

頸動脈内膜剝離術の適応と手術手技

宇野 昌明^{1,2} 永廣 信治²

要 旨：症候性、無症候性頸動脈狭窄症に対する頸動脈内膜剝離術の手術適応を randomized study の結果を踏まえて概説した。症候性は 50% 以上、無症候性は 60% 以上の狭窄に対して手術適応があるが、とくに無症候性の症例については適応を慎重に決定する必要がある。手術手技についての各工程で解剖を熟知したうえで手術上の注意点を概説した。最後に症候性頸動脈狭窄症では発症 2 週間以内に施行すべきことを述べた。 (J Jpn Coll Angiol, 2010, 50: 303-308)

Key words: carotid endarterectomy, surgical indication, surgical technique, surgical timing

はじめに

頸動脈狭窄症に対する頸動脈内膜剝離術(以下 CEA)の効果は欧米で行われた randomized study で統計学的に証明され、これに基づいて本邦でも多くの CEA が施行されている。この論文では現在までの頸動脈狭窄症に対する手術適応とわれわれが行っている手術手技について概説し、文献的考察を加える。

頸動脈狭窄症に対する手術適応

1) 無症候性頸動脈狭窄症

① Randomized study による手術適応の決定

現在までに米国を中心に 3 つの class I の prospective study¹⁻³⁾と 2 つのそれ以外の prospective study が行われている^{4,5)}。Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study (ACAS) では¹⁾60% 以上の狭窄率を示す症例は medical 群より有意に脳卒中を予防した(5.1% vs 11.0% / 5 years, p=0.004)。しかしその絶対危険率の低下は 5.9% と低く、number needed to treat (NNT) も 17 であることに注意すべきであろう。また sub-analysis では女性には CEA の効果がなく、反対側の内頸動脈が閉塞している無症候性頸動脈狭窄症でも CEA の予防的効果はないことが示されている。Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST) では²⁾3120 例を

immediate CEA 群と deferral CEA 群(CEA を行わず medication でしばらく様子を見る群)に randomized した結果、5 年間の脳卒中発生率は immediate CEA 群が 6.4%、deferral CEA 群が 11.8% と有意に immediate CEA 群のほうが良かった。またこの解析では男性、女性とも 74 歳以下、狭窄率が 70% 以上の症例において上記の benefit を認めたと報告された。ACAS と ACST の両方の結果を分析した結果でも CEA の効果が認められた²⁾。

以上から米国神経学会は無症候性頸動脈狭窄症例において、1) 年齢が 40~75 歳、2) 狭窄率が 60~99% の症例では CEA を考慮してよい、との recommendation を出している⁶⁾。ただし患者が 5 年以上の生存の可能性があり、かつ施設の CEA の合併症率が 3% 未満であることが条件となっている。しかし 3% 未満を維持することは非常に難しく、自験例 180 例(1976 年から 2008 年までの施行)の morbidity & mortality は 3.3% であり、全体では水準を満たさない(**Table 1**)。しかし、最近の 100 例では 2.0% となり、基準をようやくクリアしているのが現実であった。ゆえに最近では無症候性頸動脈狭窄例ではより狭窄度が重度の症例を適応とする報告が多くなり、ヨーロッパ血管外科学会のガイドラインでは狭窄率が 70% 以上を適応としている⁷⁾。本邦でも多くの施設では無症候性の場合、60% 狭窄では経過を観察し、次項で述べるような状態である症例に対して CEA を考慮している。

¹⁾川崎医科大学脳神経外科

²⁾徳島大学脳神経外科

2009 年 7 月 17 日受付 2010 年 2 月 12 日受理

② Randomized study には示されない手術適応

a) 狭窄が進行する症例

経過観察中の無症候性頸動脈狭窄で狭窄が進行した症例はしなかった症例より有意に stroke を発生しやすいとされている⁸⁾。本邦で施行された JACS 研究でも狭窄進行例は stroke の発生率が高いことが認められた⁹⁾。しかし狭窄が進行する症例で有意な risk factor は認められていない¹⁰⁾。以上から無症候性狭窄例で best medication 下に観察している症例でも狭窄が進行する症例は積極的に血行再建を考慮してよいと思われる。

b) 不安定プラークと判断された症例

プラーク表面の irregularity や潰瘍形成症例, エコー上可動性を示すような不安定なプラークでは stroke risk が高いことが報告され^{10, 11)}, 積極的に CEA を行うべきであると考えられている。頸動脈エコーでは B-モード断層法のみでなく, カラー Doppler 法やパワード Doppler 法を組み合わせることで評価を行う必要がある¹²⁾。

