特集 頸動脈狭窄症に関する諸問題

総説

CEA 術後脳神経麻痺合併の回避 —自験連続 216 例の検討—

一ツ松 勤, 西村 中, 井戸 啓介
田中 俊也, 伊藤 理, 石堂 克哉

Avoidance of Cranial Nerve Palsies Occurring after Carotid Endarterectomy: An Analysis of 216 Consecutive Cases

Tsutomu HITOTSUMATSU, M.D., Ph.D., Ataru NISHIMURA, M.D., Keisuke IDO, M.D., Shunya TANAKA, M.D., Osamu ITOH, M.D., Ph.D., and Katsuya ISHIDO, M.D.

Department of Neurosurgery, Stroke and Neurological Center, Shin-Koga Hospital, Kurume, Fukuoka, Japan

Summary: Cranial nerve palsy occurring after carotid endarterectomy (CEA) is the most common recognized complication, along with others such as stroke and myocardial infarction (MI). We examined the incidence and follow-up of cranial nerve palsy and other periprocedural major adverse events in 216 consecutive CEAs performed between January 2006 and December 2012. Six cranial nerve palsies (2 dysphonia, 1 dysphagia, 1 tongue hemiparesis, and 2 first bite syndromes) were identified in 4 patients (1.9%). All symptoms were transient and the patients recovered within 3 months. The incidence of perioperative stroke, death, and MI was 0%. Diffusion-weighted imaging performed on the day after surgery revealed an asymptomatic single spotty lesion in only 2 patients (0.9%). An optimal and meticulously conducted surgery based on a thorough knowledge of surgical anatomy could enable surgeons to avoid cranial nerve palsy and other major complications associated with CEA.

Key words:

- ・ carotid endarterectomy
- ・ cranial nerve palsy
- ・ complications

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 43: 165-174, 2015

はじめに

頸動脈内膜剥離術(carotid endarterectomy: CEA)に伴う術後脳神経麻痺の合併率は、一過性のものまで含めると1.7-42.0%とCEA周術期合併症の中で最も高頻度である^{5)9)10)14)16)~20)22)23)25)28)31)~33)36)37)39)~42)47)}。頸動脈ステント留置術にはないCEA特有の合併症でもあり、その回避は重要な課題といえる。手術で傷害され得る脳神経には、舌下

神経、迷走神経、顔面神経、舌咽神経、副神経、頸部交感神経幹とそれらの分枝があり、各脳神経損傷に対する防止対策が必要である。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²²⁾。本稿では、CEA自験例における術後脳神経麻痺の合併について、主要有害事象の合併もあわせて評価と検討を行い、CEA術野における脳神経の局所外科解剖と脳神経損傷回避のための手術手技について考察を加え報告する。

Table 1 Post-CEA cranial nerve injuries and symptoms evaluated in the current study

Cranial nerve	Type and distribution of innervation	Symptom of nerve dysfunction
Facial nerve (VII)		
Marginal mandibular branch	Motor fibers to muscles of lower lip / angle of mouth	Inability to move lower lip downwards and laterally
Glossopharyngeal nerve (IX)		
Pharyngeal branch*	Motor fibers to stylopharyngeus muscle	Dysphagia**
	Sensory fibers to upper pharynx	Dysphagia (by impaired reflex)
	Taste fibers to upper pharynx	Dysgeusia**
Vagus nerve (X)		
Pharyngeal branch*	Motor fibers to muscles of palate and pharynx	Dysphagia
	Sensory fibers to lower pharynx	Dysphagia (by impaired reflex)
	Taste fibers to lower pharynx	Dysgeusia**
Superior laryngeal nerve		
Internal branch	Sensory fibers to larynx above vocal fold	Dysphagia (by impaired reflex)
	Taste fibers to larynx above vocal fold	Dysgeusia**
External branch	Motor fibers to cricothyroid muscle	Dysphonia (by vocal cord hypotonia) Voice weakness, voice fatigue, reduced range of pitch and volume, hoarseness (slight)
Recurrent laryngeal nerve	Motor fibers to muscles of larynx (except cricothyroid)	Dysphonia (by vocal cord paralysis) Hoarseness
	Sensory fibers to larynx below vocal fold	No symptom
Accessory nerve (XI)	Motor fibers to sternocleidomastoid / trapezius muscle	Inability of head turn / shoulder elevation
Hypoglossal nerve (XII)	Motor fibers to tongue	Weakness of tongue movement
Cervical sympathetic trunk		
Internal carotid nerve / plexus	Sympathetic fibers to pupil, eyelid, lacrimal gland	Horner's syndrome
External carotid nerve / plexus	Sympathetic fibers to salivary glands	First bite syndrome

*These nerves and branches constitute pharyngeal plexus, **The symptoms are usually minimal or unnoticeable

対象と方法

対象は、2006年1月から2012年12月までに当施設で施行したCEA連続216例(筆頭著者が執刀)である。外科的治療の適応と考えられる内頸動脈高度狭窄症例に対する当施設の治療方針は、CEAを第一選択とし、心肺機能高度障害により全身麻酔が危険な症例、再狭窄例、対側喉頭機能障害例、および広範な頸部手術の既往を有する症例などは頸動脈ステント術(carotid artery stenting: CAS)の適応としている。高位病変には原則CEAを行い、後屈・回旋困難や内頸・外頸動脈逆位など特殊な条件が併存する場合にCASを検討している。対象期間内に施行したCASは47例であった。

