

頸動脈内膜摘出術の工夫と術中声帯筋電図モニタリング

玉置 智規¹ 森田 明夫²¹日本医科大学多摩永山病院脳神経外科²日本医科大学脳神経外科

The Surgical Technique of Carotid Endarterectomy and Vocal Fold Electromyography Monitoring

Tomonori Tamaki¹ and Akio Morita²¹Department of Neurological Surgery, Nippon Medical School Tama Nagayama Hospital²Department of Neurological Surgery, Nippon Medical School**Abstract**

We introduce our surgical technique for carotid endarterectomy (CEA) and our use of vocal fold electromyography to prevent perioperative complications. Between 2006 and 2015, 243 CEA procedures were performed (186 symptomatic CEAs and 57 asymptomatic CEAs). All patients were screened preoperatively by cardiologists for congestive and/or ischemic heart disease. If coronary artery stenosis was found, it was treated before CEA was performed. In this series, CEA was done under general anesthesia with a neurosurgical microscope, and we used arterial patch grafts with or without shunting, depending on a number of intraoperative parameters. This procedure requires careful attention to technical details, and specific principles must be followed to achieve a consistently favorable outcome. For high-risk patients with a higher carotid bifurcation, we exposed the distal internal carotid artery (ICA) beyond the hypoglossal nerve under microsurgery. It is important to adequately expose the distal ICA to permit direct visualization of the entire atherosclerotic plaque. Of the 186 patients with symptomatic CEAs, perioperative stroke occurred in 3 (minor stroke in 1 and major stroke in 2). The surgical morbidity and mortality rate were 1.2% and 0%, respectively. Among the 57 patients with asymptomatic CEAs, there was no surgical morbidity or mortality. Vagus nerve palsy is the most commonly recognized complication of CEA, but there are others such as stroke and cardiac events. Injury to the vagus nerve or one of its branches during CEA can result in vocal fold paralysis (VFP), but the exact mechanisms responsible for VFP are unclear. Therefore, we monitored vocal fold electromyograms during CEA. Sudden loss of the vocal fold electromyogram signals was noted in 3 patients (during plaque removal in 2 and during arterial wall suture in 1). In these patients, the cause of vagus nerve injury may have been traction on the nerve at the time of distal ICA manipulation. We examined vocal fold movements postoperatively with a nasolaryngoscope and detected VFP in 11 patients (9%). Monitoring vocal fold electromyograms may be useful for elucidating the mechanism of vagus nerve injury related to CEA. During long-term follow up (32 months), minor

Correspondence to Tomonori Tamaki, MD, PhD, Department of Neurological Surgery, Nippon Medical School Tama Nagayama Hospital, 1-7-1 Nagayama, Tama, Tokyo 206-8512, Japan

E-mail: tamakito@nms.ac.jp

Journal Website (<http://www.nms.ac.jp/jmanms/>)

ipsilateral stroke occurred in 2 patients, and 10 patients died of causes other than stroke, including 1 death from myocardial infarction and 7 from malignancies. The incidence of adverse events (all-cause death, stroke, myocardial infarction) at 30 days after CEA was 1.2%, which seemed to be acceptable compared with other reports. CEA effectively prevents stroke (even in high-risk patients) if performed according to a consistent treatment strategy and with appropriate technical support.

(日本医科大学医学会雑誌 2017; 13: 79-87)

Key words: carotid endarterectomy, laryngoscope, vocal fold, patch graft, complication

はじめに

近年、食生活や生活様式の欧米化に伴い、動脈硬化性頸部頸動脈狭窄症が増加している。本症は artery-to-artery embolism や hemodynamic stroke などの脳梗塞を引き起こすため、適切な診断と治療が重要である。外科的治療として頸動脈内膜剝離術 (carotid endarterectomy; CEA) が長らく標準的治療として行われてきたが、2008年に頸動脈ステント留置術 (carotid artery stenting; CAS) が保険適応になり急速に普及した¹。しかしながら、CEAは狭窄病変を完全に摘出し根治が期待できるため、われわれは頸部頸動脈狭窄症の治療はCEAを第一選択としており、その手技と合併症対策を報告する (図1, 2)。

