EXPERIMENTAL STUDY OF RE-ESTABLISHMENT OF PERIPHERIAL BLOOD FLOW AFTER LIGATION OF EXTERNAL CAROTID ARTERY

By

HIROSHI HAMANOUE

From the Department of Oto-Rhino-Laryngology, Tokyo Women's Medical College. (Director: Prof. H. Iwamoto)

Ligation of the external carotid artery is not infrequent operation now, and every surgeon today has performed or has had been acquainted with the surgery of this vessel.

It is commonly believed that the peripheral blood flow after the ligation of external carotid artery is reduced or ceased for a long time, but concerning this, only a few experiments about re-establishment of the blood flow after the ligation have been made.

Therefore, the re-establishment of blood flow was observed in man by using a plethysmograph and sphygmo-manometer and by using the three dimensional cast model of the blood vessel in the dog.

1) Re-establishment of the blood flow

The plethysmograph at the ear lobe showed that in 11 of the 18 cases (61%) the blood flow was recovered in 5 days, that is, in 4 of 11 immediately after the ligation, 3 in 1 day, 1 in 3 days, 3 in 5 days. And also immediately after the ligation low but regular waves were noted.

2) Blood pressure

Blood pressure of the external carotid artery was measured before and after the ligation in 4

cases in man and 6 cases in dog, and arterial pressure was maintained on the same level as venous pressure.

3) Anastomosis

Three dimensional cast model in dogs showed the most important channel of collateral circulation to the external carotid artery were the external ophthalmic artery and middle meningeal artery and following this the free communication between the external carotid arteries of both sides and the vertebral artery into the occipital artery. Moreover, the route of the ophthalmic artery to the external ophthalmic artery and the ethmoidal artery to the external ophthalmic artery were recognized, but it is thought that the route does not contribute to the blood flow because of its narrowness.

Results.

The re-establishment of the blood flow was much earlier than it was thought and the arterial pressure was maintained on the same level as the venous pressure, so one should not rely too much on the ligation of the external carotid artery for control of hemorrhage.

外頸動脈結紮後の末梢血行回復についての実験的研究

東京女子医科大学耳鼻咽喉科教室（主任： 岩本 彦之 巫教授）

浜 之 上 洋
はま の うえ ひろし

目 次

I 緒言ならびに研究目的

II 脈波測定による研究

1. 研究 方法

a) 装 置

b) 測定方法及び条件

2. 実 験 成 績

3. 小 括

III 血圧測定による研究

1. 研究 方法

2. 実 験 成 績

3. 小 括

IV アクリル樹脂による血管模型による研究

1. 研究 目的

2. 研究 方法

3. 実 験 成 績

4. 小 括

V 皮フ温測定による実験

VI 考 案

VII 結 語

VIII 文 献

I. 緒言ならびに研究目的

外頸動脈結紮は我々耳鼻科医にとつて比較的多く行なわれる術式の一つであり、何らかの形でこれに関与しないものはないであろう。この術式の適応はたとえば鼻出血、頭頸部の術後性出血、術中出血の予防または軽減などのように種々多様であるが、その目的は一つでいずれも血管を結紮することによりその支配領域への血行を遮断することにある。しかし結紮後の末梢血行がどのように変化するものであろうか。極端に言つて血行が全く停止してしまうものか、あるいはまた血行がいくらか残っているものとしてどの程度のもので、それはどこから流入してくるものだろうか。この方面における研究は非常に少なく、多くは臨床的な経験や推測に止まっている。そこで著者は人において光電容積脈波計、電気血圧計、温度サーミスターを用いて生理学的に血行回復につ

いて観察し、一方式においてはその他にアクリル樹脂を血管に注入して解剖学的に検索を行ないその副血行を知ろうとした。

II. 脈波測定による研究

1. 研究 方法

a) 装 置

末梢血行を測定するには種々の方法があるが、その中で光電現象を利用した容積脈波検査は、1) 検査が簡便なこと、2) 物理化学的または機械的影響を生体と与えることが少ない、3) 被検者に心理的負荷を与えない、などの理由で最近次第に臨床実験に使用されるようになってきた。

その中でも Cad 光導電体を光電管として利用したものは次のような利点がある。すなわち、1) 構造が極めて軽量小型、2) 耐湿、3) 極めて高感度で微細な変化を追跡できる、4) 電極間に極性がなく、5) 直流、交流両回路に使用することができる、6) 光電管感度曲線は第 1 図に示すように赤血球の波長（酸化 Hb 504 還元 Hb 560m μ ）のところで最も敏感であり、その部分では大体

図 1 Cds 分光感度曲線

直線と見なされるので波高の高低により血液量の多少を論ずることができると思われる。7) 温度特性は加藤¹⁶⁾によるとアンプによる温度や生体の温度程度では出力に対する温度の影響はほとんど考慮に入れなくても良いという。

