

〔原 著〕

## 脳静脈の動脈化に関する実験的研究

東京女子医科大学外科学教室 (主任 榊原 仟教授)

牛 田 昇  
ウシ タ ノボル

(受付 昭和39年4月17日)

## 内容目次

## 第I篇

## 緒 言

## 第I章 脳動脈遮断実験

## 第1節 犬の頭部血管系の特徴

## 第2節 第1項 脳動脈遮断実験

## 第2項 実験結果および小括

## 第3節 非開胸式脳血行完全遮断方法の案出

## 第II章 脳動静脈吻合実験

## 第1節 実験方法

## 第2節 実験結果

## 第3節 小括

## 第III章 脳動脈交通枝および椎骨動脈結紮を伴った

## 総頸動脈外頸静脈交又吻合実験

## 第1節 実験方法ならびに条件

## 第2節 実験結果

## 第3節 小括

## 第IV章 完全交又循環時の検査成績

## 第1節 色素注入による脳血行の観察

## 第1項 墨汁注入による病理組織所見

第2項 墨汁およびCB色素注入による  
生体観察

## 第3項 小括

## 第4項 色素希釈曲線検査

## 第5項 小括

## 第2節 脳血管撮影法

## 第3節 眼底血管撮影

## 第4節 脳循環諸量の測定

## 第5節 脳脊髄液圧の変動

第6節 放射性同位元素  $P^{32}$  による脳脊髄液の産  
生および吸収

## 第7節 脳波および心電図

第8節 大脳組織  $Q_{O_2}$  の測定

## 第V章 考案ならびに文献的考察

## 第II篇

## 緒 言

## 第I章 短時間脳交又循環

## 第1節 実験方法

## 第2節 実験成績

## 第3節 小括

## 第II章 脳栓塞作成後交又循環

## 第1節 実験方法

## 第2節 実験結果

## 第3節 小括

## 第III章 臨床的考察

## 全篇の総括ならびに結論

## 文 献

## 第 I 篇

## 緒 言

脳の静脈血管に弁の無いこと (Bardellben<sup>1)</sup>1880年) および脳血管に搏動の無いことより、脳の静脈系に動脈血を灌流して脳組織を栄養することが可能か否か、もし可能ならば、脳動脈硬化等により脳出血の危険性のあるものを予防しようこと。また脳血栓、脳栓塞の場合、動脈血の経脳静脈環流により脳軟化を防ぎうるのはなからうかと考え、これを脳逆循環 (経静脈脳循環) と唱えて

**Noboru USHIDA** (Department of Surgery, Tokyo Women's Medical College): Experimental studies on retrograde cerebral circulation.

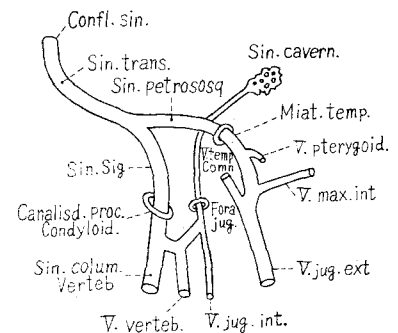
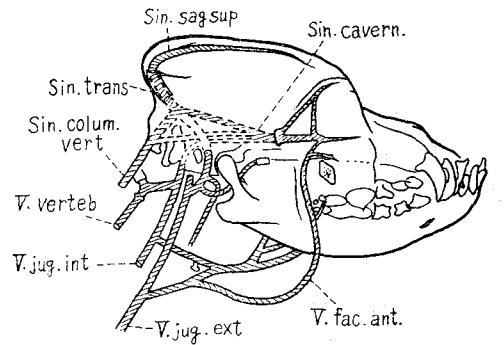
動物実験を行なった。すなわち動脈硬化が高度で動脈管が脆弱となって、今にも破裂を起こして大出血となるような場合、これに遙かに圧の低い静脈血を流し、静脈管を動脈として用うことが可能であるか、また動脈血管が閉塞した場合に、その支配領域の脳組織はたちまち壊死に陥るわけであるが、この場合健康な静脈管を代用すれば、これを栄養することが可能ではないかということである。

血液を静脈より逆に流そうという考えは、文献的には1880年代に Glück, Frank らにより試みられているが、脳血流を脳静脈より逆に流す目的で Guthrie (1912年), Horsley (1915年), Gurdjian<sup>2)</sup> (1950年), 河村<sup>3)</sup> (1960年), らの動物による総頸動脈と外頸静脈との吻合実験があり、臨床的には Sciaroni<sup>4)</sup> (1948年), Beck<sup>5)</sup> (1949年), Mckhann<sup>6)</sup> (1950年), Tarlov<sup>7,8)</sup> (1950年), Perrine<sup>9)</sup> (1951年), 竹友<sup>10)</sup> (1953年) らが、ある種の精神病および精神薄弱に対し頸動静脈吻合を作成しているが、いずれも治療効果を検したにとどまるものが多く、著者の着想とは全く考え方を異にしたものである。また Tarlov, Perrine らは動静脈吻合後に脳血管撮影を行なっているが、いずれも脳毛細管の完全な逆循環を立証しえなかつたのである。動物実験を行なった Gurdjian, 河村らも同様に脳逆循環を脳血管撮影によつて証明することができなかつた。しかし、これらには実験方法に難点が認められる。よつて著者は別個の観点と着想より、この実験に着手したのであるが、それらの点について、充分証明しようと思われる結論を得、かつ脳逆循環は可能であること、しかし、脳血流量は必要にして充分でなく、長期にわたり脳組織を栄養することには耐えられないことがわかつた。しかし15分間以内の逆循環流では脳に不可逆的な変化を与えないこと、および脳栓塞を起こしてから逆循環流を行なった場合、栓塞物質を右心房に逆流させる事が可能であることを実験的に証明し得たので、ここに報告する次第である。

## 第I章 脳動脈遮断実験

### 第1節 犬の頭部血管系の特徴

犬の頭部血管系では、静脈系が人の場合と異つ



第1図

ているもので、動脈系はほとんど人と差がない。すなわち頭部特に脳に關与する動脈血管は、椎骨、内頸動脈を中心としており、その脳底では Willis 大脳動脈輪により左右の内胸、前大脳、後大脳、脳底、椎骨動脈と相互に交通している。これら動脈系のうちで人と異なる所は、内胸、肋間動脈の分枝および一部の頭部、頸部の筋肉枝が脳血行に關与している事、および椎骨動脈がかなり発達してこれだけでも充分な脳血行が保たれることである。静脈系は広田の報告(第1図)に有るように、脳毛細管より流出する静脈血のほとんどは、上矢状洞、下矢状洞、直洞、横洞を経て外頸静脈および椎骨動脈から心臓へ帰流する経路、および海綿洞を経て内頸静脈に至り心臓へ帰流する経路が有る。これら静脈の間には多くの交通枝が有り、他側の外頸、顔面静脈と交通している。

## 第2節

### 第1項 脳動脈遮断実験

第1節に述べた血管系の特徴より考えて、まず

脳血流遮断実験を行なった。

実験方法：

実験に使用した犬は総て体重10kg前後の雑犬でPental sodium (ラボナール) の静脈内麻酔下に行なった。血流遮断方法は次の7群に分けた

第1群：両側総頸動脈遮断

第2群：両側椎骨動脈遮断

第3群：両側総頸動脈、両側内胸動脈、第1～4肋間動脈、頸胸部動脈筋肉枝ならびに上腕動脈の遮断。

第4群：両側椎骨動脈および両側内胸・肋間・上腕・頸胸部筋肉枝の遮断。

第5群：両側総頸動脈および両側椎骨動脈遮断。

第6群：両側総頸動脈、椎骨・内胸・肋間・上腕動脈および筋肉枝の遮断

第7群：第6群の両側総頸動脈を最後に遮断し、暫くして解除せるもの。

以上の遮断実験で内胸、肋間、椎骨動脈の遮断は総て気管内チューブ挿管により開胸して行なった。

第2項 実験結果および小括

各群の経過および結果は第1表に示すごとくであり、第1群より第4群迄の総頸動脈または椎骨動脈のいずれか一方を遮断しない群では手術の侵襲以外には術後全く変化なく、正常生活可能である。第5群では術後脳神経脱落症状を呈し、麻酔から覚醒が遅く、4例中1例は覚醒せず死亡した。第6群は総て10分前後で死亡した。第7群では両側の総頸動脈遮断を長く続けければ(平均5分以上)遮断解除後も散瞳したまま死亡する。この

第1表

血管遮断群	例数	経過および結果
第1群	2例	術後なんら変化を認めず正常生活長期生存。
第2群	2例	開胸による手術侵襲以外には変化を認めず、長期生存。
第3群	2例	同上
第4群	2例	同上
第5群	4例	術後3例は麻酔より覚醒が遅く、4～5時間で覚醒するが、脳神経脱落症状を呈し約12～15時間で死亡。1例は術後麻酔より覚醒せず6時間で死亡。
第6群	3例	術後麻酔より覚醒せず、平均10分で死亡。
第7群	2例	両側総頸動脈を遮断すると直ちに瞳孔散大し、遮断を解除すると瞳孔は縮小する。遮断を5分以上続けると瞳孔は縮小せず死亡する。

遮断を5分以内に解除すれば瞳孔は縮小し生存する。

小括

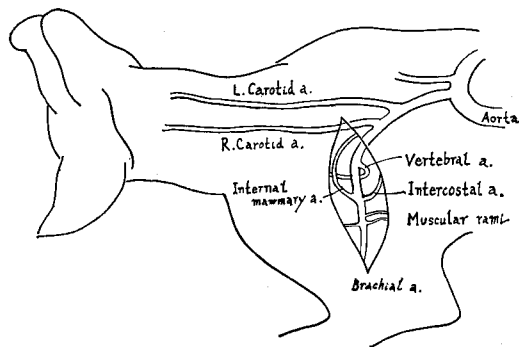
以上の結果、総頸動脈、また椎骨動脈のいずれか一方からの血流が有れば術後神経脱落症状は無く、長期生存が可能である。総頸動脈、椎骨動脈の両方の遮断を行なった場合に、内胸、肋間動脈および頸胸部の筋肉枝のみでも直ちに死亡せず、12～15時間の生存は可能である。また、いずれの場合にも、椎骨、内胸、肋間動脈を遮断する場合に、手術侵襲が少なければ生存時間を延長する事ができると思われる。

第3節 非開胸式脳血行完全遮断方法の案出

前項の血管遮断実験で開胸して、椎骨、内胸、肋間動脈の結紮を行なった場合、開胸という手術侵襲が術後の生存時間にかなり影響する事実より、開胸せずにこれらの動脈を結紮する事が可能であるか、という考えで次のごとき方法を考案した。

実験方法

犬をラボナール静脈内麻酔下に仰臥位に手術台に固定し、前肢腋窩部に皮膚切開を加え(第2



第2図 非開胸式動脈(椎骨、内胸、肋間動脈)結紮法

図) 大小胸筋を筋線維の走行に従って分離すると上腕動脈を触知できる。この部位にリリアン紐をかけ末梢に索引しながら心側に動脈周囲組織を剝離して行けば数本の動脈筋肉枝、および、内胸動脈、肋間動脈および椎骨動脈を直視し結紮できる。さらに血管周囲組織を剝離しつつ中心側に進

めば、総頸動脈をも胸膜外より結索遮断が可能である。この方法を両側に行なえば開胸的に行なう場合と異り、手術侵襲は全く少なくなる、その予後および経過は良好である。この方法を非開胸式動脈結紮法とし、以後多くの実験に採用した。

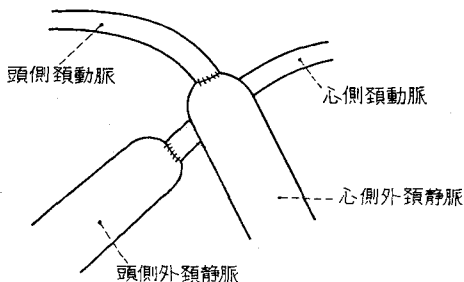
## 第II章 脳動静脈吻合実験

### 第1節 実験方法

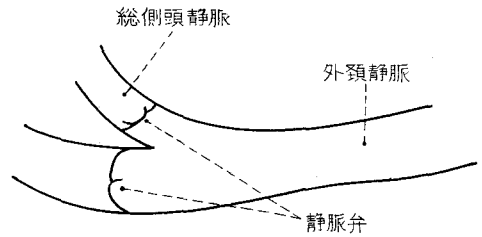
頸動脈と頸静脈の吻合法には側々吻合、端側吻合、端々吻合などの方法が有るが、本実験においては総て、端々吻合法を用いた。

実験犬は Pentotal sodium (ラボナール) 静脈内麻酔後、気管チューブ挿管し O<sub>2</sub> 供給を行なつた。麻酔後、仰臥位に実験台に固定、頸部中央に横、約6cmの皮膚切開を加え潤頸筋を横に切開、胸鎖乳突筋を筋線維の方向に分離し総頸動脈を露出、細紐をかけて牽引し約5~6cmにわたり周囲組織を剝離す。次に両側外部で外頸静脈を露出、細い静脈分枝を結紮し動脈と同様に約5~6cmにわたり周囲組織を剝離する。