対象および方法

対象は、2006年4月から2015年3月までに日本医

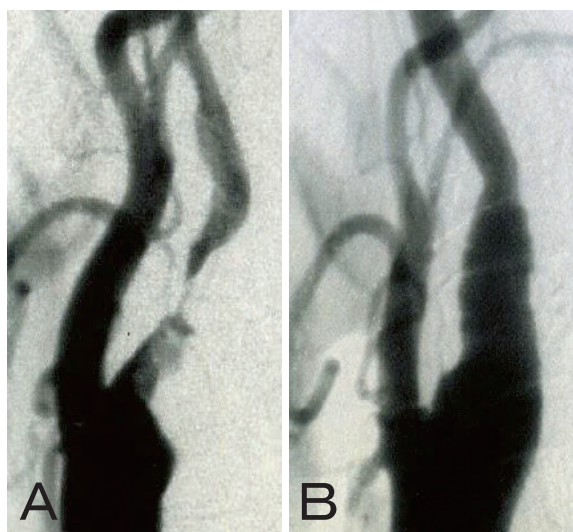


図1 頸動脈内膜摘出術前 (A), 術後 (B), 頸動脈の良好な拡張を認める。

科大学多摩永山病院脳神経外科で施行したCEA連続243例 (筆頭著者が執刀) である。CEAの適応はEuropean Carotid Stenosis Trial (ECST) 法による計測で症候性70%以上、無症候性80%以上の狭窄病変とした。CEAの高危険群はCASを施行したが、対象期間内に施行したCASは2例であった²。平均年齢は76歳 (53~89歳) で、男女比は9:1であった。243病変のうち症候性186病変、無症候性57病変で、症候性病変の内訳は眼症状 (黒内障を含む) 12例、Transient Ischemic Attack (TIA) 28例、脳血栓症による脳梗塞156例であった。一連の検査および手術については十分なインフォームドコンセントを行い、紙面での承諾を得た後に施行された。

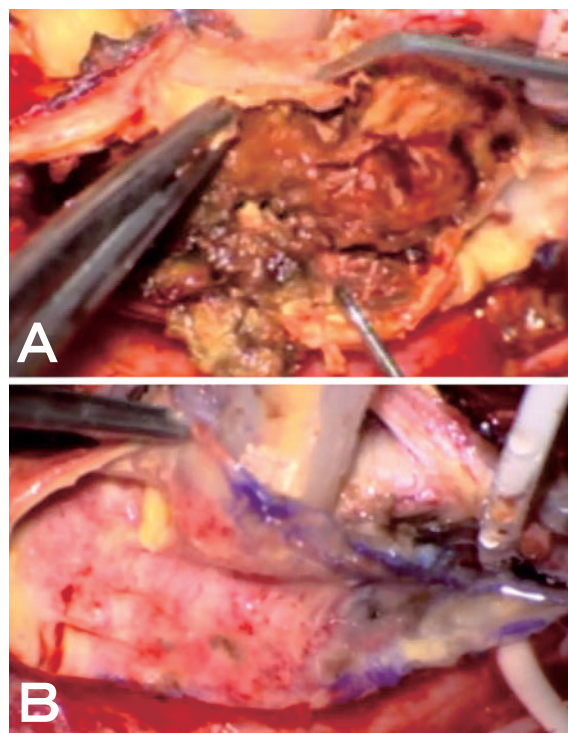


図2 A: 頸動脈を切開した所見で粥状動脈硬化病変が認められる。B: 病変部の摘出後、きれいな中外膜が認められる。

1) 術前評価

頸動脈および脳病変に関しては頸部血管ドップラーエコー（プラークの性状および血流速の測定）、3DCTA（狭窄度の判定、頸動脈分岐部の位置、頭蓋内ウイリス動脈輪形態の確認、脳循環の評価および上行咽頭動脈や喉頭動脈の走行確認）とMRIおよびMRAを必須検査とした。CEAでは頸部を後屈位としたので、術前にSpurling testとJackson testを施行し神経根症状を観察した³。また、頸椎X線写真で椎体の変形や脊柱管径をチェックした。心疾患が疑われた場合は循環器内科に診察を依頼し、心虚血性疾患などの発症が予想された場合は、心疾患の治療を先行した^{4,5}。頸動脈狭窄症の症例は慢性腎臓病を合併し腎機能の低下をきたしていることが多く、造影剤の使用による腎機能の悪化に注意する⁶。造影剤を使用しなくとも頸動脈エコーとMRAでCEAは可能であった。CEA術後に下位脳神経損傷に伴い喉頭、咽頭の機能障害が出現する可能性があるため術前に喉頭鏡と嚥下造影をできる限り施行した。特に両側性病変で対側CEA後の症例では喉頭と咽頭の機能検査は必須である^{7,8}。術前の抗血小板薬と抗凝固薬は2剤以上でも必要と判断されれば減量することなく継続したがクロピドグレルは術後創部血腫予防のため術前四日間ほど休薬した。また頸動脈狭窄症の診断から手術までの経過が2週間を超える場合必ずCEAの前日に頸動脈エコーを施行し頸動脈が閉塞していないことを確認した。CEAのハイリスクは心肺機能など多臓器のリスクと頸動脈および周囲組織の解剖学的なリスクの二種類に分類される。一般的に挙げられる解剖学的CEAのハイリスクは高位病変（頭側）、対側内頸動脈閉塞および再狭窄である。これらには以下の工夫で対処した。

2) 手術手技と術中管理

手術は経口挿管で全身麻酔下に施行した。頭側内頸動脈の確保を容易にするため、頸部をできる限り後屈した。頸椎の変形が強い場合は無理な後屈位をとらないように注意した。モニタリングは体性感覚誘発電位（sensory evoked potential: SEP）を全例に使用した。場合によっては近赤外線酸素飽和度測定や上下肢の運動誘発電位をモニタリングとして併用した。また、われわれはCEA術中における迷走神経障害の機序を解明するため声帯筋電図モニタリングを126例に施行してきた^{9,11}。神経刺激は手持電極を主に使用しており、小電極を作成し迷走神経直上に小型電極を固定して連続モニタリングした。最近では経頭蓋電極で適

