub>2</sub> O)				
A	102.5±30.6	92.3± 21.4	94.4±24.1	93.6±26.1
B	98.4±10.5	86.0± 10.2	94.4± 8.9	97.1±20.7
C	104.4±6.1	90.2± 10.2	101.8± 2.4	104

\*P<0.001 versus Thoracotomy

\*\*P<0.001 versus SVC occlusion 5 minutes

\*\*\*P<0.001 versus Thoracotomy

"P<0.05 versus SVC occlusion 5 minutes

Table 7. Histological Examination

Findings Animal No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Frontal lobe												Mudlla											
0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	
6	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	6	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	
8	+	+	-	-	+	±	-	±	-	-	-	8	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	
15	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	15	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
19	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	-	19	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
20	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	20	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
Hippocampal gyri												Pons											
0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	0	+	+	±	-	±	±	-	-	-	-	
6	+	+	-	-								6	+	+	+	-	+	±	-	-	-	-	
8	+	+	-	-	+	±	-	±	-	-	-	8	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	
15	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	15					+			-	-		
19	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	19	+	+	-	-	+	+	±	-	-	-	
20	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	20	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	
Occipital lobe												Cerebellum											
0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	0	+	+	-	-	±	±	-	-	-	-	
6	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	6	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
8	+	+	-	-	±	±	-	-	-	-	-	8	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
15	+	+	-	-	+		-	-	-	-	-	15	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
19	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	19	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
20	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	20	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	
Basal ganglia												Spinal cord											
0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	0	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	
6	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	6	+	+	±	-	+	±	-	-	-	-	
8	+	+	-	-	±	±	-	-	-	-	-	8											
15												15	+	+	±	-	+	±	-	-	-	-	
19												19											
20												20	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
Diencephalon																							
0																							
6	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-												
8	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	-												
15	+	±	-	-	+	±	-	-	-	-	-												
19																							
20	+	+	-	-	+	±	-	-	-	-	-												

A: capillary congestion  
 B: perivascular edema  
 C: perivascular hemorrhage  
 D: perivascular cuffing  
 E: ischemic nerve cell change  
 F: chromatolysis  
 0: control animal  
 6: group A, sacrificed on postop. 10th day  
 8: group A, died on postop. 5th day  
 15: group B, died on postop. 4th day  
 19: group C, table death on 20 min. after SVC-RPA shunt open  
 20: group C, table death on 15 min. after SVC-RPA shunt open

G: neuronophagia  
 H: gliosis  
 I: demyelination  
 J: satellitosis  
 K: focal necrosis



내지 중등도의 변화를 나타내며 C군에서는 중등도 내지 고도의 신경세포의 변화를 나타내었다.

#### 4) 기타 소견

혈관주위의 출혈(perivascular hemorrhage), perivascular cuffing, chromatolysis, neuronophagia, gliosis, demyelination, satellitosis, focal necrosis의 소견의 유무에 관하여 추적하였으나 유의한 소견은 없었다.

### V. 고 안

폐동맥 혈류감소로 인하여 청색증을 나타내는 선천성 심장질환에 대한 고식적 수술방법으로 Blalock<sup>6)</sup>, Potts<sup>7)</sup>, Waterston<sup>8)</sup> 등이 동맥계-폐동맥간 전류수술을 보고한 이후 이 질환들에 대하여 획기적인 치료 성과를 얻었으나 이들 동맥계-폐동맥간 전류수술은 몇가지 단점이 있다<sup>9-17)</sup>. 즉 동맥혈의 일부가 폐동맥계로 손실되어 좌심실의 부담을 증가시키며 또한 폐동맥압의 상승으로 인하여 우심실에 부담을 준다. 그리고 폐로가는 혈류가 단순한 정맥혈이 아니고 동맥혈의 혼합된 혈액이므로 문합의 효과를 감소시키며, 혈관염이 호발하고, 유아에서는 시행하기에 그 수술술기가 곤란하다.