当施設では、全例経口挿管とし、各種モニタリング(体性感覚誘発電位、運動誘発電位、脳波、近赤外線局所脳酸

素飽和度など)を行い、内シャントは常時使用し、パッチは用いていない。抗血栓療法は、抗血小板薬が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、抗凝固薬はヘパリンへ置換する。術前に経食道エコーを施行して心腔内に血栓が認められる場合は、抗凝固療法による血栓の消失を確認後にCEAを行うことにしている。高位病変へのアプローチにおける工夫や脳神経損傷回避の要点などの手術手技については考察において後述する。

対象症例において、術後脳神経麻痺の合併頻度とその経過について検討した。評価の対象となる主な脳神経損傷による麻痺症候をTable 1に示す。発声障害を認めた場合は、内視鏡下に声帯機能評価を行った。嚥下障害の有無は、全例術後に言語聴覚士による嚥下機能評価を行って判断した。ただし、挿管によると考えられる声帯麻痺のない嗄声で1週間以内に軽快したものは、今回の検討からは除

外した。また、脳卒中、死亡、心筋梗塞など主要有害事象についてもあわせて検討を行った。画像評価として各種撮像法によるMRIを、術前日、術翌日、退院時、術後3カ月目に全例で行った。今回の対象症例にペースメーカーなどのMRI困難例はなかった。調査は前向きに登録されたデータベースより後方視的に抽出して行った。

結 果

対象症例の概要を **Table 2** に示す。年齢は47-86歳(平均72歳)、男性183例、女性33例で、症候性111例、無症候性105例であった。プラーク遠位端が第2頸椎レベルに達する高位病変は63例(29%)であった。

術後脳神経麻痺の合併は4例(1.9%)に6症候みられた(**Table 3**)。内訳は、発声障害2例(嗄声1例、声量・声域低下1例)、嚥下障害1例、舌下神経麻痺1例、first bite syndrome 2例であった。発声障害を呈した2例のうち、嗄声の1例で声帯不全麻痺を認めた。first bite syndromeすなわち摂食開始時の耳下腺痛の症状出現は、1例が術後5日目、他の1例が術後20日目であった。このうち症状が1カ月以上持続したのは嗄声1例とfirst bite syndrome 1例で、3カ月以上持続した症例はなかった。症状回復までの平均期間は4.2週であった。術後脳神経麻痺が出現した4例はすべて高位病変であった。

周術期主要有害事象については、術後30日以内の症候性脳梗塞、頭蓋内出血、心筋梗塞の合併例および死亡例はなかった。術翌日の拡散強調画像における新規高信号域の出現を2例(0.9%)に認めたが、いずれも2mm以下の単一点状病巣で、ADCマップでの信号低下も明らかでなく、その後FLAIR画像での変化も認めなかった(**Table 2**)。

考 察

1. CEA 術後脳神経麻痺のオーバービュー

CEA 術後脳神経麻痺の合併頻度は1.7-42.0%と高率であり、多くは一過性であるとの報告もあるが、永続性麻痺が0.2-7.0%に認められており、その合併回避は重要な課題と

考えられる⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁶⁾⁻²⁰⁾²²⁾²³⁾²⁵⁾²⁸⁾³¹⁾⁻³³⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴¹⁾⁴⁷⁾。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)にみられており、周術期合併症の中で最も高頻度である¹⁰⁾²⁵⁾³¹⁾³⁶⁾⁴²⁾。術後脳神経麻痺の合併率を1995年前後と比較したレビュー(31報告)では、1995年以前が10.6%、1995年以降が8.3%と経年的に減少傾向は認めるものの、依然として合併率は高い³⁹⁾。Ballottaら⁶⁾の報告では、術後脳神経麻痺が12%(24/200例)に認められ、すべて一過性であったが、回復までに平均5.8カ月、最長37カ月を要しており、一過性であっても決して看過できるものではない。

2. 脳神経損傷と麻痺症候

CEA 術中に損傷リスクのある脳神経には、顔面神経(下

Table 2 Clinical characteristics and outcomes of personal CEA cases

Number of cases	216
Age mean (range, yr)	72 (47-86)
Sex male (%)	183 (85)
Degree of stenosis* mean (range, %)	83 (65-99)
Symptomatic (%)	111 (51)
High carotid lesion (plaque distal end $\geq$ C2, %)	63 (29)
DWI-HI (POD-1, %)	2 (0.9)**
FLAIR-HI ($\leq$ 30 days)	0
Any stroke ($\leq$ 30 days)	0
Myocardial infarction ($\leq$ 30 days)	0
Death ($\leq$ 30 days)	0
Cranial nerve palsy (at 3 months)	0

*determined with the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial criteria, **asymptomatic single spotty lesion detected in two cases

DWI-HI: hyperintensity lesion on diffusion-weighted imaging, POD-1: postoperative day-1, FLAIR-HI: hyperintensity lesion on fluid-attenuated inversion recovery imaging