宜刺激し筋電図を記録した（図3）。CEAは全行程で手術用顕微鏡を使用した。皮膚切開は胸鎖乳突筋の前縁に沿った縦切開とし、総頸動脈、内頸動脈および外頸動脈を型通りに露出した。大耳介神経と頸横神経はできる限り温存し、無血の術野とする。術野の展開にはフックを使用し、開創器は神経損傷の危険性があるため使用しなかった。この時総頸動脈を確保するまではフックを使用した緊張を術野にかけないことが剥離のポイントで、「広く浅い」術野を確保するようにした。動脈の剥離操作時には狭窄病変の周囲に圧迫または過度の索引をしてはいけない、さもないと病変からデブリスが遊離し脳血管塞栓をきたす可能性がある。内頸動脈遠位端をできる限り頭側で確保するために舌下神経の遠位端で内頸動脈を確保するテクニックが必要である、この部は細い動静脈が叢を形成しており、顕微鏡下の丁寧な止血手技が必要であった（図4）。外頸動脈からの分枝である上甲状腺動脈、上行咽頭動脈、舌動脈、後頭動脈の確認を行った、これら外頸動脈分枝の確認を怠ると、動脈切開時に無用の出血を来すことがあった。ヘパリン3,000単位を静注投与した後Activated Clotting Time (ACT)が200秒以上であることを確認した後に各動脈の遮断に移る。遮断による脳虚血耐性の評価はウイリス動脈輪の形態を参考として、術中はSEPの振幅低下や潜時延長および内頸動脈のスタンプ圧を指標とし、虚血耐性が低いと判断した症例には内シャントを用いた。しかし、内シャントによる動脈解離や術後内頸動脈の狭窄が報告されており、内頸動脈が細い場合はシャントの挿入が不可能な場合もあった。無理、無用なシャントの挿入は避けて、内シャントの使用は選択的にするべきである。プラークの剥離では内頸動脈遠位端でのプラークと内膜の移行部が自然に剥離できるようにする、決してブラインドでプラークを抜去してはならない、内頸動脈遠位端確保のテクニックは安全なプラーク剥離のためである。われわれはプラーク遠位部断端が残存する場合に施行するtacking sutureは数例しか施行しなかった。顕微鏡下でプラークのデブリスが残存していないことを確認した後に動脈壁を縫合した。縫合時は必ずpatch graftを使用した¹²。縫合糸はPROLENE (Ethicon)と最近ではより強いPRONOVAR (Ethicon)を用いた。その際、糸を鑷子などの器械で把持しないように注意した。縫合操作が終了したら血流を再開させた。このときに血栓などのデブリスを上甲状腺動脈と舌動脈に流出させるべきである、まれではあるが、浅側頭動脈、中硬膜動脈と後頭動脈は頭蓋内動脈と吻合していることがあり、外頸動脈本幹へのデブリス流

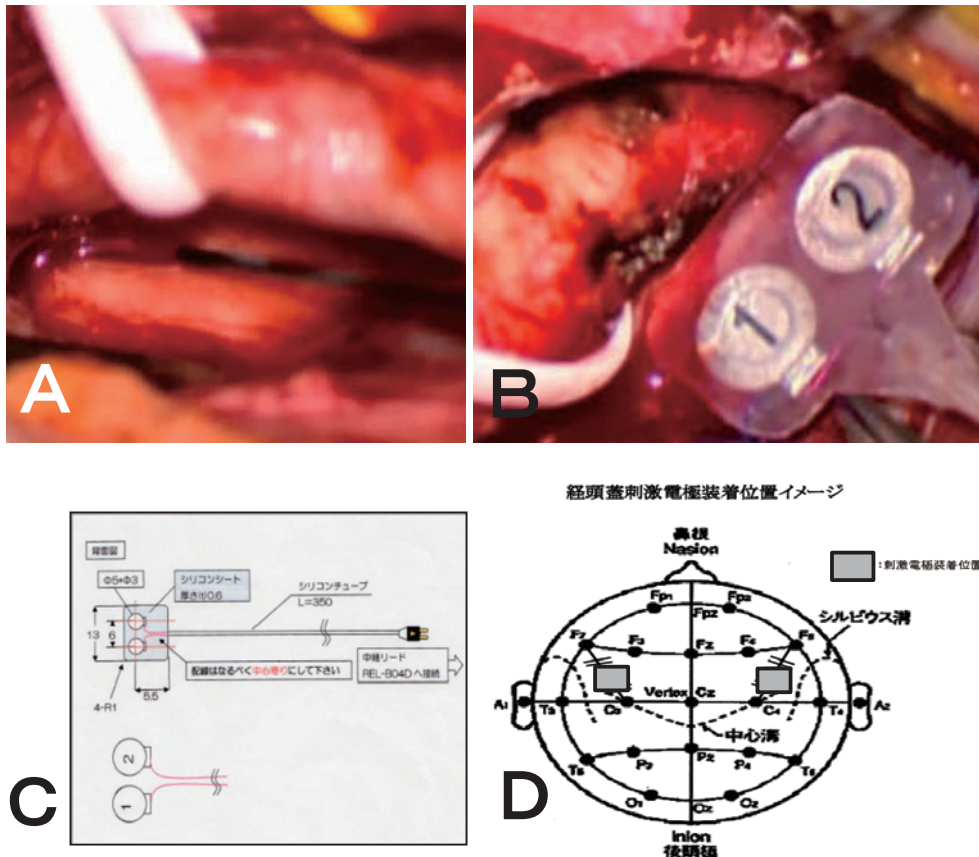


図3 われわれが施行している声帯筋電図モニタリングの方法である。A：ペン型刺激装置で、迷走神経を刺激している。B：迷走神経刺激用に作成した小型電極である。C：小型電極を迷走神経に設置している。D：経頭蓋からの刺激位置を表示している。運動野の声帯部に一致するように工夫している。

