原著

内頸動脈閉塞試験の合併症

—119 例の経験から—

勝間田 篤 杉 生 憲 志 佐々原 渉 渡 邊 恭 一
西 田 あゆみ 日 下 昇 徳 永 浩 司 伊 達 勲

Complication of Temporary Balloon Test Occlusion of the Internal Carotid Artery : Experience in 119 Cases

by

Atsushi Katsumata, M.D., Kenji Sugiu, M.D., Wataru Sasahara, M.D., Kyoichi Watanabe, M.D.,
Ayumi Nishida, M.D., Noboru Kusaka, M.D., Koji Tokunaga, M.D., and Isao Date, M.D.

from

Department of Neurological Surgery, Okayama University Medical School

Currently, temporary balloon test occlusion (BTO) of the internal carotid artery (ICA) has become a well accepted procedure in the preoperative evaluation of patients with large aneurysm or tumor involving the neck or skull base in whom arterial sacrifice or prolonged temporary occlusion is considered. In this paper we review our experience with 119 cases of BTO and evaluate the associated techniques and complications.

BTO of the ICA was accomplished endovascularly using triple-lumen balloon catheter. After ICA occlusion using the balloon, the patient's neurological status was assessed and monitored continuously throughout 30 minutes. When the patient showed neurological changes, BTO was immediately stopped.

Complication related to this procedure occurred in 5 (4.2%) patients. Two (1.7%) patients had symptomatic and three (2.5%) had asymptomatic complications. One (0.8%) of these was a permanent neurological deficit due to ICA dissection caused by the balloon catheter. The other (0.8%) was embolic M2 occlusion resulted in transient neurological deficit. There were no death related this procedure.

BTO of the ICA can be performed with an acceptable low complication rate, however, it should be performed by the experienced hand and under strict indication.

(Received December 22, 2003 ; accepted March 1, 2004)

Key words : internal carotid artery, balloon test occlusion, complication, aneurysm, tumor
Jpn J Neurosurg (Tokyo) 13 : 572-577, 2004

はじめに

巨大脳動脈瘤や、頭蓋底腫瘍等の治療にあたり、脳主幹動脈の血行遮断が必要となることがある。そのような場合、親動脈の一時遮断ないし永久遮断によって生ずる遠位部の局所的脳虚血に対して、脳組織が耐えられるか

否かを術前にあらかじめ評価しておくことが安全な治療を行ううえで重要である。頭頸部の主要血管の閉塞試験は、Matas が用手的圧迫による手技を報告したことに始まる。その後はバルーンカテーテルを用いた balloon test occlusion (BTO) が主流となり、現在でも、主幹動脈の一時遮断ないし永久閉塞の可否を評価する術前検査とし

岡山大学医学部脳神経外科／〒700-8558 岡山市鹿田町 2-5-1〔連絡先：杉生憲志〕

Address reprint requests to: Kenji Sugiu, M.D., Department of Neurological Surgery, Okayama University Medical School, 2-5-1 Shikata-cho, Okayama-shi, Okayama 700-8558, Japan

て重要な検査であり、広く行われているが¹⁾⁴⁾⁵⁾、本検査の有用性、合併症等に関する報告は少ない¹⁰⁾。

今回われわれは、当院で行われた頸部および脳主幹動脈の閉塞試験の中で、頸部内頸動脈の BTO 施行症例について、特にその合併症に関して検討を行ったので文献的考察を加え報告する。

対象および方法

対象は、1991 年 5 月～2003 年 5 月までに頸部内頸動脈の BTO を施行した 119 例（121 血管）について神経症状の出現の有無、出現時間、および合併症について検討した。年齢は 21～82 歳、平均 55.5 歳で、男性 53 例、女性 66 例であった。これらはすべて病変に対する外科的治療の中で、内頸動脈の術中一時遮断あるいは永久的閉塞が必要となる可能性がある症例であった。