Table 3 Summary of patients with post-CEA cranial nerve palsies

No.	Age (yr) / Sex	Symptoms (injured cranial nerve)	Permanent / Transient (duration of symptoms)	High carotid lesion (level of distal end)
1	81 / M	Hoarseness with vocal cord paresis (X) Dysphagia (IX, X)	Transient (10 weeks) Transient (2 weeks)	Yes (C2)
2	71 / M	First bite syndrome (sympathetic nerve)	Transient (5 weeks)*	Yes (C2)
3	70 / M	Reduced voice range, vocal fatigue (X) First bite syndrome (sympathetic nerve)	Transient (4 weeks) Transient (3 weeks)*	Yes (C2)
4	73 / M	Tongue deviation when protruded (XII)	Transient (7 days)	Yes (C2)

*Symptoms of first bite syndrome appeared 20 days (Patient 2) and 5 days (Patient 3) after surgery

顎縁枝), 舌咽神経(咽頭枝), 迷走神経(咽頭枝, 上喉頭神経内枝・外枝, 反回神経), 副神経, 舌下神経, 頸部交感神経(頸部交感神経幹, 内頸動脈神経・神経叢, 外頸動脈神経・神経叢)などがあり, 過去の報告では舌下神経の傷害頻度が最も高く, 次いで迷走神経と顔面神経が傷害されやすく, 舌咽神経, 副神経および頸部交感神経の損傷は少ない⁵⁾¹¹⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²³⁾²⁸⁾³⁰⁾³²⁾³⁹⁾⁴¹⁾⁴⁷⁾. 起こり得る脳神経麻痺症候には, 顔面神経下顎縁枝の損傷による下口唇・口角の麻痺, 咽頭神経叢を構成する舌咽・迷走神経の咽頭枝や上喉頭神経内枝の損傷による嚥下障害, 上喉頭神経外枝の損傷による声帯の緊張低下に伴う声量・声域の低下や発声疲労, 反回神経の損傷による声帯麻痺に伴う嗄声, 副神経損傷による頭部回旋・肩挙上制限, 舌下神経損傷による挺舌時偏倚や咀嚼障害があり, 頸部交感神経では内頸動脈神経・神経叢および外頸動脈神経・神経叢の損傷により, それぞれ Horner's syndrome および first bite syndrome が出現し得る. また, ヒトの味蕾の分布は舌 64%, 口蓋 6%, 咽頭・喉頭 30% であり, 舌咽神経咽頭枝および上喉頭神経内枝の損傷により咽頭および喉頭の味覚すなわち「のどごし」が低下する可能性がある²⁷⁾ (Table 1).

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. 知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, 運動は主に迷走神経咽頭枝に支配される. 咽頭粘膜の知覚障害は咽頭反射の低下を招いて嚥下障害を引き起こす. CEA 術後の咽頭(嚥下)機能を嚥下造影や嚥下内視鏡で評価した報告では, 不顕性のものまで含めると 42% に機能障害を認めている¹³⁾. 喉頭機能についても同様で, 耳鼻咽喉科的な専門評価を行った報告によると, 術後早期の軽微な機能障害まで含めると半数以上の症例で異常が認められ, そのうち約 1 割が遷延化し, リハビリテーションが必要になっている¹³⁾³⁴⁾. Espinoza ら¹⁴⁾ は, CEA 術後の嗄声は 10% に認められ, そのうち声帯麻痺はなく喉頭粘膜の浮腫や斑状出血によるものが 6%, 声帯麻痺によるものが 4% で, 前者は早期に改善するが, 後者は難治性ないし永続性のものがあると報告している. また, Curran ら¹²⁾ の報告によると, 内視鏡評価による CEA 術後の声帯麻痺は 18% と高頻度にみられ, そのうち 6% は無症候性の軽い麻痺で術後早期に改善し, 12% は嗄声を呈する麻痺で, 多くは改善するが, 2% が永続性麻痺として後遺している. つまり, 迷走神経ないし反回神経の損傷による声帯麻痺に伴う嗄声は, 難治性のことが多い⁴⁰⁾. 声帯麻痺が両側性の場合には気道閉塞をきたす可能性が高く, 一期的に両側 CEA を施行するのは危険である³³⁾⁴⁷⁾. また, 脳卒中や甲状腺手術の既往がある場合, 無症候性の声帯麻痺が少なからず存在するので, 術前声帯機能評価は必須と考えられる¹²⁾.

頸部交感神経のうち外頸動脈神経ないし神経叢の損傷によって起こる first bite syndrome は, 食事の最初の咀嚼時に耳下腺部に鋭い疼痛が生じ, 咀嚼を繰り返すうちに痛みは生じなくなるという特徴的な症候を呈する. 通常術後数日経過して発症し, 徐々に症状は軽減し, 遷延化することは少ないとされる. これは, 耳下腺への交感神経支配が障害され, 舌咽神経由来の副交感神経に対して過敏になるため発症すると考えられている. 副咽頭間隙腫瘍の摘出術後などにみられる合併症としてよく知られているが, CEA 術後合併症としての報告も散見される⁵¹⁾⁵³⁾. 内頸動脈神経の損傷による Horner's syndrome の合併も, まれではあるが報告がある¹¹⁾. また, 上頸交感神経節の損傷では両症候群が出現する可能性がある.

