原 著

CEA による神経損傷を防ぐために —昭和大学における手技の工夫と手術教育—

藪崎 肇¹, 水谷 徹², 杉山 達也², 松本 政輝²,
中條 敬人², 鷺見 賢司², 飯塚 一樹², 加藤 優²,
久保美奈子², 阪本 有², 今泉 陽一²

Surgical Consideration to Avoid Cranial Nerve Injury during Carotid Endarterectomy

Hajime YABUZAKI, M.D.¹, Tohru MIZUTANI, M.D.², Tatsuya SUGIYAMA, M.D.²,
Masaki MATSUMOTO, M.D.², Takato NAKAJO, M.D.², Kenji SUMI, M.D.², Kazuki IIZUKA, M.D.²,
Yu KATO, M.D.², Minako KUBO, M.D.², Yu SAKAMOTO, M.D.², and Youichi IMAIZUMI, M.D.²

¹Department of Neurosurgery, Showa University Koto-Toyosu Hospital, and ²Department of Neurosurgery, Showa University School of Medicine, Tokyo, Japan

Summary: Carotid endarterectomy (CEA) is an effective choice of treatment for the prevention of stroke in patients with carotid artery stenosis. The prevention of cranial nerve injury during CEA is necessary in order to improve the surgical outcome. In our institute, 641 CEA procedures were performed by 34 operators between January 1997 and June 2013. All the procedures were performed in a unified way, such that they were performed in the carotid sheath. We found that the incidence of persistent cranial nerve injury was 1.4%, which is a very good result. We report our surgical considerations regarding protecting the cranial nerves and improving the surgical outcomes.

Key words:

- ・ carotid endarterectomy
- ・ cranial nerve injury
- ・ surgery

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 45: 23-27, 2017

はじめに

内頸動脈狭窄症に対する治療としての carotid endarterectomy (CEA) の治療効果は、いくつもの study で証明されている⁷⁾¹³⁾²⁰⁾。一方で最近では carotid artery stenting (CAS), 内科的治療の成績も向上しており、内頸動脈狭窄症に対する治療法の選択肢は増えている。新たな治療には侵襲性の低さなどメリットもあるが、脳梗塞予防効果は CEA に対して非劣性もしくは同等であり³⁾⁶⁾⁹⁾¹⁸⁾、CEA は

依然として脳卒中治療ガイドラインで Grade A の治療法である。他の治療法の発展により CEA の必要性が薄れたのではなく、むしろさらに安全な CEA が求められているといえる。

CEA の際に起こる術中神経損傷は、術後 QOL を大きく低下させる可能性があり、CAS や内科的治療にはみられない合併症である。当科では手技を工夫し普遍化することで、術者を限定せずに合併症の低減を目指している。当科で行っている手術手技および、合併症の発生率とその予

¹昭和大学江東豊洲病院 脳神経外科, ²昭和大学医学部 脳神経外科(受稿日 2015. 12. 28)(脱稿日 2016. 9. 25)[連絡先: 〒135-8577 東京都江東区豊洲 5-1-38 昭和大学江東豊洲病院 脳神経外科 藪崎 肇] [Address correspondence: Hajime YABUZAKI, M.D., Department of Neurosurgery, Showa University Koto-Toyosu Hospital, 5-1-38 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8577, Japan]

防のために心がけていることを報告する。

対象と方法

1997年1月-2013年6月末までに施設長が前任地である都立府中病院(1997年1月-2010年2月)、東京都立多摩総合医療センター(2010年3月-2012年3月)、昭和大学(2012年4月-2013年6月)において科長として主導したCEA累積641例(症候性316例、無症候性325例)をretrospectiveに検討した。嗄声、嚥下障害、舌偏位、顔面麻痺、感覚障害などの神経損傷を示唆する症状につき、退院時までには軽快したものを一過性障害、退院後も残存するものを後遺障害として頻度と持続期間を調査した。

また、術者をexpert(脳神経外科専門医取得後、施設長の指導のもとに10例以上のCEAを術者として施行し、施設長により指導的助手が可能と認められた術者)とtrainee(脳神経外科専門医取得前、または専門医取得後であっても統一された手技に習熟する前で指導的助手のもとで術者が可能な者)に分けた合併症頻度についても検討した。