記録用ヘッドは耳垂に装着するのに便利のように軽量小型のヘッドを作製した。そして図2のごとく連結される。

写真 1 記録用ヘッドおよび前置増巾器

写真 2 万能記録計

図 2

b) 測定方法及び測定条件

耳垂末梢血流は種々の条件で変動するので²²⁾⁹⁾¹⁵⁾なるべく血流状態を一定するように心がけた。すなわち、

1) なるべく心理的、機械的な影響を与えないために装着後10分後より記録を開始した。

2) 記録用ヘッドの装著部位の位置のずれにより波型、波高が変化するので硝酸銀その他のマークにより装着位置を一定にした。

3) 装着時の耳垂の圧迫程度により波高が変化するのでヘッドのとりつけネジを一定回転することにより(落ちないように最も弱い)圧を一定にした。

4) 測定時間も一定時間に測定することが望ましいが

室温、照度などは病室で行なつた結果、必ずしも同じ条件にはならなかつた。

5) 患者の状態、たとえば血圧、発熱などによつても条件が変化するので左右同じヘッドで測定し左右比を回復の一番のめやすとした。

血行回復の判定

血行回復の判定は波高によつたが、以上のように種々の条件で波高が変化するので、波高の実測値をもつてそのまま血行回復の判定に用いることはできない。たとえば表1のような場合、一日後において左右とも3で等しくなっているが、結紮前のものと比較するとまだ回復したとは言えない。二日目を見て見ると、左は結紮前の1/2と低下してまだ回復せずむしろ一日後の3の方が回復しているように見えるが、左右をくらべて見ると2日後において同じ割合で低下しているので回復は2日後と言える。

表 1

	右	(左) 結 紮 側
結 紮 前	2	4
結 紮 後	4	0
1 日 後	3	3
2 日 後	1	2

2 日後に回復

単位 mm

2. 実験成績

外頸動脈結紮を行なつたのは30例でその内両側において測定を行なつたものは18例である。

No. 1			右			(左)		
結 紮 前	4	9 18	3.5	7	14			
結 紮 後	3	6 12	2	4	10			
2 日 後	1.5	3 7	1.5	3	7			
3 日 後	1.5	3.5 7	4	10	22			

○は結紮側を示す

判定: 結紮後ですでに

$\frac{\text{右結紮後 } 12}{\text{右結紮前 } 18} < \frac{\text{左結紮後 } 10}{\text{左結紮前 } 14}$ となり直後に回復している例である。図3参照。

図 3 結 紮 直 後 回 復 例

右

左 結紮側

No.	2	(右)			左		
結 紮 前		13	25	—	2	5	11
結 紮 後		—			0.5	1	2
1 日 後		1	2	5	1	2.5	5
2 週 後		1	2	5	1	2	5

判定：1日以後において左右等しい値を示すが結紮前と比較すると右は非常に小である。判定に迷う例で不明例とする。

No.	3	右			(左)		
結 紮 前		2	5	10	5	10	16
1 日 後		18	34	—	2	4	8
10 日 後		2.5	5	10	1.5	4	8

判定：10日後において右は術前と等しくなっているが左はまだ1/2である。10日後回復せず。

No.	4	右						(左)							
感 度		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
結 梨 前		3.5	7	13					10	17	34				
結 梨 後															
2 日 後						0.5	1	2.5							
3 日 後					3	7	14			4	15	24			
1 ケ 月 後					1.5	1	4					3.5	7	12	