次に頸動脈の切断部位より2~3cmの間隔をあけて血管鉗子をかけ、中央で切断する。頸静脈側も同様に動脈と同じ高さで切断してから、一側の心側外頸静脈および頭側外頸動脈に3本鉗子をかけて血管縫合糸を用いて端々吻合を行なう。次に心側頸動脈および頭側頸静脈も同様に縫合する。一側の縫合終了後に他側にも同様の縫合を行なう。両側血管吻合後は頸動脈の太さに比較して頸静脈は約2倍の太さがあるため、第3図のごとく吻合部でそれぞれ静脈血管部が太くなる。吻合部よりの出血は吻合終了後、吻合部をガーゼで軽く圧迫すれば4~5分で止まる。吻合の順序は、まず心



第3図 交叉吻合時の血管の状態



第4図

側頸静脈と頭側頸動脈との吻合を行ない、次いで心側頸動脈と頭側頸静脈吻合を行なつた。この場合、心側頸動脈と頭側頸静脈の吻合にあつては、吻合前に外頸静脈、総側頭静脈の分岐部に存在する静脈弁をあらかじめ摂子又はゾンデで破壊しておくとも血液は比較的容易に流れる。(第4図)。

この部位の静脈弁はかなり強靱なものであるからこれを破壊しておかないと、弁の爲めにこれより頭側への血流は急激に減少するのみならず、強い血圧が加わるためにこの部位の静脈血管内膜の破壊が起こり、次に血栓形成を起こし易い。吻合に際して吻合部に少量のヘパリン溶液を用いれば血栓形成を防ぐことができる。これら吻合終了後には第3図の如く動静脈が交叉するところから交叉吻合と命名し、以後この名称を用いた。

#### 考案および小括

吻合に際して静脈血管を動脈血管として用いるのであるが、この場合静脈血管が動脈圧に耐えるかという疑問がある。この点に関して、別府ら<sup>1)</sup>は、静脈血管は動脈血管の代用として充分利用できると言っており、著者も本実験で同様の結果を得た。

### 第2節 実験結果

#### 吻合部の病理組織所見

交叉吻合のみ行なつたもので長期間(3~8ヵ月)のものでは、静脈内膜の肥厚および中膜弾力線維の増加が見られる。

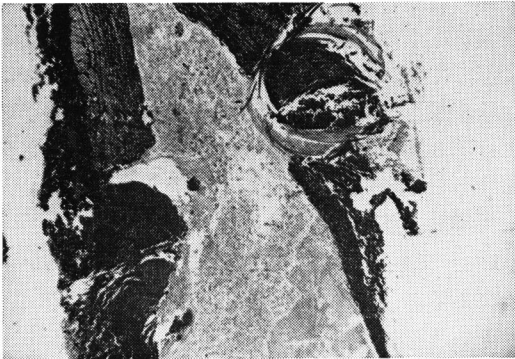
椎骨、内胸、肋間動脈および頸胸部動脈枝結紮後に頸動静脈の交叉吻合(これを完全吻合という)を行なつた比較的短期間のものでは(第2表)、静脈血管内膜の炎症所見の他に血栓形成の傾向を認めるのみで、長期間のものに見られるような、



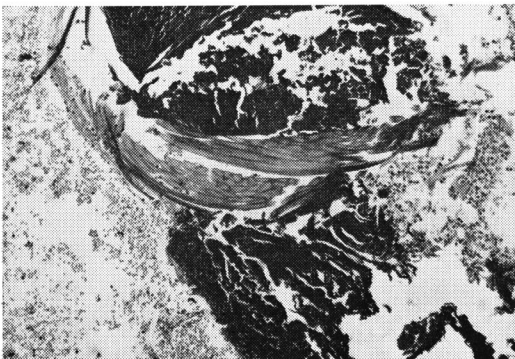
第2表 完全交叉吻合による短期間例の血管壁の変化

実験犬 No.	吻合後摘出迄の時間	病理組織所見
No. 1011	41時間	吻合部静脈血管の多くの部位に血栓形成を認める。動脈壁に炎症所見あるが静脈壁には特に変化なし。
No. 1014	25時間	吻合部の癒合は良い。吻合部付近、特に静脈部に初期血栓形成を認める。その他動静脈壁に変化を認めず。
No. 1025	17時間	吻合部の癒合良好。動静脈血管壁に特に変化を認めず。
No. 1018	11時間	吻合部の癒合は良好吻合部より動静脈両側に向い新しい血栓形成が有り、動脈壁には吻合部を離れた部位に二次的炎症及び小さい壊死有り（これは鉗子をかけた部位）。静脈側には変化なし。
No. 1027	48時間	吻合部位の癒合良好。但し吻合を行なつた所の血管壁に蜂窩織炎の所見があり、中に小さい血栓形成を認める。
No. 1036	24時間	吻合部位静脈壁には外部（adventitia側）から白血球浸潤が中膜迄及んでいる。

(A)

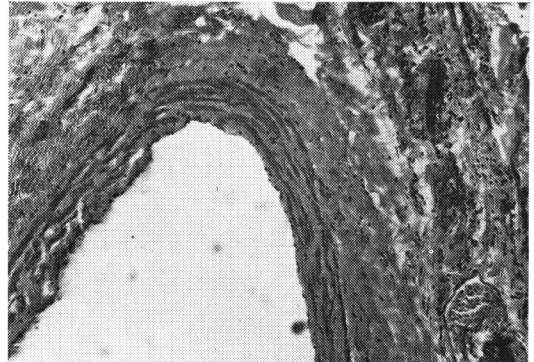


(A')

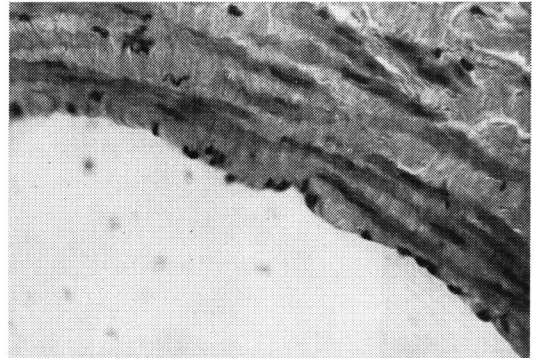


第5図 動静脈血管吻合部の組織所見（ヘマトキシリンエオジン染色）

(B)



(B')



第6図 吻合部静脈壁組織所見（ワイゲルト染色）

内、中膜の変化を起こす迄には至らない。

静脈血管壁の炎症の原因としては、吻合に際して行なう血管鉗子による組織の挫滅が主である。

短期間交叉吻合における吻合部の動静脈血管および吻合部静脈壁は第5図、第6図に示すように吻合部静脈壁内膜の変化を認めない。

交叉吻合のみの実験動物は長期にわたつて正常の活動を行ない生存した。6例中2例は吻合部位の血栓形成により血流閉塞を起している。

### 第3節 小括

動静脈交叉吻合に際し、この吻合法は端々吻合が技術的にも容易であり、血流も良好である。吻合を行なう時には頸静脈の外頸静脈と総側頭静脈との分岐部に存在する静脈弁の破壊により血流は更に良好となる。吻合後短期間のもものでは吻合部位静脈壁に鉗子による挫滅および炎症像ならびに初期血栓形成が起こつていた。これらは完全交叉

吻合による脳血流の逆循環を行なった場合に死亡の原因となるものと考えられる。交叉吻合後の長期間生存例では総てが内膜の肥厚、中膜、弾性線維の増加を認めた。すなわち動脈血管として用いた静脈血管は、次第に静脈血管としての形態を失って動脈化するものと考えられる。これに対して静脈として用いた頭側内頸動脈壁の変化は全く無かつた。

### 第 III 章 脳動脈交通枝および椎骨動脈結紮を伴った内頸動脈、外頸静脈交叉吻合実験

先に行なつた実験で、頸動脈、外頸静脈の交叉吻合を行なうのみで他の脳血行に關与する動脈の結紮をしなければ、全て長期間生存し何ら脳神経脱落症状を起こさない事、および頸動脈以外の脳血行に關与する動脈、すなわち椎骨、内胸、肋間、上腕および頸胸部の動脈枝の結紮を行なつても、頸動脈のみによる脳血行が保たれておれば生存可能であることがわかつたので、この事実に基いて次の実験を行なつた。

内頸動脈以外に脳血行に關与する血管、すなわち内胸、椎骨、肋間動脈、および上腕、頸胸部の動脈枝の結紮を行ない、内頸動脈、外頸静脈の交叉吻合を行なつたものを完全交叉吻合と命名した。またこの時に起こる脳の逆循環を完全交叉循環とした。

#### 第 1 節 実験方法ならびに条件

前に行なつた実験で椎骨、内胸、肋間、上腕動

脈および頸胸部動脈枝結紮に、頸動脈遮断を併わせ行なうと、動物は直ちに散瞳し、頸動脈遮断を解除すれば再び縮瞳する。この遮断を長く続けると(3~5分)全身に痙攣を起し死亡する。この実験でも明らかであるように、椎骨、内胸、肋間動脈遮断を行なつた場合の唯一の脳血行は頸動脈である事を再確認した。

#### 実験条件

1) 頸動脈以外の脳血行に關与する動脈遮断は、開胸により行なつたもの、および非開胸式に行なつたものを作つた。

2) 頸動脈・外頸静脈吻合に際して、血管縫合を行なつたもの、およびシリコンラバーチューブを使用したものを作つた。

この場合、血管を縫合し吻合した場合、吻合に時間がかかり、そのために吻合部に血栓を作り易いことから、主にシリコンラバーチューブを使用し、吻合時間の短縮および吻合部位の血栓形成を防いだ。

3) 交叉吻合に際して最初に頸動脈以外の脳血行動脈の遮断を行ない、次に頸動脈の交叉吻合を行なつた例、および初めに頸動脈交叉吻合を行ない、後に頸動脈以外の脳血行遮断を行なつた例の2群を作り、その結果に付き比較したが、いずれを先に行なつても両者の間には差を認めなかつた。

4) 完全交叉吻合に際して椎骨静脈、内胸静脈

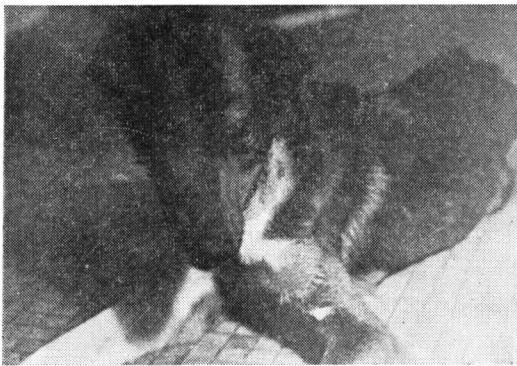
第 3 表 両側頸動脈交叉吻合 第 1 群

実験犬 No.	開胸	内頸、顔面静脈結紮	吻合部血行状態	覚醒	生存時間	経過および死因
1009	+	—	良好	8 時間後	16 時間	術後次第に舌の腫脹が強くなり上気道閉塞による窒息死
1012	+	—	左側不良	覚醒せず	6 時間	吻合部位よりの出血死
1014	—	—	右側不良	6 時間後	25 時間	右側吻合部に狭窄を作る。左右瞳孔不同左中等度散大。吻合後 6 時間頃より体動あり。口笛に答える。水を飲む動作をする。舌の腫脹強度。吻合部位血栓。気道閉塞による窒息死。
1015	—	—	良好	30 分後	17 時間	吻合後 30 分で頭を上げ起き上ろうとする。水を口に入れると舌を動かし嚥下する。3 時間頃より頸部、舌の浮腫が起り次第に呼吸困難となり窒息死。
1016	—	—	良	4 時間後	10 時間	3 時間頃より舌の腫脹が強くなり呼吸困難を起し窒息死。
10	—	—	良	3 時間後	8 時間	同上

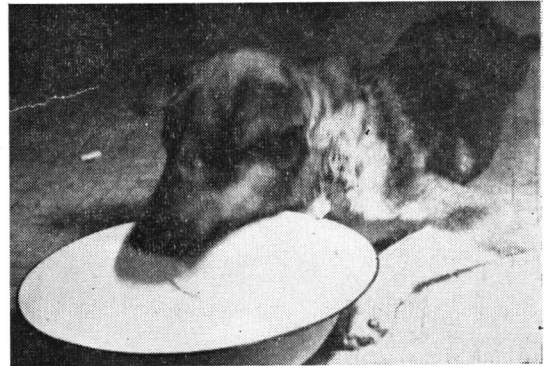
第4表 両側頸動静脈交叉吻合 第2群

実験犬 No.	開胸	内頸, 顔面 静脈結紮	吻合部 血行状態	覚醒	生存時間	経過および死因
1011	+	+	良好	11時間後	41時間	意識回復後四肢を動かし吠える. 術後36時間頃より再び意識不明となり死亡. 吻合部に血栓形成す.
1017	+	+	良好	覚醒せず	4時間	麻酔剤の過量による死亡
1018	-	+	左側不良	2時間後	11時間	左側吻合部の血栓形成による死亡
1025	-	+	良好	4時間後	72時間	術後歩行運動す. 水を飲む. 血栓形成により死亡.
1027	-	+	良好	3時間後	48時間	翌日歩行しミルクを飲む. 首輪により吻合部チューブがはずれ出血死. (第7図)
1036	-	+	良好	4時間後	24時間	術後瞳孔不同. (右>左) 対光反射あり. 歩行運動するも起立不能. 頸部に血腫を作り出血死亡.
1037	-	+	良好	覚醒せず	4時間	術後チアノーゼが強くなる. 左椎骨動脈より出血死亡.
1041	-	+	左側不良	6時間後	15時間	左側吻合部血栓.