手術方法

1. 統一された手技と術者教育について

当科で通常施行しているCEAにおける手技の詳細は以前にも報告しているが⁸⁾¹¹⁾²²⁾、術野を展開する工夫として最も特徴的なことは解剖学的構造に基づいた層ごとの剝離、糸を用いた組織の吊り上げにより、頸動脈をできるだけ引き出し術野を浅くすることである。これは手術操作を容易にするというメリットに加え、周囲の神経を頸動脈鞘によって隠すことができ、術中の神経損傷を予防するという点においても優れていると考えている。

また、traineeとして術者をする前に、まずは第1または第2助手として少なくとも10例以上経験して術野の展開、手術の流れを学ぶことや、術後のカンファレンスでどのように手術を行ったか、実際に手術の流れを口に出してプレゼンテーションを行い、手術の流れを体にしみこませるように理解していることをアピールすることが要求される。昭和大学ではさらに、この「お作法の習得」を目標として、術前にも手術の流れを術前検査の画像を提示しながら述べ、手術の流れを予測し把握していることを確認されたうえで手術に臨むことが要求される。

2. 神経損傷を予防するための手術手技について

続いて、実際の手技について述べていく。CEAの際に損傷され得る神経としては、大耳介神経、顔面神経、迷走神経、舌下神経、上喉頭神経などであり、それぞれの温存の際に注意している点について述べる。

1) 大耳介神経の温存

大耳介神経は、胸鎖乳突筋の後縁付近から出現、筋肉の上面でsuperficial cervical fascia内を走行し、下顎角、耳下腺付近や耳周囲の皮膚などに分布し、損傷されると分布する皮膚の感覚障害、耳痛などをきたすとされる²¹⁾。

皮膚切開線は、通常下顎角の1横指下方で胸鎖乳突筋の前縁に一致する点を同定し、この部分から胸鎖乳突筋の走行に沿ったstraight skin incisionとしている。高位病変(C2上端より上方まで血管の露出が必要なとき)の場合は、皮切を上方へ延長する。

大耳介神経は、創部の上方で胸鎖乳突筋の表面を外側下方へ走行することが多いため、術野の上方、筋層の上層で剝離をする際には、大耳介神経の走行に沿った方向に剝離を行い、神経を温存するように努める。胸鎖乳突筋の前縁で皮膚切開をおくと露出されないことも多い。

2) 顔面神経の温存

顔面神経はいくつかの分枝に分かれて顔面、下顎へ分枝するが、CEAの際に損傷され得るのは顔面神経の下顎枝(mandibular branch)であり、神経損傷により下口唇の永久麻痺をきたす。下顎枝は茎乳突孔から出て耳下腺の深葉と浅葉の間を通り前内側へ徐々に浅層を走行し、下口唇へ分布する¹⁰⁾。このため、耳下腺周囲の剝離操作や、術野拡大のため下顎にフックをかけ下顎を吊り上げる操作などにより、神経損傷が起こる懸念がある。下顎での神経損傷は糸を用いた吊り上げにより牽引を弱めることで予防できる。術野の上方の剝離を進めていくと、軟部組織の下で耳下腺の後縁が胸鎖乳突筋の前縁に重なるように露出する。この部位で胸鎖乳突筋の前縁から離れず、上方に剝離を進め、胸鎖乳突筋を外側に、耳下腺を内側に分けるようにして耳下腺に切り込まず、外側を剝離し軟部組織に糸をかけて吊り上げてしまうことで、神経損傷を予防できると思われる。

3) 迷走神経の温存

迷走神経は、頸部では頸動脈鞘の内部で総頸動脈の内側後方を走行している。迷走神経本幹の直接損傷はほとんどないと思われるが、声帯の運動を支配する分枝を損傷することで、声帯麻痺、嗄声をきたすことがあるとされる¹²⁾。しかし、この神経は直接術野に出てくず、凝固による熱刺激や牽引などどのような操作が神経損傷につながるのか、このメカニズムはまだ明らかになっていない部分もある。胸鎖乳突筋の前縁で疎な結合組織を剝離して深部へ進め、頸動脈鞘を露出する。ここでいう頸動脈鞘とは、総頸動脈と迷走神経を内包する結合組織である。神経損傷を防ぐために、頸動脈鞘を動脈の直上で観音開きに切開し、鞘

Fig. 1 An intra-operative image after carotid sheath dissection. The carotid sheath is incised and lifted using Nylon strings. The vagus nerve (white arrow) is hidden under the sheath. The hypoglossal nerve (black arrow) is covered with connective tissue and can be lifted by lifting the connective tissue if needed.