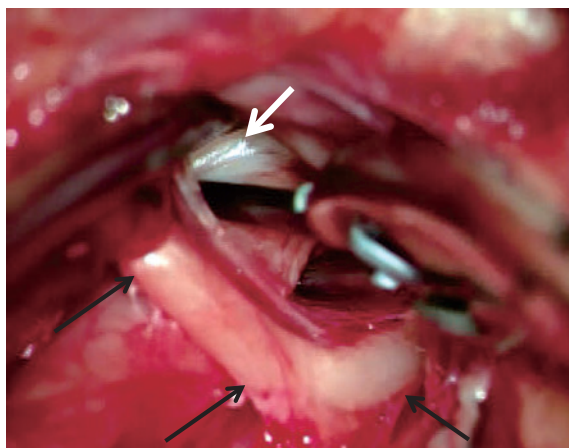


図4 内頸動脈頭側を舌下神経の頭側において脳動脈瘤用クリップで血流遮断をしている。黒矢印は舌下神経である。白矢印は舌咽神経である。

出は脳血栓症を誘発する可能性がある。止血の確認はCEAにおいてきわめて重要な操作である。閉創前に硫酸プロタミンを使用して、ヘパリンの抗凝固作用を

リバースし、血圧の上昇とバルサルバ手技を麻酔科にお願いして丹念に止血した。特に頸部リンパ節から静脈性出血が持続する場合があります。結紮または摘出した。完全な止血を確認後に必ず陰圧ドレーンを留置した。

3) 術後管理

術後は直ちに麻酔を覚醒させて抜管した。頸椎カラーを装着し手術当日は頸部の安静を指導した。術後の過灌流対策は適宜脳血流検査を施行して過灌流（脳血流が術前の2倍以上）が認められれば症状がなくとも血圧を下降させ、場合によっては鎮静・麻酔管理とした。術当日は創部を頻回に観察し、血腫の増大や気道狭窄が認められた場合は直ちに再開創し血腫を除去した。CEAは高齢者が多いため手術翌日には歩行させ早期離床とした。

4) 術後喉頭と咽頭機能の評価

CEA術後は不顕性の嚥下障害を想定し、言語聴覚

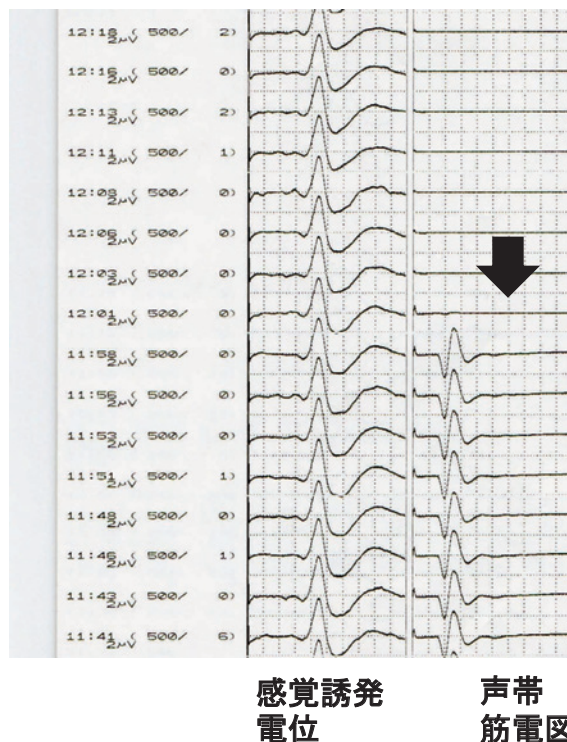


図5 術中の声帯筋電図である。矢印の時点で筋電図が消失している。

師を中心とした嚥下機能改善チームの観察下で経口摂取を開始した。術後7日以内に耳鼻科による喉頭鏡検査と嚥下造影を施行した。術翌日と一週間後に不顕性肺炎や心不全の発見のため、胸部X線写真をチェックした。

5) 長期フォローアップ

CEAの長期フォローアップで重要な合併症はCEA同側の脳卒中、心虚血性疾患で、感染や動脈の仮性動脈瘤などのまれな合併症を除けば再狭窄にも注意した。できる限り術者がフォローアップするべきと考え、遠方から紹介された症例もあり、全例のフォローアップはできなかった。再狭窄は頸動脈エコー検査で面積狭窄率60%以上、または3DCTAで50%以上(ECST法)の再狭窄と定義した