(A)



(A')



第 7 図

の結紮の他に、総側頭、顔面静脈結紮を行なった群と行なわなかつた群とを作り比較した。

すなわち、

第1群： 完全交叉吻合に際して、総側頭・顔面静脈の結紮をしない群。

第2群： 完全交叉吻合に際して、総側頭・顔面静脈の結紮を行なった群。

の2群に分けた。

5) 麻酔はラボナル静脈内麻酔下に気管内チューブ挿入に行ない、血管吻合に際しては、吻合部に少量のヘパリン溶液を使用して血栓形成を防いだ。

## 第2節 実験結果

1) 頸動脈以外の脳血行に關与する動脈遮断

は、開胸して行なったものに比較し、非開胸で行なった例の結果は良かった。

2) 吻合に際してシリコンラバーチューブを使用したものは、手術時間が短くなるため、および血栓形成が起こりにくく、良い結果を得た。

3) 完全交叉吻合に際して総側頭、顔面静脈の結紮を行なった群、および行なわなかつた群については、第1群(総側頭、顔面静脈の結紮を行なわなかつた群。)

では術後意識回復は30分ないし8時間であり、そのうち開胸例は6ないし8時間。非開胸例では30分、3時間、4時間、である。いずれの例も術後数時間頃(2ないし6時間)より顔面、舌、咽頭部の腫脹が起こり、これは次第に増加し、つい

第5表 頸動静脈交叉吻合後の脳および吻合部血管の組織所見

剖検病理組織

第1群 No. 1014 " 1015	1) 血管吻合部付近特に頭側静脈壁部に初期血栓形成が見られる。 2) 大小脳共に浮腫性で神経細胞も軽度の変性が見られる。
第2群 No. 1011	1) 吻合部位血管のどの部位にも血栓形成を認める。 吻合付近の動脈壁に炎症を認める。 2) 大小脳共に血行の不全、実質の変性、初期軟化等循環不全の徴がある。
No. 1018	1) 吻合部より動静脈両側に向い新しい血栓形成がある。動脈壁には吻合部位を離れた所にも小さい壊死や二次的の炎症が起こっている。 2) 大小脳共に変性浮腫があり、血管にあまり充溢せず、血管周囲の変化は認めず。
No. 1027	1) 吻合部血管壁に炎症、血栓形成。 2) 大小脳共に血管内の血液が少なくGanglien細胞の変性を思わせる濃縮がある。これは死亡後の変化が疑われる。
No. 1036	1) 静脈壁には外部(外膜側)から白血球浸潤が中膜まで及んでいる。 2) 大脳ではGanglien細胞に変性があり、皮質の外層部に初期軟化を思わせる変化がある。
No. 1041	1) 吻合部左側に血栓形成を認める外は著変を認めず。 2) 大小脳共に皮質外層に変性壊死を認める。 (第8図A,A',第9図A,A',)

には気道性呼吸困難を起こして死亡した(第3表)。

第2群(総側頭、顔面静脈の結紮を行なった群)術後意識回復は2ないし11時間である。開胸例の1例では11時間であるが、非開胸例は2ないし

6時間である。

全例ともに術後の顔面、舌、咽頭部の腫脹は起こらない。術後の死亡原因は、血栓形成、出血。1例に麻酔剤の過量による麻酔死があるが(第4表)2例に歩行し、ミルクを飲む事が可能となった(第7図)。(第5表、第8図、第9図)。

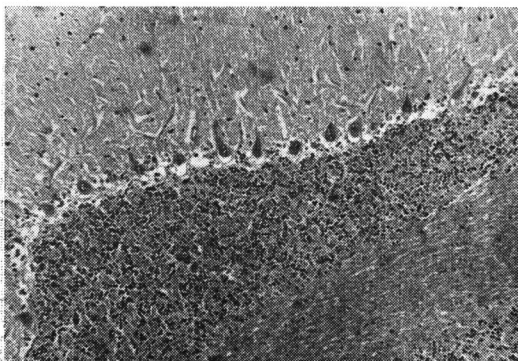
### 第3節 小括

脳の静脈系を介して動脈血を逆に流し、脳細胞を栄養するという考えに出発したこの実験は、明らかにこの考えがある程度可能なる事を証明した。すなわち動静脈結紮に際して、非開胸的に行なったものは、開胸例よりも術後経過が良く、完全交叉吻合に際して総側頭、顔面静脈の結紮を行なった例では、術後に舌、咽頭部の浮腫は起こらず、気道性呼吸困難を起こさなかつた。完全交叉吻合後の病理検査では、血栓形成による脳血行障害が起こり、脳神経細胞の変性があるが、これは死後の脳神経細胞の変化であると思われる。同時に検査した血管吻合部には、吻合時に使用した鉗子による血管壁の変化、およびこれに続いて起こる血管壁の炎症、血栓形成の像が認められるが、静脈内膜の変化は少なく、想像されていた静脈壁よりの出血は認められない。これらの事実は静脈血管が動脈圧下でも十分に耐えられる事を示している。以上の結果から完全交叉吻合によつても脳血流が保たれ、可成りの時間生存が可能であることがわかつた。

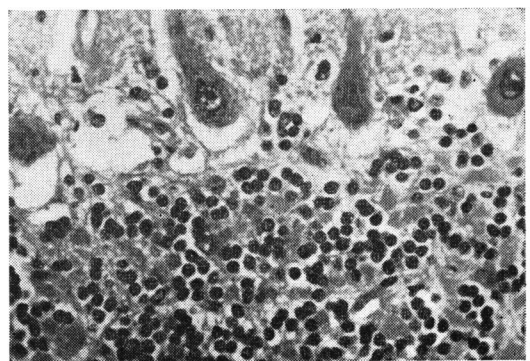
## 第IV章 完全交叉循環時の検査成績

### 第1節 色素注入による脳血行の観察

(A)

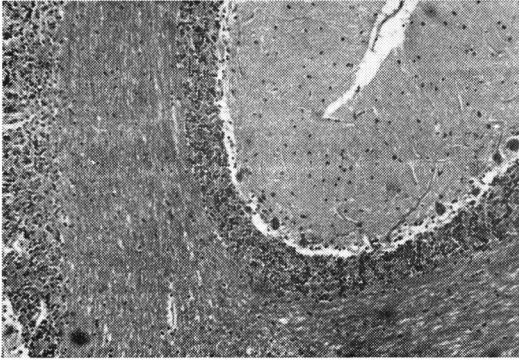


(A')

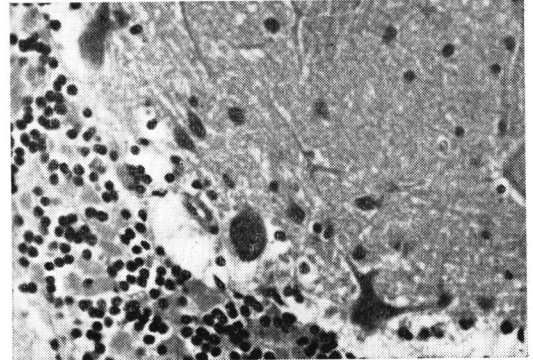


第8図 脳組織所見

(A)



(A')



第9図 脳組織所見

### 第1項 墨汁注入による病理組織所見

(墨汁注入法)

#### 1) 目的

交叉循環時には、心側動脈より頭側静脈に血液が流れ、毛細血管を通り、小動脈、動脈に至るものであるが、これを組織的に証明する目的で墨汁注入を行なった。この場合、墨汁をそのまま注入すると組織標本作中に墨汁が組織より流出して、標本作製時には墨汁を証明できなくなるので、墨汁ゼラチン混合物を作り、この目的に適応させた。

#### 2) ゼラチン墨汁製作法

- 板状ゼラチン6枚+H<sub>2</sub>O 500 ml で煮沸溶解。
- 以上の結果、全体量 500 ml + α となるからその上清を捨て 500 ml とする。
- 残った 500 ml 中の上清(比較的ゼラチン溶液の薄い所) 100 ml を別の容器に取り
- 残りの 400 ml の中から 200 ml を残してあとは

捨てる。

e) 次にその 200 ml ゼラチン溶液に、墨汁 200 ml および先に別の容器に取った 100 ml を加えて10分間煮沸し、その溶液をガーゼ3~4枚を重ねて濾過する。

f) その濾液をゼラチン墨汁として使用する。

実験方法および条件

1) 交叉吻合犬の心側動脈へゼラチン墨汁を血流にのせて注入したもの、および加圧し注入したものを作り、直ちに動・静脈を結紮し、脳組織を摘出し標本作製を行なった。

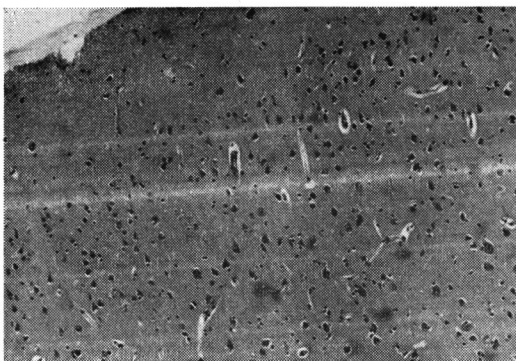
2) 対照例(正常犬)は頸動脈よりゼラチン墨汁を注入し同様標本作製した。

3) 屍体注入例(交叉吻合例6例)の死後のものの心側頸動脈より墨汁を加圧して注入した。

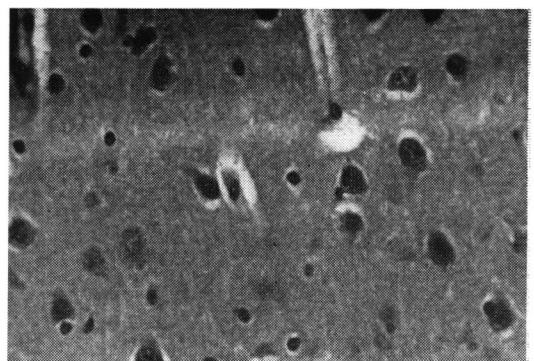
#### 結果

1) 第10図(AA' BB' CC' DD')および第6表に示すように、墨汁注入量を10→30ccと増加し

(A)



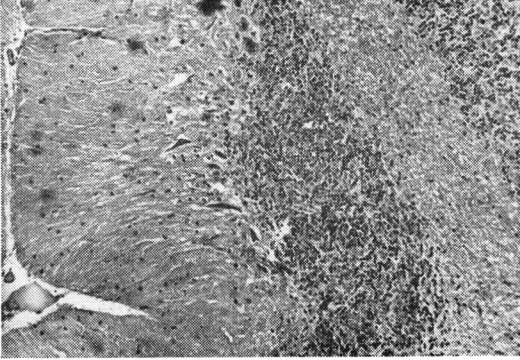
(A')



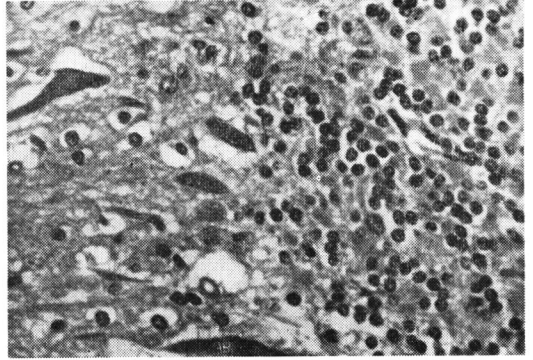
第10図 墨汁注入後脳の組織所見



(B)

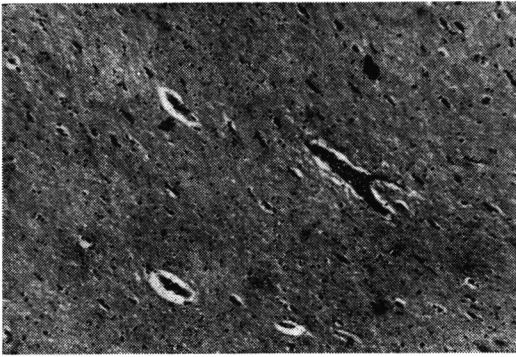


(B')

