

Neurol Med Chir (Tokyo) 20, 211~224, 1980

頸部頸動脈閉塞性病変の外科的治療

A review—I “完全閉塞”

小野 博久

Surgical Treatment of Cervical Carotid Occlusive Lesions

A Review—I Complete Occlusion

HIROHISA ONO

Department of Neurosurgery, Nagasaki University, Nagasaki 852

Summary

The author presents a review of published literatures on the surgical treatment of atherosclerotic occlusive lesions at the cervical carotid bifurcation. This review is an analysis of progress in the past and predictable development in the near future, rather than a comprehensive report of the literature. The review will be made in three parts. In this first part, attention was focused on the surgical treatment of “total occlusion” of the internal carotid artery. The analysis included such surgical procedures as endarterectomy of the contralateral carotid stenosis, endarterectomy of the external carotid artery, stumpectomy and other techniques in addition to EC-IC bypass operation. The author chosen particularly to emphasize the importance of cerebral blood flow measurement as an adjunct to the objective selection of “total occlusion” patients for the surgical treatment. Limited usefulness of presently available rCBF method was discussed in comparison with feasibility of “Xe-enhanced CT scan” method.

Key words: carotid occlusion, carotid stenosis, endarterectomy, cerebral ischemia, vascular surgery

はじめに

頸部頸動脈閉塞性病変（以下、本病変）に外科的治療が行われるようになって、ちょうど四半世紀が経過した。最近の治療成績についてみると本病変に対する手術はまず安全、かつ有効な手術の部類に入るといっても過言ではない時期に達したといえよう。その背景には、手術患者の全身管理の進歩や病変自体や脳虚血病巣の病態についての動物実験の知見等に関する基礎的データの集積もあるが、やはり脳血流量測定法やCTスキャン等による脳虚血病態の臨床的な把握が容易になり、手術適応の決定がより客観的に行えるようになったことが大きく関与しているものと考えられる。しかし、ある手術適応のもとで外科的治療が安全に行えるようになったからと

いって、直ちに外科的治療がより頻繁に行われるべきであるということにはならない。この間、保存的治療の進歩も目ざましいものがあるからである。例えば、血圧のコントロールは脳出血のみならず動脈硬化症の進行を遅らせることにより、脳虚血症状の発症を減少させることが可能³²⁾、さらに抗動脈硬化剤は、従来進行性病変と考えられてきた粥状硬化斑を軽減させ、血管造影の狭窄度を減少させることが報告されている。加うるにアスピリンの投与は、男性患者におけるTIAの再発率を著しく低下させることがわかってきた³⁾。

このような保存的治療における進歩は特に最近の知見であり、本病変を有する症例に対する外科的治療の適応を近い将来、さらに広く変化させる可能性を有するものである。

長崎大学脳神経外科

[連絡先：〒852 長崎市坂本町7-1, 長崎大学脳神経外科, 小野博久]

表1 “完全閉塞”に対する外科的治療

頸部交感神経切除, 遮断 (Alexander, 1889)
動脈切除術 (Leriche, 1913)
動脈切除術+吻合術等
内・外頸動脈吻合術 (Correa, 1951)
総頸・内頸動脈吻合術 (Eastcott ら, 1954)
ホモグラフト (Denman, 1954)
静脈グラフト (Lin, 1955)
鎖骨下・内頸動脈間ナイロングラフト (Lyons, 1956)
血栓内膜切除術 (DeBakey, 1953)
内膜切除術 (Dos Santos, 1946, Murphey & Miller, 1957)
外頸動脈内膜切除術 (DeBakey, 1965)
頭蓋内外血管バイパス術 (Donaghy & Yasargil, 1967)
外頸動脈分岐部形成術 (Javid, 1974)
内頸動脈閉塞断端切除術 (Barnett, 1978)

一方, 頸部頸動脈閉塞性病変に対する外科的治療の適応は従来, 欧米諸国における頸部頸動脈内膜切除術 (carotid endarterectomy, 以下 CEA) を対象としたものであったが, 本邦の症例には頭蓋内血管病変等, 他の血管病変を合併するものが少なくなく, 本邦例の手術適応を検討する際には同時に手術方法の選択も行わなければならない⁵⁸⁾.

以上のような観点から本稿では, 頸部頸動脈閉塞性病変に対する外科的治療の手術適応について歴史的な変化をみ, 近い将来における適応の改変についての検討等を加えるが, 同時に手術方法の変遷と手術適応の良否が直接に反映されていると思われる手術成績の比較を行い, 最後に現時点でもっとも妥当と思われる手術適応についてまとめを行うことにする. 本稿でとりあげる外科的治療を表1に示す.

I 完全閉塞

頸部頸動脈閉塞性病変の外科的治療はまず頸動脈の完全閉塞に対して行われ, 次に軽微な狭窄病変等が対象とされた. しかし病変の形状もさることながら, 手術直前の臨床症状や発症からの経過時間等の諸因子が手術のリスクに密接な関係を有することが知られ検討が加えられた. 以下手術適応の変遷をこれらの諸因子も含めて述べる.

1. 病変分類

内・外頸動脈が総頸動脈から分岐する部分いわゆる頸部頸動脈分岐部 (cervical carotid bifurcation) の局所的動脈硬化性病変は, 病理学的にはともかく臨床的には血管造影所見で分類されており, 内腔の“狭窄”と狭窄部

表2 血管造影所見による頸部頸動脈閉塞性病変の分類⁵⁷⁾

“狭窄”	正常内腔の形と異なって内腔が平滑ではあるが狭くなっており, もっとも狭い部分の内腔の測定値がその部またはその部にもっとも近い基準点の正常値の10%以上小さいもの, および平滑陥凹
“潰瘍”	明らかな内腔の狭窄と狭窄部の一部に凹部が認められ, 凹部の測定値がその部またはその部にもっとも近い基準点の正常値の10%以上であるもの, および急峻狭窄, 舟帆状狭窄, 狭窄部二重陰影を有するもの
“不整”	内腔が平滑でなく凹凸があり, 凹凸の測定値がその部またはその部にもっとも近い基準点の正常値の10%以下であるもの
“完全閉塞”	血管内腔の完全閉塞

の“潰瘍”形成に大別され, これに種々の微細な病変 (不整) と, これら病変の終局的な病変と考えられる内腔の“完全閉塞”を加えて頸部頸動脈閉塞性病変 (cervical carotid occlusive lesions) と総称されている⁵⁷⁾⁶⁰⁾. これら閉塞性病変の手術適応はそれぞれ興味深い歴史を有しているので, 手術適応の変遷を時期にわけて述べる.

2. 手術手技および適応の変遷

(a) 内膜切除術以前 (動脈切除および交感神経切除術の時代)

“完全閉塞”は閉塞性病変のうち脳虚血の原因となるものとしてもっとも古くから知られていたものである. これは頸動脈 carotid の語源が *κάσιος* (深い眠り) で, この血管の圧迫や閉塞により昏睡を生じるためにこの名がつけられたということからも推測されよう. この病変に対する外科的治療として最初に行われたのは, Alexander (1889) によって始められたとされている頸部交感神経切除術 (sympathectomy) や, ブロック (sympathetic nerve block) で, その後血管閉塞が血管のスパズムで起こり, 一旦血管が閉塞するとその部分が他の部分の血管のスパズムを惹起するという考えが出て, Leriche (1913) は早期に病変部の除去 (動脈切除法, arterectomy) を行うことを提唱した. この頸動脈閉塞部除去術は Freeman や Fontaine らによって1930年頃まで行われ, Krayenbühlらは動脈切除に交感神経切除術を合わせて行い, 5症例中3例に有効であったとしている. その後も手技が簡単であるためか散発的な報告がなされているが, 本病変と血管スパズムは無関係で, 交感神経ブロックでHorner徴候が出現していても頸動脈血流量が増加しないことは知られており¹⁰⁾, 現時点ではこれらの手術の適応に入