結果

1) 周術期合併症

周術期はCEA後30日以内と定義した。症候性168例においては3例に術後minor infarctionが認められた。1例は症状が7日間で軽快したため自宅退院したが、ほかの2例は長期のリハビリテーションが必要であった。無症候性57例では術後strokeを認めた症例

はなかった。われわれのCEA周術期 morbidity は1.2%であった。142例で術後20日前後にMRI拡散強調画像を施行したがminor infarctionを合併した症例も含め5例(1.8%)で無症候性の梗塞巣を認めた。他臓器の合併症としては、術後急性期の心筋梗塞を1例に、心不全を2例に、肺炎を2例に認めたがいずれも投薬のみで改善した。一例で造影剤腎症から20日間ほど透析を施行した。6例で術後創部血腫が拡大したため血腫除去の再手術を施行した。術後14日以内にエコー、MRAまたは3DCTAで手術部位を確認したが、全例で狭窄は改善していた。

2) 声帯筋電図モニタリングと喉頭、咽頭機能

患者の自覚症状である嘔声は24例に、嚥下困難は14例に認めた。声帯筋電図モニタリングは126例に施行したが、手術中の筋電図消失を3例に認めた(図5)。3例とも迷走神経周囲の剝離操作中ではなく、内膜摘出術中が2例、動脈の縫合中が1例であった。声帯筋電図モニタリングは機能モニタリング以外にも、迷走神経の同定に有用であった。術後136例に喉頭鏡を施行したが、声帯と咽頭の麻痺を8例に、声帯の麻痺のみを3例に認めた。また手術が原因と思われる声帯周囲の浮腫を21例に認めた(図6)。CEA中に筋電図が消失した3例では全例に声帯の麻痺を認めた。すなわち喉頭鏡で喉頭または咽頭の麻痺を認めた症例の内、8例はCEA中の筋電図に異常を認めなかった。また、術後血腫で再開創を要した6例では嘔声が5例に、嚥下障害が5例に出現し、喉頭鏡を施行した4例中3例に声帯麻痺を認めた。すなわち再開創を要する創部血腫を合併した症例では迷走神経損傷の合併率が高かった。

3) 長期フォローアップ

平均73カ月のフォローアップ期間で、再狭窄は3例に認めたが進行しなかったため再手術を要した症例はなかった。脳梗塞は同側に2例、対側に2例発症したが、全例が画像上はラクナ脳梗塞で、CEA部位に再狭窄を認めなかった。脳内出血でCEA後83カ月後に1例が死亡した。また、stroke以外の疾患で10例が死亡した(心疾患:1例、肺炎:1例、外傷:1例、悪性腫瘍:7例)。

考察

2008年に保険適応となって以来、CASは、内頸動脈狭窄症に対する治療選択肢として認められている。

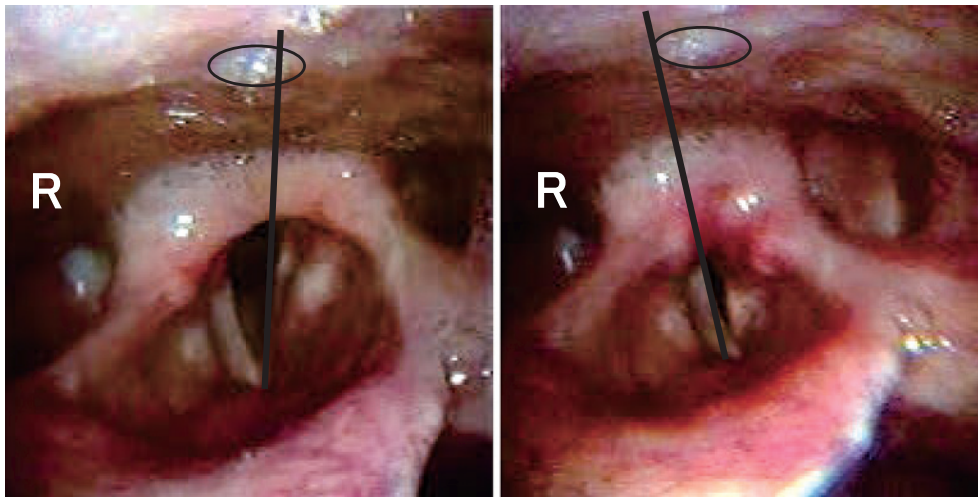


図6 CEA術後嗄声をきたした症例の喉頭鏡所見である。線は左右声帯の正中を示しており、軽度な左声帯麻痺を認める。咽頭後壁の楕円で示した泡が呼吸時と発声時で声帯正中線と比較して左右方向に移動していることが確認できる。これは咽頭が左右対称に運動していないために生じる現象（カーテンサイン）で、左側の咽頭挙筋が障害されている所見である。