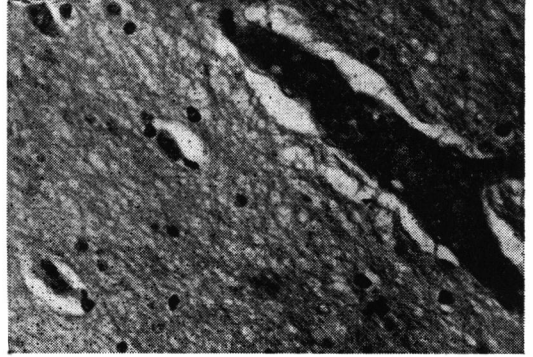


第 10 图

(C)

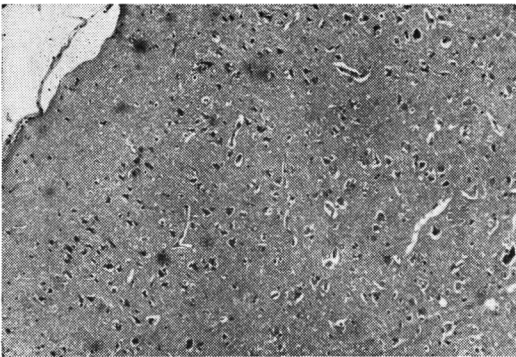


(C')

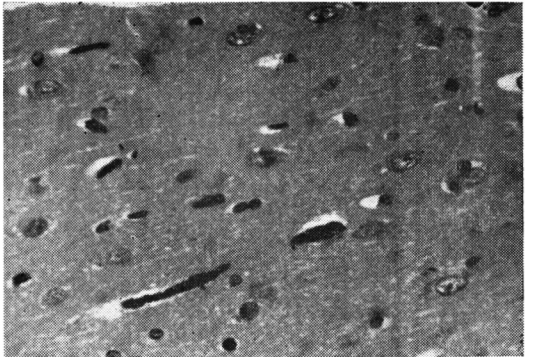


第 10 图

(D)



(D')



第 10 图

第6表 墨汁注入例（完全交叉吻合例）

症例	注入部位	注入量	注入圧	病理組織所見
No. 1065	右側外頸静脈	30cc	普通圧 (自然血流 にのせて)	脳実質外では静脈に少ない。 実質内では動静脈, 毛細管共に認める。
No. 1066	上大静脈	20cc	〃	実質外血管では動脈に多く, 実質内では動静脈共に見られる。
No. 1068	左外頸静脈	20cc	強圧	実質外では主に動脈一部静脈実質内では動脈毛細管静脈共に有る(墨汁沈着), 静脈では血管外に出ている所が有る。
No. 1074	右外頸静脈	10cc	普通圧	前頭葉実質内外の静脈内に墨汁色素が認められる。
No. 1077	〃	10cc	〃	実質外の静脈に墨汁が認められる, 同じく動脈に僅かに認められる。実質内では前頭部の組織の静脈に僅かに有る。

## 死亡直後

症例	注入部位	注入量	注入圧	病理組織所見
6例	右頸静脈	40cc	強圧	脳表動静脈, および脳実質内動静脈にも墨汁の沈着を認める。
No. 1071	左外頸静脈	エバンスブルー 5cc	〃	強圧注入後, 頭側頸動脈より墨汁の流出を認める。

第7表 色素注入例（頭窓法）

症例	注入部位	注入色素	注入量	注入圧	頭窓部位
No. 1071	左側外頸静脈	エバンスブルー	5cc	普通圧	頭窓部位で脳表静脈より動脈に至る色素の流れを認める。
No. 1072	右側頸静脈 (左側頸動静脈 結紮)	エバンスブルー	10cc	〃	頭窓部脳表静脈→動脈に僅かな色素の流れを認める。
No. 1073	右頸静脈	エバンスブルー	10cc	強圧	頭窓部脳表静脈→動脈に色素の流れを認める。

た場合は、脳組織の墨汁沈着が著明となる。また圧を加えて注入したのも同様に墨汁沈着は増加するが、血流にのせて注入したもので、脳表血管および脳実質内迄に墨汁沈着は認められた。その他に墨汁を多量30~40ccとして注入した場合に頭側頸動脈より墨汁流出を認めた。

2) 対照例（正常例）では剔出した脳表血管および脳実質内の墨汁沈着は強いものである。

3) 屍体注入例。交叉吻合後の屍体6例に墨汁約40ccを心側頸動脈より手動圧を加えて注入した場合、頭側頸動脈より墨汁の流出が見られた。これら6例の剔出標本で脳表動静脈、および実質内、動静脈内に墨汁の沈着を認めた。

第2項 墨汁および C.B. 色素注入による生体観察

頭窓法により墨汁および C.B. 色素（2% Coo-

massieblue) を使用して正常例および交叉吻合例における脳表血管の色素の流れを観察した。

## 実験方法

正常例、交叉吻合例の頸動脈内に墨汁および C.B. 色素を速かに注入し、窓頭部より色素の流れを観察する。

## 結果

正常例では注入色素が速かに脳表動脈より静脈側に移行する経過を観察できるが、交叉吻合例では注入した色素が正常例に比較して、やや遅れて脳表血管に現われる。脳表面色素の消退時間も遅くなる（第7表）。

## 第3項 小括

脳血管内墨汁注入に関しては古くからの報告があり、最近では、河村らによる、脳逆循環時における墨汁注入後脳組織検査に関する報告がある

が、いずれも脳表、脳実質内の静動脈系に墨汁色素の沈着が認められなかつたというものである。これは頸動脈以外の脳血流に参与する血管、すなわち椎骨、内胸、肋間、動静脈の遮断が完全でないために交叉吻合時における脳血行は、これらの動脈を介して行なわれており、頸動脈よりの血流は、交叉吻合をした外頸静脈より他の静脈に至り脳血行に参与せず、直接心臓に帰流するためである。これら動静脈血管遮断を完全に行なえば注入した色素が脳表および脳実質内、静動脈に流れることがわかつた。しかし色素沈着の程度は、色素注入量および注入速度に関係がある。すなわち頭窓法で観察した場合に、注入速度を速めると色素の流れが明瞭に認められるが、ゆつくり注入した場合には不明瞭となる。またその注入量を増加すると血管色の变化は明瞭となる。これらは当然のことと思われる。

#### 第4項 色素希釈曲線検査

動脈血内に色素を注入し、静脈血内での色素の濃度を曲線として記録し、正常の場合および交叉吻合(交叉循環)例と比較した。

##### 実験条件

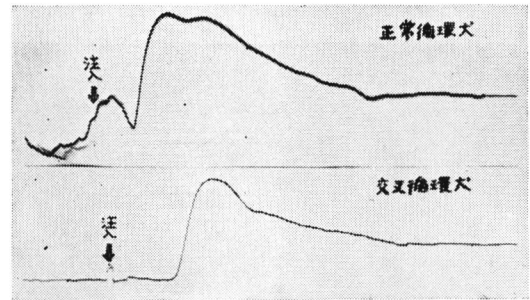
交叉吻合を行なわない椎骨、内胸、肋間動脈ならびに顔面内頸静脈結紮だけを行なつたものを対照として実験使用し、後、同一犬に完全交叉吻合を施行し実験した。色素は2% C, B色素(Coomassie Blue) 0.5mg/kgを使用、静脈内麻酔を施行した。

1) 対照例、左側頸動脈を遮断した後に、右側頸動脈より色素を急速に注入し、同側頸静脈よりあらかじめ挿入しておいたカテーテルより40cc/分の速度でキューベットオキシメーターを通して持続採血し色素濃度を曲線として記録した。その後この対照例は完全交叉循環例として使用した。

交叉吻合を行なつた右頭側頸静脈より C.B. 色素を注入し、頭側頸動脈よりカテーテルを使用しオキシメーターを通して採血し、色素、濃度を記録した。

##### 結果

対照例の色素希釈曲線は第11図(上)に見られる如く色素注入後5秒で急速に色素濃度は上昇



第11図 色素希釈曲線 C.B. (10mg/ml) 注入注

し、じこ、漸次減少している。

交叉吻合例では(第11図下)に見られるように色素注入後より最高色素濃度迄は約6秒である。両者を比較すると正常循環の場合には色素注入後直ちに色素濃度は上昇し最高に達するが、交叉循環例では正常例に比してやや遅れて色素濃度上昇が見られるものである。

##### 考案ならびに結論

以上の結果、交叉循環時でもその循環血液量( $L = \frac{i}{ct}$  (色素濃度) / (曲線の面積))は正常循環時のものとほとんど同量であり、その曲線の型から見て静脈-動脈の短絡が無い。ならびに完全交叉循環時には動脈血が頭側頸静脈より流入し、静脈血となり頭側頸動脈より流出する。すなわち、完全交叉循環時には脳血流の逆循環が起こっていることが証明できた。

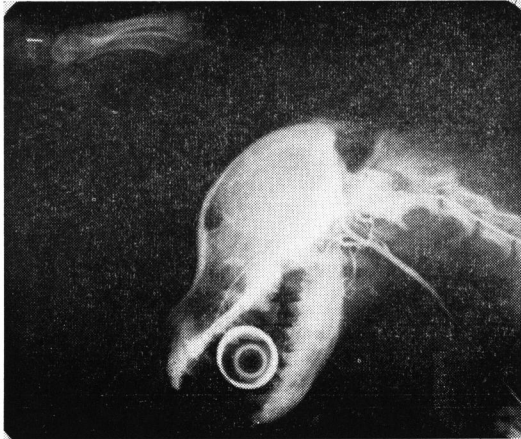
##### 第5項 小括

以上行なつた第1項より第4項までの実験は、完全交叉吻合を行なつた場合に脳血行に如何なる変化が起るものか、すなわち脳静脈系を介して動脈系に向う脳逆循環が起るかという事についてであるが、脳血管内の色素沈着、頭窓法による色素の流出の観察、C.B. 色素を使用した色素希釈曲線等の色素を使用して行なつたこれらの実験では明らかに脳逆循環が起こり得ることを証明した。しかしいずれも正常時に行なわれている脳循環と比較すると脳逆循環の場合には、血液循環時間の延長があること、すなわち血液が流れにくいことであり、これらのことが完全交叉循環時の長期生存に大きい影響を与えているものである。

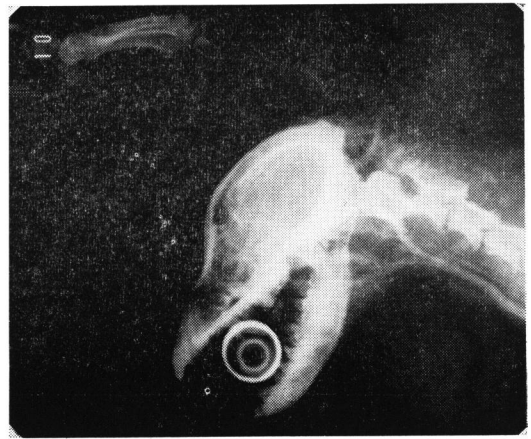
## 第2節 脳血管撮影



注入直後



注入後5秒



第12図 脳血管造影 (80%ヨードナトリウム使用)

第 8 表

犬No.	造影剤および注入量	注入部位	撮影数	備考	結果
1031	75%ウロコリン20cc	左心側頸動脈	1	右側頸動静脈結紮	外頸静脈, 上矢状, 下矢状, 海綿洞の影像を認める. 但し脳内動脈血管は不明瞭.
1033	同上	右心側頸動脈	1	左側頸動静脈結紮	同上
1038	同上	左心側頸動脈	2	注入後3秒 5秒で撮影	3秒に外頸静脈, 横, 直, 下矢状, 海綿洞. 5秒に毛細血管, 細小動脈, 内頸動脈, 総頸動脈の影像を認める. (第13図)
1045	同上	同上	3	左右頸動静脈以外の筋肉血管を切断	脳内小動脈の影像を認める.
1046	80%ヨードナトリウム15cc	同上	3	注入直後1秒, 2秒で撮影	2秒に外頸静脈, 横, 直, 下矢状, 上矢状, 海綿洞より毛細血管, 細小動脈に至る影像が認められる. (第14図)
1047	同上	同上	3		同上
1051	同上	同上	2		同上
1073	75%ウロコリン15cc	右心側頸動脈	3	注入中, 注入後, 再び注入	5秒に右頸動脈より造影剤が心臓に帰流する影像を認める. (第15図)
1081	60%ウログラフィン20cc	同上	3	同上	脳内血管影像は不明瞭

第 9 表

犬No.	造影剤および注入量	注入部位	撮影回数	結果
1028	75%ウロコリン20cc	左心側総頸動脈	2	外頸静脈より脳内血管へ造影剤の流れを認める
1030	同上	同上	1	注入後直ちに外頸静脈より各静脈洞, 毛細血管, 小動脈, 内頸動脈より心側総頸静脈に至る影像を認める.
1032	同上	同上	1	不明瞭
1044	同上	右心側総頸動脈	1	外頸静脈より脳内血管へ造影剤の流れを認める.
1078	同上	同上	2	不明瞭