れるべき本病変はまずないものと考えられる。一方、Monitz の脳血管造影法 (CAG) の普及により多数の脳卒中患者に本病変が発見されるようになり、Monitz 自身は 1937年に 537 CAG 症例中 4 例に本病変を発見、Johnson & Walker は 1936年の Sjogvist の最初の報告から Monitz のものも含み、1951年の Torkildsen の報告までの 33報告 101 症例の内頸動脈病変を集計、91 例がこの“完全閉塞”であったとしている (他の 10 例中 9 例は内頸動脈サイフォン部閉塞、1 例は脳動脈閉塞を合併)。この 91 例中 30 例に動脈切除術が行われている。手術適応については明記していないものが多く、Webster, Budinovasmela, Reichert, Chao らは全例に、Sugar, Errickson, Krayenbühl らはほぼ半数の例に手術を行っているが、手術症例、非手術症例に一起の傾向は認められない。手術成績も表 3 のごとくで、非手術症例と差は認められない。しかし、摘出部分の病理学的検索では明らかに内膜肥厚を伴う狭窄部に新鮮血栓が充満して“完全閉塞”を起こしている症例も発見された。しかし、半数以上の症例の病理診断は依然 thromboangiitis obliterans や脳動脈瘤に発する逆行性血栓が頸動脈分岐部まで進展した広範囲血栓症によるもの等となっており、血栓症に対する直達手術はなお不可能であるとされていた。一方、血管病変への直達手術はまず血栓除去術から始まり、1897年の Moynihan 以後、Doberauer, Trendelenburg (1907), Carrcl, Murphey, Leriche ら著名な外科医が多数の症例で試みたが、すべて失敗しており、手術部位の開存が得られなかった。しかし、1918年頃からヘパリンが使用されるようになり、1922年 Key が始めて血栓除去術に成功し、1928年にはすでに 180 例の報告がある。しかし、血栓性閉塞は前述のごとく広範囲にわたるものとされ、これが直達手術の発達をおさえていたとされているが、Fisher²⁹⁾³⁰⁾と Keele⁴³⁾の剖検例の報告から血栓性閉塞も局所的に起こる場合があることが知られるようになり、Dos Santos は 1945年再び血栓除去術に検討を加え、Freeman (1947年) らは血栓除去部の上流からヘパリンを点滴するなどの方法で抗凝固剤の使用が血栓除去術を可能にすると述べている。しかし、陳旧性の血栓では血栓のみを剝離することは困難で、むしろその周囲に容易に剝離できる層があり、この部分を血栓と同時に摘出するという意味から、一時内皮切除術 (intimectomy) とよばれたが、除去されるのが内皮のみでないことは明らかで、その後内膜切除術 (endarterectomy, 以下 **CEA**) とよばれ、血栓と同時に肥厚内膜が切除される場合は**血栓・内膜除去術** (thromboendarterectomy, 以下 **TEA**) とよばれるようになった。

表 3 “完全閉塞” 症例に対する動脈切除術の手術成績 (101 例)⁶⁸⁾

		症状	改善	不変	悪化	死亡	不詳
手術例 (30例)	SCO		4	4	1		6
	SPC			3			4
	TA		2				6
	計		6	7	1		16
非手術例 (71例)	SCO		6	10		7(1)	9
	SPC		5(1)	6(1)		4	9
	TA		7	1		1	6
	計		18(1)	17(1)		12(1)	24

SCO: Sudden catastrophic onset

SPC: Slowly progressive course

TA: Transient attacks

() 内は sympathectomy 症例

(b) 血栓・内膜切除術の時代

1953年になって Strully⁶⁸⁾ は発症後 13 日目の“完全閉塞”例に血栓除去を試みたが失敗、同年に DeBakey が 15 mg のヘパリンを使用しながら TEA を行い、術中 CAG で手術部位の開存を確かめ、術後経過も順調で同手術成功の第一例となった。DeBakey は 1975年この症例について報告¹⁹⁾し、その間 19年にわたって患者は無症状で、この当時にはまだ頭蓋外血管病変が脳虚血の原因となるという concept は確立されたものではなかったこと、および血栓症がこのように頸動脈分岐部にのみ局所的に起こりうるということは広く知られていなかったと回顧している。その後、本病変に対する関心は急に高まっており、1961年から 1965年までに集計された米国の Joint study of extracranial arterial occlusion の虚血性脳血管障害症例 4,748 名 (症例の 80% に 4 vessel study がなされている) では約 16% の症例 (左、右頸動脈分岐部各 8%) に“完全閉塞”が発見されている²⁶⁾ (ちなみに“狭窄”は各々 34%)。この合同調査はほぼ半数が手術例であるが、一定の手術適応の下に手術を施行したものではなく、手術例、非手術例の follow-up study から逆に手術適応の検討を行おうとするものであった。一側のみ閉塞を有する症例では 42カ月の follow-up 後の生存率は、非手術群の方が手術群より若干良好で、これは統計学的には有意の差ではなかったが、少なくとも手術例が優位であるという結論は出なかった (cumulative survival rate の非手術例対手術例は、不全麻痺例では 88% 対 72%、完全麻痺例を含めると 88% 対 74%、TIA 群では 90% 対 86% といずれも若干、非手術群が良好であるが、統計

学的に有意ではない)⁷⁾. この Joint study では翌年に外科的諸問題について報告しており⁸⁾, 1964年の79症例のうち, 術中血行開存成功は34%, follow-up CAGでは17%の開存率しかなかった. 1966~67年にはすでに本病変をCEAの適応から除外しようとするものがあり, 症例数はさらに減少しており34例のみが手術されている. 術中CAGでは38%の開存率, follow-up CAGでは術中開存例の57%が閉塞を起し, 結局手術成功率は16%にすぎなかった. この合同調査は24 medical centersの参加により行われており, 術者間の成績に差がある可能性もあるが, 同時期の単一術者による報告も同様の傾向を示している. すなわち, Thompson⁷⁾, は他の疾患群に対する内膜切除術では, 史上最良のグループに属する良好な成績をあげている優秀な外科医であるが, 94症例の“完全閉塞”症例全例(臨床症状はTIA 18例, Stroke 71例, その他5例)に血栓内膜除去術を行い, 血行再開に成功したものはTIA症例(比較的慢性期手術が多い)では, わずかに20%, 完成脳卒中でも50%にすぎなかった. さらにこの血行再建の成否は発症から手術までの経過時間に強く関係しており, 早期のものほど開存率は高い(図1)が, 比較的早期に手術を行うと貧血性脳梗塞が出血性脳梗塞へと悪化することが多く, 悪性の脳浮腫が発生するリスクは高くなると述べている. このThompsonの症例で発症後6~26時間以内に手術が行われた19例では開存率は60%で7例が死亡, 死亡率は実に36%となっている. しかし, 死亡例が開存成功例に多いことを考えると, 死亡率は61%の高率になる可能性がある. これをThompsonの他の症例群のCEA死亡率が1.2%であるのと比べるといかに高い. その後, 1973年Claus¹³⁾はCEAについてのcollective reviewの中でこの問題を取りあげ, Joint study第4報の著者であるBlaisdell⁸⁾は“完全閉塞”に対するTEAを強く弁護していると述べているがそのような事実はなく, 同年のFields²⁷⁾はeditorialの中で慢性期の“完全閉塞”に対するTEAはan exercise in futilityであると述べており, これが大多数の外科医の合意となった. 残された問題は6時間以内の経過時間で来診した症例をどうするかで, 前述のThompsonの症例についてみると6時間以内の症例は4例で, 1例は死亡したが2例は正常, 1例は不変で開存率は100%であり, 6時間以後の症例と若干異なった成績を有している. Sundt⁶⁹⁾は1974年にこのような観点から“完全閉塞”に対する手術適応は, 入院直前か入院中に発症し, 血管造影やCEAが予定されていた患者で発症後2, 3時間以内に手術ができるものに限るべきであるとして13症例に手術を行った. 3例にdramaticな症状

の改善をみたが, 他の9例は自然経過に似た経過をとり, 身体他部の血管病変のために大量のヘパリンを使用していた1症例が, 出血性脳梗塞により死亡している. Sundtはこれら手術例について, 手術部位および閉塞部の末梢側の開存を血流の逆流の有無のみで判断していることを問題としてとりあげ, 直視できない末梢内頸動脈壁の血栓の除去はFogarty catheterを使用するので, 直接的合併症も多い上に逆流は少量の血栓が付着していても起こりうるので, 手術操作が完全であるとして, 大量の血流を再開通させることが血栓を発生させ脳虚血巣病態をさらに悪化させている可能性があること等を指摘し, Edwards²³⁾やWylie⁷³⁾も同様の手術手技上の問題から, “完全閉塞”はすべて適応外にすべきであるとしている. 一方, Dyken²¹⁾は43症例の“完全閉塞”例のnatural historyを調べる目的で性別, 年齢がmatchしたcontrol群(内腔狭窄度は60%以下)と“完全閉塞”の両群で, 脳虚血発症後の神経症状を比較したところ, 前の報告とは異なり“完全閉塞例”の死亡率は約1/7の5%にすぎず, 初発症状は軽度狭窄群よりもより高度であったが, follow-up期間中の脳虚血症状の再発は“完全閉塞”群より少なかったという. さらに脳血流量を測定したところ, 両群に著しい差がなかったとしている. この報告はfollow-up期間が6カ月程度と短く, 脳血流量も全脳血流量であるため問題は残るが, “完全閉塞”は終局的な病変であるため, 急性期をすぎた症例には何ら処置を必要としないのではないかという当時の支配的な考え方を支持するものであった. しかし“完全閉塞”側に起因する一過性の症状が継続して起こるものについては, 外科的処置が必要であると考えられ, 新しく2種の手術方法が使用されるようになった. これは“完全閉塞”反対側に“狭窄”を有する症例に対する“狭窄”側のCEAで“完全閉塞”側への側副血行を増加させる目的で行われるもので, もう一つの方法は浅側頭動脈・中大脳動脈分岐間吻合術(STA・MC吻合)である.