1951년 Carlon<sup>18)</sup>이 폐동맥 혈류감소를 일으키는 선천성 심장기형에 대한 고식적 수술방법으로 우심 부분관류를 제창하였으며 1958년 Glenn<sup>19)</sup>은 단일심실증, 대혈관전착증 및 폐동맥협착증이 있는 복잡기형 환자에게 상공정맥-우폐동맥 측단문합술을 성공적으로 시행한 임상예를 보고하였다. 상공정맥-우폐동맥 전류시 상공정맥 완전차단으로 인하여 발생하는 심한 뇌압의 상승을 방지하기 위하여 단단문합술보다 측단문합술을 많이 시행하였으나, Meese<sup>10)</sup>는 낮은 뇌압의 혈류가 작은 문합부를 통과하면서 발생할 수 있는 혈전의 가능성을 고려하여 각이 지는 측단문합술보다 각이 없는 단단문합술이 보다 양호하여 술후 합병증을 감소시킬 수 있다고 주장하였다. Sanger<sup>17)</sup>, Macedo<sup>20)</sup>은 상공정맥-우폐동맥 전류를 시행하는 동안 상공정맥 차단시 뇌조직의 산소결핍으로 인한 위험시기를 관찰하였으며 Bakulev<sup>21)</sup>는 산소결핍증이 전체 사망율의 28%를 점한다고 보고하였다.

Young<sup>22)</sup>의 임상예에서는 25명중 5명이 수술사망하였으며 이중 4명이 뇌부종으로 인한 것이었으며 Edwards<sup>11)</sup>는 뇌부종으로 인한 45%의 사망율을 보고 하였다. Macedo<sup>20)</sup>도 이 수술의 가장 큰 위험이 상공정맥 혈류차단시 발생하는 뇌의 혈액학적 변화에 있다고 보

고 하였다.

Brechner<sup>23)</sup>, Bakulev<sup>21)</sup>, Bopp<sup>15)</sup> 등은 문합술시행 중 뇌기능 저하로 인하여 뇌파검사상 전압이 감소하고 정적지대(Silent Zone)가 나타나며 이 소견은 혈류차단 제거후 서서히 회복됨을 보고 하였다. 한편 Macedo<sup>20)</sup>는 문합술시 뇌의 동정맥간 혈압차의 감소로 인한 뇌실질 손상이 뇌파의 속도저하 및 전압감소를 야기함을 관찰하였다. 본 실험에서는 뇌파검사는 시행하지 않았다.

Macedo<sup>20)</sup>와 Nuland<sup>24)</sup>는 잠전을 사용한 상공정맥-우폐동맥 전류시 상공정맥 혈류 완전차단 순간부터 상공정맥압이 급격히 상승하여 전자의 보고는 평균 2분이내에 최고치에 도달하며 최고치의 범위는 380~850mm H<sub>2</sub>O이고 후자의 보고는 상공정맥 혈류차단 3분시 평균 443mmH<sub>2</sub>O이다. 본 실험에서는 상공정맥 혈류차단후 2분 이내에 최고치에 도달하였으며 최고치의 범위는 413~714mmH<sub>2</sub>O이고 평균 556.4~86.1mmH<sub>2</sub>O이었다.

Brecht<sup>25)</sup>는 뇌압이 일차적으로 정맥압에 따라서 변동한다고 하였고 Symbas<sup>26)</sup>는 상공정맥압 상승시 야기되는 뇌척수액압 상승의 원인은 뇌척수 공간내의 정맥 팽창으로 인한 뇌척수액의 변위 때문이라고 하였다. 본 실험에서도 상공정맥압의 변동에 따라 비례하여 뇌척수액압이 변동하였으며 뇌척수액압의 상승치는 상공정맥압의 상승치보다는 약간 낮았다. 뇌척수액압의 상승도 2분 이내에 최고치에 도달하며 최고치의 범위는 379~712mmH<sub>2</sub>O이고 최고치의 평균압력은 480.5±79.9mm H<sub>2</sub>O이었다.

상공정맥-우폐동맥 전류시 상공정맥 혈류차단으로 인하여 발생하는 상공정맥압의 급격한 상승을 방지하기 위하여 Salsali<sup>27)</sup>는 전류수술 동안 상공정맥과 우심방 사이에 전류용 카테타를 설치하였으며 Edwards<sup>11)</sup>는 기정맥의 지연결찰(delayed closure of azygos vein)을 주장하여 상공정맥-우폐동맥 전류시 상공정맥압이 250~300mmH<sub>2</sub>O이상 상승함을 방지하였다. 기정맥 지연결찰을 실시하지 않았던 예중 45%가 뇌부종으로 인하여 사망하였으나 기정맥 지연결찰을 실시한 후에는 사망율이 8.6%로 감소하였다.