最近ではプラークの性状を black blood MRI により判定した報告がなされている。Screening として MRA の time of flight (TOF) の原画像や 3D gradient-echo BB 法で hyperintensity を示す内頸動脈¹³⁾や T1 強調画像が hyperintensity を示す場合は vulnerable plaque (lipid necrotic core あるいは intraplaque hemorrhage) であるとされている^{14, 15)}。

2) 症候性頸動脈狭窄症に対する手術適応

北米で行われた NASCET¹⁶⁾, ヨーロッパで行われた ECST¹⁷⁾では, それぞれ 2885 人, 3024 人が登録された。狭窄度の測定方法が異なる点はあるが, 何れの study も頸動脈狭窄が 70%以上で medical 群より CEA 群のほうが脳梗塞の予防効果があったことを示した。NASCET では 70%以上の狭窄例では CEA 群は medical 群より 2 年で 17%の絶対危険率の低下を認め, NNT はわずか 6 であったことを示した。その後の解析で 50~69%の狭窄例でも 5 年で 6.5%の絶対危険率の低下を認め, medical 群より有意に効果があった(p=0.045)が NNT は 15.4 と多くの症例が必要となった。50%未満の狭窄率の症例に対しては CEA の効果を認めなかった¹⁸⁾。ECST では 70%以上の狭窄例では CEA の効果を認めしたが, 70%未満の症例では CEA の効果を認めなかった¹⁷⁾。これらの研究参加施設の CEA の perioperative stroke and death は NASCET で 5.8%, ECST で 5.6%と低く, CEA の効果を示すためには, このような高い手術技術が必要であるとした^{18, 19)}。自験例 280 例の成績では morbidity & mortality は 4.2%

Table 1 Surgical result in patients with asymptomatic and symptomatic carotid artery stenosis

	Mortality	Morbidity	Total
Asymptomatic (N=180)	2.2%	1.1%	3.3%
Symptomatic (N=280)	1.7%	2.5%	4.2%

N; number of patients

であり, 上記の基準を満たしていた(**Table 1**)。

一方, near occlusion の症例では, 術後 2 年までは絶対危険率の低下は 5.6%と有意に効果を認めしたが, 5 年では -1.7%と逆に CEA の効果を示さないとの結果が出た²⁰⁾。Near occlusion に対する CEA については慎重な適応決定が必要である。

以上から, 米国神経学会は症候性頸動脈狭窄症に対する CEA について, 1) 発症 6 か月以内の症候性 ICA 狭窄症で 70~99%狭窄に対しては Level A で有効である, 2) 50%未満の症例には CEA は施行すべきでない(Level A), 3) 50~69%の狭窄例では CEA を考慮してもよい(Level B) とした⁶⁾。ただし, この CEA の効果は患者が 5 年以上の生存の可能性があり, 施行施設の CEA 合併症率が 6%未満であることが条件となっている。

手術手技

施設により若干の手術手技の違いがあるが, ここではわれわれの施設での手術手技を概説する^{21, 22)}。手術は全身麻酔下に頸部を健側に 45~60 度以上傾け, 肩, および首の下に枕をいれ, 頸部をできるだけ上方に伸展させる。皮切は胸鎖乳突筋前縁で総頸動脈分岐部を中心に S 字状に 8~10 cm 切開する(**Fig. 1**)。胸鎖乳突筋上方の筋膜上に耳介に分布する大耳介神経が走行するが, できるだけ周囲組織と遊離させ, 残すようにする。やむを得ず切断した場合には術後耳介や耳介後部の感覚障害が出現する。内頸静脈を露出し, 術野にある 1~2 本の顔面静脈は結紮切断する。この直下を剝離していくと総頸動脈, 総頸動脈分岐部, 内頸動脈, 外頸動脈がみえてくる。舌下神経の見つけ方はこれらの動脈表層を走行する頸神経を頭側にたどり, 舌下神経との合流部を見つけるか, 脂肪層を剝離して, 顎二腹筋後腹を見つけ, その深層直下にある舌下神経を確認する方法がある。