(c) 対側CEAの時代

対側CEAはすでにJoint studyで検討されており, 死亡率45%で, 42カ月後の生存率は非手術例と著しい差がなかったので, 手術適応にすべきでないとして明記されている. しかし, その後にも報告は続いており, “完全閉塞”に対するCEAの成績のように一致した成績を示さず, 術後死亡率のみをみると20%(Heyman)³⁹⁾, 42%(Erickson)²⁵⁾, 16%(Murphey)⁵⁵⁾と差違があり, さらにWylieの13症例では死亡率は皆無であった. Wylie⁷³⁾の症例は術前神経症状が良好のもののみを対象としたもので, そのような症例が果して手術を必要としたかどうか

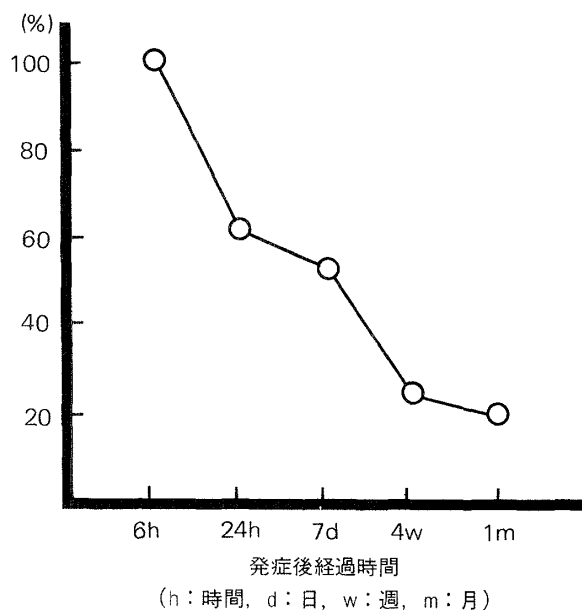


図1 “完全閉塞”に対する TEA 成功率⁷²⁾

TEA による内腔開存率は発症から手術までの経過時間に著しく左右される。

かという問題は別として、Patterson⁶¹⁾も同様に手術時には神経症状が完全に回復しているものという適応で、対側 CEA を23例に行ったところ、死亡症例も合併症例も皆無であった。そのうち20症例に follow-up (30ヵ月) を行い、3例が死亡、2例が脳梗塞を起こしたとしているが、Pattersonはこの結果を Joint studyの同血管病変群非手術症例の2年目 follow-up 成績の35% (死亡率+脳虚血再発率) と比べ、自験例の成績がより良好であるとしている。筆者は術前の神経症状が TIA, RIND および軽症の completed stroke で、脳虚血病巣の血管透過性異常が完全に消失した時期にあり、全身状態が良好であるという適応のもとに18症例の“完全閉塞”に手術を行った。もちろん全例対側 CEA で (表4), 手術死亡率は0であるが、3例に術前のまたは新しい脳虚血発作を発症し、無効率は15%ときわめて高かった。このうち2例は前交通動脈を通る閉塞側への collaterals が血管造影で確認されていなかったもので、その後の症例からは狭窄例 (CEA 側) CAG で閉塞側頭蓋内血管が十分に造影されるものという条件を加えたところ、1例を除き無効例はない。この1例は対側 CEA 後に脳血流量測定を行ったところ、術前に減少していた閉塞側血流量の増加が認められなかったため、閉塞側に STA・MCA を追加したものである。

この対側 CEA は、STA・MCA の普及と通常 CEA の中にくみこまれてしまったためか、その後にとまった

表4 “完全閉塞”に対する対側 CEA の手術成績

		18症例 (オレゴン大学 14, 長崎大学 4)		
症 状*		手術死亡	追跡期間死亡	手術無効例**
閉塞側 (14例)	一過性 (9例)	0	0	2 (一過性言語, 失明)
	固定 (5例)	0	2 (心筋梗塞, 肺炎)	0
狭窄側 (7例)	一過性 (3例)	0	0	1 (一過性運動)
	固定 (4例)	0	0	0
		0	2	3

* 両側症状3例

** 術前症状または新しい脳虚血の再発, 前交通動脈を通る側副血行が確認される症例を選ぶようにした後は無効例はない。

報告は少なく、わずかに Andersonのもののみである¹⁾。この報告では CEA154例中の28例 (18%) の“完全閉塞”と対側“狭窄”を有する症例に“完全閉塞側”の血行改善の目的で対側 CEA を行ったもので、死亡率は0であったが3例に神経合併症 (2例は“閉塞側”, 1例は狭窄側) を起こした。もちろんこれは手術手技上の問題 (レジデントが施行) もあると思われ、その後シャント使用等、術中脳虚血に注意を払うようになり、合併症は起こっていないという。Follow-up では対側症状を再発したものはない。Andersonは2症例に対側 CEA の前に閉塞側に STA・MC 吻合を行っており、これらの症例は合併症を起こさなかったという。以上のように“完全閉塞側”に対しては CEA は適応外とされ、対側“狭窄”を有するものでは、total cerebral blood flow を増加させるという目的から対側 CEA が行われるが、側副血行路が patent であるという条件を確認した後、脳虚血巣の血管透過性異常が消失した時期に行えば、従来の報告のように高いリスクを有するものでなく、もちろん術中シャント使用等の手術手技上の注意が必要ではあるが、通常の CEA とほぼ同じ程度の危険性で手術が行えることが明らかになったと思われる。しかし、この対側 CEA についても慢性期の“完全閉塞”に手術を必要とするものがあるかという問題について解決しなければならない。この点については、次項でまとめて述べる。

(d) 頭蓋外・内血管バイパスの時代

Donghy & Yasargil によって始められた浅側頭動脈・中大脳動脈分枝間吻合術 (STA・MCA) 等のいわゆる頭蓋外・内血管バイパス (EC-ICバイパス) は頸部頸

動脈の“完全閉塞”にも多数施行されている。しかし Dyken²⁹⁾ の報告のごとく、まったく asymptomatic で偶然に発見される“完全閉塞”もあり、ただ血管造影所見のみを指標として手術適応をきめるならば、不必要な手術がなされる症例がでてくるであろう。現在、カナダを中心として行われている国際協力 Study である EC-IC Bypass Study でも、この“完全閉塞”側の randomization は各施設の決定にまかされているのが現状である。以下、この点に関して natural history や手術成績に関する従来の報告や自験例の知見をまとめて、反対側狭窄がある症例に対側 CEA のみでよいのか、EC-ICバイパスのみを行うのか、または両方を行うべきかについて述べ、次に反対側狭窄のない、慢性期、無症状の“完全閉塞”の手術適応について筆者の考えを述べるが、まず“完全閉塞”を手術しなければその患者はどうなるのかという点をさらに調べるために“完全閉塞”の natural history、もしくは保存的治療成績に関する報告のうち比較的新しい報告をみてみると、Fields (1976年)²⁸⁾ は Joint Study の第10報で、1954年から1973年までの6,535参加症例のうち1,044例(16%)の“完全閉塞”例についてまとめている。このうち一側のみの閉塞例は399例、他側に狭窄を有するもの557例で(残り88例は両側閉塞)、非手術例422例(379例が1例のみ閉塞)の follow-up では、73例(17.3%)が TIA を(この73人中30例は一過性黒内障を有していた)有しているが、これは study entry 以前には56%の患者が TIA を有していたので、“完全閉塞”発生により約40%の患者が TIA の軽快をみたものと考えられ、前述の Dyken の報告と同様の傾向を示している。死亡率は一側閉塞例では(2.9%, study entry 時の stroke による死亡)で、follow-up 期間中における新しい脳卒中発症例は89例(生存例の25%)で、うち30例は“完全閉塞”に関係あると考えられるもの(うち4例が死亡)、13例は対側血管に起因する脳虚血(7例が死亡)、7例が脳幹部梗塞(5例が死亡)、その他の34例は fatal stroke ではあるが、梗塞の部位は明らかでない。この報告の主旨は、66カ月の follow-up 後の生存率が手術例(34%)と非手術例(66%)で有意に差があることを示すものであったが、この手術例の66%が“完全閉塞”に対する CEA 症例なので、現在の手術症例の成績の参考にはならない。しかも1961年の McDowell⁵²⁾ の成績(follow-up 期間中の一過性症状再発30%, stroke 発生率7%)や1962年の Hardy³⁶⁾ の報告より若干悪く、両報告間の15年間の内科的治療の進歩を如実に反映していないように思われる。一方、これらよりもより最近の44症例(1967~1972)の follow-up を行った Grillo (1975)³⁵⁾