상공정맥-우폐동맥 전류시 하공정맥압의 변동에 대하여 Macedo<sup>20)</sup>는 전류수술전 9cmH<sub>2</sub>O에서 수술후 6cmH<sub>2</sub>O로 하강함을 Sanger<sup>17)</sup>는 약간 하강함을 보고 하였다. 본 실험에서는 상공정맥 혈류차단 5분시의 하공정맥압은 개흉시의 하공정맥압보다 평균 압력은 약간 하강하였으나 유의하지 않았다.

상공정맥-우폐동맥 전류술을 실시하고 전류를 개방한 직후의 평균 상공정맥압이 잠전을 사용한 실험에서

Macedo<sup>26)</sup>는 190mmH<sub>2</sub>O, Nuland<sup>24)</sup>은 172mmH<sub>2</sub>O, Brea<sup>28)</sup>은 170mmH<sub>2</sub>O, Carlson<sup>30)</sup>은 수술전보다 100% 이상 상승되었고 임상수술에서 Mitri<sup>29)</sup>은 23mmHg Sanger<sup>17)</sup>는 21mmHg이며 또한 Young<sup>22)</sup>은 18~30cm H<sub>2</sub>O(평균 25cmH<sub>2</sub>O)로서 수술후 수주 내지 수개월 후의 압력인 12~18cmH<sub>2</sub>O에 비하여 상당히 상승되어 있었다. 본 실험에서는 혈관문합에 소요되는 시간에 대하여 20분까지 상공정맥 혈류차단을 시행하였던 A군에서는 상공정맥-우폐동맥 전류 개방 5분후의 상공정맥압이 평균 212.4mmH<sub>2</sub>O이었으며 이 내압은 개흉시의 상공정맥압에 비하여 약 96.3%의 상승을 나타내었다.

상공정맥-우폐동맥 전류 개방 30분시 각군의 상공정맥압 및 뇌척수액압은 공히 전류 개방 5분시의 압력에 비하여 극히 경미한 하강의 경향은 있으나 유의한 변동은 아니며 전류 개방과 동시에 일단 하강한 압력은 25분 동안 특별한 변동이 없었다.

상공정맥-우폐동맥 전류 개방 30분시의 상공정맥압 및 뇌척수액압은 개흉시의 압력에 비하여 모든 군에서 아직도 상승되어 있었다. Symbas<sup>26)</sup>, Trusler<sup>13)</sup>, Furuse<sup>31)</sup>는 수술에 지속되는 상공정맥압 상승의 원인으로 우심실에 비하여 높은 폐혈관의 저항 때문이라고 하였으며 Furuse<sup>31)</sup>는 박동성 공정맥-폐동맥 전류(pulsatile cavo-pulmonary shunt)를 시행하면 우폐혈관의 저항을 감소시키므로 우폐로 가는 혈류의 양을 증가시키고 상공정맥압을 현저히 감소시킬 수 있다고 하였다. Edwards<sup>11)</sup>와 Sakiyalak<sup>14)</sup>은 우폐동맥의 내경이 상공정맥의 내경에 비하여 2/3 이하이면 여러 정도의 상공정맥 고혈압을 유발한다고 하였다. 본 실험에서는 모든 예에서 상공정맥과 우폐동맥간의 내경의 비율은 2/3 이상이었으며 폐혈관 저항은 측정하지 않았다.

수술후 상공정맥압과 뇌척수액압은 서서히 하강하며 수술전 압력으로 환원하는 시기에 대하여 Symbas<sup>26)</sup>는 두 압력이 공히 수술후 50일경이라고 하였고, 상공정맥압의 환원시기에 대하여 Mitri<sup>29)</sup>는 2주일후 Carlson<sup>30)</sup>은 14~29일, Brea<sup>28)</sup>은 4~6주일, Young<sup>22)</sup>은 수주일 내지 수개월이후라고 하였다. 본 실험에서는 장기추적은 시행하지 않았으며 수술후 10일까지 생존한 4예중 내압을 측정할 수 있었던 3예에서 상공정맥압 뇌척수액압이 공히 수술전 압력보다 아직도 30~40% 상승되어 있었다.