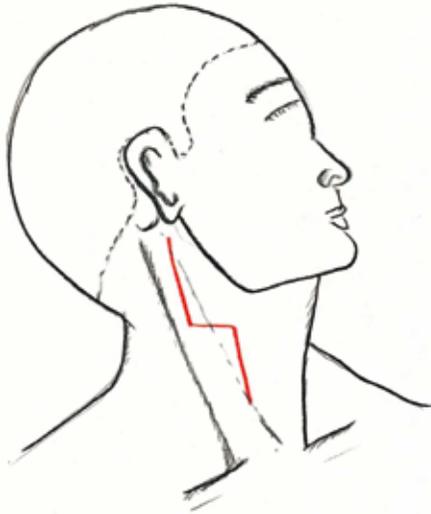


Figure 1 Skin incision.
S-shaped skin incision is performed along to the anterior margin of Sternocleidomastoid muscle.

内頸動脈を剥離するときに、まれに迷走神経が内頸動脈の表層を走行することがあり(wandering vagus)²³⁾、頸神経わなと見誤ることがあるので注意を要する。また1%の例で上行咽頭動脈が総頸動脈分岐部深層あるいは内頸動脈起始部深層より分岐し、動脈切開後の思わぬ出血の原因となるので、術前の動脈撮影あるいは3D-CTAなどでよく確認しておく必要がある²⁴⁾。また迷走神経から分岐した上喉頭神経が内頸動脈、外頸動脈の深層直下を走行し、上甲状腺動脈分岐部深層を走り、喉頭に分布する。これを内頸動脈、外頸動脈、上甲状腺動脈確保の際傷つけると、術後の嚔声や嚥下障害が出現するので注意が必要である。

高位(頭側)狭窄に対するCEAを施行する際、経鼻挿管を行い、下顎と胸鎖乳突筋前縁でできる角をより開くことで、内頸動脈のより頭側が直視下におけ、確保しやすくなる^{21, 22)}。また舌下神経が剥離の際に障害となるときは、舌下神経周囲を剥離し、より頭側に移行できると、内頸動脈遠位部が確保できる。内頸動脈をより末梢で確保したいときは胸鎖乳突筋動脈と後頭動脈を起始部で切断し、頸神経わなを舌下神経の起始部から5 mmぐらいのところで切断する。そしてこの頸神経わなの断端をピンセットで把持し、舌下神経の裏側の結合組織を内頸動脈周囲から剥離し、舌下神経を頭側に移行できる(Fig. 2)^{21, 22, 25)}。

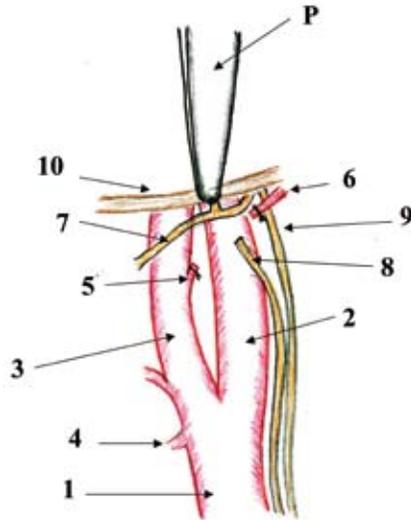


Figure 2 Dissection of the distal side of internal carotid artery in patients with high position stenosis.

Occipital artery and Sternocleidomastoid artery are cut and Ansa cervicalis is also cut at the 5 mm distal side from hypoglossal nerve and hypoglossal nerve is elevated by pincette. Then distal side of internal carotid artery can be dissected.