の成績はまったく異なっており、死亡例は17例でそのうち脳虚血に関係あるのは8例のみで、7例が急速に症状が進行した重症脳梗塞例であったが、これらはすべて入院2週以内に死亡している。Follow-up 期間中の脳虚血再発例は4例で、そのうち一例はそのために死亡しているがいずれも“完全閉塞”の反対側の梗塞で、“完全閉塞”例には一例も梗塞は起こっていないことになる。この報告はしたがってそれ以前の3報告ときわめて対照的であるが、これはこの報告が完全な natural history ではなく、無症状または固定症状の慢性期に前述の対側 CEA (3例)を行ったり、抗凝固療法を加えたりしている、いわゆる通常治療群の成績であるからである。この報告の目的は、慢性期の“完全閉塞”例には対側 CEA を考慮するのみで十分で、EC-ICバイパスの適応はないとするものであったが、いずれにしてもこれらの報告からは“完全閉塞”症例は一般的には初発症状は重篤で死亡するものもいるが、その時期をのりきった慢性期には“完全閉塞”側には脳虚血は再発することが少なく、追跡期間中の死亡は“完全閉塞”側と反対側の脳梗塞や心疾患等が原因となっていると要約できよう。一方我国にはまだ多数の症例の完全閉塞の追跡調査はないが、西丸(1979年)⁵⁶⁾ の19例では生存率は1年後80%、2年、3年、約70%、5年後50%、7年以後約30%となっており、Fields²⁸⁾ らの5年後の生存率66%よりも悪い。この報告では“完全閉塞”例の脳虚血再発率については述べていないが、我国の症例には頭蓋内血管病変を合併する症例が多いので、Fields らの tandem lesion を有する症例でも明らかなように米国症例よりも脳虚血再発率が低くなると思えず、他の報告³¹⁾⁷⁴⁾ の所見も参考にするとむしろより悪性の経過をたどるものと推測できる。一方、“完全閉塞”に対する EC-IC バイパス手術の成績はどうであろうか。これは前述の Grillo の報告(対側 CEA を行えば、“完全閉塞”側の脳虚血症状再発率は0)は別として、明らかに上述の natural history よりは良好で、内科的治療群にみられる成績のばらつきも少ない。Chater (1976)¹¹⁾ の100例中42例(42%)、Yasargil & Yonekawa (1977)⁷⁵⁾ の65例中14例(21%)、Kletter (1979)⁴⁵⁾ の80例中42例(52%)および12例(15%、完全閉塞+他側狭窄)等を平均すると EC-IC バイパス症例の約半数近くが、この“完全閉塞”例である。術後の脳虚血の再発例は、例えば Chater¹²⁾ の症例では6例で2例はバイパス術と同側に起こっており、そのうちの1例は吻合部が閉塞していた。他の4例はバイパス術の反対側に起こっている。死亡例の一例は、一側“完全閉塞”他側“狭窄”の症例で、まず“完全閉塞”側に STA・MC の吻合

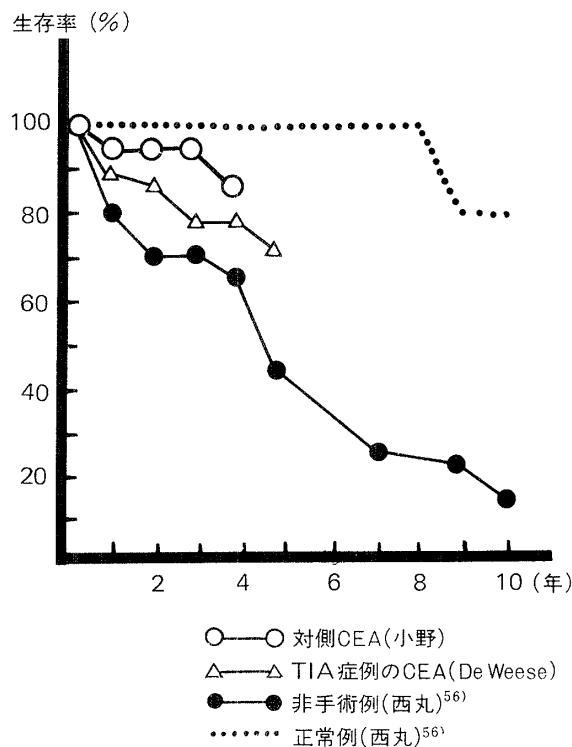


図2 “完全閉塞”例生存率

Natural history (西丸による19例)と対側 CEA (小野, 13例) 症例, および通常の CEA (DeWeese, 103例) を比較した. 対側 CEA のリスクが高くないことがわかる.

を行い問題はなかったが, 術後患者は“狭窄”側に起こった脳梗塞で死亡している. EC-ICバイパス手術の一般的な成績については多くの報告があるが, Samson⁶⁴⁾の434例の集計報告 (Chater 100例, Gratzl 38例, Reichman 73例, Samson 76例, Sundt 84例, Yonekawa 105例) では, Patency rate は86% (Yonekawa) から100% (Reichman) まで若干の差はあるが, 平均93%, Completed stroke の118例では脳虚血の再発例は2例のみ (1.7%), TIA・RIND群293例では, TIA再発例18例 (5.8%), Stroke 発生10例 (3.4%), 計9.2%の手術無効例がある. 菊池⁴²⁾の本邦例171例の報告では TIA・RIND群 (31例) のバイパス術後脳梗塞再発例は0で, さらに良好である (TIA再発は2例, 6.5%). 集計例の死亡率は術後30日までの死亡例を含めると0~7.7%で平均4.3%, 罹患率は手術による脳卒中発生率6.7% (permanent 2.4%, 一過性4.3%) となるが, これには急性期や進行性脳卒中症例も含まれており, このようなものを除外すると罹患率は permanent neurological deficit が2%, 胃腸管出血1%, 心肺合併症1%程度と over all risk は計約10%と推測されている. これらの成績が“完全閉塞”のnatural history (発症後2週以内の死亡率が4~7%程度, その後の生存者のstroke発生率約25%, その約半数がそのために死亡)

より良好であることはすでに述べた. しかし反対側に“狭窄”を有する症例では, 前述の Chater の唯一の手術死亡例がそうであるように問題は多い. 筆者の自験例および Grilloの成績では, 狭窄側から閉塞側中大脳動脈が造影される程度に側副血行が良好でかつ明らかなものでは, 対側 CEA のみで十分であると思われた. さらに術前, 術後の脳血流量の測定を行い手術効果を確かめ, EC-IC バイパスを閉塞側に加えるかどうかを決定すれば良いと考えている. 次に, 対側 CEA と EC-IC バイパスのどちらを先に行うべきかであるが, これについて検討した報告は比較的少ない. Auer (1979)⁶⁾は症状側を先に施行するという原則で, CEAには内シャントを使用することと述べている. Kletter (1979)⁴⁵⁾は, “完全閉塞”側にまず STA・MC 吻合を行うことを原則にそのように施行していたところ, 2症例に重篤な合併症が起こっている. これは術前に存在した反対側の内頸動脈狭窄部が“完全閉塞”へと悪化しており, そのため completed stroke で1例は死亡した. このような経験ののちに, Vienna 大学脳神経外科では, まず“狭窄側”に内シャントを使用しながら CEA を行い, 次に STA・MC 吻合を“完全閉塞”側に CEA 後約10日間してから施行するように変更し, その後には合併症は起こっていないという.

次に脳虚血症状で発症, 急性期を無事にすぎ, 神経症状がまったくないか比較的軽症の“完全閉塞”で反対側に“狭窄”がない症例のうち, 手術を必要としない症例をどのように識別するかである. Natural history では手術を要する症例は約1/4であるはずで, 例えば, 破裂脳動脈瘤ほど悪性ではない疾患に約10%のリスクを有する手術を行うためには, もう少し症例をしぼる必要がある. この点については, CTスキャンと脳血流量の測定を行うことがまず解決への第一歩となると考えているので, 最後の項でまとめて述べる.

(e) **Fogarty catheter** を使用する血栓・内膜除去術
頸部内頸動脈の“完全閉塞”が起ると, 内頸動脈の第一分枝まで閉塞が起こるのが通常で, 第一分枝はmeningohypophyseal branches の枝とされているが, より中枢側の carotid canal の中には小枝が多数あり, その中で大きいものは中耳の後下壁へ分布する carotidocymbic branch で上頸動脈の anterior tympanic と吻合し, 他の大きな枝である pterygoid branch (the vidian artery) は vidian nerve に伴走し, 同様に上頸動脈の分枝と吻合している. その他, 頸動脈洞へ分布する sinus nerve に伴走する血管や, inferior pharyngeal artery 等があり, このため“完全閉塞”は頸部血管にのみ限局し頸部手術で直視下に手術できる場合があることもよく知られている.