Mitri<sup>29)</sup>, Edwards<sup>11)</sup> Brea<sup>28)</sup>는 상공정맥-우폐동맥 전류후 지속하여 상승되었던 상공정맥압이 수술전 내압으로 하강하는 원인에 대하여 확실하지는 않으나 폐혈관 저항의 감소 또는 정맥 부행지 발달 때문일 것이라고 하였다.

Boruchow<sup>32)</sup>는 상공정맥-우폐동맥 전류를 실시한 8예중 4예에서 4년 내지 6년 사이에 전류실패를 경험하였으며, Sakiyalak<sup>14)</sup>은 전류후 약 3년이 경과하면 혈구분획이 상승하고 동맥혈의 산소분압이 하강한다고 보고 하였다. 이러한 후기 상공정맥 증후군(Late SVC Syndrome) 발현의 원인에 대하여 Mathur<sup>34)</sup>, Sakiyalak<sup>14)</sup> Boruchow<sup>32)</sup> 등은 진행되는 우심실유출부의 협착으로 인하여 좌폐의 혈류가 감소하고 이는 재차 전신 저산소혈증, 폐동맥혈관수축, 다혈구증과 혈액 점도의 상승을 야기하여 상공정맥의 혈류 진행을 저해하기 때문이라고 하였다. Sakiyalak<sup>14)</sup>은 이러한 요인들 이외에 좌상공정맥의 존재, 또는 정맥 부행지의 발달에 주목하였다. Boruchow<sup>32)</sup>는 후기 상공정맥 증후군을 일으킨 증례에서 혈전의 증거가 없이 우폐의 상엽과 중엽의 관류장애를 관찰하였으며, Samanek<sup>33)</sup>은 전류술후 1년 내지 3년 사이의 추적에서 우폐의 혈류 분포의 이상을 발견하였다. 즉 우폐의 혈류는 하엽의 일부에만 제한되어 이 부위에 폐동정맥간의 생리학적 Shunt가 발생하고 우폐의 나머지 부분은 혈액의 관류가 감소된 생리학적 사강이 증가하였으며 양외위시에는 이러한 현상이 경미하나 좌위에서는 특히 심하였다.

Mathur<sup>34)</sup>는 후기 상공정맥 증후군이 발생한 예에서 가능하면 근치적수술을 시행하였으나 이것이 불가능할 때에는 동맥제-폐동맥간 전류술, 외과적 심방중격결손 조성술, 액외구 동정맥루조성술 및 정맥 부행지결찰을 시행하였다.

Owens<sup>35)</sup> 등은 원숭이를 사용한 실험에서 두개내 정맥의 폐쇄시 혈관의 울혈, 대뇌피질 종창 및 뇌척수액압의 상승을 보았으며 이러한 상승된 정맥압의 보다 직접적인 결과는 대뇌 절편표본에서 관찰되는 대뇌 출혈 병소였다. 이와 비슷한 소견은 Darbinian<sup>36)</sup> 등도 상공정맥-우폐동맥 전류술을 시행한 3마리의 실험견의 대뇌에서 출혈과 출혈 병소가 있었음을 보고하였다. 본 실험에서는 상공정맥-우폐동맥 전류술을 위한 상공정맥 차단시 즉각으로 상승되는 상공정맥압 및 뇌척수액압과 전류술후에도 비교적 상승된 이 압력들에 의하여 뇌조직의 변화가 있을 것을 예견하여 병리조직학적으로 검사하였다. 병리조직학적 검사를 시행한 6마리의 실험견 전예에서 모세혈관 울혈 소견을 볼 수 있었으며 다만 그 정도가 상공정맥의 혈류를 차단하였던 예들에서 심하고 대조실험견에서는 이에 비하여 비교적 경미하였다. 또한 혈관주위 부종도 이와 비슷한 소견을 보였다. 그러나 혈관주위 출혈병소 소견을 특징적으로 보인 예는 없었다. 한편 필혈성 신경세포 변화 소견은 확실히 상공정맥 혈류차단을 시행한 예에서만 특징적으로 발견

되었으며 그 심한 정도가 상공정맥 혈류차단 시간이 길었던 C군에서 더욱 현저하였다. 이와같은 병리조직학적 변화는 뇌척수의 부위에 따라서는 차이를 보이지 않았으며 미만성 변화를 초래하는 것으로 간주된다.