現在では、ステントとその必須のデバイスである遠位塞栓防止デバイスとも数種類の中から選択することができ、対応可能症例が広がりつつあるため、本邦ではCASはCEAより多く施行されている¹。しかし、CEAは病巣を完全に摘出できるため、筆者は頸部頸動脈狭窄症の治療はCEAを第一選択と考えている。また、CASは石灰化が強いプラーク、血栓や脂質を多量に含むプラークおよび蛇行が強い病変では不適とされ、高齢者の周術期イベント発生率を比較するとCEAに劣るとする報告が多い^{2,12-19}。一方、CEAがCASに劣っている点はその侵襲の大きさである。具体的には全身麻酔のリスクと剥離操作に伴う神経障害および術後創部出血である。これらの合併を最小限に抑えることがCEA術者の目標である。われわれは、CEAの全行程を顕微鏡下手術とし、神経の保護、動脈の正確な縫合や止血手技の向上を目指している。CEAはほかの脳神経外科手術に比べると定型的手術であり、卒後3~4年目の医師が術者となる施設もある¹³。しかし、CEAは内頸動脈という主幹動脈にメスを入れることを忘れてはならない。未熟な手技で合併症をきたした場合は致命的経過をたどる可能性がある。たとえば、内シャントとpatch graftの使用についても、全例無使用、選択的使用および全例使用を主張する術者が混在しており^{12,14}、これだけでもCEAの手技が定型化しているとは言えない。経験と技術の蓄積が手術成績を向上させることは、ほかの手術と同様である。また、CEAは術者のmorbidityで1%の差が重要な手術である。われわれの周術期morbidityは1.2%であった

が、morbidityが3%以上の術者は無症候性のCEAまたはCASを執刀する資格がないことは承知すべきである¹⁵。今回、morbidityを良好にしえた要因として、心臓合併症が少なかったことが挙げられる。これは循環器内科と連携した術前スクリーニングと術後管理によることが大きかった。CEAの周術期には虚血性心疾患の発症が多いことが報告されており¹⁵、他科との協力が大事な手術といえる。さて、CEAの解剖学的ハイリスク症例の手技であるが、日本人は欧米人に比較して、頸動脈分岐部が頸椎一椎体高位（頭側）とされており、ハイリスクである高位病変が多い²。高位病変では、いかに内頸動脈の高位側（頭側）を確保するかが重要で、様々な工夫が報告されているが、われわれは舌下神経の遠位で内頸動脈頭側端を確保するようにしている。同部位の舌下神経の保護、小動静脈叢の止血に顕微鏡が有用であった。さて、以前、われわれはシャントを全例に使用すると決めていた。しかしシャントによる動脈解離を経験してからは選択的使用に切り替えている。これは学会でもよく議論される点であるが、いまだ結論は出ていない。対側内頸動脈が高度狭窄や閉塞している症例ではシャントの使用が必須であると予想されるが、モニタリングを施行しているとSSEPや酸素飽和度の変化から内シャントを必要としない症例も多かった。morbidityを来した症例には対側内頸動脈の高度狭窄と閉塞症例は含まれていないことからわれわれのCEA手技で対応可能と考えている。さて、CASと比較してCEAで問題となる術後脳神経障害の合併率は、一過性のものまで含めると