特に最近, このような観点から現在, 手術適応から除外されている“完全閉塞”に対する血栓内膜切除術(TEA)に再検討を加え, 血管造影で眼動脈より造影剤が逆流して, 内頸動脈のサイフォン部が造影される症例では“完全閉塞”は頸部に留まっているのでTEAを行うべきであるとするもの⁶⁶⁾がある. しかし, この報告の4症例のうち頸部に“完全閉塞”が限局したのは1例のみで, 他の3例はbifurcationから3cm以上, 10cm, 11cmと末梢まで延びており, 結局Fogartyカテーテルを使用している. 一方, さらに最近の報告⁴⁴⁾も同様のCAG所見を有するものにFogarty catheterをサイフォン部まで使用, 同様のもっとも最近の報告⁴⁶⁾の成績はTEA直後の開存率は52%, follow-up CAG時の開存率は約30%と推定され, 有症状群の死亡率22%とJoint studyの成績からあまり改善されていない. Joint studyの症例もFogarty catheterを使用していたが, 多数の合併症(頸動脈・海綿状洞瘻)⁶¹⁾⁷⁾⁴⁷⁾⁵⁴⁾⁶²⁾が報告され, このため一時は下火になった手技である. しかし, 最近再びこのような手技が報告され同様の合併症が当然起こり, これに関する学会での質疑⁴⁰⁾をみるとこの手技に関しては歴史が無意味に回転しているという印象を強くうける. 前項で述べたように外科的治療には強いpredictabilityが必須のもの⁶⁵⁾であり, 高い安全性とpredictabilityを有する前項のEC-ICバイパスの時代にこのような手技は前述のCEAやTEAと同様に現時点ではまったくunjustifiedであると思われる.

(f) 外頸動脈内膜切除術(Ext. CEA)

脳虚血症状を有する患者の外頸動脈に高度の狭窄が発見され, これがbruitの原因となることはよく知られている(Wetzel 1964, 小野⁵⁷⁾ 1978). しかし, このExt. CEAは通常内頸動脈の“完全閉塞”で, 外頸動脈の高度狭窄を合併したものを対象とする. 最初に報告したのはDeBakey¹³⁾で, 血行再建術症例812例中8症例のExt. CEAが含まれている. その後, Connolly & Stemmer¹⁴⁾は45症例について報告し, 成績が良好であったので, 両側内頸動脈の完全閉塞の場合は両側にExt. CEAを行うべきであるとしている. その後, Javid(1974)は分岐部形成術とも呼ぶべき新しい手技を, 外頸動脈血行改善の目的で7症例に行ったが一般化しておらず, 現在は, Ext. CEAが日常のroutineの手技となっていることは, 多くの報告³⁷⁾⁶⁷⁾中に症例が含まれていることからわかる. CEA術中には, 内シャントを外頸動脈に入れると内頸動脈逆流が増し, 内頸動脈逆流圧は20%, 約13 mmHg上昇すること等が報告⁵¹⁾されるようになった. しかし, 術前に外頸動脈から眼動脈等を経由する頭蓋内血行への明らか

な側副路が発達している症例にかぎるべきであろう. 最近EC-ICバイパス術の前処置として行われる場合が多いが, Ext. CEAのみでバイパス手術が不必要になった症例も報告されているので注意を要する. すなわちCounteeら¹⁵⁾は, EC-ICバイパス術の目的で紹介された“完全閉塞”23例が全例に, 外頸動脈・眼動脈を経由する側副血行が著しく発達していたので, 無症状群(12例)で外頸動脈に異常がないものは無処置のままfollow-up, 外頸動脈に“狭窄”や“潰瘍”を有した11例中手術を拒否した1例を除く10例にExt. CEAのみを施行した. これら22例は4~40カ月のfollow-up期間中に脳虚血を再発したものはなく, 手術を拒否した一例は脳梗塞大発作を発症した. このようにExt. CEAが有効な症例もあるが, 血管造影所見のみでなく脳血流量の測定もあわせて行えば, より確実な手術適応の決定ができるものと考えられる. これについては最後の項にまとめて述べる.

(g) 断端切除術(Stumpectomy)

“完全閉塞”症例の約13³⁴⁾~17%⁷¹⁾の症例では, 臨床症状がTIAであることはよく知られている. このTIAは従来hemodynamicなものであると考えられてきたが, Bannettら⁴⁾はこの中にもembolismによるものがあり, このembolusのoriginは, 総頸動脈や外頸動脈であると述べる一方, 内頸動脈の閉塞断端が明らかにemboliの起源となっている症例を9例報告し, このような症例には断端切除術(stumpectomy)を行うべきであると述べている. この症例は全例CAGにより平均10mm(3~25mm)のstumpが残っており, その形状がirregularで中には明らかな血栓形成を思わせる所見を有するものもある. 同時に起立性低血圧や心疾患を除外し, 神経症状がビマン性でなく局所的であること, 同側眼底にcholesterol plaqueが発見されること, stumpの病理標本で明らかな潰瘍や出血や血栓を有すること等が特徴的であったとしている. 筆者の症例にも同様の所見を有するものがあり(図3), STA・MC吻合術後にRINDを発症した症例があるので, 十分な注意が肝要である. Stumpは必ずしも除去する必要はなく, 大型のsilverclipで分岐部一ぱいに寄せてstumpをクリップするだけでもよいという⁵⁾. したがって, この手術はきわめて操作が簡単で, かつ安全であるものと考えられ, “完全閉塞”例でmicroemboliに起因すると思われる臨床症状を有し, 他に認むべき原因がなければ適応を考慮すべきであろう.

(h) “完全閉塞”症例の脳血流量測定による予後の推測

“完全閉塞”の脳血流量(CBF)について最初に報告したのはMcHenry(1966)⁵³⁾で, 2症例について, 次に

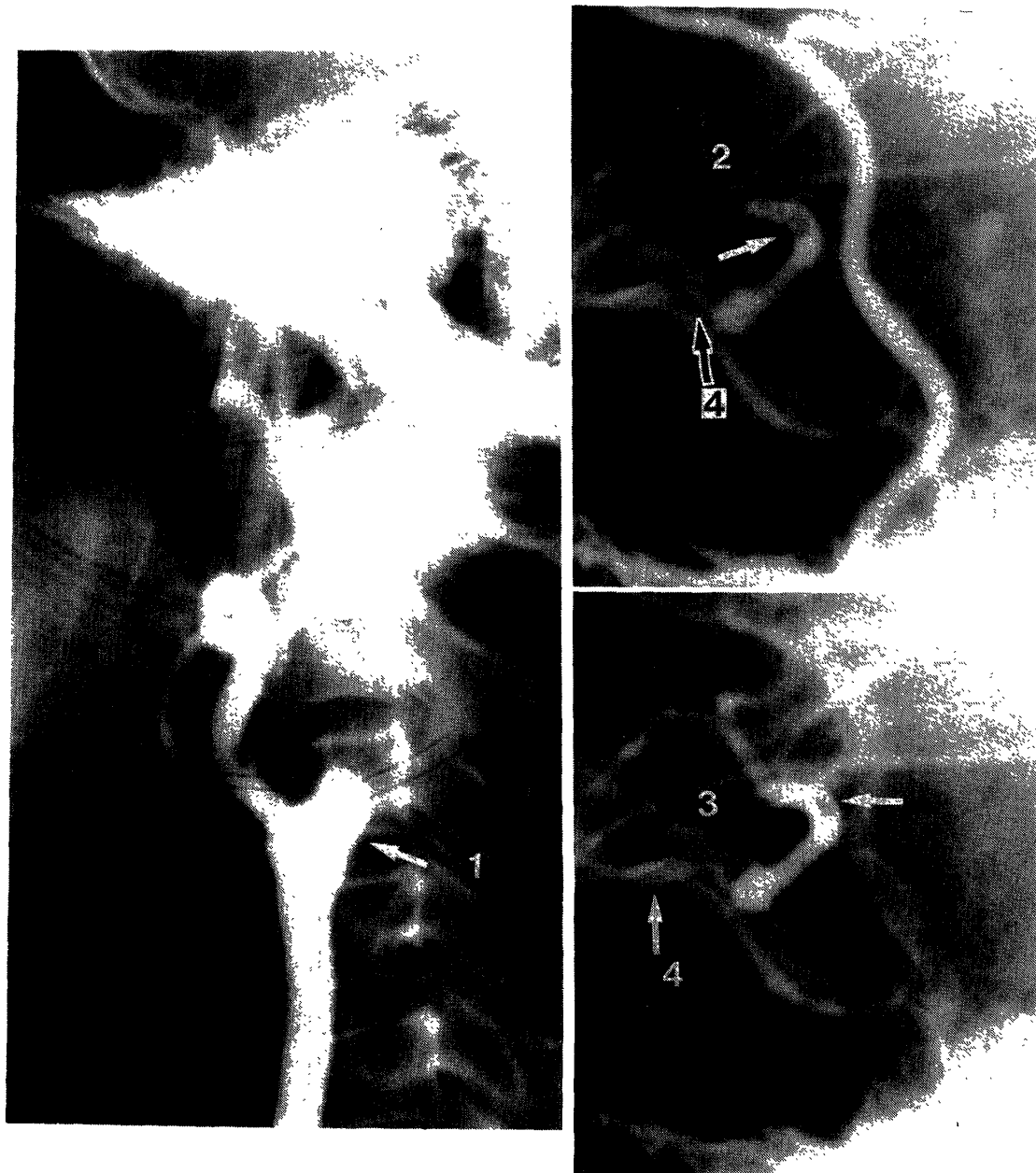


図3 内頸動脈“Stump”の一例

Stump (1) に起因したと思われる栓塞子(2)が眼動脈(4)を通して内頸動脈前壁(2矢印)付着, その後の CAG では後壁(3矢印)へ移動し結局消失した(自然再開通). 再開通後の血管壁はまったく正常.