正常犬の脳血管造影は容易であり、造影時の脳内血管像は第12図の如く明瞭であり、多くの人達が行なっているが、未だ交叉吻合後の脳内血管造影の報告はない。著者はここで完全交叉吻合時の脳血管造影を行ない、脳内血管の影像を得た。

#### 実験方法

完全交叉吻合犬の心側頸動脈より75%ウロコリンおよび80%ヨードナトリウムを種々の圧で注入し、時間的にレントゲン撮影を行なった。(レントゲン条件, 65 KVp  $\pm$  3 KVp, 100 mA, 0.05 sec.) 以上の結果は第8表に示すごとくである。

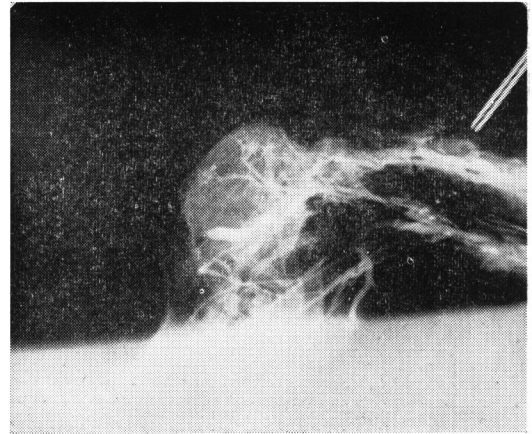
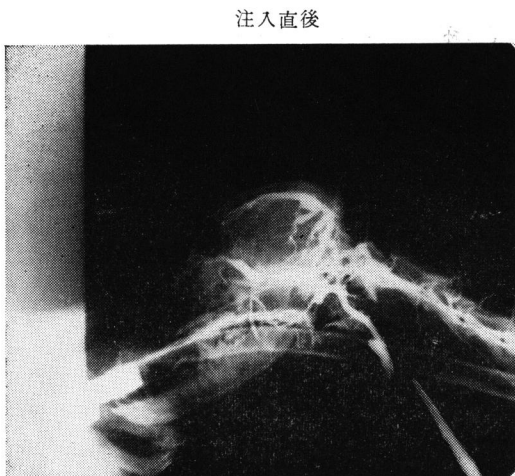
次に交叉循環時の脳血管造影をより動態的、連続的に観察しようという考えで普通X線フィルム12枚よりなる連続撮影、およびアンギオシネグラフィを行なった。実験条件および麻酔は前項と同様。(レントゲン条件, 55KVp $\sim$ 60KVp 2 mmA), 使用した造影剤および注入部位、結果は第9表のごとくである。

#### 結論

以上脳血管撮影によつて造影剤が脳静脈毛細血管、脳小動脈、脳動脈へ移行することを証明した。したがつて明らかに交叉循環によつて血流が逆行していることを認めることができたわけである。

### 第3節 眼底血管撮影

#### 目的



第13図 (75%ウロコリン注入後3秒)

交叉循環例の眼底動静脈の血流を色素注入により観察する。

#### 実験条件

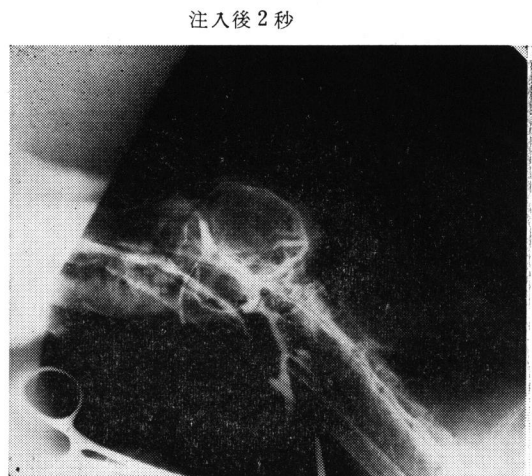
##### 1) 対照例

椎骨、内胸、肋間動静脈および顔面内頸静脈結紮犬の正常循環例に、静脈内麻酔および瞳孔拡大剤を使用し眼底血管を観察撮影す。

##### 2) 実験例

以上の対照例に交叉吻合し(吻合に際してシリコンラバーチューブを使用)一側の動静脈を遮断し、他側の心側頸動脈より色素を注入し血流を観察撮影す。

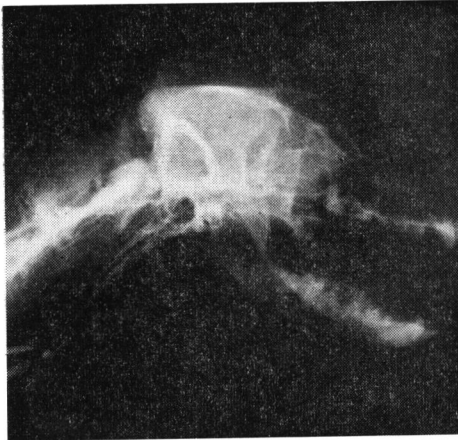
#### 結果



第14図 80%ヨードナトリウム注入

第10表 脳循環測定値 (N<sub>2</sub>O 使用)

	性	体重 kg	脳血流量 cc/100g/min	脳 O <sub>2</sub> 消費量 cc/100g/min	脳血管抵抗 mmHg cc/100g/min	室温°C	直腸温°C
正常犬	♂	12	62.3	3.2	1.3	27	37.5
交叉循環犬 No. 1074	♂	8	40.4	1.4	2.1	26	37.4
” No. 1075	♀	10	56.6	2.8	1.7	25	36.5
” No. 1082	♂	15	65.2	3.5	1.5	27	37.0
” No. 1083	♂	12	32.3	0.96	2.6	24	38.0
” No. 1084	♀	13	52.6	2.2	1.5	23	37.0
” No. 1096	♂	12	49.5	1.8	2.3	25	37.1
交叉循環の平均値			49.4	2.1	1.95		



第15図 75%ウロコリン使用、注入後5秒

対照例の血流は総て正常で、眼底には変化を認めず、色素の流れは明瞭である。

実験例では眼底動脈血管の縮小、中心静脈の拡大を認め、注入した色素は逆方向に流れる所が観察できた。

#### 第4節 脳循環諸量の測定

交叉循環時における脳血行を Kety<sup>11)</sup> および Schmidt<sup>12)13)14)</sup> の N<sub>2</sub>O 法の原理に従がい Scheinberg Stead の変法を用いて測定した。

#### 方法

静脈内麻酔後、気管内チューブを挿入し、正常例、交叉吻合例に混合ガスを吸入する。吸入混合ガスは N<sub>2</sub>O 14%、O<sub>2</sub> 86% とし、自然呼吸、ま

たは停止中に気管内チューブとバッグとの間に一方交通の弁と容量 0.7 l の蛇腹式陽陰圧呼吸囊をつけて人工呼吸を行なった。

採血は総量40ccを10分間かかり行ない、正常例では外頸静脈、交叉例では頭側頸動脈より行なった。採取血液中 N<sub>2</sub>O 量はバンスライク法にて測定した。

#### 結果

以上の結果は第10表の如くで、脳血流量については正常例62.3 cc/100 g/min、交叉例では32.3~65.6 cc/100 g/min と差があり、6例中の平均では49.4 cc/100 g/min、酸素消費量は正常例3.2、交叉例0.96~3.5、6例平均 2.1 cc/100 g/min となり、脳血管抵抗では正常例 1.3であるが、交叉例では 1.5~2.6、6例平均1.95となる。

#### 小括

交叉循環例では脳血流量の減少、酸素消費量の減少、血管抵抗の消失が認められ、血液循環時間の延長が当然の結果として考えられる。

#### 第5節 脳脊髄液圧の変動

交叉循環時の脳脊髄液圧変動に関して次のごとき実験を行なった。

#### 実験方法

実験犬はラボナル25~30mg/kgの割合で静脈内注射麻酔後、気管チューブ挿入し、調節呼吸を伴う深い全身麻酔を施行。側臥位としてポリエチレ

第11表 交叉循環時の脳脊髄液圧の変動

犬No.	大腿動脈圧	脳脊髄液圧	
		吻合前	吻合後
1	120mmHg	130mmH <sub>2</sub> O	160mmH <sub>2</sub> O
2	112	136	158
3	102	146	130
平均	111	137	150

(平均+29mmH<sub>2</sub>O の増加)

ンチューブ連結針で大槽(小脳延髄槽)を穿刺して脳脊髄液圧を測定, 同時に股動脈圧を測定した。その結果は第11表のごとくである。

#### 小 括

以のように, 交叉吻合後の脳脊髄液圧はいずれも多少の上昇を示す。これは動脈血管が静脈血管となつたための抵抗増加, したがって細小静脈および毛細血管の鬱血, 拡張し, 以上の因子により脳の血液含有量の増加による脳圧亢進かということが考えられる。

### 第6節 放射性同位元素 P<sup>32</sup> による脳脊髄液の産生および吸収

#### 目 的

脳脊髄液の産生および吸収に関する研究はかなり古くからあり, 異論の多いところである。最近では脳脊髄液の産生および吸収は広く脳脊髄の毛細血管で行なわれているという考えに至つてい

る。

また近年放射性同位元素が医学に応用されるようになり, これを用いて脳脊髄液の産生吸収に関する研究も盛んに行なわれるようになった。著者も脳交叉循環時に起こる血行動態の変化およびそれに伴う脳脊髄液の産生吸収動態の変化を, 放射性同位元素 P<sup>32</sup> を用いて実験した。

#### 実験方法

10kg前後の雑種或犬を使用し, ラボナル静脈麻酔を25~30mg/kgの割合で行ない, 気管内チューブ使用, 呼吸を一定に調節, 比較的深い麻酔を行なつた後, 後頭部正中切開により後頭下硬膜を露出し, No. 50ポリエチレンチューブ付きの1/4皮下針を大槽内に刺入し, 周囲よりの脳脊髄液の漏出を処理, 局所を乾燥状態とした。脳脊髄液の採取および P<sup>32</sup> の注入はこれより行なつた。また脳脊髄液の採取に際しては, ポリエチレンチューブよりサイフォンの原理により自然に滴下するようにする, すなわち, これは血液の混入による Contamination を防ぐために行ない, 可及的に血液の混入を防いだ。

採取材料はあらかじめ検査した放射性同位元素測定用容器内に取り(特に血液 0.5ccは容器内に厚さを平均して入れた), 電機口にて 500°C 4時間乾燥後, ガイガーミューラー計算器で測定, P<sup>32</sup> 使用後の 1 $\mu$ c のカウント数および自然バックグラウンドの測定補正を行ない被検物の計数をした。

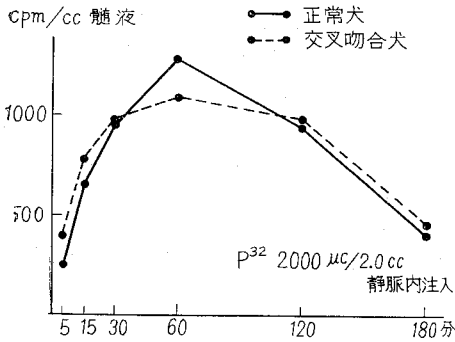
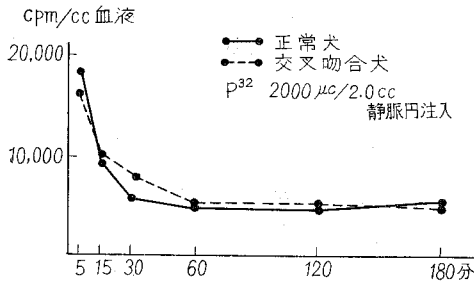
#### 実験成績

##### 1) 産生実験

P<sup>32</sup> (1000  $\mu$ c/ 1.0cc) 200  $\mu$ c/kg を準備, 固

第12表 交叉循環例および正常例の髄液産生実験 cpm/cc 血液および cpm/cc 髄液 (P<sup>32</sup> 2000 $\mu$ c/ 2.0cc静脈内注入) (自然バックグラウンド 30cpm)

動物番号	部位	時間						
		5'	15'	30'	60'	120'	180'	
交叉循環例	No. 1	血 中	19458	10670	9198	4308	5516	5050
		髄液中	260	520	980	860	910	560
	No. 2	血 中	14140	10532	7622	6812	5652	5208
		髄液中	520	1040	960	1330	1050	360
	平均	血 中	16799	10601	8410	5510	5584	5149
		髄液中	390	780	970	1095	980	460
正常例	No. 1	血 中	16904	8462	6426	5182	4830	5584
		髄液中	180	460	950	1420	1020	370
	No. 2	血 中	19592	10452	5582	5418	5058	5204
		髄液中	320	860	960	1160	880	460
	平均	血 中	18249	9457	6004	5301	4944	5394
		髄液中	250	660	955	1290	950	415