判定：非常にばらつきの多い例であるが、3日後の左24/34に比し右3/13は非常に小で結紮側の方が大となっている。3日後回復例。

No.	5	(右)			左		
結 紮 前		7	11.5		4	7	
結 紮 後		0.5	1		2	4	
3 日 後		6.5	11.5		1	1.5	

判定：左1.5/7に対し右11.5/11.5で結紮側の方が大となっている。3日後回復例。

No.	6	右			(左)		
結 紮 前		5	9	15	6	11	23
結 紮 後		6.5	14	28	7	13	
4 日 後		3	5	14	1	2	5

判定：術後は術前より波高大となつているが左の方が増加率小でまだ回復せず、4日後では明らかに左小である。4日以降回復例。

No.	7	(右)			左		
結 紮 前		5			13		
結 紮 後		5			3		

判定：結紮後左は波高が低下しているのに右は等しい波高を示す。術直後回復例。

No. 8	右			(左)
結 紮 前	5	10	19	1 2 5
結 紮 後	0.5	1	2	1.5 3 6
1 日 後	2	4	8.5	5 8 16

判定：術後右は小となつてゐるのに左は大となつてゐる。結紮直後回復例。

No.	9	右	(左)
結 紮 前	4 9	8 17.5	
結 紮 後	5 9	7 10	
1 日 後	6 10	7 15	

判定：一日後はほぼ回復したと言える。一日後回復例。

No.	10	(右)	左
結 紮 前		8 11 23	7 16
結 紮 後		3 6.5 18.5	2 . 6
2 日 後		13 22.5	5.5 17

判定：2日位では明らかに右が大。結紮直後では $18.5/23 > 6/16$ で右が大きい。術直後回復例。

No.	11	(右)	左
結 紮 前	4	8	12 25
結 紮 後	3	6	23 46
5 日 後	0.5	1	2 4
12 日 後	0.5	1	1.5 2

判定：12日後右 $0.5/4 =$ 左 $1.5/12$ となり12日後回復したと言える。12日後回復例。

No.	12	右			(左)		
結 紮 前		5	10	23	3	7.5	17
結 紮 後		2	4	5		1	3
1 日 後		1.5	3	7		3	8

判定：一日後右 $3/10 <$ 左 $3/7.5$ で左の回復率が大。一日後回復例。図4参照。

No.	13	(右)	左
結 紮 前	2.5 5	2 4	
結 紮 後	— —	— —	
2 日 後	2 4	7 13	
4 日 後	2 4	7 14	
10 日 後	4 8	5 9	
2 週 後	1 3	3 6	
3 週 後	1 3	3 5	
3 ヶ 月 後	1 2	2 4	

判定：3ヶ月で回復しない例。図6参照。

No. 14			右			(左)		
結 紮 前	5	11	23	2.5	6.5	16		
結 紮 後	2	3		0.5				
1 日 後	2	5	17	2	4	9		

判定：1日後右 $2/5 <$ 左 $2/2.5$ で結紮側が大。一日後回復例。

No.	15	右		(左)		
結	紮	前	4	10	2.5	5
1	日	後	12	22	2.5	5
2	日	後	6	12	2	5
5	日	後	4	8	25	5

判定：2日後頃から大体回復しかけているが5日後ではすでに回復は完了している。5日後回復例。図5参照。

No. 16			(右)	左
結 紮 前	5	10	4	6
結 紮 後	0.5	1	3	6
3 日 後	1	2	1	2
25 日 後	3	5		4

判定：3日後大体回復している。3日後回復例。

図4 一日後回復例

図5 五日後回復例

図 6 三ヶ月で回復しない例

右 結紮側 左

No.	17	右	(左)
結 紮 前	4	11 19	3 6 12
結 紮 後	4	8 18	2 4 8
1 日 後	2	4 8	0.5 1 2
3 日 後	2.5	6 13	1 2 5
1 週 後	1	3 5.5	1 2 5
2 週 後		4 8	1 2 4

判定：2週間後右 4/11 ≒ 左 2/6 2週間後回復例。

No.	18	(右)	左
結 紮 前	2 3	1 2 5	
結 紮 後	ハム	ハム	
1 週 後	2 3 5	ハム	

判定：1週間後回復例。

3. 小 括

以上の成績を結果だけまとめると下表のようになる。

表 2

No.	1	1日後回復	No.10	術直後回復
2	不 明	11	12	12日後回復
3	10日後回復せず	12	1	1日後回復
4	3日後回復	13	3	3ヶ月で回復せず
5	3日後回復	14	1	1日後回復
6	4日 以 後	15	5	5日以内に回復
7	術直後回復	16	約 3	日後回復
8	術直後回復	17	2	週間後回復
9	1日後回復	18	1	週間後回復

即ち、18例中直後回復例 3 例

一日後	4	} 11例 約60%
三日後	3	
五日後	1	

となり、約60%は五日以内に回復したと言える。そして

全例とも結紮直後においてさえ、小ではあるが規則正しい脈波をすでに示し、かなりの血行のあることを示している。以上両側耳垂で脈波を測定した例で見ると脈波の波高がかなり種々の条件でばらつくことが判り、両側を測定することによってかろうじて血流回復の判定を下すことができると思われる。

以前に測定していた一側計測例と比較してみよう。この場合の回復判定の基準は、波高が結紮前と同じ高さになつたときをもつて回復の基準とした。

No. 1				
結 紮 前			6	3
結 紮 後			2	
2 日 後			7	15

2日後回復

No. 2				
結 紮 前			9	19
結 紮 後			1.5	
1 日 後			1	2
2 日 後			1.5	3
1 週 後			2	3.5
12 日 後			1	2

12日後で回復せず

No. 3				
結 紮 前			22	
結 紮 後			1	
3 日 後			0	
4 日 後			2	
6 日 後			6	

6日で回復せず

No. 4				
結 紮 前			13	
結 紮 後			7	
22 日 後			5	
29 日 後			8	

29日後で回復しない

No. 5				
結 紮 前			7	
結 紮 後			0	
1 日 後			5	

1日でほぼ回復

No. 6				
結 紮 前			14	
結 紮 後			2	
11 時 間 後			2	
17 時 間 後			3	
35 時 間 後			11	

35時間後でほぼ回復

No. 7				
結 紮 前			14	
結 紮 後			1	
1 日 後			10	
2 日 後			7	

2日で回復せず

No. 8				
結 紮 前			7	
結 紮 後			1	
1 日 後			4	
2 日 後			5	

2日でやや回復

No. 9				
結 紮 前			23	
結 紮 後			3	
2 日 後			5	
3 日 後			6	
4 日 後			8	

4日後で回復せず

結紮直後回復例はなく、1日後ほぼ回復したもの1例、2日後ではほぼ回復したもの3例で、5日以内に回復したものは9例中4例44%となり、両側測定のものにくらべてかなり低い値になる。