Herrschaft (1972)⁸⁸⁾は9症例の一例“完全閉塞”, 8例の“完全閉塞+他側狭窄”について所見をまとめている. これによると閉塞側では全例に circulation time の延長(45~90% delay)があり, 反対側ではこれに比して障害は軽度であった(20%)という. CBFの低下は global が6例, global & regional が2例であった(完全閉塞側のみしか調べていない). 一方, 反対側狭窄を伴う例では, CBFの低下は“完全閉塞”の場合とは逆に global 2例, global & regional 6例で, “狭窄例”は global 5例, global & regional 2例で regional は1例の

みであった. Prosenz (1974)⁸⁹⁾は50症例の内頸動脈閉塞例の CBF を測定, 種々のパラメーターを使って臨床所見や血管造影と対比させた. その結果, CAGでの側副血行の良否からは CBF の低下の有無, パターンは推測できないこと, 臨床病像と半球血流量, および局所脳血流量(rCBF)の両者がよく相関し, 特に局所性がより強いパラメーターほど運動麻痺と強く相関したという. しかし“狭窄”症例では半球血流量低下と神経症状の間に有意の関係がないので, “完全閉塞”では半球血流量の低下がより重要な意味を有するものと思われる. 筆者の症

表5 “完全閉塞”症例の脳血流量
—反対側頸動脈病変と外科的治療の影響—

反対側頸動脈	半球平均脳血流量		局所脳血流量の異常	
	正常	減少	—	+
正常 (3例)	1	2	1	2
狭窄 (2例)	0	2	1	1
閉塞 (1例)	0	1	0	1

	半球平均脳血流量 (術前)	神経症状推移	
		良好	不良
手術例 (5例)	22~40%減少	3	2
非手術例 (3例)	20~44%減少	0	3

例⁴⁹⁾でも同様に、“完全閉塞”例では半球平均脳血流量の低下を示した症例の比率は狭窄例における同比率より大であった。したがって Herrshaft の症例と同様に“完全閉塞”例では半球血流量の低下がまずもっとも重要な要因として背景にあり、これに局所的減少が加わって神経症状の差違が起こっているものと考えられる。次にもっとも重要な問題である CBF 所見から予後の推定が可能であるかどうかという点についてみてみよう。脳虚血症例の予後は生命予後、神経症状回復および再発に関する予後にわけて述べるべきであるが、紙数の都合でまとめて以下に記す。まず1972年、Yamaoka⁷⁴⁾らは“完全閉塞”の神経症状回復良好群で全脳血流量 (N₂O 法) がもっとも高く (47 cc)、回復なし群でもっとも低く (29 cc)、回復後再発する群はその中間 (41 cc) であったとし、再発群の中では一年以内再発例 (39 cc) が一年以後再発例 (44 cc) より有意に低かったとしている。Fujishimaら³¹⁾は77例の脳梗塞症例をさらに長期に追跡し、初回発作時の CBF (RISA 静注法による全脳血流量) 低下群では追跡5年および7年後の生存率が正常群よりも有意に低かった (約30%の差) としている。もっとも、脳梗塞の再発率には差がなかったが、脳卒中による死亡例が低下群に多い (全死亡例の28% vs. 10%) ので同様の所見であると考えられる。前述の Prosenz⁶³⁾ は予後良好の徴候として、①局所的脳血流量および半球血流量の低下がないもの、②血流低下があっても軽度のもの (正常の70~80%程度が保たれているもの)、周辺にhyperperfusion (正常の120%以上) があるもの等をあげ、予後不良を思わせるものは、③25 ml 以下の局所血流量域を有するもの、④半球血流量の低下に散在性の局所低下を有する異常パターンの存在等をあげている。さらに Blauensteinら (1978)⁹⁾

は rCBF の測定法を用いながら、全脳血流量を反映する示標 (ϕ : Xe飽和量を、1分間の Xe clearance を重量積分した量で除したもの) を使用したところ、一症例で神経症状発症2日前から異常を認めており、近い将来適当な局所脳血流量測定法が完成されれば、局所的な脳梗塞の発生も予知できる可能性を示している。一方、最近では全脳または半球血流量よりも局所血流量 (rCBF) の測定が重要視され、数百にも及ぶ多チャンネルの detector を使用した報告もあるが、このような報告からは上記のような簡潔な結論は出ていない。この点は、CBF測定的基本的な問題と現在の測定法の限度にも関係し、したがって臨床例データの解釈に際してきわめて重要であると思われるので、以下、これに関する現在の知見をまとめたい。まず、¹³³Xe や他の γ -emitterを使用する方法では Compton scattering による error は避けられず、spatial resolutionはきわめて悪く、これを detector の collimation で補正しようとしても depth resolution の改善はできない。このため、detector に入る radioactivityの35~55%は他の領域からのもので、現在の測定法には regionalityを有する検査としての意義はまったくないと極言するものもある⁷⁰⁾。しかし、このような指摘が過ちではないことは、“look through”⁷⁰⁾ や “cross talk”⁷⁹⁾ 等の現象からも、CTスキャン病巣との CBF の対比⁵⁰⁾を行うと、深部病巣や脳表小病巣では見かけ上の正常血流量が算出されることが多いことからわかる。Sundt の中大脳動脈閉塞の1例のごとく、患者は完全麻痺であるのに局所脳血流量がすべて正常であったということも機械の故障ではなく、内包や運動領域の小梗塞ではありうることである。加うるに、¹³³Xe clearance を利用する現在の方法は正常組織のためのもので、脳梗塞巣等の異常組織にも応用できるという理論的根拠がないのは致命的な欠点であろう。まず、異常脳組織においては tissue fraction の移動が“slippage”として起こることが知られており、血流量計算には必須の分配係数の測定を行う方法もない。しかも Xe の分配係数は従来信じられていたように instantaneous, universal, しかも static なものでなく、時間 (注入後1/4分でピーク値となり、1/2分でピーク値の約70%、その後再び80%程度まで上昇、以後はほぼ安定) と、diffusion rate (血液量と血流量に関係) に依存する dynamic なものであることが知られるようになった。したがって、高度の脳虚血巣では ¹³³Xe がまったく到達できない (maldistribution) 部分もあるはずで、そのための error も考慮されなければならない。現在、脳梗塞巣の rCBF として算出されているものは、恐らくきわめて低値の血流を有する梗塞巣の体積と比較的高値の周辺脳組

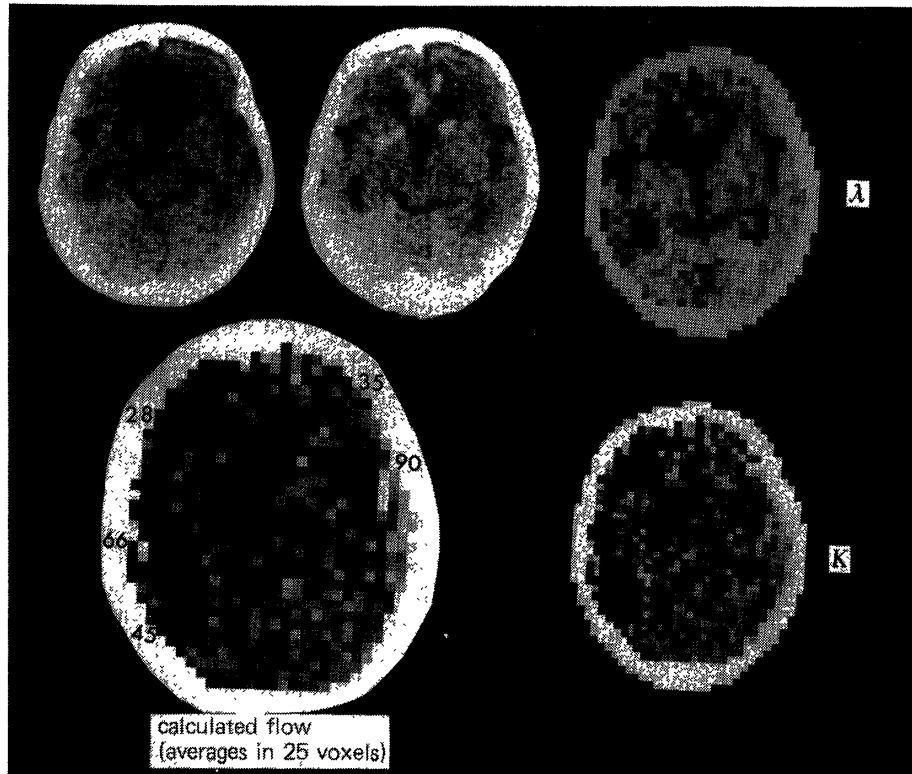


図4 Xe-enhanced CT スキャンによる脳血流量の測定

右内頸動脈“完全閉塞”，左内頸動脈（両側の前大脳動脈を灌流）の大型潰瘍による両側前頭葉梗塞症例。Plain CT（上段左）の低吸収域の一部は著明に enhance される（上段中央）がその部分の分配係数 (λ) は一様ではなく、Xe の減衰度 (K) (下段右) も異なっている。K と λ の積で求めた血流量 (25 voxel 毎の平均値) と ^{133}Xe で測定した血流量の対比 (下段左) を示す。 ^{133}Xe による測定値が小部分の高血流量によって強く影響をうけている。“完全閉塞”側の方が“潰瘍”側よりも高血流量を有しており、“完全閉塞”症例の予後の判定に血流測定がきわめて重要であることを示唆する。