3. 頸部脳神経の外科解剖

脳神経損傷を回避するためには, まず脳神経の走行すなわち局所解剖を熟知しておくことが大切である. 術野に現れる脳神経は, 通常舌下神経のみであり, 他の脳神経は術野の外でその走行をイメージしながら損傷防止に努めることになる. 露出されないはずの脳神経に遭遇した場合, 過剰な剥離操作が加わったことを意味し, 脳神経損傷のリスクが高くなる.

CEA 術野における脳神経の走行は 2 つに分けることができる. すなわち, 頸動脈の内側ないし後側, つまり術野で頸動脈の裏を走行する神経群と, 頸動脈の外側つまり表層を走行する神経群である. 前者には迷走神経とその分枝である上喉頭神経および反回神経, 頸部交感神経幹および内頸動脈神経, 副神経があり, 後者には舌下神経, 迷走神経咽頭枝, 舌咽神経咽頭枝, 外頸動脈神経がある (Fig. 1). 迷走神経は内頸動脈から総頸動脈の後側で頸動脈鞘の中を走行するが, 内頸動脈が後方へ屈曲蛇行する場合, 外側を走行することがある (Fig. 2C). 上喉頭神経は迷走神経の下(結節)神経節から分岐し, 内頸動脈の内側を前下走して舌骨の大角付近で内枝と外枝に分かれる. 内枝は上甲状腺動脈から分岐した上喉頭動脈に伴走し, 外枝は上甲状腺動脈の内側に近接して前下走する. 反回神経は気管と食道の境界部に近接して走行するが, 右側では総頸動脈の背側を外側から内側へ向かって上行する. 頸部交感神経幹は頸動脈鞘とその後方の頸長筋との間を上下に走行し, 最上部には第 2-3 頸椎レベルに上頸交感神経節がある. 内頸動脈神経は上頸交感神経節の上極より出たのち内頸動脈に沿って内頸動脈神経叢を形成し, 外頸動脈神経は上頸神経節前縁より数本出て, 内頸動脈の外側を前走したのち, 外頸動脈および分枝に沿って外頸動脈神経叢を形成する. 副神経は内頸動脈の後側から内頸静脈の内側または外側を横切って後外側へ下行する (Fig. 2B).

Fig. 1 **A:** The internal jugular vein (IJV) has been retracted posteriorly to show the vagus nerve (X) and the cervical sympathetic trunk which descend posterior to the internal carotid artery (ICA) and the common carotid artery (CCA). The superior laryngeal nerve divides into the internal and external branches at the level of the greater horn of the hyoid bone, descending anteriorly medial to the ICA and the external carotid artery (ECA). The hypoglossal nerve (XII) passes lateral to the ICA and the ECA.
B: The CCA and the IJV have been removed partially to show the recurrent laryngeal nerve, which ascends along the border between the trachea and the esophagus, then enters the larynx just behind the thyroid gland.
 IX: glossopharyngeal nerve, a.: artery, br.: branch, n.: nerve

舌下神経は通常顎二腹筋後腹の下方内側を前下走する部位で確認できるが、内頸動脈の外側を通過するレベルは、総頸動脈分岐部から顎二腹筋後腹近傍までさまざまである²⁴⁾。迷走神経咽頭枝は第1頸椎レベルで下(結節)神経節から分岐し、内頸動脈の外側を前下走する。舌咽神経は迷走神経咽頭枝より高位(頭側)で内頸動脈の外側を前下走し、咽頭枝は迷走神経咽頭枝とともに咽頭神経叢を形成する(**Fig. 2C**)。

4. 脳神経損傷回避のポイント

脳神経損傷の原因として、①硬性開創器による神経の牽引と圧迫、②過剰な剥離操作による機械的損傷、③凝固止血時の熱や電気による損傷、④神経栄養血管の血流障害による神経虚血、⑤術後血腫や瘢痕形成などが挙げられる⁵⁾¹⁵⁾⁴¹⁾⁴⁷⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵⁵⁾。したがって、われわれが行っている脳神経損傷回避を念頭に置いた手術手技の原則は、①硬性開創器を使用せずに、周囲結合織の順次吊り上げによって浅く広い術野を展開し、②丁寧な止血操作によって視認性のよい無血術野を確保するとともに術後血腫の合併を防止し、③頸動脈鞘に沿った線状切開によって表層のみの動脈