疾患の内訳は、内頸動脈瘤 58 例（うち 1 例が両側性）、頭頸部腫瘍 38 例、内頸動脈狭窄 13 例、外傷性内頸動脈海綿静脈洞瘻（CCF）が 10 例（うち 1 例が両側性）であった。

BTO は全例局所麻酔下にて行われた。まず、コントロールの神経学的所見をとった後、右大腿動脈に 6F のシースを留置し通常の診断造影を行った。その際に患側頸動脈の用手的圧迫にて対側および椎骨動脈系からの側副血行の確認を行った。この後に、4,000～5,000 単位の全身へパリン化を行い、activated clotting time (ACT) を 2.0～3.0 倍に保つようにし、5.5F triple lumen のセレコンマルチカテーテル（クリニカル・サプライ社）を内頸動脈起始部まで誘導、造影剤で血流を確認しながらバルーンを拡張し、閉塞テストを開始した。閉塞中のモニタリングとして神経症状は全例で、さらに症例に応じて stump pressure、脳波、SEP (somatosensory evoked potential)、ABR (auditory brainstem response) を使用した。閉塞 20 分後にニカルジピン 1～2 mg の静脈注入を行い、20% の血圧低下、あるいは収縮期血圧が 100 mmHg 前後となるよう低血圧負荷を加えた。計 30 分間の閉塞テストを行った後に、バルーン閉塞を解除し終了した。

判定は、バルーン閉塞中に神経症状が出現したものを陽性、出現しなかったものを陰性とし、症状が出た場合には直ちにバルーンを解除しテストを終了した。また、内頸動脈を永久閉塞する可能性が高い症例については続けて^{99m}Tc-HMPAO を用いてのバルーン閉塞下での SPECT を施行し、虚血の範囲、程度を評価した。

Fig. 1 Intolerant cases and its occlusion time

Occlusion time of positive cases before new neurologic deficit developed. Sixteen of 26 cases had deficits appearing within 10 seconds at normotension. Two patients had deficits after induced hypotension.

結 果

BTO を予定した 121 血管中 120 血管で閉塞試験を施行できたが、1 血管で合併症のためテストを行うことができなかった（症例 1）。テスト陰性は 94 血管、テスト陽性が 26 血管であった。陽性例のうち 24 例では閉塞開始数秒～7 分以内に神経学的症状が出現したが、閉塞開始 10 秒以内に神経学的症状が出現した例が多く、ほとんどが 1 分以内であった。残る 2 例では、閉塞から 20 分後のニカルジピンによる低血圧負荷直後に片麻痺、意識障害を生じ陽性と判断された（Fig. 1）。陽性例では、診断造影における頸動脈の用手圧迫下の頸動脈造影で、ウィリス動脈輪を介する側副血行が乏しい傾向が認められたが、造影の所見から予想されるテスト結果を示さない例もみられた。

合併症は 5 例（4.2%）で認められた。症候性の合併症を呈したのは 2 例（1.7%）であった。うち 1 例（症例 1）は、左半球の広範囲の脳梗塞をきたしたもので、1 例（症例 2）は一過性の神経脱落症状を認めた例である。無症候性の合併症を認めたものは 3 例（2.5%）であった。1 例は、バルーンカテーテルをシースより挿入し大動脈内を上行させていく際に腹部大動脈を損傷（無症候性血管解離）したため当日の閉塞テストを行うことができず、2 週間後に施行した。2 例でバルーンを拡張させた部位に一致して内頸動脈の無症候性血管攣縮を認めたが、同部の血管解離や急性閉塞はきたさなかった。今回のテストによる死亡例は認めなかった。

また、BTO を施行した後に、当該血管の永久閉塞を施行したものは 12 例であり、うち 3 例で虚血性合併症を

Fig. 2 Left internal carotid (IC)-ophthalmic aneurysm : 64-year-old woman

A : Left internal carotid angiogram shows large aneurysm.