Young<sup>22)</sup>은 임상수술에서 상공정맥—우폐동맥 전류 수술후 24시간 동안 대부분의 예에서 경미한 안면부종 및 두부정맥 팽대를 관찰하였으나 뇌증상을 보인 예는 없었으며 이러한 증상은 곧 회복되었다. Mitri<sup>20)</sup> Edwards<sup>11)</sup> Boruchow<sup>23)</sup>의 보고도 이와 유사하다. 본 실험에서 상공정맥 혈류차단 시간이 짧았던 A군 및 B군과 보다 길었던 C군으로 나누어 상공정맥 혈류차단 시간 장단에 따르는 혈역학적 특징과 병리조직학적 소견 사이의 연관관계 유무를 관찰하여 보았으며 혈류차단 시간이 30분 이내인 A군 및 B군에서는 술후 상공정맥 내압의 지속적인 상승의 정도가 C군에 비하여 낮았으며 병리조직학적 소견도 C군에 비하여 경미한 편이었다.

본 실험에서는 술후 장기생존에 대한 추적을 시행하지는 않았으나 A군 및 B군에서 술후 10일 동안 생존한 관찰에서도 신경손상 등으로 인한 특이한 소견을 볼 수 없었으며 한편 이들을 도살한 후의 병리조직학적 검사에서도 perivascular hemorrhage나 focal necrosis 등의 그 손상 정도가 심하고 영구적 뇌손상을 초래할 수도 있을 소견은 발견하지 못하였다.

상공정맥—우폐동맥 전류 수술이 적용되는 임상예에서도 문합수술에 소요되는 시간은 일반적으로 본 실험에서 상공정맥 혈류를 차단하였던 시간보다 결코 연장되지는 않으며<sup>19)</sup> 실제로 A군에서의 혈류차단 시간보다도 단축된다.

## VI. 결 론

상공정맥—우폐동맥 문합술을 실험견을 사용하여 혈액역학적 및 병리조직학적으로 검사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 상공정맥의 혈류차단의 효과는 급격한 상공정맥 내압 및 뇌척수액압의 상승을 초래하며 혈류차단 2분 이내에 최고치에 도달하여 상공정맥 내압은  $556.4 \pm 86.1$  mmH<sub>2</sub>O 및 뇌척수액압은  $480.5 \pm 79.9$  mmH<sub>2</sub>O였다.

2. 상공정맥—우폐동맥 전류 개방후의 상공정맥압은 술전에 비하여 상승된 내압을 유지하였으며 상공정맥 혈류차단 시간이 짧았던 A군( $212.2 \pm 31.8$  mm H<sub>2</sub>O) 및 B군( $219.0 \pm 38.7$  mm H<sub>2</sub>O)에 비하여 혈류차단 시간이 길었던 C군에서는 현저히 상승되어 있어  $298.4 \pm 51.0$  mm H<sub>2</sub>O였다.

3. 상공정맥—우폐동맥 전류 개방후의 뇌척수액압도 술전에 비하여 상승된 압력을 유지하였으며 상공정맥 혈류차단 시간이 짧았던 A군( $192.2 \pm 25.7$  mm H<sub>2</sub>O) 및 B군( $193.4 \pm 29.2$  mm H<sub>2</sub>O)에 비하여 혈류차단 시간이 길었던 C군에서는 현저히 상승되어 있어  $281.0 \pm 39.5$  mm H<sub>2</sub>O였다.

4. 상공정맥—우폐동맥 문합수술후의 뇌척수조직의 변화는 경미하였으며 현저한 이상 소견은 술중 연장된 상공정맥 혈류차단 시간 및 술후 지속되는 상승된 내압에 비례적인 연관성이 있었다.

본 실험은 Glenn수술을 할 때 상공정맥 혈류차단 허용시간이 30분을 초과하지서는 않된다는 실험적 근거를 제시하는 것이다.