III. 血圧測定による研究

1. 研究方法

外頸動脈結紮部末梢の血圧を測定するために人においては電気血圧計を使用して針先を末梢に向けて計測した。そのブロックダイアグラムは図7のごとくである。

図7 電気血圧計ブロックダイアグラム

写真 3 犬用血圧計

犬においては写真3のごとき水銀血圧計を作製し、日において血圧を測定した。血圧は結紮時なお約20mmHg高い圧を示し、除々に低下して約5分位で平衡状態になるので測定は5分以後に行なつた。

図 8 外 頸 動 脈 圧
結 紮 前 結 紮 後

表 3

	結 紮 前	結 紮 後	○ 日 後
No. 1	43mg	26	36 72日後
No. 2	29	22	26 30日後
No. 3	38	20	
No. 4	27	15	
No. 5	38	19	
No. 6	35	10	

2. 実験成績

人は4例に行ない、いずれも術前の約半分の圧、静脈圧程度を維持している。図8参照。

犬は6例に行ないその成績は表3のごとくである。

大体人と同じ傾向を示し動脈圧が静脈圧程度に低下し次第に回復して30日後、72日後の血圧はほぼ結紮前の血圧に戻っている。

3. 小 括

結紮後の外頸動脈末梢圧は普通、零またはそれに近い値を示すと考えがちであるが、人、犬とも思つたよりも高い圧、静脈圧程度の圧を維持し、またその操作中でも末梢血管は明らかに脈動していることが観察される。そして犬において30日後、72日後の圧は結紮前の血圧よりは多少低いがほぼ等しい圧まで回復している。

IV. アクリル樹脂血管模型
による研究

1. 研究目的

以上脈波計、血圧計による測定より結紮直後といえどもかなりの血行を維持し、その回復もかなり早い時期であることが判つたが、ではこれらの血行はどこから、どの副血行を通ってくるのであろうか？この問題を知るためにアクリル樹脂を利用して血管模型を作りその副血行を知ろうとした。

2. 研究方法

使用動物は猿が理想的であろうが、今回は種々の都合で10kg前後の雄犬を使用した。その犬の外頸動脈を結紮し日において、再び頸動脈を露出し、10%クエ

ン酸ナトリウムを約 20cc 注入して屠殺し、直ちに調製したアクリル樹脂を毛細血管を目標にしながら圧入する。一日後に 20% 苛性ソーダの入ったガラス槽に入れ 4～5 日間放置。4～5 日後に石ケン化した頭部を水または微温湯にて洗い流して血管模型を得る。アクリル樹脂調製の実際について簡単に述べる。

A コロイド状液の調製

着色メタクリル酸メチルエステル	100cc
〃 エチルエステル	100cc
過酸化ベンゾイル	7.4g

以上の割合で混合し、温浴または注意しながら直火でよく攪拌しながら 70～85°C に熱し約 15～40 分、続けると次第に重合してアメ状になつてくるので冷却後粘度が増すことを考慮に入れて適当なところで冷却する。このコロイト状液は冷却した場所では数ヶ月保存できる。

B 注入液の調製

A でできたコロイド状液 100cc にジメチルアニリン 1cc を混ぜ直ちに目的血管に注入器により注入する（注入器には特殊のものを要しないがかなりの圧で注入するので注入嘴管に工夫を加えなくてはならない）。

3. 実験成績

正常犬の頸動脈走行は図 9 写真 4 の如くで 2)6)13)30)。

図 9

写真 4 犬頭頸部正常血管模型

大体人間のものと類似しているが、異なる点として、1) 犬の椎骨動脈は右鎖骨下動脈より出て途中で左右椎骨動脈に分れる。2) 内頸動脈は頭蓋内に入り直ちに外頸動脈と吻合する。この吻合血管はすぐに 2 本に分枝し一本は中硬膜動脈、もう一本は外眼動脈の枝となる。写真 3 参照。この二点が著るしく異なる点であつた。

30 日後の副血行を知るために外頸動脈結紮後 30 日犬 5 匹に樹脂を注入した。その結果を個々のもので見ると次の如くである。

No. 3 健側外頸動脈より結紮側外頸動脈への吻合を知るために健側左に強圧注入を行なつた（左側外頸動脈に赤、右側に青注入）。そして、①結紮側右外頸動脈末梢に健側よりの注入が大であつた。②結紮側の結紮部に近い部位には同側外頸動脈より注入した青色樹脂が良く入つていた。③結紮側頸椎動脈を後頭動脈の吻合があつた。④両側とも外頸動脈と内頸動脈の吻合は外眼動脈、中硬膜動脈によつて行なわれていた。