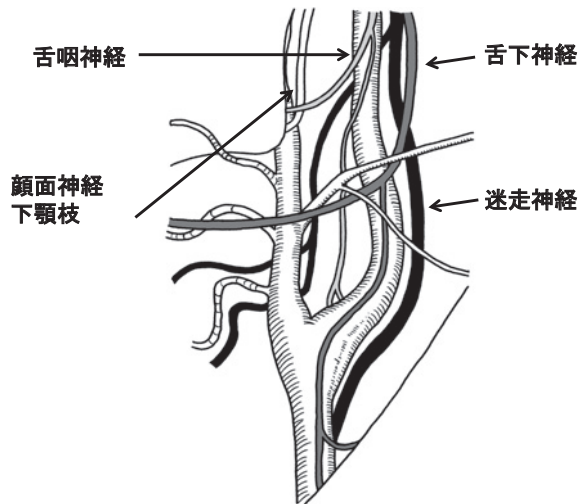


図7 頸動脈内膜摘出術の術野における脳神経の走行を図示している。

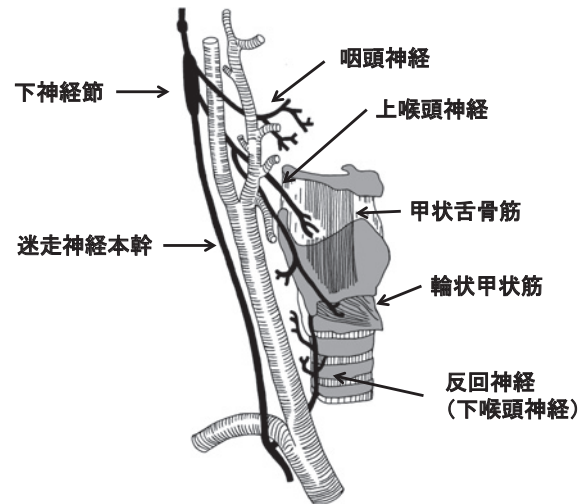


図8 喉頭と咽頭の神経支配の図である、反回神経と咽頭神経の障害が認められれば、迷走神経咽頭枝分岐部で迷走神経本幹が障害された可能性が高い。

1.7~42.0%とCEA周術期合併症の中で最も高頻度である⁷⁸。大規模臨床試験でも、脳神経麻痺の合併は7.6%(NASCET, 1991年), 8.7%(CAVATAS, 2001年), 7.7%(EVA-3S, 2006年), 5.3%(ICSS, 2010年), 4.7%(CREST, 2011年)に認められた。CEAで傷害される脳神経には、舌下神経、迷走神経、顔面神経、舌咽神経、副神経、頸部交感神経幹があり、脳神経損傷への対策は重要である(図7)¹⁶⁻²⁰。また、術後脳神経麻痺と周術期脳卒中および死亡との間には正の相関があるとの報告もある²¹。神経別では舌下神経傷害が最も多く、次いで迷走神経と顔面神経が傷害されやすい。舌咽神経、副神経および頸部交感神経の損傷はまれである。神経症候としては嗄声が多く報告されているが、CEA後の脳神経障害の報告では症候と他覚的所見が混同されている場合が多い^{7,8,16-21}。嗄声、すなわち声の変化は声帯周囲の浮腫でも生じるが、迷走-反回神経障害を疑う所見である。頸部の喉頭、咽頭の神経支配はきわめて複雑で個体差が多いとされているが、一般的には、上喉頭神経外枝の損傷は輪状甲状筋麻痺に伴う声量・声域の低下や発声疲労を、反回神経の損傷は声帯麻痺を生じ嗄声をきたす。咽頭の感覚は主に舌咽神経咽頭枝と上喉頭神経内枝によって支配され、咽頭の運動機能は主に迷走神経咽頭枝に支配される。咽頭機能は知覚・運動のいずれが障害されても嚥下障害や誤嚥を生じる^{21,22}。以前、CEA後嗄声の原因は反回神経麻痺とされていた。大規模臨床試験のNASCETでは迷走神経傷害、ECSTでは反回神経障害として記載されているが損傷神経の診断根拠は記載されていない。この混乱は神経症候のみが記

録され、原因の解明に喉頭鏡など耳鼻科的なアプローチを欠いていたためと考える^{15,16}。われわれは喉頭鏡下に咽頭と喉頭を正確に観察したところ、CEA側の声帯と咽頭の軽度麻痺を同時に来した症例が多く認められた。これは反回神経のみではなく、迷走神経咽頭枝が障害されている所見で、この二神経が同時に傷害されていたのであれば咽頭神経枝より中枢側の迷走神経本幹が障害されている可能性が高い(図8)。すなわち、CEA術後嗄声の原因となる神経損傷部位は主に内頸動脈中枢側の迷走神経本幹であることが推測されたわけである。さて、CEAにおける迷走神経障害の機序を明らかにしないと手技の改善策が立てられない。われわれは声帯筋電図モニタリングと喉頭鏡を組み合わせて病態を解明して来た。術後喉頭鏡で迷走神経障害が確認された症例で、術中の声帯筋電図が消失した例と声帯筋電図に変化がなかった症例が混在していた。この結果からCEA後の迷走神経損傷には術中におこる直接損傷と、手術終了後におこる間接損傷の二つの機序があることが推測された。声帯筋電図の消失が内頸動脈の操作時であり、迷走神経が走行する動脈周囲の結合組織を不用意に索引したことが直接損傷の原因であると考えた。迷走神経損傷の回避には内頸動脈中枢側の剥離を丁寧に行うことが重要と考えている。また、間接損傷は閉創後に生じた内頸動脈中枢側結合組織(副咽頭間隙)の血腫や浮腫が原因と推測されるが、今後この術後変化と神経損傷の関連性を画像検査などで客観的に評価していく必要がある。しかし、術後再開創を要した創部血腫の症例で神経損傷が

多かったことから、創部血腫が神経損傷に関与している可能性は高いと考える。この血腫を防止するためには1. 術前の抗血小板剤の確認, 2. ヘパリン使用時のACTモニタリングと拮抗薬であるプロタミンの適切な使用, 3. 顕微鏡下の丁寧な止血操作が重要である。迷走、舌咽神経の喉頭、咽頭の神経支配は症例ごとにバリエーションがあり、各神経は複雑な走行をしているため、顕著な喉頭、咽頭運動障害が出現していても、言語聴覚士を中心としたチームによる観察下の経口摂取開始が望ましい²³。最後にCEA後長期成績について記述する。HetzlerらはCEA後の死因の43%が心疾患、17%が脳卒中、10%が癌であったと報告しており、頸動脈狭窄症と冠動脈疾患の合併については多数の報告がある^{4,5,24}。CEAは虚血性心疾患の合併により術後成績が左右されるので、心疾患については慎重に対処する必要がある。またCEAとCASを比較した大規模試験の長期成績が明らかになりつつあり、高齢者ではCEAで長期成績においてもイベント発生率がCASに比べて低いとの報告がある。CEA、CASともデバイスや手技の向上があるため長期成績はあくまで過去の手技とデバイスでの成績を比較していることは留意すべきである。

今回われわれの検討では、死亡原因の過半数が悪性腫瘍であった。頸動脈狭窄症は高齢者が多いため、悪性腫瘍に罹患し外科的摘出術を施行される機会が多い。CEAは頸動脈狭窄部位を摘出する根治術であり、抗血小板薬の中断はCASに比較し容易である。この点もCEAの利点と考えている。