露出を行い、頸動脈の深層や周辺組織への不必要な剥離操作を最小限にすることである(**Fig. 3**)。

過去の報告によれば、高位病変、猪首・頸部伸展(後屈)困難、長区域病変、内頸・外頸動脈逆位、再手術、緊急手術、放射線照射後、頸部拡大郭清術後、Swan-Ganzカテーテル挿入後瘢痕形成などの症例で、術後脳神経麻痺の合併頻度が高くなる傾向がある¹⁾⁻³⁾¹⁶⁾²⁰⁾²⁹⁾³⁵⁾³⁸⁾⁴⁵⁾⁵⁴⁾。今回の自験例での検討でも、216例中4例(1.9%)に一過性脳神経麻痺がみられたが、全例が高位病変であった(**Table 3**)。高位病変例で脳神経損傷の合併が多くなる原因の1つとして、狭く不十分な術野での煩雑な操作が考えられる。広く十分な術野を得るためには、内頸動脈に沿って下顎の下方から覗き上げるルート(submandibular route)ではなく、高位内頸動脈全体を横から観察できるような下顎の外側後方からのルート(retromandibular route)が適当と考えられる。われわれは、術野を展開する際に下顎が前上方へ牽引されるように吊り上げ操作を行って、下顎の後外側のより広い術野を得るように工夫している。同様のコンセプトである下顎を亜脱臼させて前上方へ移動させる方法(man-dibular subluxation)により、脳神経麻痺合併率の低下が

A|B|C

Fig. 2 A: The red line shows a skin incision made along the anterior margin of the sternocleidomastoid muscle (SCM) and the posterior margin of the parotid gland, extending upward to the tip of the mastoid process. The marginal mandibular branch of the facial nerve (VII) emerges from the parotid gland and runs anteriorly at the submandibular area.

B: The facial nerve (VII) emerges from the stylomastoid foramen and enters the parotid gland above the level of the transverse process of the first cervical vertebra (C1). The hypoglossal nerve (XII) descends anteriorly medial to the posterior belly of the digastric muscle. The accessory nerve (XI) descends posteriorly lateral to the internal jugular vein (IJV) in this specimen.

C: The glossopharyngeal nerve (IX), the pharyngeal branch of the vagus nerve (X), and the hypoglossal nerve (XII) run lateral to the internal carotid artery (ICA). The hypoglossal nerve passes near the common carotid bifurcation in this specimen. The vagus nerve descends lateral, not posterior, to the ICA in a short segment in this specimen.

CCA: common carotid artery, ECA: external carotid artery, a.: artery, br.: branch, m.: muscle, n.: nerve, v.: vein

A|B

Fig. 3 A: A wide and shallow operative field is achieved by using the lift-up method with fishhooks and threads.

B: The carotid sheath is opened by making a linear incision along the carotid arteries and the edge of the sheath is lifted with nylon threads. Arrowheads indicate the hypoglossal nerve (XII), which is separated from the operative field and covered with the carotid sheath.

ICA: internal carotid artery, ECA: external carotid artery, CCA: common carotid artery, m.: muscle

報告されている⁹⁾。

高位病変例では第1頸椎横突起を触知できる術野の確保が必要になることが多く、術野を展開するうえで胸鎖乳突筋と耳下腺の間での剝離操作がポイントとなる。皮膚切開は胸鎖乳突筋前縁から連続して耳下腺の後縁に沿った後方への緩やかな凸の曲線とし、乳様突起先端近傍までの伸長が必要である(**Fig. 2A**)。高位病変例で頸部の後屈と回旋を強めにする場合、顔面神経下顎縁枝の走行が下方へ移動して上頸部にかかることが多く、下顎角に近接した切開では損傷しやすくなるので注意が必要である⁴⁷⁾。胸鎖乳突筋と耳下腺の剝離操作の過程で、第1頸椎横突起ないし乳様突起先端レベルより上で胸鎖乳突筋前縁を越えて顎二腹筋後腹の上方に進入すると、顔面神経が茎乳突孔から出て耳下腺に入る部位で損傷する可能性があるため、過度な剝離操作は注意を要する(**Fig. 2B**)。

高位内頸動脈を露出する際に、その外側を走行する神経群すなわち舌下神経、迷走神経咽頭枝、舌咽神経咽頭枝および外頸動脈神経を損傷しないように注意を払う必要がある(**Fig. 2C**)。ここで、顎二腹筋後腹とその内側上方の茎突舌骨筋を切断せずに上方へ吊り上げる操作が重要なポイントと考えている。この吊り上げ操作によって、内頸動脈からその外側を走行する神経群が周囲組織とともに外側へ離れやすくなり、高位内頸動脈を露出する際の神経損傷のリスクが軽減されることが考えられる。舌咽神経麻痺の合併は0.2%以下と少ないが、顎二腹筋後腹の切断操作が加わった際に合併しやすくなるという報告もある³⁸⁾。

高位病変例では総頸動脈分岐部に近接して走行する舌下神経に思いがけず遭遇することがあり、顔面静脈の処理操作時などに不用意に損傷しないよう視認性の良好な術野での神経走行の確認が大切である。また、舌下神経の上方への移動操作が必要な場合には、神経に沿った剝離操作で後頭動脈や上行咽頭動脈からの微小栄養血管が障害されて、虚血が原因で麻痺症状が出ることもあるので注意が必要である¹⁵⁾²⁴⁾⁴⁷⁾。さらに、胸鎖乳突筋動静脈および頸神経ワナの切断による舌下神経のuntetheringの際の熱損傷にも注意を払う必要がある。われわれは神経に沿った剝離操作は必要最小限にとどめ、吊り上げた頸動脈鞘を利用して舌下神経を覆いながら術野から外すなどの工夫を行って、栄養血管の温存に努めている(**Fig. 3B**)。過去の報告では舌下神経麻痺の合併は最も高頻度であるが、今回の自験例での検討では一過性麻痺が1例(1%未満)のみであった。視認性の悪い術野での不用意な神経損傷を避け、栄養血管の温存を念頭に置いた剝離操作の工夫により、合併防止は可能と考えている。