1: common carotid artery, 2: internal carotid artery, 3: external carotid artery, 4: superior thyroid artery, 5: occipital artery (cut), 6: distal side of occipital artery (cut), 7: hypoglossal nerve, 8: Ansa cervicalis (cut), 9: vagus nerve, 10: digastric muscle, P: pincette

過去のCEA手術の経験上、第2椎体上縁までの剥離は十分可能であったことより、この高さでの後頭動脈の剥離は可能であり、内頸動脈の狭窄が後頭動脈と「クロス」する位置より心臓側にある場合は前述の方法でCEAは可能であると判断し、実際の症例でもすべて可能であった²⁵⁾。

われわれは somatosensory evoked potentials(SEP), transcranial Doppler(TCD), near infra-red spectroscopy(NIRS)を術中モニターとして使用している。まずヘパリンを5 cc 静脈内投与し、3分間の内頸動脈遮断を行い、モニターの変化をみる。SEPが変化しないときや、TCDの流速が40~50%程度以上残存する場合は内シャントは使用しない。またSEPのamplitudeが50%以下になる場合は原則として内シャントを使用する。動脈切開は総頸動脈から内頸動脈に切り進む。アテロームを一体として切除する方法もあるが、われわれは内腔まで切開してプラークを切り進むようにしている。内頸動脈末梢のプラークの処理がCEAの最大のポイントである。プラークの層と血管中膜層がきれいに分離できることもあるが、

その移行部がわかりにくい場合はプラークがなくなった段階で専用ののはさみやマイクロのはさみを使用してプラークを鋭利に切断する。もし intimal flap ができた場合は 7-0 プロリンを使用して stay suture を行う。CEA 施行中の ACT は縫合終了まで 250 秒前後を保つようにしておき、200 秒以下の場合にはヘパリンを追加する。

血管縫合ではわれわれはヘマシールドパッチ®を使用して縫合している^{21, 22)}。ヘマシールドは縫合を要する長さより 2~3 mm 長く切断し、内頸動脈側に 6-0 プロリンで 2 針アンカーを置き、総頸動脈側に 1 針まず縫合する。内頸動脈側より片側を連続縫合し、総頸動脈側まで縫合する。ついでもう一方の内頸動脈末梢側から連続縫合し、中央まで縫合する。ついで総頸動脈側から中央まで反対回りで連続縫合する。縫合部の針穴からの血液の漏れは圧迫止血でほとんどとまるが縫合の隙間からの漏れに対しては追加縫合を行い止血を完全にする。

手術の timing について

2004 年に Lancet に発表された解析結果では²⁶⁾、症候性頸動脈狭窄症に対して、CEA の有効性は最後の症状発症から 2 週以内が最も高かった。すなわち TIA や nondisabling stroke で発生した頸動脈狭窄症患者は早期に再発が起こりやすく、発生から 2 週間以内に CEA を施行するほうがより benefit が高いことが示された。この benefit は男性より女性のほうが顕著であった²⁷⁾。この報告から、従来は慢性期(発生から 1 カ月以上)に施行されていた CEA の手術はできるだけ早く施行すべきと考えられる。われわれは最終発作から 4 週間以内に施行した CEA 症例ではそれ以降に施行した症例群より vulnerable plaque が有意に多く、かつ血中およびプラーク中の酸化 LDL が高値であることを報告し、プラークの性状、酸化ストレスの観点からも早期の手術が望ましいことを示した²⁸⁾。

CEA か CAS か?

CEA の high risk 患者に対する頸動脈ステント留置術(CAS)の効果について有意差はないものの CEA より予後は良好であることが示された²⁹⁾。しかし症候性頸動脈狭窄症に対する現在までの CEA と CAS の randomized study 成績を比較すると、CAS の有効性は示されていない^{30, 31)}。ゆえに CEA high risk の症例以外は CEA による治療を第一選択とすべきであろう。また無症候性頸動脈狭窄症に対しても CAS の有効性を示した randomized study はな

Table 2 Surgical result of CEA and CAS in patients with symptomatic carotid artery stenosis

	CEA (N=49)	CAS (N=15)
Mortality	0%	0%
Morbidity	0%	6.7% (1/15) Cerebral infarction

N; number of patients

Table 3 Surgical result of CEA and CAS in patients with asymptomatic carotid artery stenosis