おわりに

頸動脈内膜摘出術は頸動脈狭窄症の病変を摘出でき、脳血栓症を予防できる治療法であり、神経生理学的モニタリング、手術用顕微鏡の使用、脳神経外科的な手術テクニックを使用することで良好な手術成績を達成できた。一方、本手術の合併症である喉頭、咽頭機能障害の病態解明には、手術中の声帯筋電図モニタリングや客観的機能評価として喉頭鏡検査が重要である。

謝辞：モニタリングに尽力していただいた当院中央検査室の久保田稔さんに感謝申し上げます。

文 献

1. 日本脳神経外科学会資料：CEAとCASの手術件数の年次推移。2015。

2. Chaudhry SA, Afzal MR, Kassab A, Hussain SI, Qureshi AI: A New Risk Index for Predicting Outcomes among Patients Undergoing Carotid Endarterectomy in Large Administrative Data Sets. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2016; 25: 1978-1983.

3. Laghmari M, Blondel B, Metellus P: Brown-Sequard-type myelopathy due to cervical disc herniation associated with severe carotid stenosis prompting rapid combined corpectomy and carotid endarterectomy under deep anticoagulant therapy. *Spine J* 2009; 11: 15-19.

4. Charlesworth DC, Likosky DS, Marrin CA, et al: Development and validation of a prediction model for strokes after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 436-443.

5. D'Ancona G, Saez de Ibarra JI, et al: Determinants of stroke after coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; 24: 552-556.

6. Avgerinos ED, Go C, Ling J, Makaroun MS, Chaer RA: Survival and long-term cardiovascular outcomes after carotid endarterectomy in patients with chronic renal insufficiency. *Ann Vasc Surg* 2015; 29: 15-21.

7. Fokkema M, de Borst GJ, Nolan BW, et al: Clinical relevance of cranial nerve injury following carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014; 47: 2-7.

8. Ballotta E, Da Giau G, Renon L, et al: Cranial and cervical nerve injuries after carotid endarterectomy: a prospective study. *Surgery* 1999; 125: 85-91.

9. Tomonori T, Minoru K, Norihiro S, et al: Vagus nerve neuromonitoring during carotid endarterectomy. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2012; 24: 137-140.

10. Tamaki T, Node Y, Saitou N, et al: Observation of vocal fold and pharyngeal paralysis after carotid endarterectomy using a magnifying laryngoscope. *World J Surg* 2013; 37: 911-914.

11. Tamaki T, Node Y, Saitou N, et al: Vernet's syndrome after carotid endarterectomy. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2013; 25: 65-68.

12. Maertens V, Maertens H, Kint M, et al: Complication Rate after Carotid Endarterectomy Comparing Patch Angioplasty and Primary Closure. *Ann Vasc Surg* 2016; 30: 248-252.

13. 國井尚人, 井上智弘, 堤 一生: 統一した手技による頸動脈内膜剥離術。脳卒中の外科 2008; 36: 306-310.

14. Chongruksut W, Vaniyapong T, Rerkasem K: Routine or selective carotid artery shunting for carotid endarterectomy and different methods of monitoring in selective shunting. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 23: CD000190.

15. The European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group: Risk of stroke in the distribution of an asymptomatic carotid artery. *Lancet* 1995; 345: 209-212.

16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325: 445-453.

17. CAVATAS investigators: Endovascular versus surgical treatment in patients with carotid stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): a randomised trial.

- Lancet 2001; 357: 1729-1737.
18. EVA-3S Investigators: Carotid Endarterectomy versus stenting in patient with symptomatic severe carotid stenosis. *N Engl J Med* 2006; 355: 1660-1671.
 19. International Carotid Stenting Study investigators: Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study): an interim analysis of a randomised controlled trial. *Lancet* 2010; 375: 985-997.
 20. Mantese VA, Timaran CH, CREST Investigators, et al.: The Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST): stenting versus carotid endarterectomy for carotid disease. *Stroke* 2010; 41: S31-34.
 21. Greenstein AJ, Chassin MR, Wang J, et al.: Association between minor and major surgical complications after carotid endarterectomy: results of the New York Carotid Artery Surgery study. *J Vasc Surg* 2007; 46: 1138-1144.
 22. Tubbs RS, Dixon JF, Loukas M, et al.: Relationship between the internal laryngeal nerve and the triticeal cartilage: a potentially unrecognized compression site during anterior cervical spine and carotid endarterectomy operations. *Neurosurgery* 2010; 66: 187-190.
 23. Weiss A, Isselhorst C, Gahlen J, et al.: Acute respiratory failure after deep cervical plexus block for carotid endarterectomy as a result of bilateral recurrent laryngeal nerve paralysis. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49: 715-719.
 24. Hetzle NR, Lees CD: Fatal myocardial infarction following carotid endarterectomy. *Ann Surg* 1981; 194: 212-218.
 25. Howard G, Roubin GS, Jansen O, et al.: Association between age and risk of stroke or death from carotid endarterectomy and carotid stenting: a meta-analysis of pooled patient data from four randomised trials. *Lancet* 2016; 10025: 1305-1311.

(受付 : 2016 年 8 月 25 日)

(受理 : 2016 年 11 月 2 日)