織の体積が detector 内に占める割合で決まる値をみているものと考えられる。一方、total flow を反映する血流量値は、梗塞巣が Xe の maldistribution が起こるほど、大型であればあるほど残存正常脳組織の血流量を示すことになり、これは虚血巣やその周辺への側副血行血流量の availability を如実に表わしているものと考えてよからう。したがって、虚血巣の prognosis を予知する手段として、全脳や半球血流量を測定することは、現在の rCBF そのものの数値よりも有益で、前述の ϕ (これはまだ cross talk や look through の影響をうけやすいが) や、その他にも分配係数を含む必要がなく、局所性と同時に total flow に dependent なパラメーターが開発されれば、この“完全閉塞”症例の手術適応も将来はより他覚的に行えるであろう。それではこのような間接的に虚血巣やその周辺の循環動態を知る方法でなく、もっと直接的な方法はないものであろうか？ そのためには、きわめて高い special resolution を有し、分配係数の測定が “in a given subject at a given time for all tissue fractions of a given brain region”⁹⁾ にできる方法でなければなら

ないであろう。筆者は現在 Xe-enhanced CT スキャンによる方法を使用している⁶⁹⁾。この方法では、CT スキャンの pixel by pixel の血流量比較を行い、functional image として描出できるが、測定中に起こる頭位の移動が問題になるほど spacial resolution が高いので、現時点では 25 voxel における平均血流量を算出し、図のごとく表示している。近い将来、ポジトロンが普及すれば、さらに“完全閉塞”症例の手術適応は代謝面からの検討も加えられ、一層他覚的かつ有効となるであろう。現時点での手術適応を次項にまとめる。

ま と め

以上、“完全閉塞”に対する外科的治療法や手術適応の変遷について述べた。

“完全閉塞”は原則的に動脈切除術 (stumpectomy は別として)、交感神経切除術および TEA や CEA の適応としない。CEA は例外的に 2～3 時間以内の発症後早期のものの一部に(次々号、症状の項参照)適応となるものがある。“完全閉塞”の閉塞側症状を有するもので、

50%程度以上の狭窄を反対側頸動脈に有するものには、対側 CEA を術中内シャントを使用して先に行い、その後脳血流量を測定し、術後の増加がなければ STA-MC 吻合を加える。“完全閉塞”で2週以上を経過し反対側狭窄がないものでは、少なくとも2回以上の血流測定を行い、血流の改善傾向が認められなければ EC-IC バイパス術の適応とする。この際、total flow に dependent な示標を参考とする。しかし、“完全閉塞”と“完全閉塞に近い高度狭窄”は手術効果の predictability に大きな差があるまったく異なった二つの病態³³⁾であることを十分認識し、“完全閉塞”と思えるものでも念のため slow CAG¹⁶⁾ を行うなどして post stenotic carotid slim sign⁴⁸⁾ 等の pseudoocclusive sign の有無を確かめる。“完全閉塞”側の臨床症状が TIA の場合は、内頸動脈 stump や外頸動脈潰瘍や高度狭窄の存在を疑い、stumpectomy や Ext. CEA の可能性を常に念頭において“完全閉塞”の手術適応を考えるべきであろう。次号および次々号では“狭窄”、“潰瘍”、“その他の病変”、“臨床症状”、“手術成績”、および“手術適応のまとめ”について述べる。

文 献

- 1) ANDERSON, C. A., et al.: Unilateral internal carotid artery occlusion: special consideration. *Stroke* 8: 669-671, 1977
- 2) AUER, L.: Surgical treatment of cerebrovascular insufficiency—A follow-up study. *Acta Neurochir* 46: 85-92, 1979
- 3) BARNETT, H. J. M., McDONALD, J. W. D. & SACKETT, D. L.: Aspirin—effective in males threatened with stroke (editorial). *Stroke* 9: 295-298, 1978
- 4) BARNETT, H. J. M., et al.: “Stump” of internal carotid artery—A source for further cerebral embolic ischemia. *Stroke* 9: 448-456, 1978
- 5) BARNETT, H. J. M.: personal communication. 1980
- 6) BARKER, W. F., et al.: Carotid endarterectomy complicated by carotid cavernous sinus fistula. *Ann Surg* 167: 568-572, 1968
- 7) BAUER, R. B., NEYER, J. S., FIELDS, W. S., et al.: Joint study of extracranial arterial occlusion. III. Progress report of controlled study of long-term survival in patient with and without operation. *JAMA* 208: 509-518, 1969
- 8) BLAISDELL, W. F., et al.: Joint study of extracranial arterial occlusion. IV. A review of surgical considerations. *JAMA* 209: 1889-1895, 1969
- 9) BLAUENSTEIN, U. W., et al.: ¹³³Xe inhalation method: significance of indicator maldistribution for distinguishing brain areas with impaired perfusion. *Stroke* 9: 57-66, 1978
- 10) BRYANT, M. F., et al.: Blood flow studies following carotid endarterectomy, cervical sympathectomy and ligation of the external carotid artery. *J Med Assoc Ga* 66: 147-150, 1977
- 11) CHATER, N. L.: Neurosurgical microvascular bypass for stroke. Current results. pp 150-152, In Austin, G. M. (ed): Contemporary Aspects of Cerebrovascular Disease, Professional Information Library, Dallas, 1976
- 12) CHATER, N. L. & POPP, J.: Microsurgical vascular bypass for occlusive cerebrovascular disease: Review of 100 cases. *Surg Neurol* 6: 115-118, 1976
- 13) CLAUSS, R. H., SANOUDOS, G. M., RAY, J. F., III & MOALLEM, S.: Carotid endarterectomy for cerebrovascular ischemia. *Surg Gynecol Obstet* 136: 993-1000, 1973
- 14) CONNOLLY, J. E. & STEMMER, E. A.: Endarterectomy of the external carotid artery. Its importance in the surgical management of extracranial cerebrovascular occlusive disease. *Arch Surg* 106: 799-802, 1973
- 15) COUNTEE, R. W. & VIJAYANATHAN, T.: External carotid artery in internal carotid artery occlusion. Angiographic, therapeutic, and prognostic considerations. *Stroke* 10: 450-460, 1979
- 16) *ibid*: Reconstruction of “totally” occluded internal carotid arteries. Angiographic and technical considerations. *J Neurosurg* 50: 747-757, 1979
- 17) DAVIE, J. C. & RICHARDSON, R.: Distal internal carotid thrombo-emblectomy using a Fogarty catheter in total occlusion. *J Neurosurg* 27: 171-177, 1967
- 18) DEBAKEY, M. E., et al.: Cerebral arterial insufficiency. One to 11-year results following arterial reconstructive operations. *Ann Surg* 161: 921-945, 1965
- 19) DEBAKEY, M. E.: Successful carotid endarterectomy for cerebrovascular insufficiency. Nineteen-year follow-up. *JAMA* 233: 1083-1085, 1975
- 20) DONLEY, R. F., SUNDT, T. M., JR., ANDERSON, R. E. & SHARBROUGH, F. W.: Blood flow measurements and the “look through” artifact in focal cerebral ischemia. *Stroke* 6: 121-131, 1975
- 21) DYKEN, M. L., et al.: Complete occlusion of common and internal carotid arteries. *Arch Neurol* 30: 343-346, 1974
- 22) DYKEN, M. L., DOEPKER, J. F., JR., KIVOSKY, R. & CAMPBELL, R. L.: Asymptomatic occlusion of an internal carotid artery in a hospital population: Determined by directional doppler ophthalmosonometry. *Stroke* 5: 714-718, 1974