内に迷入せず最内層で剥離して血管を露出する。この操作により、迷走神経は頸動脈鞘内に存在する形になり、神経を損傷せずに手術を進めることができる。最内層と頸動脈の外膜の間は癒着が強く、頸動脈鞘を1層残してしまう場合がありますが注意する。観音開きにして頸動脈鞘を吊り上げた後、頸動脈の裏側は血管遮断や、血管テープをかける部位のみ剥離することも、神経損傷の予防のためには重要であると考えている。

4) 舌下神経の温存

舌下神経は内頸動脈の後外側を下降し内側下方へ向きを変え、内頸動脈と外頸動脈を横断するように走行する。下降部分-動脈を横走する付近でansa cervicalisを分枝し、この神経は内頸動脈の内側を内頸動脈に沿って下降する。CEAの術野を横断するように走行するため、舌下神経損傷の頻度が高いとする報告が多い。

手術中、舌下神経の損傷が起こり得る場面は、①頸動脈鞘露出の際の剥離中か、②plaque摘出の際に近傍の神経を損傷することのいずれかと思われる。①については、手技の工夫と解剖学的な理解の両面から予防を目指している。まず、頸動脈鞘の上にある軟部組織を剥離する際、下方から上方に向けて剥離を進め、はさみなどを用いてできるだけ組織を薄くし、下の組織からも少し持ち上げて確認し、内部に神経や血管などがいないことを確認してから切離している。さらに、舌下神経を同定する際の解剖学的な理解として、ansa cervicalisを上方へ追っていくという方法もあるが、分岐部を確認する前に舌下神経の末梢が露出されることもあるため、有効ではないことがある。むしろ外側上方から剥離を進め、digastric muscleをメルクマール

とする方法をよく用いる。digastric muscleの後腹から3-7 mm下方に舌下神経が存在しているとする報告があり¹⁾、下方から頸動脈分岐部付近まで剥離を進め、続けて上方から下方に向けて、はさみうちをするように軟部組織の剥離を深部に向けて進めると、舌下神経を安全に露出することができる。その後、頸動脈鞘を展開した後、頸動脈鞘を吊り上げる際に舌下神経を隠してしまう、もしくは舌下神経周囲の結合組織に糸をかけて舌下神経を下顎のほうへ移動させることで、②のplaque剥離操作中の損傷も予防している(**Fig. 1**)。ansa cervicalisが可動制限になる場合は、これを分岐部から少し離れた部位で切離してから舌下神経を吊り上げている。

5) 上喉頭神経の温存

上喉頭神経の外側枝は外頸動脈の裏面を下降し、上甲状腺動脈(superior thyroid artery: STA)の裏面を動脈に沿って走行している。この神経は輪状甲状筋を支配しており、神経損傷により、発声のピッチレンジが狭くなるなど声帯機能の低下をきたすとされる¹⁴⁾。

解剖学的特徴を踏まえると、外頸動脈、STA周囲の剥離操作を必要最小限に抑えることで神経損傷を予防できる。当科では、外頸動脈周囲は遮断のために血管鉗子をつける部位のみ剥離し、STA周囲も頸動脈鞘の内部で動脈分岐部付近のみ剥離操作を行うようにしている。

結 果

術後神経障害を示唆する所見を29例(3.1%)で認め、内訳は皮膚の感覚障害2例、顔面神経障害1例、舌偏位に嚥下障害を合併したもの7例、嚔声9例、嚥下障害4例、嚔

Table 1 Number of cases of cranial nerve injury

Neurological symptom	After surgery	After 3 months	After 1 year
Sensory impairment	2	2	2
Facial nerve disorder	1	0	0
Tongue deviation and dysphagia	7	3	3
Hoarseness	9	2	1
Dysphagia	4	1	0
Dysphagia and hoarseness	6	1	0
Total	29	9	6