(본 실험에 있어서 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실 이영균 교수의 지도에 진심으로 감사드리며 또한 본연구 수행에 적극적인 지도와 편달을 베풀어주신 동흉부외과학교실 김종환 교수, 동 병리학교실 지제근교수에게 충심으로 감사를 드립니다.)

## REFERENCES

1. Glenn, W. W. L., Patino, J. F.: *Circulatory bypass of right side of the heart. IV. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery. Report of clinical application. New Engl. J. Med.* 259:117, 1958.
2. Fontan, F., Baudet, E.: *Surgical repair of tricuspid atresia. Thorax* 26:240, 1971.
3. Fontan, F., Choussat, R.: *Surgical repair of tricuspid atresia. Abst. Circulation* 50(Suppl.): 72, 1974.
4. 김주현, 송요준, 노준량, 이영균: 선천성 삼첨판막 폐쇄증(수술 2예 보고) 대한흉부외과학회잡지 6:63 1973.
5. 김종환, 장순명, 노준량, 서경필, 이영균: 활로 4중(고식적수술 56예), 대한외과학회잡지 15:527, 1973.
6. Blalock, A., Taussig, B. H.: *The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia. J. A. M. A.* 132:189, 1945.
7. Potts, W. J., Smith, S., Gibson, S.: *Anastomosis of the aorta to a pulmonary artery. J. A. M. A.* 132:627, 1946.
8. Waterston, D. J.: *Treatment of Fallot's tetralogy*

- in children under one year of age. Rozhl Chest* 41:181, 1962.
9. Robicsek, F., Temesvari, A., Kadar, R.L.: *A new method for the treatment of congenital heart disease associated with impaired pulmonary circulation. Acta Med. Scand.* 154:151, 1956.
  10. Yeh, T.J., Ellison, R.G.: *Thrombotic complication of superior vena cava to pulmonary artery anastomosis. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 50:571, 1965.
  11. Edwards, W.S., Bargeron, L.M.: *The superiority of Glenn operation for tricuspid atresia in infancy and childhood. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 55:60, 1968.
  12. Robicsek, F., Magistro, R., Foti, E., Robicsek, L., Sanger, P.W.: *Vena cava-pulmonary artery anastomosis for vascularization of the lung. J. Thorac. Surg.* 35:440, 1958.
  13. Trusler, G.A., MacGregor, D., Mustard, W.T.: *Cavopulmonary anastomosis for cyanotic congenital heart disease. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 62:803, 1971.
  14. Sakiyalak, P., Ankenny, J.L., Liebman, J., DeMeules, J.: *Results of superior vena cava to pulmonary artery shunt in the treatment of cyanotic heart disease. Ann. Thorac. Surg.* 12:514, 1971.
  15. Bopp, R.K., Larsen, P.B., Caddell, J.L., Patrick, J.R., Hipona, F.A., Glenn, W.W.L.: *Surgical considerations for treatment of congenital tricuspid atresia and stenosis. With special reference to vena cava-pulmonary artery anastomosis. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 43:97, 1962.
  16. Keirle, A.M., Helmsworth, J.A., Kaplan, S., Ogden, A.E.: *Experience with anastomosis of superior vena cava to pulmonary artery. Circulation* 27:753, 1963.
  17. Sanger, P.W., Robicsek, F., Taylor, F.H.: *Vena cava-pulmonary artery anastomosis. Successful operation in case of complete transposition of great vessels with interatrial septal defect and pulmonary stenosis. J. Thorac. Surg.* 38:166, 1950.
  18. Carlon, C.A., Mondini, P.G., de Marchi, R.: *Successful treatment of some cardiovascular disease (New vascular anastomosis). J. Int. Coll Surg.* 16:1, 1951.
  19. Meese, E.H., Delaney, T.B., Dooben, D.J., Timmes, J.J.: *End to end superior vena cava-pulmonary shunt in tricuspid atresia. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 47:261, 1964.
  20. Macedo, X.P., Perez-Alvarez, J.J., Marquez J.O., Peniche, J.H.: *Some experimental observations on the superior vena cava-pulmonary artery anastomosis. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 41:186, 1961.
  21. Bakulev, A.N., Kolesnikov, S.A.: *Anastomosis of superior vena cava and pulmonary artery in the surgical treatment of certain congenital defects of the heart. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 37:693, 1959.
  22. Young, W.G., Seally, W.C., Houck, W.S., Whalen, R.E., Spach, M.S., Canent, R.V.: *Superior vena cava-pulmonary artery anastomosis in cyanotic congenital heart disease. Ann. Surg.* 157:894, 1963.
  23. Brechner, B.L., Kavan, E.M., Dillon, J.B.: *The electroencephalographic effect of compression of the superior vena cava during thoracotomy. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 37:352, 1959.
  24. Nuland, S.B., Glenn, W.W.L., Guilfoi, P.H.: *Circulatory bypass of the right heart. III. Some observations on long-term survivors. Surg.* 43:184, 1958.
  25. Brecht, F.C., Martill, P.M.: *Studies on the cerebrospinal fluid. VI. A study of the effects of tissue extracts. Amer. J. Physiol.* 51:126, 1920.
  26. Symbas, P.N., Woods, L.P., Collins, H.A.: *Changes in cerebrospinal fluid pressure following experimental superior vena cava to right pulmonary artery shunt. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 44:184, 1958.
  27. Salsali, M., Clifton, E.E.: *A technique for end to end anastomosis of the superior vena cava and right pulmonary artery without occlusion of the superior vena cava. An experimental study.*