- 23) EDWARDS, S. W., BLAKELY, W. R. & LEWIS, C. E.: Present status of carotid artery surgery in stroke prevention. *Am Surg* 40: 164-167, 1974
- 24) EGGERS, F., et al.: Iatrogenic carotid cavernous fistula following Fogarty catheter thromboendarterectomy. Case report. *J Neurosurg* 51: 543-545, 1979
- 25) ERICKSON, D. L., et al.: Carotid endarterectomy for stroke. *Mont Med* 53: 607-610, 1970
- 26) FIELDS, W. S., et al.: Joint study of extracranial arterial occlusion as a cause of stroke. I. Organization of study and Survey of patient population. *JAMA* 203: 153-158, 1968
- 27) FIELDS, W. S.: Editorial: Selection of stroke patients for arterial reconstructive surgery. *Am J Surg* 125: 527-529, 1973
- 28) FIELDS, W. S. & LEMAK, N. A.: Joint study of extracranial arterial occlusion. X. Internal carotid artery occlusion. *JAMA* 235: 2734-2738, 1976
- 29) FISHER, M.: Occlusion of the internal carotid artery. *Arch Neurol Psychiat* 65: 346-377, 1954
- 30) FISHER, M.: Occlusion of the carotid arteries. *Arch Neurol Psychiat* 72: 187-204, 1954
- 31) FIJISHIMA, M., NISHIMARU, K. & OMAE, T.: Long-term prognosis for cerebral infarction in relation to brain circulation—A 7-year follow-up study. *Stroke* 8: 680-683, 1977
- 32) GARRAWAY, W. M., WHISNANT, T. P., KURLAND, L. T. & FALLON, W. M.: Changing pattern of cerebral infarction: 1945-1974. *Stroke* 10: 657-663, 1979
- 33) GOLDSTONE, J. & MOORE, W. S.: A new look at emergency carotid artery operations for the treatment of cerebrovascular insufficiency. *Stroke* 9: 559-602, 1978
- 34) GOMENSORO, J. B., et al.: Joint study of extracranial arterial occlusion. VIII. Clinical-radiographic correlation of carotid bifurcation lesions in 177 patients with transient cerebral ischemic attacks. *JAMA* 224: 985-991, 1973
- 35) GRILLO, P. & PATTERSON, R. H.: Occlusion of the carotid artery: Prognosis (natural history) and the possibilities of surgical revascularization. *Stroke* 6: 17-20, 1975
- 36) HARDY, W. G., LINDNER, B. W., THOMAS, L. M., et al.: Anticipated clinical course in carotid artery occlusion. *Arch Neurol* 6: 138-150, 1962
- 37) HAYNES, C. D. & DEMPSEY, R. L.: Carotid endarterectomy. Review of 206 cases in a community hospital. *Ann Surg* 189: 758-762, 1979
- 38) HERRSHAFT, H. & GLEIM, F.: Relationship between circulation time and cerebral blood flow in cerebrovascular disease. *Neuroradiology* 3: 199-209, 1972
- 39) HEYMAN, A., et al.: Long term results of endarterectomy of the internal carotid artery for cerebral ischemia and infarction. *Circulation* 36: 212-221, 1967
- 40) HUNT, O. G.: Discussion in Annual Meeting of SSA, Dec. 1978. *Ann Surg* 109: 761-762, 1979
- 41) JOHNSON, H. C. & WALKER, A. E.: The angiographic diagnosis of spontaneous thrombosis of the internal and common carotid arteries. *J Neurosurg* 8: 631-659, 1951
- 42) 菊池 晴彦 他: 脳血管閉塞症のバイパス手術. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 20: 115-125, 1980
- 43) KEELE, C. A.: Pathological changes in the carotid sinus their relation to hypertension. *Quant J Med* 2: 213-220, 1933
- 44) KISH, G. F., et al.: The totally occluded internal carotid artery: Indications for surgery. *Am J Surg* 134: 288-292, 1977
- 45) KLETTER, G.: The extra-intracranial bypass operation for prevention and treatment of stroke. Springer Verlag, New York, 1979, 163p
- 46) KUSUNOKI, T., et al.: Thromboendarterectomy for total occlusion of internal carotid artery. A reappraisal of risks, success rate & potential benefits. *Stroke* 9: 34-38, 1978
- 47) LEVINE, H. L., FERRIS, E. J. & SPATZ, E. L.: Carotid-cavernous fistula—iatrogenic carotid-cavernous fistula due to thrombectomy with a Fogarty catheter. *Rev Interam Radiol* 1: 105-106, 1978
- 48) LIPPMAN, H. H., et al.: The poststenotic carotid slim sign: spurious internal carotid hypoplasia. *Mayo Clin Proc* 45: 762-767, 1970
- 49) 森山忠良, 小野博久 他: 頸部頸動脈に閉塞性病変を有する症例の局所脳血流量 (rCBF) の検討. 第8回脳卒中の外科講演集. にゅーろん社, 東京, 1979, pp 36-39
- 50) 森山忠良, 馬場啓至 他: 虚血性脳血管障害例における局所脳血流量 (rCBF)—注入法ならびにCT所見との対比. 第20回日本神経学会抄録集, 1978
- 51) MACHLEDER, H. I. & BARKER, W. F.: External carotid artery shunting during carotid endarterectomy. Evidence for feasibility. *Arch Surg* 108: 785-788, 1974
- 52) McDOWELL, F. H., et al.: The natural history of internal carotid occlusion. *Neurology* 11: 153-157, 1961
- 53) MCHENRY, L. C., JR.: Cerebral blood flow in middle cerebral and internal carotid artery occlusion. *Neurology* 16: 1145-1151, 1966
- 54) MOTARJEME, A. & KEIFER, J. W.: Carotid-cavernous sinus fistula as a complication of carotid endarterectomy. A case report. *Radiology* 108: 83-84, 1973
- 55) MURPHEY, E. & MACCUBIN, B. A.: Carotid

- endarterectomy: A long-term follow-up study. *J Neurosurg* 23: 156-158, 1965
- 56) 西丸雄也 他: 脳梗塞患者の10年間の予後: 脳動脈写所見と死亡. *脳神経* 31: 1111-1116, 1979
- 57) 小野博久: 頸部頸動脈閉塞症に対する外科的治療. 現代外科学大系, 木本誠二 監修 (年間追補) 1978-B, 61-97, 中山書店, 1978
- 58) 小野博久: 頸部頸動脈閉塞性病変の修復. *日外会誌* 80: 17-18, 1979
- 59) ONO, H.: Measurement of regional cerebral blood flow by sequential Xe-enhanced CT scan. A preliminary report. *Acta Neurol Scand[Suppl]: Cerebral blood flow and Metabolism*: 220-221, 1979
- 60) 小野博久: 頸部内頸動脈閉塞症. 今日の臨床外科, 11巻, pp 311-338, 榊原 仟総監修, メジカルビュー社, 東京, 1979
- 61) PATTERSON, R. J., JR.: Risk of carotid surgery with occlusion of the contralateral carotid artery. *Arch Neurol* 30: 188-189, 1974
- 62) PROLO, D. J. & HANBERY, J. W.: Intraluminal occlusion of a carotid-cavernous sinus fistula with a balloon catheter. Technical note. *J Neurosurg* 35: 237-242, 1973
- 63) PROSENZ, P., et al.: The value of regional cerebral blood flow measurements compared to angiography in the assessment of occlusive neck vessel disease. *Stroke* 5: 19-31, 1974
- 64) SAMSON, D. S. & BOONE, S.: Extracranial-intracranial (EC-IC) arterial bypass: Past performance and current concepts. *Neurosurgery* 3: 79-86, 1978
- 65) SCARPA, E. J., et al.: The concept of "salvage" in carotid surgery (editorial). *Surgery* 82: 752-753, 1977
- 66) SHUCART, W. A. & GARRIDO, E.: Reopening some occluded carotid arteries. Report of four cases. *J Neurosurg* 45: 442-446, 1976
- 67) SHUCART, W. A., et al.: Carotid endarterectomy. Review of 276 cases in a community hospital. *Ann Surg* 189: 758-762, 1979
- 68) STRULLY, K. J., et al.: Thromboendarterectomy for thrombosis of the internal carotid artery in the neck. *J Neurosurg* 10: 474-482, 1953
- 69) SUNDT, T. M.: Surgical therapy of occlusive vascular disease of the brain. *Surg Annu* 6: 393-411, 1974
- 70) SUNDT, T. M., et al.: Monitoring techniques for carotid and arterectomy. *Clin Neurosurg* 22: 199-213, 1975
- 71) SWANSON, P. D., et al.: A cooperative study of hospital frequency and character of transient ischemic attacks. II. Performance of angiography among six centers. *JAMA* 237: 2202-2206, 1977
- 72) THOMPSON, J. E.: Surgery for cerebrovascular insufficiency (stroke). C.C. Thomas, Springfield, 1968, 87p
- 73) WYLIE, E. J. & EHRENFELD, W. K.: Extracranial occlusive cerebrovascular disease. In *Diagnosis and Management*. W. B. Saunders, Philadelphia, 1970
- 74) YAMAOKA, S., TAKAGI, Y., OKADA, T. & SATO, Y.: Relationship of serial measurements of cerebral hemodynamics to prognosis to patient with hypertension and cerebrovascular disease. *Stroke* 3: 57-66, 1972
- 75) YASARGIL, M. G. & YONEKAWA, Y.: Results of microsurgical extra-intracranial arterial bypass in the treatment of cerebral ischemia. *Neurosurgery* 1: 22-24, 1977