No. 6 右結紮犬：椎骨動脈と後頭動脈の吻合を知るために左総頸動脈に青色樹脂注入、右椎骨動脈に青色樹脂注入、次いで右総頸動脈に青色樹脂注入を行なおうとしたがすでに右総頸動脈に樹脂が流入して不能だつた。そして、①椎骨動脈と後頭動脈の吻合、②結紮側末梢に流入大、③結紮側篩骨動脈と外眼動脈、眼動脈と外眼動脈の吻合、④両側外頸動脈よりの中硬膜

動脈、外眼動脈と内頸動脈の吻合を認めた。

No. 12 右結紮犬：右椎骨動脈に青色樹脂、左総頸動脈に赤色樹脂を注入して、①右椎骨動脈と後頭動脈の吻合と、②舌動脈に健側よりの流入が大であることを認めた。

結紮直後犬への樹脂注入は一匹のみに行なつた。

No. 5 右結紮犬：右総頸動脈に青色樹脂、左総頸動脈に赤色樹脂を注入し、左右外頸動脈相互の吻合を見たが健側より結紮側外頸動脈末梢への流入は小で、また結紮側総頸動脈より結紮側外頸動脈への流入も少なかった。

未処置犬については3匹に樹脂を注入した。

No. 1：左外頸動脈に赤、右外頸動脈に青色樹脂を注入して正常の血管走行を確かめ外眼動脈と眼動脈の吻合も認めた。

No. 7：左外頸動脈に赤色樹脂を強圧注入し、どこ迄反対側結紮側外頸動脈に流入するかを調べた。そして①健側外頸動脈より結紮側外頸動脈への吻合は非常に少ない。②内頸動脈より外眼動脈または中硬膜動脈を通じて外頸動脈と吻合する血管がすでに重要な役割を示すことが判つた。

写真 5 外頸動脈と内頸動脈間の吻合枝

写真 5 説明図

写真 6 健側外頸動脈よりの流入が大である

写真 7 眼動脈—外眼動脈
篩骨動脈—外眼動脈の吻合

写真 7 説明図

写真 8 後頭動脈椎骨動脈の吻合

図 10 犬の血管吻合図

4. 小 括

以上犬の血管立体模型より外頸動脈結紮部の末梢血流をおもに維持するものは外眼動脈、中硬膜動脈と内頸動脈との吻合技であり(写真5)、外頸動脈相互の吻合も次第に密になり(写真6)、眼動脈→外眼動脈、篩骨動脈→外眼動脈(写真7)、椎骨動脈→後頭動脈(写真8)等の吻合血管も次第に太くなり、血流維持に關与してることが判つた(10図参照)。

V. 皮膚温測定による実験

外頸動脈結紮前後の耳垂部温度を温度サーミスター²²⁾により人間の4例に行つた。鈴木²⁶⁾は外頸動脈結紮後

の皮膚温を一例測定し変化なしと述べているが、著者の例ではいずれも結紮側皮膚温は健側に比して低下し、そして5日以内に回復した例はなかつた。1例のみ14日後に回復しているが、温度計のみで血行回復をみるのは種々の条件より無理なように思われたので以後の実験は中止した。

VI. 考 案

外頸動脈結紮は従来、耳鼻咽喉科領域、頭頸部領域の手術の際に出血量を節約する目的で行なわれ、また鼻出血、術後の出血、外傷などの場合に止血の目的で行なわれてきた。そして最近になりその応用が次第に広く行なわれるようになってきた。たとえば高尾³¹⁾はEpilepsieに対して外頸動脈を結紮することにより両側の内頸動脈の血流量を増さしめて治療の目的を達成する方法を考案し、また吉田³²⁾、Kuster、星野らは癌に対して発育を抑制する目的で外頸動脈を結紮し、放射線療法の効果を上げようと試みた。また加藤¹⁶⁾は外頸動脈欠損症、前大動脈栓塞症、喘息、狭心症などの手術的治療の際に外頸動脈結紮術を併用して好結果を得ている。以上述べたように種々の疾患への外頸動脈結紮の応用は、いずれも外頸動脈を結紮すれば、その部分より末梢の血流、血行は停止または減少し、長時間その効果が持続するという前提の下に考えられた方法である。しかし果してこの前提が正しいものかどうか、この点について実験的に証明した文献を見出すことができない。ただ人々は経験的におよそを知っているだけであり、推測するに止まつているだけである。一般的にいつて外頸動脈結紮の効果は満足すべきものであらうと思われる。しかし藤森⁷⁾の文献によると、Tabb, schall, Schucknecht らはその意義をあまり認めていないという。その他文献的にも同様のことが散見される。たとえば鈴木²⁶⁾のように一側外頸動脈結紮のみでは止血せず、止むを得ず両側外頸動脈を結紮した例や、A. wolferman³²⁾その他のように外頸動脈結紮のみでは止血せず、前篩骨動脈結紮を同時に行なつて止血せしめた例、名越²¹⁾のように総頸動脈を結紮せざるを得なかつた例、その他かなりの数にのぼっている。その原因については色々といわれており、1) 血管の奇形による、2) 内頸動脈より外頸動脈への吻合、3) 外頸動脈相互の吻合、4) 外頸動脈中枢より結紮部末梢への吻合などについて述べられている。何故止血しないのであろうか。曰く吻合、曰く血管の奇形によると説明されているが、ではその血行回復がどこから、いつ頃に再建されてくるものだろうか。この点に關する文献は