Table 2 Frequency of cranial nerve injury

	Frequency	Evaluator	p value
Doig D, et al (ICSS) ⁵⁾	45/821 (5.5%)	Neurologist	0.29
Cunningham EJ, et al (ECST) ⁴⁾	88/1739 (5.1%)	Surgeon	0.47
Schauber MD, et al ¹⁷⁾	26/183 (14.2%)	Otolaryngologist	<.01
Ballotta E, et al ²⁾	25/200 (12.5%)	Neurologist and otolaryngologist	<.01

声に嚥下障害を合併したもの6例であった。術後3カ月まで残存を認めた後遺障害は9例(1.40%)で、術者はexpert 4例、trainee 5例であった。術後1年の時点では6例(0.9%)に神経症状を認め、内訳は感覚障害2例、舌偏位1例、舌偏位に嚥下障害を合併したもの2例、嚔声1例であった(**Table 1**)。術後4カ月以内に軽快しない場合、症状は持続していた。

術者の段階別に分けた結果としては、expert が施行した症例は324例でそのうち5例(1.5%)で後遺障害を認め、trainee が施行した症例は317例でそのうち4例(1.3%)で後遺障害を認めた。神経障害の発生頻度に術者の段階別に分けた有意差はなく($p>0.10$)、合併症を認めた症例で、特に解剖学的な anomaly や手術を困難にする全身状態などの問題は確認されなかった。

考 察

1. 神経損傷発生率について

CEA による神経損傷の頻度は報告により幅があるものの、1995 年以前の報告を合わせると 10.6%、1995 年以降の報告では 8.3% 程度とする横断研究がある¹⁶⁾。各報告をみると、評価者が耳鼻咽喉科医の場合は合併症率高め、神経科医が評価者である場合は低めの傾向があるが、おおむね神経損傷の頻度は 3-23% 程度と報告されている²⁾⁴⁾⁵⁾¹⁷⁾。これまでの文献報告と比較して、当科における CEA の神経損傷の頻度は同等もしくは有意に低いといえる結果で

あった(**Table 2**)。症例の半数程度は beginner が術者であることを考えると、手技による神経損傷予防効果、手術教育効果はきわめて高いものと思われる。

2. 手術手技と解剖学的構造について

CEA の際に損傷され得る神経として、大耳介神経、顔面神経、舌下神経、上喉頭神経、迷走神経などが報告されている²⁾⁴⁾⁵⁾¹⁷⁾。それぞれの報告ごとに合併症の発生率については当然差があるが、舌下神経障害の頻度が高いとされており、これは先述したように神経の走行上損傷されやすいためと考えられる。舌下神経の解剖学的特徴を検討した報告によると、後頭動脈が外頸動脈から分岐する部位より 7-9 mm 程度上方で横走する舌下神経がみられたとしているが¹⁷⁾、これは日本人よりさらに 1 椎体程度頸動脈分岐部の低い⁶⁾¹⁹⁾欧米人での調査によるものであることに注意する必要がある。頸動脈分岐部の位置については個人差・人種差が大きいため、筋肉をメルクマールにすることは合理的である。

頸動脈鞘内で手術を行うこと、必要な部位のみ剝離することなど、神経損傷の予防に特に有効と思われる手技は当科における手技の「お作法」の一部である。神経損傷の予防にも配慮した手技を統一し、手技に習熟することで、術者を限定しなくても良好な成績を出すことができると考えた。

3. 神経損傷と症状の関係について

症状として認められたものの多くは、嚔声または嚥下障害であった。これらは合併して生じることもあるが、嚔声のみを生じることもある。嚔声と嚥下障害を合併して生じる原因としては、舌下神経損傷が最も考えやすいが、これ以外に喉頭機能にかかわる迷走神経の障害によっても、嚔声と嚥下障害を生じる可能性がある。