B : Angiogram after patient became unconscious and right hemiparesis shows occlusion of anterior cerebral artery (ACA), middle cerebral artery (MCA), and posterior cerebral artery (PCA).

C : Final plain CT scan shows massive infarction of left hemisphere.

認めた。内訳は症候性脳梗塞、術後 CT で発見された無症候性脳梗塞、一過性の名称失語がそれぞれ 1 例で、これら 3 例はいずれも BTO 陰性例であったが、バルーン閉塞下での SPECT で閉塞側の血流低下を示していた。

症例呈示

【症例 1】64 歳、女性

視力・視野障害の精査で左内頸動脈眼動脈部分岐部動脈瘤を認め (Fig. 2A), 手術目的で当科紹介となった。手術に先立ち BTO が予定された。診断造影の後、バルーンカテーテルの挿入を試みたが、大動脈弓から左内頸動脈へかけての屈曲蛇行が高度で、カテーテルを送り込むのに苦労し時間を要した。ようやくバルーンカテーテルを左内頸動脈に留置した直後に、意識障害、右片麻痺を生じ、患側の前大脳動脈、中大脳動脈、後大脳動脈の閉塞を認めた (Fig. 2B)。血栓溶解術を行ったものの、左大脳半球に広範な梗塞巣を生じ (Fig. 2C)、右片麻痺、運動性優位の失語が残存した。その後リハビリテーションを行っていたが、約 8 カ月後に未治療の動脈瘤の破裂と考えられるクモ膜下出血をきたし死亡した。

【症例 2】61 歳、女性

健忘を自覚して来院。精査にて左内頸動脈上下垂体動脈分岐部動脈瘤を認めた (Fig. 3A,B)。手術に先立ち BTO が行われた。バルーン閉塞後約 10 秒で右片麻痺、意識レベルの低下を生じたため直ちにバルーンを解除し

た。神経脱落症状は数分間かかって回復した。この時点で確認の造影を行ったところ、中大脳動脈 (M2) の 1 本の閉塞を認めた (Fig. 3C)。塞栓性合併症と判断し血栓溶解術を試みたが、再開通は得られなかった。閉塞部より末梢部の側副血行は良好で、神経症状も完全に回復していたことから手技を終了した。その後新たな症状が出現することなく、MRI 上も梗塞巣の出現は認められなかった (Fig. 3D)。検査 1 週後に予定通り開頭術が行われたが、結果的に動脈瘤は extra-dural に存在しクリッピング術を行うことなく閉頭した。手術による合併症はなく、元気に退院した。

考 察

内頸動脈の一時遮断および永久閉塞を行うに際して問題となるのは遮断中、遮断後の脳虚血であり、手術に先立つ BTO は不可欠といえるが、本検査の合併症等に関する報告は少ない¹⁰⁾。今回のシリーズでは 119 例に対する BTO のうち 5 例 (4.2%) に合併症が生じた。うち 2 例 (1.7%) が症候性であり、3 例 (2.5%) が無症候性であった。症候性のうち、1 例 (0.8%) が恒久的合併症であり、バルーンカテーテルを内頸動脈に挿入する際に意識障害、片麻痺を生じ、広範な脳梗塞をきたした。この例ではバルーンカテーテル挿入直後に症状が生じており、カテーテル操作に伴う合併症と考えられた。動脈硬化による大動脈弓から左内頸動脈にかけての屈曲蛇行が

A|B|C
D

Fig. 3 Left IC-superior hypophysial aneurysm : 61-year-old woman

A : Anteroposterior view shows IC aneurysm projecting medially.

B : Lateral view.

C : Angiogram after patient became unconscious and right hemiparesis shows occlusion of MCA (M2).

D : T2-weighted magnetic resonance image after BTO demonstrates no abnormalities.