第16図 髄液産生曲線

定した犬の大腿静脈内にゆつくり注入した時の  $P^{32}$  の血中濃度および大槽脳脊髄液中の濃度変化は第12表および第16図の如くである。この場合、血中  $P^{32}$  は急激に減少し1時間までに最も低くなる。これは正常例および交叉循環例でもほぼ同様である。すなわち正常例で2例平均の cpm/cc 血液は5分、30分、1時間、2時間、3時間にそれぞれ 18249, 6004, 5301, 4944, 5394。交叉循環2例平均では、5分、30分、1時間、2時間、3時間で 16799, 8410, 5510, 5584, 5149, となり正常例に比較して1時間迄の消失時間が多少異なっている。

また同時に測定した脳脊髄液中の変化は、正常例および交叉循環例でほとんど同様である。すなわち正常例の cpm/cc 脳脊髄液は5分、30分、1時間、2時間、3時間でそれぞれ 250, 955, 1290, 950, 415, となり、交叉循環例は5分、30分、1時間、2時間、3時間でそれぞれ 390, 970, 1095, 980, 460, となる。すなわち交叉循環例では正常例に比較し、30分までは  $P^{32}$  の脳脊髄液中濃度は多少早く上昇するが、以後2時間迄

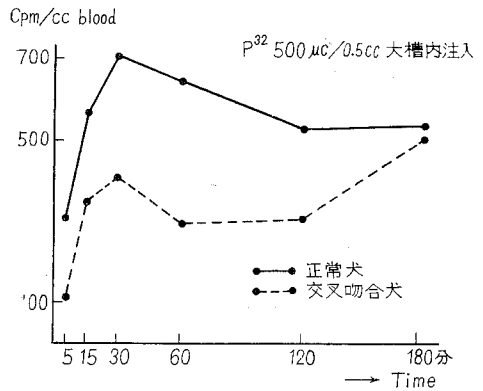
は少なくなり、その後は再び同様の变化を示す。以上の結果、正常例および交叉循環例での  $P^{32}$  血中濃度ならびに脳脊髄液濃度変化はほとんど同様である。これは交叉循環時の脳室脳表系の動静脈の交換をしても脳脊髄液の産生に関する変化が殆ど起こっていないことを示している。また交叉循環後の剖検脳組織所見で脳浮腫が起こっていない事実もその証明となるようである。

2) 吸収実験

$P^{32}$  50  $\mu\text{C}/\text{kg}$  ( 500  $\mu\text{C}/0.5\text{cc}$ ) 同量の脳脊髄液と交換してゆくつり大槽内に注入した後、大腿静脈より血液採取 ( 0.5cc) した。

第13表 交叉循環例および正常例の髄液吸収実験  
cpm/cc血液 ( $P^{32}$  500 $\mu\text{C}/0.5\text{cc}$ 髄液内注入)

動物No.	時間 部位	時間						
		5'	10'	20'	30'	120'	180'	
交叉循環例	1	血中	114	370	444	262	306	442
	2	"	152	384	402	280	294	376
	3	"	76	312	396	358	332	704
	平均	"	116	355	414	300	310	507
正常例	1	"	266	564	712	782	660	468
	2	"	360	692	824	704	494	572
	3	"	304	452	608	468	548	592
	平均	"	310	569	714	651	534	544



第17図 髄液吸収曲線

cpm/cc 脳脊髄液は第13表 および第17図に示す如くである。交叉循環例の3例平均で5分、15分、30分、1時間、2時間、3時間ではそれぞれ 116, 355, 414, 300, 310, 507, となり、正常例3例平均では5分、15分、30分、1時間、

2時間、3時間でそれぞれ 310, 569, 714, 651, 534, 544, となる。以上の如く正常例、交叉循環例の両者共同様に30分までは急激に増加しているが、交叉循環例では其の増加率は少ない。また正常例では60分以後漸次減少して、120分以後に再び多少の増加を示す。交叉循環例では60分以後漸時増加して180分では正常例とほとんど一致する値を示し、以後は再び減少して来る。すなわち交叉循環例では正常例に比較して脳脊髄液の吸収時間が延長していることが判明した。

### 考案

近年放射性同位元素  $P^{32}$  を用いて脳脊髄液の脳血管系への吸収を Adams<sup>15)</sup>、また重水を用いての Bering<sup>16)17)</sup> の研究があり、脳脊髄液の産生吸収は脳表脳室系および脊髄くも膜下腔のあらゆる部分で行なわれていることを指示している。

また富田<sup>18)</sup>は脳表脳室系と脊髄くも膜下腔との遮断実験を行ない、脳脊髄液の吸収動態につき追究している。すなわち富田、Bering らは深麻酔下の正常犬の腰部部くも膜下腔内に  $P^{32}$  を注入した場合、血中に  $P^{32}$  の出現を見るが、大槽内注入に比較してその出現率は少なく、出現速度も緩慢である。脳表脳室系と脊髄くも膜下腔とのアルギン酸糸を用いた遮断実験の結果、脳表脳室系および脊髄くも膜下腔系との間に積極的な脳脊髄液の移動がなく、その吸収は両者共各々独立的に行なわれていると述べている。また脳脊髄液の吸収については Pacchioni 小体を通つて静脈洞に吸収される<sup>19)</sup>、および平圧では Pacchioni 小体を通らないという Dandy<sup>20)</sup>の説、また Arachnoid Villi を通つて静脈洞へ濾過されるという Weed<sup>21)</sup>の説、Griffith<sup>22)</sup>によるリンパ系からの吸収および諸橋<sup>23)</sup>の脳表くも膜下腔からの吸収が主であると云う説、その他多くの説があるが、Bering<sup>17)</sup>、森田<sup>24)25)</sup>、秋元<sup>26)</sup>、富田<sup>18)</sup>らの実験でも明らかなように、その吸収は脳表脳室系および脊髄くも膜下腔系で行なわれており、多くは前者で行なわれるようである。

著者の行なつた交叉循環時における脳脊髄液産生吸収に関する実験で、脳脊髄液の循環という点が問題となる。Cusing 1910年、秋元、Harsin<sup>27)</sup>、

Aird<sup>28)</sup>、諸橋<sup>29)</sup>、Becker<sup>29)</sup>、Schalterbrand<sup>30)31)</sup>らの多くの人達が髄液循環すなわち髄液の積極的な流れを唱えている人も多く、若しこの説が正しければ交叉循環時の髄液吸収のほとんどが脊髄くも膜下腔系で行なわれていて、使用した  $P^{32}$  の血中への出現経路は大槽→脊髄くも膜下腔→血中となるものであるが、最近これは間違つた考え方であることが判つた。すなわち深麻酔下の犬には脳脊髄の流れはほとんどなく、交叉循環時の  $P^{32}$  の吸収は大槽→くも膜下腔→血中の経路を通らず、大槽より直接血中に吸収されるものと思われる。富田、伊藤<sup>32)</sup>、金野<sup>33)34)</sup>、森田らは髄液の積極的な流れを否定し、特に富田は脳表脳室系と脊髄くも膜下腔系をアルギン酸糸を用いた遮断実験の明解な方法でこれを証明している。また脳表脳室系静脈を動脈化した場合、明らかに動脈化され静脈系の内圧が高まるため、もし脳脊髄液の吸収がその圧差のみにより行なわれるものであれば、交叉循環時には当然吸収は行なわれにくくなり、脳脊髄液圧の上昇、遂には脳浮腫という状態になると思われたが、本実験で明らかなように、動脈化された静脈系にでもその吸収はほとんど正常と変りはなく行なわれることから、脳脊髄液の吸収は血管系、髄液系との圧差のみによるものではなく、滲透および拡散作用が大いに関係するものであろうと想定される。

### 第7節 脳波および心電図

交叉循環を行ない、再び元の正常循環に戻した場合の脳波および心電図を測定した。

#### 方法

約7カ月前に1時間および1時間30分の交叉循環を行ない再び元の正常循環に戻したものにつき心電図および脳波を測定した。脳波測定を行なつた時の導子の位置は第18図の如くである。測定は総て静脈内麻酔下で行なつた。

#### 結果

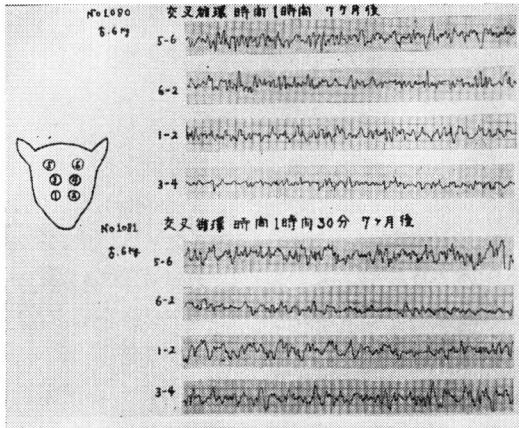
##### 第18図 A.B.

実験犬 No.1080の心電図には数個の心室性期外収縮を認める外は特に変化を認めず。

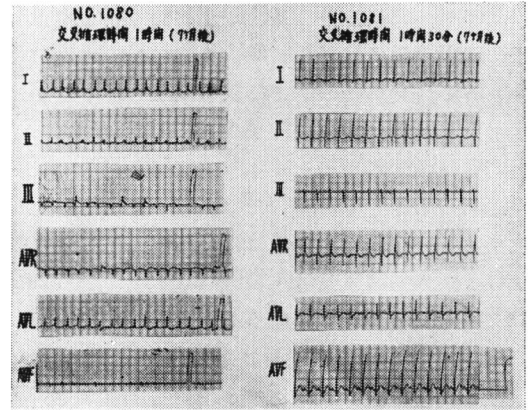
No. 1081の心電図には正常。

両者共に脳波には病的異状を認めない。

(A) 交叉循環犬の脳波 (長期生存例)



(B) 交叉循環犬の心電図 (長期生存例)



第 18 図

### 小 括

交叉循環を1時間および1時間30分の比較的短期間行ない、再び元の正常循環に戻した例の7カ月後の脳波および心電図にはほとんど変化を認めない。

### 第8節 大脳組織 $Q_{O_2}$ の測定 (Warburg 検圧計による)

#### 目 的

交叉循環を行なった場合、すなわち脳静脈を動脈化した場合、実験動物の生存時間および死亡原因に関する一因子として、大脳組織の  $O_2$  供給が欠乏し、組織細胞の活動が不良となり、次第に不可逆的な変化すなわち壊死が起り、これが原因となり遂には死亡するものと考えられる。すなわち Anoxia による不可逆性変化が大脳細胞に起こるためである。

これらのことを考えると、交叉循環時の一定の時間に大脳組織の  $Q_{O_2}$  を測定すれば大脳組織細胞の活動状態が解明するものと考え、正常時の場合と比較し、 $Q_{O_2}$  測定実験を行なった。

#### 測定条件

1) Warburg 検圧計を用い、恒温槽内温度を  $37^{\circ}C$  とし、主室にリンゲル氏液 1.8cc および測定する大脳組織片 (可及的に薄い切片にしたもの) および副室に 20%  $KOH$  0.2cc.

側室に 5% 糖 1.0cc を使用した。

測定後組織重量は  $150^{\circ}C$ 、3時間加熱し、乾燥

後その重量を電気化学天秤にて求めた。

2) 大脳組織採取の場所は左側頭部として総ての動物に一定に行なつた、採取量は約 1.0g として測定に用いた大脳組織は 100~200mg を使用した。

3) 採取時間は各々15分、30分、1時間、2時間、3時間とし、採取後直ちに測定を行なつた。

#### 実験動物条件

次の各群について実験を行なつた。

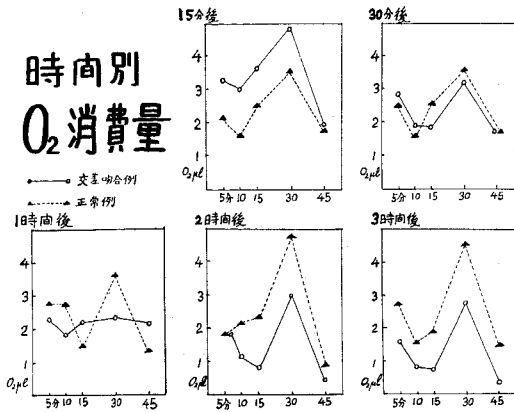
- 1) 正常例、正常犬の大脳組織  $Q_{O_2}$  を測定。
- 2) 対照例として椎骨動脈、内胸動脈および肋間動脈および筋肉枝を結紮したもの。
- 3) 完全交叉吻合したもの。
- 4) 椎骨、内胸動脈およびその他の動脈枝を結紮後の正常循環例、および交叉循環例はそれぞれ3例について測定し、その平均をとつた。
- 5)  $Q_{O_2}$  算出は30分測定後1時間の値を算出した。

#### 結果および小括

第14表 大脳組織酸素消費量  
( $Q_{O_2}$  ワールブルグ検圧計による)

時 間	正常循環例 (3例平均)	交叉循環実験例 (3例平均)
15 分	8.6 $\mu$ l	14.7 $\mu$ l
30 分	10.2 $\mu$ l	9.2 $\mu$ l
1 時間	10.4 $\mu$ l	7.6 $\mu$ l
2 時間	11.2 $\mu$ l	6.9 $\mu$ l
3 時間	10.5 $\mu$ l	6.0 $\mu$ l