意外に少なく、わずかに数人がこの問題について考え意見を述べているに過ぎない。そしてその回復の時期についても諸説まちまちではつきりしない。例をあげると、Johnson, Foster¹⁴⁾ は結紮後の副血行は5日以内に、又 Abraham²⁾ は数日以内に確立すると経験的に推定しているし、吉田³³⁾ は結紮後の再手術時の経験より相当長時間有効と考えている。又松村²⁸⁾ は外頸動脈結紮後25日頃に消失していた前額部血管を再び見出したことから、副血行回復の期間をこの程度と推測している。その他中村²⁰⁾, Adolph Wolfermann²²⁾ のように結紮直後すでに多量の出血を末梢より認めたという報告は多いし⁵⁾²¹⁾²³⁾, A.J. Kuhn¹⁷⁾ は rapid establishment のために結紮の効果がなくなることがあると述べている。小野²⁴⁾ は犬の軟口蓋の血管を実験的に脈波計を使用して観察し、一側総頸動脈結紮時66%減少した血流量が2週間後33%減少まで回復した。すなわち2週間後において反対側外頸動脈より60%の血液が供給されていると述べている。この数値をそのまま外頸動脈結紮時のものとすることはできないが参考になる。

著者はその回復の時期を知る目的で脈波計、血圧計による実験を行ない、その結果、外頸動脈結紮直後（結紮後2～3時間後を含む）にすでに術前よりも小さいが規則正しい脈波を大多数例にみている。すなわち結紮直後といえどもまだかなりの血行を有しており、耳垂の血管は搏動しているということである。その血行量を左右脈波波高より推測すると18例中3例はすでに術前まで回復している。

そして一日後になると血行量は更にふえ、すでに結紮前迄回復しているのは7例となり、3日後で10例、5日後で11例、計18例中11例、約60%は5日以内に回復している。血圧を結紮前後で計測してみると、結紮直後でさえも結紮前の45%～70%の血圧を維持しているし、犬において計測した血圧も大体同様な値を示している。そしてこのことは外頸動脈でなくて総頸動脈を結紮したときの血行について Dorrence⁴⁾ が述べているように、総頸動脈を結紮してもなお50%程度の血行は残つているということ、小野が総頸動脈を結紮した後の外頸動脈領域（軟口蓋）の血行はなお37%残つていると述べていること、北村¹⁸⁾ が外頸動脈を結紮しても動脈圧が静脈圧程度に減ずるに過ぎないことを銘記すべきであると述べていることなどを考え合せて興味深い。

では次にこれらの血行がどこから、どの副血行を通ってきたものであろうか、この点について文献的に考察し

てみよう。まず外頸動脈を結紮した場合の副血行についてであるが、総括的にまとめたものは少ない。副血行路の個々について述べたものを集めてみると、外頸動脈相互の吻合について述べたものが殆んどで、その他 Peguiron, M.E.²⁵⁾ は動脈撮影で顔面動脈と眼動脈、中硬膜動脈による顎動脈と眼動脈間の機能的吻合を確かめている。Spar, A.A.²⁹⁾ は翼口蓋動脈と後篩骨動脈の吻合があると述べている。

脳外科方面では以前より Cavernous sinus の動静脈瘤の治療に外頸動脈結紮を行ない、しばしば失敗するところから内頸動脈と外頸動脈の吻合について研究がなされている。すなわち Marx, E.¹⁹⁾ は外頸動脈から中硬膜動脈を通つて眼動脈への交通を挙げ、H. Vogelsang¹⁰⁾ は外頸動脈→顎動脈→眼動脈、外頸動脈→側頭動脈→眼角動脈→眼動脈、中硬膜動脈→涙囊動脈、中硬膜動脈→眼動脈の通路を挙げている。又 Padget²⁷⁾ は胎生学的に研究し、中硬膜動脈と眼動脈吻合は胎児において存在し、大人においてもその潜在力を推定しているし、Hultquist¹¹⁾ は42例の死体を調べた結果、一生を通じて眼動脈による吻合機能を有していると述べている。

橋本¹²⁾ は副鼻腔の血管分布について研究し、眼動脈分枝（前篩骨動脈、後篩骨動脈、涙鼻枝、中間篩骨枝、眼筋枝）はそれぞれ外頸動脈系の翼口蓋動脈分枝（外側後鼻動脈、中隔後鼻動脈）、顔面動脈分枝（眼窩下動脈、下行口蓋動脈、後上歯槽動脈）と吻合をいとなんでいると述べている。