また、嚔声のみを生じる場合には、症状の評価により、損傷神経の推定が可能である。

しかし、神経損傷以外に手術時の気管内挿管による声帯

麻痺，嗄声があることも注意する必要がある。

結 論

CEA における神経損傷を防ぐためには，解剖学的構造を理解し神経周囲の剝離を行うこと，糸を用いた組織の吊り上げによりできる限り神経を術野に露出せず頸動脈鞘の中で手術を行うこと，もしくは結合組織などで隠してしまうなどの工夫が効果を発揮していた。手術手技の工夫により，術者を expert に限定しなくても合併症率を低減できる可能性がある。

本論文の要旨は第 43 回日本脳卒中の外科学会(2014 年 3 月)にて発表した。

文 献

- 1) Bademci G, Yaşargil MG: Microsurgical anatomy of the hypoglossal nerve. *J Clin Neurosci* 13: 841-847, 2006
- 2) 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
- 3) Brott TG, Hobson RW 2nd, Howard G, *et al*: Stenting versus endarterectomy for treatment of carotid-artery stenosis. *N Engl J Med* 363: 11-23, 2010
- 4) Cunningham EJ, Bond R, Mayberg MR, *et al*: Risk of persistent cranial nerve injury after carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 101: 445-448, 2004
- 5) Doig D, Turner EL, Dobson J, *et al*: Incidence, Impact, and Predictors of Cranial Nerve Palsy and Hematoma following Carotid Endarterectomy in the International Carotid Stenting Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 48: 498-504, 2014
- 6) Gahremanpour A, Perin EC, Silva G: Carotid artery stenting versus endarterectomy: a systematic review. *Tex Heart Inst J* 39: 474-487, 2012
- 7) Halliday A, Mansfield A, Marro J, *et al*: Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomized controlled trial. *Lancet* 363: 1491-1502, 2004
- 8) 原 貴行, 水谷 徹, 湯山隆次, *ほか*: 頸部内頸動脈狭窄症に対する頸動脈内膜剝離術: 安全な手術を目指して工夫していること. *脳卒中の外科* 36: 355-360, 2008
- 9) 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 randomized controlled trial. *Lancet* 375: 985-997, 2010
- 10) 河田 了: 頸下部手術における顔面神経下顎縁枝の保護. *耳鼻臨床* 95: 874-875, 2002
- 11) 水谷 徹, 塩川芳昭, 寺本 明, *ほか*: ハイリスク症例の CEA. *NS NOW 脳虚血の外科* No. 6. 寺本 明, 新井 一, 塩川芳昭(編): メジカルビュー社, 東京, 2009, pp103-114
- 12) Myssiorek D: Recurrent laryngeal nerve paralysis: anatomy and etiology. *Otolaryngol Clin North Am* 37: 25-44, 2004
- 13) 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
- 14) Orestes MI, Chhetri DK: Superior laryngeal nerve injury: effects, clinical findings, prognosis, and management options. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 22: 439-443, 2014
- 15) Osborn GA: Diagnostic Cerebral Angiography, 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999, p62
- 16) Sajid MS, Vijaynagar B, Singh P, *et al*: Literature review of cranial nerve injuries during carotid endarterectomy. *Acta Chir Belg* 107: 25-28, 2007
- 17) Schaubert MD, Fontenelle LJ, Solomon JW, *et al*: Cranial/cervical nerve dysfunction after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 25: 481-487, 1997
- 18) SPACE Collaborative Group Ringleb PA, Allenberg J, *et al*: 30 day results from the SPACE trial of stent-protected angioplasty versus carotid endarterectomy in symptomatic patients: a randomized non-inferiority trial. *Lancet* 368: 1239-1247, 2006
- 19) 豊田章宏, 島 健, 西田正博, *ほか*: 頸動脈分岐部の放射線学的検討—邦人とハンガリー人の比較. *脳神経* 49: 633-637, 1997
- 20) Walker MD, Marler JR, Goldstein M, *et al*: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: *JAMA* 273: 1421-1428, 1995
- 21) Yang HM, Kim HJ, Hu KS: Anatomic and histological study of great auricular nerve and its clinical implication. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 68: 230-236, 2015
- 22) 吉野正紀, 水谷 徹, 湯山隆次, *ほか*: 安全に CEA を施行するために—手術手技, 周術期管理, 術者養成の検討. *脳卒中の外科* 39: 257-261, 2011