高位内頸動脈の露出操作も、頸動脈鞘の線状縦切開と切開断端の吊り上げが基本であり、深部の剝離操作は不要で

ある。血流遮断のための動脈全周の剝離は最小限とし、内頸動脈の内側から後側を走行する神経群すなわち迷走神経、上喉頭神経、頸部交感神経幹および副神経を損傷しないようにする³²⁾。特に迷走神経の下(結節)神経節およびその近傍で損傷を受けると、咽頭枝、上喉頭神経および反回神経による神経支配がすべて損なわれて、嚥下障害と発声障害の両症状が出現する可能性がある⁴⁾⁴⁶⁾。

頸部交感神経については、高位内頸動脈の後方の剝離操作で上頸交感神経節や内頸動脈神経が損傷され、前方ないし外側の剝離操作で外頸動脈神経が損傷され、外頸動脈とその分枝の剝離操作で外頸動脈神経叢が損傷される可能性がある。副神経は内頸静脈の外側を乗り越えて後下方へ走ることがあり、高位で胸鎖乳突筋と内頸静脈の間を剝離する際に神経損傷のリスクがある。

高位病変例の多くは長区域病変例を除いて総頸動脈分岐レベルも高位であり、外頸動脈の分枝すなわち上甲状腺動脈、舌動脈、顔面動脈、上行咽頭動脈、後頭動脈の分岐が、総頸動脈分岐部に近接していることが多い。複数の外頸動脈分枝の血流遮断が必要な場合、動脈確保のための剝離操作が過度になると、外頸動脈神経叢の損傷により first bite syndrome を生じる可能性が出てくる。また、上行咽頭動脈は通常、外頸動脈の内側すなわち術野では外頸動脈の裏側から分岐するため、動脈確保の過程で深層の剝離操作が過度になると、上喉頭神経の損傷リスクが高くなる²¹⁾。自験例の Patient 3 は、高位病変で上行咽頭動脈を含め外頸動脈の分枝が総頸動脈分岐部に近接していたため、血流遮断のための各分枝の血管確保が必要であり、その際の剝離操作が原因で外頸動脈神経叢の損傷による first bite syndrome および上喉頭神経外枝の損傷による発声障害が生じたものと考えられた(**Fig. 4**)。外頸動脈および分枝動脈に沿った外頸動脈神経叢を含む結合組織を血管全周性に切断するような操作は避け、極力温存するような剝離操作を心がけることが first bite syndrome の合併防止につながると考えられる。

5. 手術手技の相違と脳神経損傷リスク

手術手技や手術アプローチの違いによって、脳神経損傷のリスクも異なる。Eversion CEA では内頸動脈の剝離を血管全周に行うため、特に長区域病変では迷走神経や上喉頭神経の損傷リスクが高くなる⁵⁵⁾。また、内頸静脈の外側後方からアプローチする retrojugular approach では、迷走神経麻痺および副神経麻痺の出現頻度が高くなる⁸⁾⁴³⁾⁴⁴⁾。局所麻酔下での CEA は本邦では一般的ではないが、創部全体への浸潤麻酔が必要であるため、一過性ではあるが約半数に術中声帯麻痺が出現する。甲状腺手術や CEA など対側の頸部手術や脳卒中の既往がある症例で

Fig. 4 A 70-year-old man who developed transient dysphonia and first bite syndrome caused by an injury to the external branch of the superior laryngeal nerve and the external carotid nerve plexus following CEA (Patient 3).

A|B|C|D

A: A preoperative carotid angiogram shows a high cervical carotid stenosis on the right side.
B: The lateral view (3D-DSA) demonstrates that the branches of the external carotid artery arise close to the common carotid bifurcation.
C: The medial view (3D-DSA) reveals that the ascending pharyngeal artery originates from the medial aspect of the external carotid artery near the common carotid bifurcation (arrow-heads).
D: The medial view of the postoperative angiogram (3D-DSA) exhibits a normalized internal carotid artery.

は、術前より不顕性のものも含め対側に声帯麻痺があることがあり、術中両側声帯麻痺による気道閉塞が起こって緊急気管内挿管および全身麻酔導入となることが報告されている^{26) 48) 52)}。

6. 脳虚血合併症と術後脳神経麻痺

CEA 術後脳神経麻痺と周術期脳卒中および死亡との間には、正の相関が認められている²²⁾。頸動脈周囲結合組織の吊り上げによる頸動脈への接触を最小限にした術野の展開は、脳塞栓症の防止に有効であり、また、高位内頸動脈の安全かつ余裕のある術野の確保は、常に内シャントの挿入を可能とし、低灌流による脳虚血合併症の防止につながる。局所外科解剖を熟知し、丁寧かつ無駄のない手術手技の遂行によって、脳神経損傷の回避が可能となり、さらに脳虚血性合併症防止への一助にもなると考えられる。