	CEA (N=32)	CAS (N=17)
Mortality	0%	5.9% (1/17) AAA rupture after CABG
Morbidity	0%	0%

N; number of patients, AAA; abdominal aortic aneurysm, CABG; coronary artery bypass grafting

く、今後の検討が待たれる。

当施設では CEA を第一選択として CEA high risk の症例に対して CAS を行ってきた。過去 5 年間の CEA 81 例と CAS 32 例を症候性と無症候性に分けて検討した(**Table 2, 3**)。その結果、high risk 症例を CAS に振り分けたことにより、CEA の mortality & morbidity は症候性、無症候性とも 0 となった。また CAS は high risk の患者にもかかわらず症候性でのそれは 6.7%、無症候性では 5.9%とまずまずの結果であった。CEA と CAS は対立した治療法ではなく、適応基準に沿った症例を丁寧に行えば両治療法とも良好な結果を示した。

おわりに

欧米を中心に行われた prospective randomized study の結果に基づいた CEA の手術適応について解説した。この結果で重要な点は施設での CEA 合併症率が極めて低いことが条件になっていることである。したがってこれらの結果がすべて、日本の各施設での手術適応とはならない。自施設での成績を十分検討しなければ、これらのデータは使えないことを念頭に置くべきであろう。また欧米に比べて本邦では 1 人の外科医が担当する CEA の数は非常に少ない。手術に際しては解剖を熟知して 1 例 1 例の手術を大切に行う必要がある。

文 献

- 1) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA*, 1995, **273**: 1421–1428.
- 2) Halliday A, Mansfield A, Marro J et al: Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial. *Lancet*, 2004, **363**: 1491–1502.
- 3) Hobson RW 2nd, Weiss DG, Fields WS et al: Efficacy of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis. The Veterans Affairs Cooperative Study Group. *N Engl J Med*, 1993, **328**: 221–227.
- 4) The CASANOVA Study Group: Carotid surgery versus medical therapy in asymptomatic carotid stenosis. *Stroke*, 1991, **22**: 1229–1235.
- 5) Mayo Asymptomatic Carotid Endarterectomy Study Group: Results of a randomized controlled trial of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis. *Mayo Clin Proc*, 1992, **67**: 513–518.
- 6) Chaturvedi S, Bruno A, Feasby T et al: Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology Carotid endarterectomy-an evidence-based review: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 2005, **65**: 794–801.
- 7) Liapis CD, Bell PR, Mikhailidis D, ESVS Guidelines Collaborators: ESVS guidelines. Invasive treatment for carotid stenosis: indications, techniques. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2009, **37**: 1–19.
- 8) Muluk SC, Muluk VS, Sugimot H et al: Progression of Asymptomatic carotid stenosis: a natural history study in 1004 patients. *J Vasc Surg*, 1999, **29**: 208–216.
- 9) 桑山直也, 遠藤俊郎, JCAS 研究グループ: 本邦における内頸動脈狭窄治療の現状 (JCAS から). *脳神経外科ジャーナル*, 2007, **16**: 342.
- 10) Fisher M, Paganini-Hill A, Martin A et al: Carotid plaque pathology: thrombosis, ulceration, and stroke pathogenesis. *Stroke*, 2005, **36**: 253–257.
- 11) 久米伸治, 日比野誠一郎, 小林益樹 他: Jellyfish sign (内頸動脈可動性 plaque) の病理とその臨床像. *Neurosonology*, 2007, **20**: 21–24.
- 12) 松本典子, 木村和美: 脳血管障害急性期の超音波診断. *分子脳血管病*, 2007, **6**: 433–446.
- 13) 遠藤英樹, 吉田和道, 黒崎義隆 他: Screening black-blood MRI によるプラーク内出血の検出. *No Shinkei Geka*, 2009, **37**: 249–253.
- 14) Saam T, Hatsukami TS, Takaya N et al: The vulnerable, or high-risk, atherosclerotic plaque: noninvasive MR imaging for characterization and assessment. *Radiology*, 2007, **244**: 64–77.
- 15) Yoshida K, Narumi O, Chin M et al: Characterization of carotid atherosclerosis and detection of soft plaque with use of black-blood MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, **29**: 868–874.
- 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) European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group, MRC European Carotid Surgery Trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70–99%, or with mild (0–29%, carotid stenosis. *Lancet*, 1991, **337**: 1235–1243.
- 18) Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M et al: Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med*, 1998, **339**: 1415–1425.
- 19) Moore WS, Barnett HJ, Beebe HG et al: Guidelines for carotid endarterectomy, A multidisciplinary consensus statement from the Ad Hoc Committee, American Heart Association. *Stroke*, 1995, **26**: 188–201.
- 20) Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA et al: Carotid Endarterectomy Trialists' Collaboration. Analysis of pooled data from the randomised controlled trials of endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. *Lancet*, 2003, **361**: 107–116.
- 21) 宇野昌明, 鈴江淳彦, 西 京子 他: CEA に必要な微小解剖. 顕微鏡下手術のための脳神経外科解剖 XVII. 一脳血管性病変手術のための外科解剖一. 第 18 回微小脳神経外科解剖セミナー講演集 (詠田眞治編), サイエンス・パブリケーションズ, 東京, 2005, 106–111.
- 22) 宇野昌明: 頸動脈内膜剝離術. *Carotid endarterectomy (CEA)*. *脳神経外科速報*, 2007, **17**: 410–417.
- 23) Sundt TM: Surgical and functional anatomy of the carotid triangle. In *Occlusive cerebrovascular disease. Diagnosis and surgical management*. Sundt TM, Philadelphia, WB Saunders Co., 1987, 173–181.
- 24) Wei CJ, Chang FC, Chiou SY et al: Aberrant ascending pharyngeal artery mimicking a partially occluded internal carotid artery. *J Neuroimaging*, 2004, **14**: 67–70.
- 25) 宇野昌明, 鈴江淳彦, 西 京子 他: 高位頸動脈狭窄病変に対する CEA —後頭動脈と狭窄の高さとの検討—. *脳卒中の外科*, 2003, **31**: 61–66.
- 26) Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA et al: Carotid Endart-