高度で、カテーテル挿入に際して非常に苦勞し、カテーテルが左内頸動脈起始部付近に挿入されたときに血管解離を起こしたものと考えている。バルーンカテーテルは構造上、通常使用している診断カテーテルよりも、操作性が悪く注意が必要である。また先端にバルーンがあるため、蒸気による先端形状変更に制限がある。この問題はカテーテルの特性上仕方ないが、今後の改良が望まれる。われわれは挿入困難例では無理にバルーンカテーテルを直接挿入することに固執せず、エクスチェンジテクニックを採用するよう心がけている。

他の1例はバルーンによる閉塞開始10秒後に一過性の意識障害・片麻痺をきたしすぐにバルーンを解除したが、数分間神経症状(片麻痺)が遷延した。通常はBTOで出現した神経症状は直ちに血流を再開すれば速やかに回復するため、確認の造影を行ったところ塞栓性の合併症を認めた。この例では結果的に血栓溶解療法にても再開通は得られなかったが、幸いにも神経症状はその時点で回復しており事なきを得た。塞栓性合併症により神経

症状が出たのか、内頸動脈閉塞に耐性がないために神経症状が出現し、塞栓性合併症が加わったことで神経症状の回復が通常のBTOの場合より遷延したのかは定かではないが、本例では意識障害をきたしており単純なM2閉塞では意識障害まで呈することは少なく、後者が原因ではないかと考えている。また、カルテの記載から本例では全身へパリン化が不十分(ACTが2倍弱)だった可能性が高く、その後はACTを3倍近くに保つよう心がけている。

Mathisら¹⁰⁾は500例の内頸動脈BTOを検討し、症候性合併症を8例(1.6%)に認め、テスト開始後早期に出現したものが多かったと報告しており、他の過去の報告では、症候性合併症の出現率は0~8.3%^{1)5)6)10)~14)}であった。これらをまとめると、全681例中12例(1.8%)となり、今回のわれわれのシリーズでの1.7%とほぼ同様の結果である。

BTO陽性例となった例の神経症状出現までの時間は、本シリーズでは開始直後に多くみられ、ほとんどが1分

以内であった。過去の報告でも BTO の脳虚血症状はかなり早期に出現することが多いと報告されており⁵⁾、本調査でも同様の傾向がみられた。また、本シリーズの症候性合併症出現時期は 2 例とも BTO 施行の直前および閉塞開始直後と早期であったことは注意を要する。

Dion ら²⁾は、1,002 例の脳血管造影に関し検討し、1.3% の症候性合併症を生じたと報告しており、Ernest ら³⁾は、1,517 例の脳血管造影のうち 2.6% に症候性合併症を認めたと報告している。これらと比較しても、今回の症候性合併症はほぼ同程度であり、BTO は術前検査として比較的安全に行うことが可能と考えられる。無症候性合併症に関し検討した報告は少ないが、Mathis ら¹⁰⁾は、内頸動脈の BTO を施行した 500 例中 8 例 (1.6%) に無症候性合併症が生じたと報告している。われわれの結果は 3 例 (2.5%) でありほぼ同様であった。この 3 例は腹部大動脈の血管解離とバルーン拡張部の血管攣縮 2 例で、ともに慎重なカテーテルおよびバルーン操作でかなり軽減できるものと考えられた。

内頸動脈の一時遮断および永久閉塞に際しての脳虚血の評価に関しては、BTO 時の低血圧負荷がその精度をさらに向上させるとの報告があり¹⁵⁾¹⁶⁾、今回のわれわれのシリーズでも 2 例が低血圧負荷後にテスト陽性となった。BTO の精度を上げる意味でも試みるべき負荷だと考えている。