第 19 図

第14表および第19図の如くであり、表について見ると、正常例の  $Q_{O_2}$ , 10.2  $\mu$ l および対照としての正常循環例, 15分のもは 8.6  $\mu$ l

交叉循環例	15分のもの	14.7 $\mu$ l
〃	30分のもの	9.2〃
〃	2時間のもの	6.9〃
〃	3時間のもの	6.0〃

となり交叉循環時間が長くなると  $Q_{O_2}$  はかなり少なくなっていることが判る。

交叉循環15分後のものに  $Q_{O_2}$  の増加が認められ、これ以後30分, 1時間, 2時間, 3時間の  $Q_{O_2}$  は漸次低下している。これは始めの15分頃では脳組織への  $O_2$  の供給が少なくなるため必然的に脳組織細胞の  $O_2$  に対する活動性が高まった状態を示しているが、それ以後に見られる  $Q_{O_2}$  の低下はこの状態から大脳組織細胞の  $O_2$  に対する反応が少なくなる、すなわち脳細胞の活動性が弱くなり、最後には不可逆的な変化にまで及ぶものである。

### 第 V 章 考案ならびに文献的考察

脳逆循環の可能性に関する研究で始まった著者の実験は、臨床的にも多くの人達が着目した問題であり、その意見はまちまちである。Guthrie (1912年), Horsley (1915), 河村(1960年)らの犬による実験的研究が有り、Guthrie, Horsley は交叉吻合の技術的成功を報告している。しかし脳逆循環の成立に関しては、あまり明らかな証明

はせず、ただ漠然とした可能性を報告したものである。一方、河村は交叉吻合による脳逆循環は不可能であることを報告している。

臨床的研究をした Sciaroni(1948), Beck(1949年), McKhan (1950年)らは多くの症例に交叉吻合を行ない、tracer を用いての研究で脳逆循環の起こり得る事を述べているが、これに対して Tarlov (1950年, 1952年), Gurdjian (1950年), 竹友 (1953年)らは交叉吻合後の脳血管撮影で頭蓋内動脈枝の証明ができなかつたことから、脳逆循環は不可能であると報告している。このように脳逆循環の可能性についての意見はまちまちであるが、それらの理田の一つに吻合時の条件および技術面の異りによるものが有ると考えられる。

著者は実験的にまず脳動脈、すなわち脳血行に關与する動脈をそれぞれの組合わせにより遮断し、いかなる動脈が脳血行に重要であるかを調べた結果、頸動脈以外では椎骨動脈および内胸、肋間動脈が重要な脳血行の一つであることを理解し、一方、Bardeleben K.<sup>1)</sup> (1880年), 小河<sup>35)</sup> (1932年)の報告しているように、脳内静脈血管には静脈弁の無いことを利用し、頸動静脈の完全交叉吻合による脳逆循環を行ない、その場合、脳循環の程度を知るために色素注入による方法、脳血管撮影、眼底血管撮影、脳循環諸量の測定を行なつた。

交叉吻合時の墨汁色素注入および脳血管撮影に關しては河村の報告がある。しかし、この報告では墨汁色素の横洞から脳表静脈に達するのみで脳実質内に証明されないこと、および造影剤が脳実質内血管に至らなかつたと述べている。

これは頸動脈以外の脳血行の重要な血管、すなわち椎骨動脈の遮断が行なわれてないためであり、この点、著者はこれらの血管を遮断した後に完全交叉吻合を施行し、墨汁の脳実質内沈着像、および脳血管撮影による脳内血管系の造影像、眼底血管撮影ならびに頭窓法による色素の観察、C. B色素による色素希釈曲線等から完全交叉吻合をした場合、脳逆循環が起こり得る事を証明した。また交叉循環時の脳循環諸量の測定を行なうと同時に、脳脊髄液圧の変動、脳脊髄液の産生吸収、



大脳組織  $Q_{O_2}$  変化につき調べた。

脳脊髄液の産生吸収に関しては Clark (1920年), Weed (1922年), Dandy (1929年), Griffith (1940年) および多くの人達により研究がなされており, 近年放射性同位元素を用いての研究が Adams (1951年), Bering (1952年), 富田 (1957年) らにより報告されており, 脳脊髄液の産生および吸収は脳脊髄の毛細血管床で広く行なわれるという一致した意見である。一方, 富田は麻酔下における正常犬では, 脳脊髄液の移動が無い事を報告している。しかし交叉循環時, すなわち脳逆循環時における髄液産生吸収に関する研究は未だ発表が無い。

交叉循環を行なった場合, 脳静脈系が動脈化されるため, すなわち髄液吸収を司る脳静脈系が動脈化されるために血管内圧が高くなり, 髄液産生吸収のバランスがくずれれるものと思われるが, この点著者の行なった放射性同位元素  $P^{32}$  を用いての実験で明らかのように, 交叉循環時の髄液産生吸収はほとんど正常循環時と同様に行なわれていることが証明された。

このことは髄液の産生および吸収がただ髄液および血管床との圧差による濾過作用のみで行なわれているのではなく, 滲透, 拡散作用が重要な作用機転であることを意味するものと思われる。また交叉循環時には時間の経過とともに血管抵抗の増加による血流の減少から大脳組織への  $O_2$  供給が不足となるため, 大脳組織  $Q_{O_2}$  も一定時間以後では急激に低下するものである。このような事より脳栓塞等の場合に交叉循環を応用する時, 当然後に述べるような短時間の交叉循環が考えられたわけである。

## 第 II 篇

### 緒 言

脳血行に關与する頸動脈以外の動脈血管を結紮遮断し, 後に交叉吻合を行なった例では最高72時間の生存を得た。これは脳交叉循環という状態が次第に脳細胞に不可逆的な変化を与えるものであるという事は前項に述べた通りである。しかし短時間内の交叉循環では脳組織に異状の起こらない

ことから次の実験を行なった。

## 第 I 章 短時間脳交叉循環

### 第 1 節 実験方法

非開胸的に完全交叉吻合による脳交叉循環を行ない, 一定時間後に再び正常循環に戻した。

### 第 2 節 実験成績

脳交叉循環時間ならびに生存時間は第15表のごとくで, 交叉循環 120分で再び正常循環に戻したものに長期生存がある。120分以内で死亡したものゝ原因は, 術中操作による出血, および手術創よりの感染によるものである。

第15表 短時間脳交叉循環

実験犬 No.	交叉循環時間	生存期間	経過および結果
1022	10分	長期生存	脳神経脱落症状を認めず
1023	30	5時間生存	吻合部よりの出血による失血死
1036	30	長期生存	脳神経脱落症状を認めず
1024	33	1週間生存	手術部の感染による死亡
1035	60	長期生存	脳神経脱落症状を認めず
1038	90	"	
1040	120	"	
1029	180	13時間生存	原因不明で死亡す
1037	180	96時間生存	脳循環不全による脳血行障害を起し死亡

### 第 3 節 小 括

第6表に見られるように, 脳交叉循環10分→120分迄で再び元の正常循環に戻した場合には, いずれも実験犬は脳神経脱落症状の起らず, 正常に生活長期生存する。ただし 180分の交叉循環を行なったものは13時間および96時間後に死亡した。

これらは交叉循環による脳循環不全が起こつたものと考えられる。

交叉吻合により脳血行の逆循環は可能である。しかし交叉循環を3時間以上行なった場合, 脳神経細胞に不可逆的な変化を与えることが判明した。したがって交叉循環, すなわち脳逆循環を臨床に應用する場合には, 交叉循環時間を考えて再び正常循環に戻すもの, すなわち短期交叉循環を行なう必要がある。

第II章 脳栓塞作成後交叉循環

第16表 異物注入

第1節 実験目的

脳動脈血管内に異物(例えば血栓, 空気)が入り脳血管閉塞を起こした場合に, 当然局所の壊死を起すものであるが, この場合に交叉循環を行ない栓塞した異物を脳血管より右心系へ逆流させ再び血流の改善を計ろうという考えで次のごとき実験を行なった。

第2節 実験方法

両側頸動脈以外の脳血行に關与する血管を結紮切断した実験犬に, 頸動脈より異物を注入し脳栓塞を作つた後に, シリコンラバーチューブを使用して交叉吻合を行ない, 栓塞部位より異物の逆流を脳血管撮影により確かめた。

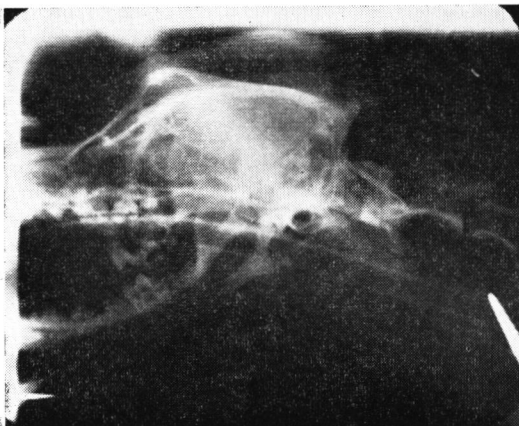
第3節 実験結果

第16表のごとくであり, 異物としてモリオドル注入を行なった5例および水銀注入を行なった2例に交叉循環後栓塞部位から異物の逆流を認めた(第20図, 第21図)。

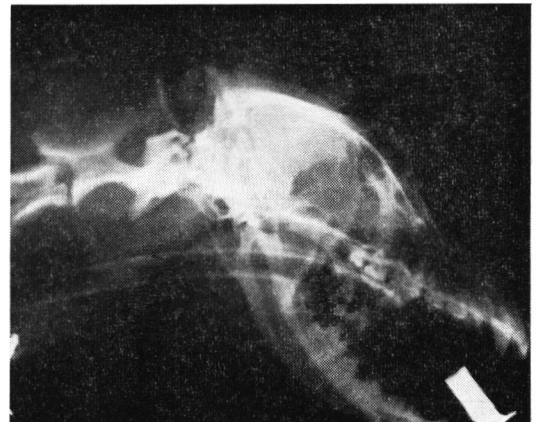
第4節 小括

以上各種の異物注入を行ない, 実験的に脳動脈血管閉塞を作り, 後に一定時間の交叉循環を行なった結果, 栓塞部位より異物の逆流を認めた。これらの事実は脳血管閉塞, 例えば脳血栓, 空気栓

犬 No.	異物量	撮影数	結果
1092	塩酸バリウム 1.2cc	3	バリウム注入と同時に血管内に凝固す。交叉吻合後も同様の所見。脳血管閉塞の目的は達せず。
1090	モリオドル 1.5cc	2	1)注入後脳血管細小動脈にモリオドルの閉塞が見られる。 2)X線撮影後直ちに交叉吻合を施行した後には閉塞部位のモリオドルは認められない。
1093	同上	3	1)異物注入後3分後に血管閉塞を認める。 2)次に交叉吻合を施行し,以後5分,15分で撮影した結果,何れもモリオドルに依る血管閉塞を認めず。又同時に行なつたレントゲン透視下では交叉吻合後に異物の逆流が認められた。(第20図)
1091	水銀 2.0cc	2	水銀注入後直ちに交叉吻合を施行し,水銀が栓塞部位動脈より頸静脈を経て,上大静脈に流出するのを認める。(第21図)
1094	空気 5.0cc	2	空気注入後の脳血管撮影で空気栓塞を認める。交叉吻合後5分のもものでは空気栓塞は認めず。

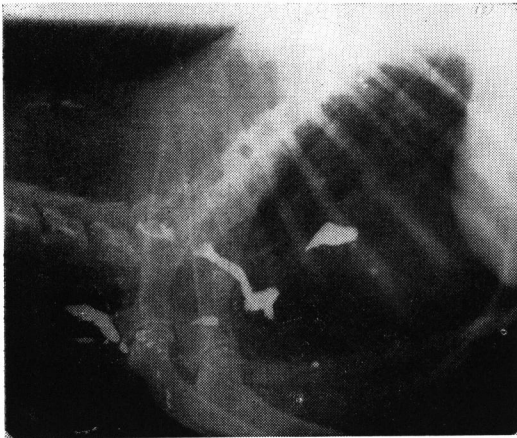


(A) 心側頸動脈よりモリオドル15cc注入10秒後造影。血管内にモリオドルは停滞し透視中にはほとんど動かず。



(A') 交叉循環5分施行後のもの。脳血管内にはモリオドルを認めず。  
(なお交叉吻合直ちに透視下にモリオドルの逆流を認める。)

第20図 異物注入後交叉循環時の脳撮影



第21図 異物（水銀）注入後交叉循環を行ない3分後。（異物が心側頸静脈より上空大静脈→右心房へ帰流するのが見られる。）

塞が起こった場合、直ちに交叉循環を行なえばそれら栓塞異物の除去が可能であることを意味すると同時に、交叉循環による脳逆循環は可能であることの証明ともなる。

### 第 III 章 臨床的考察

臨床的に脳の静脈血管を利用して脳血行の改善を計ろうとする試みは、1948年 Sciaroni が初めて報告して以来、Beck(1949年)、McKhan (1950年)、Tarlov (1950年)、Perrin (1951年) 竹友 (1953年) らが脳の動脈硬化性疾患、精神薄弱者、および痙攣性疾患、知覚運動障害者、外傷性