- J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 47:480, 1964.
28. Brea, C.A., Smith, G.W., Muller, W.H.: *Experimental hemodynamic evaluation of cavopulmonary anastomosis.* *Surg. Gynec. Obstet.* 122:77, 1966.
  29. Mitri, M., Murphy, D.R., Dobell, A.R.C., Karn, G.M.: *Cavopulmonary anastomosis in the management of certain irreparable congenital heart lesions.* *Surg.* 52:513, 1962.
  30. Carlson, H.A.: *Obstruction of superior vena cava. An experimental study.* *Arch. Surg.* 29:669, 1934.
  31. Furuse, A., Brawley, R.K., Gott, V.L.: *Pulsatile cavopulmonary artery shunt. Surgical technique and hemodynamic characteristics.* *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 63:495, 1972.
  32. Boruchow, I.R., Swensen, E.W., Elliot, L.P., Wheat, M.W.: *Study of the mechanism of the shunt failure after superior vena cava-right pulmonary artery anastomosis.* *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 60:531, 1970.
  33. Samanek, M., Kasalicky, J., Voriskova, M.: *Distribution of pulmonary blood flow after cavopulmonary anastomosis.* *Circulation* 27:753, 1963.
  34. Mathur, M., Glenn, W.W.L.: *Long-term evaluation of cavapulmonary anastomosis.* *Surg.* 74:899, 1973.
  35. Owens, G., Stahlman, G., Capps, J.M., Meirovsky, A.M.: *Experimental occlusion of dural sinuses.* *S. Forum* 8:521, 1957.
  36. Darbinian, T.M., Krymskii, L.D.: *Morphologic changes in heart, lung and brain after experimental cavo-pulmonary anastomosis.* *Bull. Exper. Biol. & Med.* 47:105, 1959.

Legends for Figures

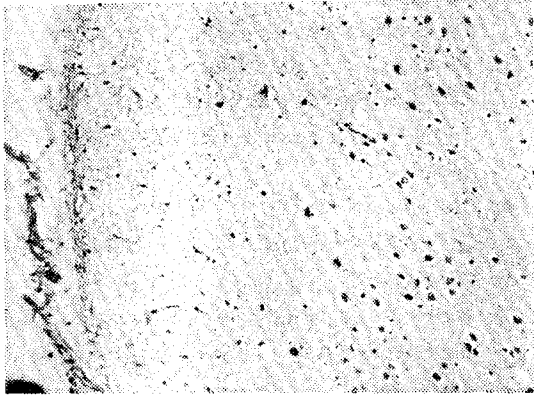


Fig. 1. Photomicrograph of cerebral cortex of group A showing well preserved normal architecture H. & E.  $\times 40$