結 語

習熟した局所外科解剖に基づく脳神経損傷回避を念頭に置いた低侵襲な手術手技は、CEA 合併症の中で最も高頻度である術後脳神経麻痺の防止を可能とし、脳虚血性合併症の防止にも有効と考えられた。

文 献

- 1) AbuRahma AF, Abu-Halimah S, Hass SM, *et al*: Carotid artery stenting outcomes are equivalent to carotid endarterectomy outcomes for patients with post-carotid endarterectomy stenosis. *J Vasc Surg* 52: 1180-1187, 2010
- 2) AbuRahma AF, Choueiri MA: Cranial and cervical nerve injuries after repeat carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 32: 649-654, 2000
- 3) AbuRahma AF, Jennings TG, Wulu JT, *et al*: Redo carotid endarterectomy versus primary carotid endarterectomy. *Stroke* 32: 2787-2792, 2001
- 4) AbuRahma AF, Lim RY: Management of vagus nerve injury after carotid endarterectomy. *Surgery* 119: 245-247, 1996
- 5) Assadian A, Senekowitsch C, Pfaffelmeyer N, *et al*: Incidence of cranial nerve injuries after carotid eversion endarterectomy with a transverse skin incision under regional anaesthesia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 28: 421-424, 2004
- 6) Ballotta E, Da Giau G, Renon L, *et al*: Cranial and cervical nerve injuries after carotid endarterectomy: a prospective study. *Surgery* 125: 85-91, 1999
- 7) Bastounis E, Bakoyiannis C, Cagiannos C, *et al*: A short incision for carotid endarterectomy results in decreased morbidity. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 33: 652-656, 2007
- 8) Beasley WD, Gibbons CP: Cranial nerve injuries and the retrojugular approach in carotid endarterectomy. *Ann R Coll Surg Engl* 90: 685-688, 2008
- 9) Capoccia L, Montelione N, Menna D, *et al*: Mandibular subluxation as an adjunct in very distal carotid arterial reconstruction: incidence of peripheral and cerebral neurologic sequelae