第17表 頭部動静脈吻合臨床例

年代	施行者	病名	方法
1948	Sciaroni	動脈硬化性疾患 (3例) 外傷性癲癇 (1例)	総頸動脈内頸静脈交叉吻合
1949	Beck	精神薄弱者、痙攣性疾患 知覚運動障害者 (11例)	総頸動脈又は外頸動脈と内頸静脈吻合
1950	Mckhann	同上 (125例)	同上
1950	Tarlov	精神薄弱者 Phenylperuic oligophrenia	総頸動静脈の吻合
1951	Perrine	精神薄弱者脳の器質的変化のあるもの	外又は総頸動、内頸静脈瘻
1953	竹友隆雄	精神薄弱者脳の器質的変化のあるもの	外又は総頸動静脈瘻
1961	中山田	脳栓塞 (1例)	総頸動脈、内頸静脈交叉吻合

癲癇ならびに Phenylpyrnic Oligophrenia に対して行なつた報告がある (第17表) が、それらの結果はまちまちである。すなわち Sciaroni は外傷性癲癇 1例、脳動脈硬化症 3例に対して総頸動脈、内頸静脈の交叉吻合を行ない、Beck (1943年) らは精神薄弱者、痙攣性疾患、知覚運動障害者 (11例) に対して総頸動脈または外頸動脈と内頸静脈吻合を行なつた結果、いずれも良い結果を報告している。また McKhan (1950年) も同様の疾患 125例に総頸動脈、内頸静脈の吻合を行ない、35%の好結果を報告している。

Tarlov (1950, 1951, 1952年) は9例の小児精神薄弱者および Phenylpyrovic Oligophrenia 患者に対して総頸動静脈吻合を行なつているが、その結果“頸動静脈吻合後の脳出血”という報告 (1952年) をしている。これは吻合後に静脈の Hypertrophy, Dilatation, Inflammation, Endothelialproliferation, Thrombosis が小中静脈に起こるためであると結論している。

一方、Perrin (1951年) は精神薄弱者および脳の器質的変化のあるもの28例に頸動静脈瘻を作つたが、いずれも良い結果は得られなかつたと報告している。わが国では竹友 (1953年) が精神薄弱者および器質的脳変化を伴つたもの17例に総頸動静脈瘻を作製したが、その結果1例のみに好結果を得たと報告している。

以上は現在までに報告された頸動静脈吻合の総てであるが、いずれも脳動脈硬化性疾患、外傷性癲癇、精神薄弱者および脳の器質的変化を伴つた疾患に対してのただ漠然とした期待のもとに行なわれたものである。著者は心手術後の脳栓塞に対して両側総頸動脈と内頸静脈の交叉吻合を行なつた。これは第Ⅱ篇、第Ⅱ章に述べたように脳血管内の異物が交叉吻合により栓塞部から逆流すること、ならびに第Ⅱ篇、第Ⅰ章に述べたように、短時間交叉循環ではならぬ脳組織に変化を与えない事実を基礎とした考えからである。

脳栓塞症に対して総頸動脈、内頸静脈交叉吻合を行なつた報告はこれが初めてである。

症例は心房細動を伴つた僧帽弁狭窄症で、僧帽弁交連切開術中に起こつた脳血栓に対して頸動静

脈の交叉吻合を行なつたが、脳血栓が起こつてから交叉吻合までかなりの時間がたつているために脳機能の恢復を認めず死亡したものである。また脳動脈の閉塞を起こした血栓が時間のたつにつれて組織化し、血管壁に固着してしまい、交叉循環を行なつてもその部位より剝離せず流出が不可能となることもあり得るので、この点、交叉吻合を脳栓塞を起こしてから直ちに行なえば血栓の流出がおり、症状の改善にかなりの効果を期待し得ると信ずるものである。

#### 全篇の総括ならびに結論

1) 雑種成犬を用いて両側総頸動脈と外頸静脈との完全交叉吻合を施行し、脳静脈系より脳動脈系に至る逆行性脳循環、すなわち脳交叉循環を行ない種々の実験をした。

2) 総頸動脈以外の脳血行に参与する動静脈、すなわち椎骨、内胸、肋間動静脈結紮を非開胸式に行なう方法を考へて、これを用いた。

3) 交叉吻合に当り顔面、舌の腫脹による気道性呼吸困難を予防する目的で、顔面静脈の結紮を行ない、好結果を得た。

4) 完全交叉吻合による交叉循環を行ない、色素注入および脳血管撮影、眼底血管撮影により、脳逆循環の起こり得ることを証明した。

5) 交叉循環時の脳脊髄液の動態を放射性同位元素  $P^{32}$  を指標として観察し、交叉循環時の髄液産生は正常循環時のものと変わらないが、吸収が多少遅れることが判つた。

6) 交叉循環時の大脳組織  $Q_{O_2}$  を測定した。交叉循環15分の  $Q_{O_2}$  が最も多く、以後次第に減少を示す。これは時間の延長による脳細胞の酸素欠乏による不可逆的変化が起こるためである。

7) 各種時間による短時間交叉循環を行ない比較した。120分の交叉循環を行ない、再び正常循環に戻した例は総て長期生存した。

8) 60分、120分の交叉循環後の脳波および心電図には異状を認めなかつた。

9) 脳栓塞作製後交叉循環を行ない、栓塞物の逆流を認めた、同時に行なつた撮影で異物による栓塞は認められなかつた。

10) 以上の実験的観察の結果、完全交叉吻合に

より脳血流の逆循環が起こることを立証し、短時間交叉循環による方法を考案した。

11) 心手術後の脳血栓症に対し、総頸動脈と内頸静脈との両側交叉吻合を行なつた。剖検で脳血栓による脳細胞変化が強いが、交叉吻合による脳出血は認めなかつた。このような症例では脳栓塞を起こした場合、直ちに交叉吻合を施行すれば栓塞物質の流出が起こり、症状の改善が得られるものと確信する次第である。

(本論文の要旨は、第21回脳神経外科学会にて発表した。)

稿を終るに臨み、御指導、御鞭撻を賜つた恩師榊原軒教授に深甚なる謝意を表します。なお直接御指導、御協力を戴いた中山耕作博士、他多数の教室員各位に深く感謝致します。

#### 文 献

- 1) Bardeleben, K.: Jenaische Ztschr Bd. XII et XIV (1880)
- 2) Gurdjian, E.S., J. Webster, and F. Martin: J Neurosurg 7 467 (1950)
- 3) 河村雄一: 日外会誌 56 1268 (1956)
- 4) Sciaroni, G.H.: Amer J Surg 76 150 (1948)
- 5) Beck, C.S., C.F. Mckhann, and W.D. Belnap: J Pedia 35 317 (1949)
- 6) Mckhann, C.F., W.D. Belnap, and C.S. Beck: Ann Surg 132 162 (1950)
- 7) Tarlov, I.M., B. Shuer, B. Epstein, E. Husch, and R. Nissen: Arch Neurol and Psychiat 64 847 (1950)
- 8) Tarlov, I.M. and C. Grayzel: Ann Surg 136 250 (1952)
- 9) Perrine, G., J.R. Reed, D.W. Belamp, and M.B. Gordon: Ann Surg 134 210 (1951)
- 10) 竹友隆雄: 日外宝 23 177 (1954)
- 11) Kety, S.S., and C.F. Schmidt: J Clin Invest 27 476 (1948)
- 12) Smith G. et al.: S.G.D. July 13-16 (1951)
- 13) Kety, S.S., and C.F. Schmidt: J Biol Chem 173 487 (1948)
- 14) Schmidt, C.F., S.S. Kety and H.H. Penness: Amer J Physiol 33 143 (1945)
- 15) Adams, J.E.: J Neurosurg 8 279-288 (1951)
- 16) Bering, E.A. Jr.: J Neurosurg 11 234-242 (1954)
- 17) Bering, E.A. Jr.: J Neurosurg 9 275-287 (1952)
- 18) 富田: 日外会誌 63 (2) 151-163

- 19) **Clark, W.E.G.:** J Anat 55 40—48 (1920)
- 20) **Dandy, W.E.:** JAMA 92 2012—2014(1929)
- 21) **Weed, L.H.:** Amer J Anat 31 191~ 221 (1922)
- 22) **Griffith, J.Q. et al.:** Amer J Ophthal 23 245~ 251 (1940)
- 23) 諸橋鉄弥: 日外会誌 31 235~ 272, 405~ 517 (昭和5)
- 24) 森田昭之助: 精神誌 58 293~ 306 (昭和31)
- 25) 森田昭之助: 精神誌 59 341~ 370 (昭和32)
- 26) 秋元波留夫: 神経誌 36 432~ 467 (昭和8)
- 27) **Harsin, G.B.:** JAMA 101 821~ 823(1933)
- 28) **Aird, R.B., D. Zealear:** Arch Neurol Psychiat 66 199~ 212 (1951)
- 29) **Becker, E.:** Klin Wschr 10 II, 1330~1331 (1931)
- 30) **Schaltenbrand, G.:** Zbl Neurochir 3 290 (1938)
- 31) **Schaltenbrand, G.:** Lancet 264 805— 808 (1953)
- 32) 伊藤 卓: 日耳鼻会報 58 1009—1033 (昭30)
- 33) 金野 巖: 日医新報(1576) 2830—2839 (昭29)
- 34) 金野 巖: 日耳鼻会報 57 1167—1184 (昭29)
- 35) 小河万蔵: 日外宝 10 541 (1932)
- 36) 荒木千里: 脳と神経 4 (6) 25~27 (昭27)
- 37) **Bernheim, B.M.:** JAMA 60 360 (1913)
- 38) **Bernheim, B.M.:** JAMA 96 1296 (1931)
- 39) **Paratt, G.H.:** Cardiovascular Surgery, Lea and Febiger, Philadelphia (1954)
- 40) 諏訪紀夫: 最新医学 9 1752 (1954)
- 41) 西丸和義: 体液循環の研究 第52版 医学書院 東京 (1952) 68頁
- 42) **Forbes, H.S.:** Arch Neurol & Psychiat. 19 751— 761 (1928)
- 43) **Bailey, P.:** Arch Neurol & Psychiat. 32 1105 (1934)
- 44) **Cobb, S.:** Arch Neurol & Psychiat. 25 273 (1931)
- 45) **Beck, C.S.:** Ann Surg 128 854 (1948)
- 46) **Wolff, H.G.:** Physiol Rev 16 545 (1936)
- 47) **Penfield, W., and T.C. Erickson:** Springfield (1941)
- 48) **Perrine, G., J.R. Reed:** Ann Surg 134 210 (1951)
- 49) **Clark, Eliot R.:** Physiol Rev 18 229— 247 (1938)
- 50) **Dorrance, George M.:** Ann Surg 99 721~ 742 (1934)
- 51) **Lennox, William G.:** Arch Neurol & Psychiat 36 375~ 381
- 52) **Putnam, Tracy J.:** J Neurol & Psychopath 17 193— 210 (1937)
- 53) **Winslow, Nathan and Walker, Wallace:** Ann Surg 103 952~ 963 (1936)
- 54) 渡辺俊男・西本和夫: 日生理誌 12 185(1950)
- 55) **Szilagyi, D.E., G.D., III Jay, and E.D. Munnell:** Arch Surg 63 435 (1951)
- 56) **Bakst, A.A.:** J Thoracic Surg 29 188 (1955)
- 57) **Muller, W.H., J.F. Damman, and W.H. Head:** Surg 34 363 (1953)
- 58) **Ferguson, T.B., W.C. Sealy, W.G. Young, and R.A. Gowdy:** Surgery 30 775 (1951)
- 59) **Horsley, J.S. and R.H. Whitehead:** JAMA 64 873 (1915)
- 60) **Gibbs, E.A., H. Maxwell, and E.L. Gibbs:** Arch Neurol and Psychiatry 57 137 (1947)
- 61) 土木 重: 東医事新誌 67 33 (1950)
- 62) 小河万蔵: 日外宝 10 541 (1933)
- 63) 井上 敏: 阪大医学 7 611 (1955)
- 64) 長谷川恒雄: 呼吸と循環 2 173 (1954)
- 65) 江下良彦: 日本解剖誌 9 8 (1926)
- 66) 相沢豊三・滝塚久志: 呼吸と循環 5 229(1957)
- 67) 栗津三郎: 治療 34 935 (1952)
- 68) **Lambertsen, C.J., et al.:** J Appl Physiol 5 471 (1953)
- 69) 広田耕作: 京医誌 24 599 (1927)
- 70) **Scheinberg:** J Clin Invest 28 5 (1949)
- 71) 榊原 仟・太田八重子・別府俊男・佐藤礼介: 臨と研 40 (11)