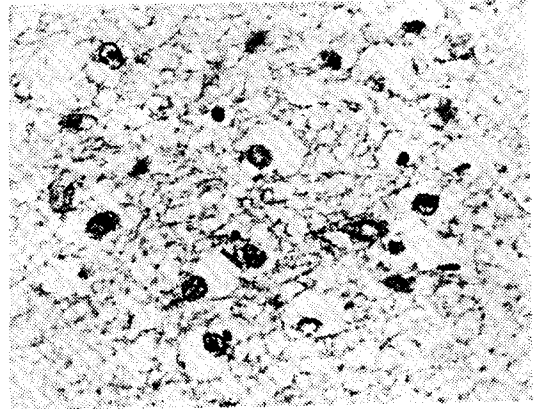


Fig. 2. High power view of Fig. 1. showing slight ischemic change of nerve cell and pericellular edema H. & E.  $\times 430$

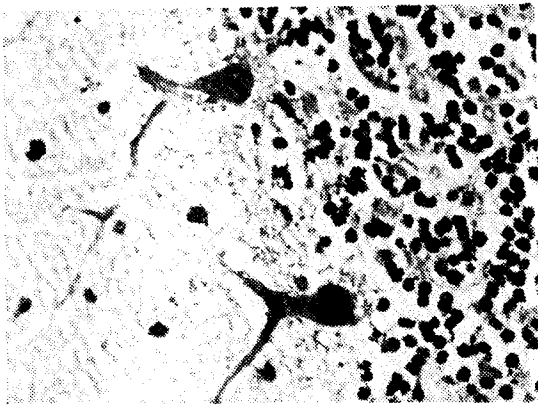


Fig. 3. High power view of cerebellum of group B showing ischemic change of nerve cell H. & E.  $\times 430$

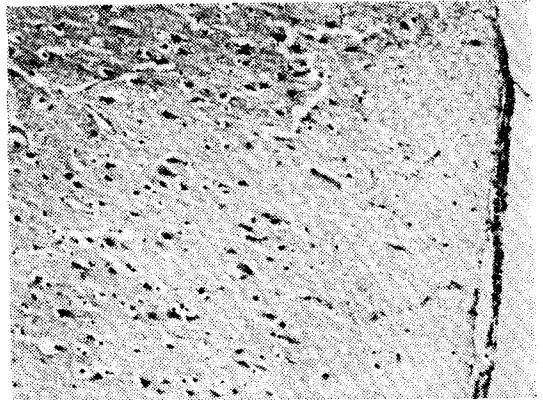


Fig. 4. Cerebral cortex of group C showing advanced ischemic change of nerve cell H. & E.  $\times 120$

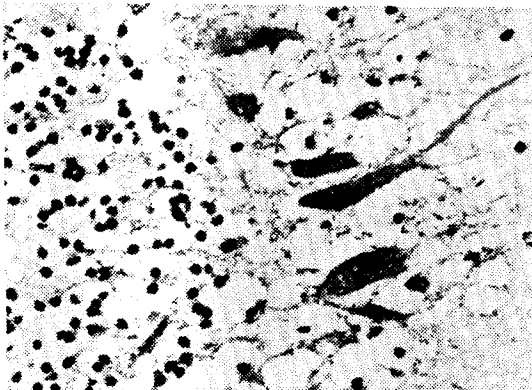


Fig. 5. High power view of Fig. 4. Note advanced ischemic change of nerve cell and pericellular edema H. & E.  $\times 430$

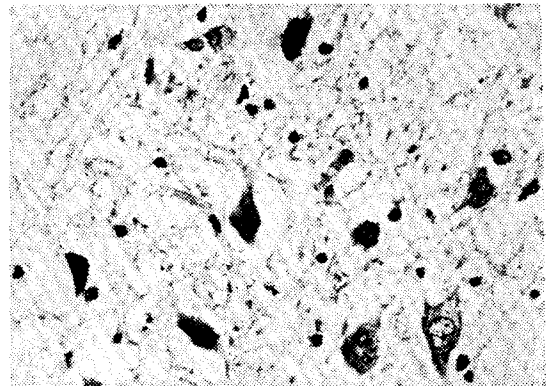


Fig. 6. Cerebellum of group C showing advanced ischemic change of nerve cell H. & E.  $\times 430$