- in a single-center experience. *Ann Vasc Surg* 28: 358-365, 2014
- 10) 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* 357: 1729-1737, 2001
 - 11) Cunningham EJ, Bond R, Mayberg MR, *et al*: Risk of persistent cranial nerve injury after carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 101: 445-448, 2004
 - 12) Curran AJ, Smyth D, Sheehan SJ, *et al*: Recurrent laryngeal nerve dysfunction following carotid endarterectomy. *J R Coll Surg Edinb* 42: 168-170, 1997
 - 13) Ekberg O, Bergqvist D, Takolander R, *et al*: Pharyngeal function after carotid endarterectomy. *Dysphagia* 4: 151-154, 1989
 - 14) Espinoza FI, MacGregor FB, Doughty JC, *et al*: Vocal fold paralysis following carotid endarterectomy. *J Laryngol Otol* 113: 439-441, 1999
 - 15) Fernando DA, Lord RS, Ozmen J: The blood supply of the hypoglossal nerve and its relevance to carotid endarterectomy. *Cardiovasc Surg* 7: 287-291, 1999
 - 16) Fokkema M, de Borst GJ, Nolan BW, *et al*: Clinical relevance of cranial nerve injury following carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 47: 2-7, 2014
 - 17) Fokkema M, de Borst GJ, Nolan BW, *et al*: Carotid stenting versus endarterectomy in patients undergoing reintervention after prior carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 59: 8-15, 2014
 - 18) Forssell C, Kitzing P, Bergqvist D: Cranial nerve injuries after carotid artery surgery. A prospective study of 663 operations. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 10: 445-449, 1995
 - 19) Forssell C, Takolander R, Bergqvist D, *et al*: Cranial nerve injuries associated with carotid endarterectomy. A prospective study. *Acta Chir Scand* 151: 595-598, 1985
 - 20) Frego M, Brida A, Ruffolo C, *et al*: The hostile neck does not increase the risk of carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 50: 40-47, 2009
 - 21) Furlan JC, de Magalhães RP, de Aguiar ET, *et al*: Localization of the superior laryngeal nerve during carotid endarterectomy. *Surg Radiol Anat* 24: 190-193, 2002
 - 22) 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* 46: 1138-1144, 2007
 - 23) Hertzner NR, Feldman BJ, Beven EG, *et al*: A prospective study of the incidence of injury to the cranial nerves during carotid endarterectomy. *Surg Gynecol Obstet* 151: 781-784, 1980
 - 24) Imparato AM, Bracco A, Kim GE, *et al*: The hypoglossal nerve in carotid arterial reconstructions. *Stroke* 3: 576-578, 1972
 - 25) International Carotid Stenting Study investigators, Ederle J, Dobson J, *et al*: 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* 375: 985-997, 2010
 - 26) Kwok AO, Silbert BS, Allen KJ, *et al*: Bilateral vocal cord palsy during carotid endarterectomy under cervical plexus block. *Anesth Analg* 102: 376-377, 2006
 - 27) Lalonde ER, Eglitis JA: Number and distribution of taste buds on the epiglottis, pharynx, larynx, soft palate and uvula in human newborn. *Anat Rec* 140: 91-95, 1961
 - 28) Maniglia AJ, Han DP: Cranial nerve injuries following carotid endarterectomy: an analysis of 336 procedures. *Head Neck* 13: 121-124, 1991
 - 29) Marcucci G, Accrocca F, Gabrielli R, *et al*: Complete transposition of carotid bifurcation: can it be an additional risk factor of injury to the cranial nerves during carotid endarterectomy? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 13: 471-474, 2011
 - 30) Maroulis J, Karkanevatos A, Papakostas K, *et al*: Cranial nerve dysfunction following carotid endarterectomy. *Int Angiol* 19: 237-241, 2000
 - 31) Mas JL, Chatellier G, Beyssen B, *et al*: Endarterectomy versus stenting in patients with symptomatic severe carotid stenosis. *N Engl J Med* 355: 1660-1671, 2006
 - 32) Massey EW, Heyman A, Utley C, *et al*: Cranial nerve paralysis following carotid endarterectomy. *Stroke* 15: 157-159, 1984
 - 33) Matsumoto GH, Cossman D, Callow AD: Hazards and safeguards during carotid endarterectomy. Technical considerations. *Am J Surg* 133: 458-462, 1977
 - 34) Monini S, Taurino M, Barbara M, *et al*: Laryngeal and cranial nerve involvement after carotid endarterectomy. *Acta Otolaryngol* 125: 398-402, 2005
 - 35) Mozes G, Sullivan TM, Torres-Russotto DR, *et al*: Carotid endarterectomy in SAPHIRE-eligible high-risk patients: implications for selecting patients for carotid angioplasty and stenting. *J Vasc Surg* 39: 958-965, 2004
 - 36) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 325: 445-453, 1991
 - 37) Regina G, Angiletta D, Impedovo G, *et al*: Dexamethasone minimizes the risk of cranial nerve injury during CEA. *J Vasc Surg* 49: 99-102, 2009
 - 38) Rosenbloom M, Friedman SG, Lamparello PJ, *et al*: Glossopharyngeal nerve injury complicating carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 5: 469-471, 1987
 - 39) Sajid MS, Vijaynagar B, Singh P, *et al*: Literature review of cranial nerve injuries during carotid endarterectomy. *Acta Chir Belg* 107: 25-28, 2007
 - 40) Schaubert MD, Fontenelle LJ, Solomon JW, *et al*: Cranial/cervical nerve dysfunction after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 25: 481-487, 1997
 - 41) Schmidt D, Zuschneid W, Kaiser M: Cranial nerve injury during carotid arterial reconstruction. *J Neurol* 230: 131-135, 1983
 - 42) Silver FL, Mackey A, Clark WM, *et al*: Safety of stenting and endarterectomy by symptomatic status in the Carotid Revascularization Endarterectomy Versus Stenting Trial (CREST). *Stroke* 42: 675-680, 2011
 - 43) Stehr A, Scodacek D, Wustrack H, *et al*: Retrojugular versus ventrojugular approach to carotid bifurcation for eversion endarterectomy: a prospective randomized trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 35: 190-195, 2008
 - 44) Sweeney PJ, Wilbourn AJ: Spinal accessory (11th) nerve palsy following carotid endarterectomy. *Neurology* 42(3Pt1): 674-675, 1992
 - 45) Tallarita T, Oderich GS, Lanzino G, *et al*: Outcomes of carotid artery stenting versus historical surgical controls for radiation-induced carotid stenosis. *J Vasc Surg* 53: 629-636, 2011
 - 46) 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* 37: 911-914, 2013
- 47) Theodotou B, Mahaley MS Jr: Injury of the peripheral cranial nerves during carotid endarterectomy. *Stroke* 16: 894-895, 1985
 - 48) Thermann F, Ukkat J, Jogn E, *et al*: Frequency of transient ipsilateral vocal cord paralysis in patients undergoing carotid endarterectomy under local anesthesia. *J Vasc Surg* 46: 37-40, 2007
 - 49) 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* 66(6 Suppl Operative): 187-190, 2010
 - 50) Tucker JA, Gee W, Nicholas GG, *et al*: Accessory nerve injury during carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 5: 440-444, 1987
 - 51) Wang TK, Bhamidipaty V, MacCormick M: First bite syndrome following ipsilateral carotid endarterectomy. *Vasc Endovascular Surg* 47: 148-150, 2013
 - 52) 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* 49: 715-719, 2005
 - 53) Wong EH, Farrier JN, Cooper DG: First-bite syndrome complicating carotid endarterectomy: a case report and literature review. *Vasc Endovascular Surg* 45: 459-461, 2011
 - 54) Yoshida K, Ogasawara K, Kobayashi M, *et al*: Scar formation in the carotid sheath identified during carotid endarterectomy in patients with previous cardiac surgery: significance of history of intraoperative Swan-Ganz catheter insertion. *J Neurosurg* 113: 885-889, 2010
 - 55) Zannetti S, Parente B, De Rango P, *et al*: Role of surgical techniques and operative findings in cranial and cervical nerve injuries during carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 15: 528-531, 1998