Gandii⁸⁾ は総頸動脈結紮時の副血行について述べて

図 11 総頸動脈結紮時の副血行路
Gandii の文献より引用

いるが、彼は、1) 健側内頸動脈より結紮側内頸動脈へウィリス環を通過して交通、2) 結紮側椎骨動脈よりウィリス環を通過して内頸動脈へ、3) 上下甲状腺動脈の吻合、4) 結紮側鎖骨下動脈より頸肋動脈、深淺頸動脈、後頭動脈をへて外頸動脈へ、5) 両側外頸動脈相互の吻合、6) 眼動脈より眼角動脈をえて顔面動脈へ、以上六つの

副血行路を挙げているが、外頸動脈結紮の場合では普通上甲状腺動脈より末梢で結紮するので 1) 2) 3) は考慮に入れなくても良く、4) 5) 6) のみが考えられる。11
図参照

以上個々に挙げられている副血行を総合してみると次の表4の如くなる。

表 4

A) 外頸動脈——外頸動脈のルート

- 1) 健側外頸動脈——結紮側外頸動脈

- 2) 鎖骨下動脈——頸肋動脈——淺頸動脈——後頭動脈——外頸動脈
——甲狀頸動脈——深頸動脈

B) 内頸動脈——外頸動脈のルート

著者が犬にアクリル樹脂を注入した実験では表5のよう
なルートを確認した。

VII. 結 語

人間の外頸動脈結紮後の血行の時間的変化を知ろうとして脈波計、血圧計を用いて測定し、犬においてはその他にアクリル樹脂立体血管模型を作製し副血行を知ろうとした。その結果次のような結果を得た。

- 1) 脈波測定により、約60%以上の症例が5日以内に血行を回復し、結紮直後でさえも小ではあるが規則正しい脈波を大部分の症例に認めた。

- 2) 外頸動脈結紮前後の血圧を人、犬で測定し結紮直後においてさえも静脈圧程度の血圧を保っていることが判つた。

- 3) 皮膚温度測定では外頸動脈結紮後皮膚温度は低下するが、温度測定のみで血行回復の時期を云々することはできないと思われた。

- 4) 犬のアクリル樹脂血管模型より副血行を調べた結果、内頸動脈→外眼動脈→外頸動脈のルートが血行回復の主体をなし、ついで健側外頸動脈より結紮側外頸動脈へ流入するものであることを確かめた。そして人の場合も主な副血行路は反対側外頸動脈からのもの、眼動脈より外頸動脈へ流入するもの、浅深頸動脈より後頭動脈をえて外頸動脈に流入する三つのルートが主なものであらうと述べた。

- 5) 人間の頭頸部の血行は豊富で外頸動脈結紮を行なつてもなお静脈程度の血圧、血行と保っており、その回

表 5

A) 外頸動脈——外頸動脈のルート

- 1) 健側外頸動脈——結紮側外頸動脈

- 2) 椎骨動脈——後頭動脈——外頸動脈

B) 内頸動脈——外頸動脈のルート

この犬における副血行路を人間のそれとくらべてみると、人の眼動脈と犬の外眼動脈がほぼ同様の働きをし、また人の吻合における鎖骨下動脈と後頭動脈の吻合は犬の場合の椎骨動脈より後頭動脈への吻合と相似しているといえる。そして血行回復の主体をなすものは、犬の場合外眼動脈であつて、健側外頸動脈より結紮側外動脈への流入は結紮直後ではまだ充分でなく次第に日を経るにしたがつて大となつてくる。その他のルートすなわち内眼動脈、節骨動脈より外眼動脈へのルート、椎骨動脈より後頭動脈へのルートは非常に血管が細く血行回復の主体をなすとは考えられない。