- erectomy Trialists Collaboration. Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery. *Lancet*, 2004, **363**: 915–924.
- 27) Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA et al: Sex difference in the effect of time from symptoms to surgery on benefit from carotid endarterectomy for transient ischemic attack and nondisabling stroke. *Stroke*, 2004, **35**: 2855–2861.
- 28) Suzue A, Uno M, Kitazato TK et al: Comparison between early and late carotid endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to oxidized LDL and plaque vulnerability. *J Vasc Surg*, 2007, **46**: 870–875.
- 29) Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE et al: Stenting and Angioplasty with Protection in Patients at High Risk for Endarterectomy Investigators: Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med*, 2004, **351**: 1493–1501.
- 30) Mas JL, Chatellier G, Beyssen B et al, EVA-3S Investigators: Endarterectomy versus stenting in patients with symptomatic severe carotid stenosis. *N Engl J Med*, 2006, **355**: 1660–1671.
- 31) SPACE Collaborative Group, Ringleb PA, Allenberg J, Brückmann H et al: 30 day results from the SPACE trial of stent-protected angioplasty versus carotid endarterectomy in symptomatic patients: a randomised non-inferiority trial. *Lancet*, 2006, **368**: 1239–1247.

Surgical Indication and Technique for Patients with Carotid Artery Stenosis

Masaaki Uno^{1,2} and Shinji Nagahiro²

¹Department of Neurosurgery, Kawasaki Medical School, Okayama, Japan

²Department of Neurosurgery, The University of Tokushima, Tokushima, Japan

Key words: carotid endarterectomy, surgical indication, surgical technique, surgical timing

Carotid endarterectomy (CEA) is recommended in symptomatic patients with > 50% stenosis if the perioperative stroke/death rate is < 6%, preferably within 2 weeks of the patient's last symptoms. CEA is also recommended in asymptomatic patients with > 60% stenosis if the perioperative stroke/death rate is < 3%.

We provide an outline of CEA technique under the anatomical findings, including high position stenosis. Carotid patch angioplasty is preferable technique to primary closure. For the present, carotid artery stenting should be performed only in patients at high-risk for CEA. (J Jpn Coll Angiol, 2010, **50**: 303–308)