復もかなり早い時期、大体5日以内と思われるので、外頸動脈結紮の效果に過大の期待をかけてはならないことを強調した。

文 献

- 1) 青木貞章, 吉村正也, 久田太郎: 合成樹脂注入法による鑄型立体標本の作製法特に気管支, 気管支動脈並びに肺動脈に就いて, 日本医師会雑誌, 32; 695, 1939.
- 2) 相沢豊三, 滝塚久志: N_2O 法による脳循環研究の動物実験について, 呼吸と循環, 5; 229, 1957.
- 3) *Abrahams, B.H.*: Ligation of the External Carotid Artery for Persistent Nasal Hemorrhage. *Arch. Otolaryng.*, 8; 29, 1928.
- 4) *Dorrance, J.*: Ligation of the Great Vessel of the Neck. *Ann. Surgery*, 99; 721, 1934.
- 5) 今井英雄: 耳鼻咽喉科領域の局所止血に関する研究, 日耳鼻, 64; 735, 1961.
- 6) *Ellenberger, W., & H. Baum.*: Handbuch der vergleichender Anatomie der Haustiere. 366, 1921.
- 7) 藤森暢路: 腫瘍の出血及び止血, a 鼻腔及び副鼻腔, 耳鼻咽喉科, 33; 326, 1961.
- 8) *Gandii, K. & P. Oppenheim.*: Emergency Carotid Ligation. *Arch. Otolaryng.*, 75; 451, 1962.
- 9) *Hertzman, A.B. & J.B. Dillon.*: Selective Vascular Reaction Patterns in the Nasal Sertum and Skin of the Extremities and Head. *Am. J. Physiol.*, 127; 671, 1939.
- 10) *Vogelsang, H.*: Über eine angiographisch selten nachzuweisende Anastomose zwischen den A. carotis interna-und dm A. carotis externa-Kreislauf. *Der Nervenarzt.* 32; 518, 1961.
- 11) *Hultquist.*: Über Thrombose und Embolie der Arteria carotis, Jena 1942.
- 12) 橋本泰彦: 副鼻腔の血管分布について, 耳鼻咽喉科, 28; 13, 昭31.
- 13) 八田穰: 脳動脈の研究, その1, その2. 医学研究, 10; 1803, 1935, 1987, 昭11.
- 14) *Johnson, M.C. and M.E. Foster.*: Ligation of the External Carotid Artery for traumatic Nasal Hemorrhage. *Ann. Otol. Rhin. & Laryng.* 42; 588, 1933.
- 15) 加藤秀雄: 反射光電式 Plethysmography による下甲介粘膜血行の臨床的研究, 日耳鼻, 68; 305, 1965.
- 16) 加藤幸一: 左外頸動脈欠損症, 左前大動脈栓塞症, 喘息, 狭心症等の治療症例, 日本外科学会雑誌, 65; 1219, 1964.
- 17) *A.J. Kuhn.*: Ligation of Both External Carotid Arteries for Control of Epistaxis. *A.M.A. Arch. Otolaryng.*, 62; 130, 1955.
- 18) 北村武: 後藤敏郎編: 耳鼻咽喉科学, 下巻, 11 篇B頸部疾患b外頸動脈結紮, 医学書院, 東京, 1960, 1442頁.
- 19) *Marx, E.*: An Arteriographic Demonstration of Collaterals Between Internal and External Carotid Arteries. *Acta. Radiol., Stockh.*, 31; 155, 1949.
- 20) 中村和義: 左耳下腺部刺傷に対し同側総頸動脈結紮を行える1例, 臨床外科, 9; 33, 1954.
- 21) 名越好吉: 腫瘍の出血及び止血b咽頭, 耳鼻咽喉科, 33; 376, 1961.
- 22) 大島良雄監修: 医学者のためのエレクトロニクス応用篇, 334頁, 南江堂, 東京, 昭39.
- 23) *Oppenheim, H.*: Surgical Interruption of the Anterior Ethmoidal Artery in Severe Epistaxis. *Arch. Otolaryng.*, 56; 448, 1952.
- 24) 小野文孝: 犬の軟口蓋の血行状態に関する実験的研究, 日耳鼻会報(総会号) 学術講演講演録, 69; 34, 昭41.
- 25) *Peguiro, M.E.*: A propos de la ligature bilaterale de la carotide externe Presentation de deux cas personnels. *Pract. oto-rhino-laryng.*, 23; 177, 1961.
- 26) 鈴木安恒: 両側外頸動脈結紮の問題, 耳鼻咽喉科, 35; 385, 1962.
- 27) *Padget, D.H.*: Development of Cranial Arteries in Human Embryo. *Contributions to Embryology, Washington.* 32; 205, 1948.
- 28) 松村久, 草川一正: 一側総頸動脈結紮による後遺症について, 耳鼻臨床, 45; 434, 1952.
- 29) *Spar, A.A. and O.E. Hallberg.*: Severe Epistaxis and Its Management. Report of 11 Cases in which the External Carotid Artery was ligated. *Ann. Otol. Rhin. & Laryng.*, 56; 141, 1947.
- 30) 齊藤吉正: 脳血行遮断についての実験的研究, 熊本医学会誌, 33; 1220, 1959.
- 31) 高尾嘉輝: 外頸動脈結紮術の実験的研究並びに臨床的応用, 名古屋医学, 68; 臨時号 64, 1954.
- 32) *Wolferman, A. and F.P. Dwyer.*: Unilateral and Bilateral Ligation of the External Carotid for Epistaxis. *A.M.A. Arch. Otolaryng.* 62; 310, 1955.
- 33) 吉田太助: 顔部悪性腫瘍に対する外頸動脈結紮の治療的価値について, 大日耳鼻, 45; 1489, 1939.

稿を終るに臨み御指導御校閲を賜わった恩師岩本彦之丞教授に深く感謝いたします。

本論文の要旨は第17回日本医学会総会, 第68回日耳鼻学会総会において報告した。

(原稿到着＝昭和42.4.6日一急載)