BTO 中の脳機能、脳血流の指標としては、臨床症状に加え、EEG, SEP, stump pressure, transcranial Doppler, stable xenon CT⁴⁾や SPECT⁴⁾⁹⁾を用いた脳血流測定などが挙げられる。当然のことながら、側副血行路の状態を把握することは非常に重要なことであるが、今回の脳血管撮影上で cross filling が豊富であった例はテスト結果が陰性となった例が多かったものの、cross filling が豊富であると予想されたにもかかわらず、テスト陽性となった例も認められた。Jawad ら⁷⁾は脳血管造影上の cross filling の状態のみからは tolerable かどうかの判断は困難であり、脳血流測定を併せて行わなければならないと報告している。脳血流の評価について Linskey ら⁸⁾は、15 分間の BTO を行い、その間の xenon CT 所見から脱落症状を示すものを high-risk、脱落症状はないが、cerebral blood flow (CBF) が 30 ml/100 g/min 以下に低下するものを moderate-risk、CBF が 30 ml/100 g/min 以上のものを low-risk、と 3 段階に分けている。Mathis ら¹⁰⁾は、moderate-risk のうち、56% が術後に神経脱落症状を呈したと報告している。また、Anon ら¹⁾は、BTO 中 CBF が 25% 以上低下するものは脱落症状がなくても intolerance と判断すべきとしている。

今回のわれわれのシリーズでは、BTO 後に親動脈の永久的閉塞を施行した例は 12 例であった。うち 3 例で虚血性合併症を認めた。これら 3 例はいずれも閉塞テスト陰性であったが、balloon 閉塞下での SPECT で閉塞側の血流低下を示していた。術中クリッピングに難渋し、最終的に内頸動脈の ligation と、浅側頭動脈-中大脳動脈吻合術を行った 1 例では、術後に術側の中大脳動脈領域の広範な脳梗塞を生じた。海綿静脈洞部右内頸動脈瘤に対し内頸動脈の ligation と high flow bypass を施行した 1 例では、無症候性の右視床梗塞を生じた。残る 1 例は海綿静脈洞部右内頸動脈瘤に対し IC ligation と浅側頭動脈-中大脳動脈吻合術を行った例で、術後一過性の名称失語をきたした。永久閉塞に対して tolerable かどうかの評価は BTO の際の臨床症状のみからでは完全には判断できず、指標を適宜組み合わせる総合的な評価をし、手術時の temporary occlusion の選択や、bypass 手術の必要性について判断することが重要である。

結 語

内頸動脈における BTO は術前検査として重要であるが、われわれの 119 例中 2 例 (1.7%) に症候性合併症をきたした。過去の報告からも 1~2% の恒久的合併症が起り得るため、熟練した術者のもとで慎重に施行されるべきである。

文 献

- 1) Añon VV, Aymard A, Gobin YP, Casasco A, Rüffenacht D, Khayata MH, Abizanda E, Redondo A, Merland JJ: Balloon occlusion of the internal carotid artery in 40 cases of giant intracavernous aneurysm: Technical aspects, cerebral monitoring, and results. *Neuroradiology* 34: 245-251, 1992.
- 2) Dion JE, Gates PC, Fox AJ, Barnett HJ, Blom RJ: Clinical events following neuroangiography: A prospective study. *Stroke* 18: 997-1004, 1987.
- 3) Earnest F, Forbes G, Sandok BA, Piepgras DG, Faust RJ, Ilstrup DM, Arndt LJ: Complications of cerebral angiography: Prospective assessment of risk. *AJR Am J Roentgenol* 142: 247-253, 1984.
- 4) Eckard DA, Purdy PD, Bonte FJ: Temporary balloon occlusion of the carotid artery combined with brain blood flow imaging as a test to predict tolerance prior to permanent carotid sacrifice. *AJNR Am J Neuroradiol* 13: 1565-1569, 1992.
- 5) Fox AJ, Viñuela F, Pelz DM, Peerless SJ, Ferguson GG, Drake CG, Debrun G: Use of detachable balloons for proximal artery occlusion in the treatment of unclippable cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 66: 40-46, 1987.
- 6) Gonzalez CF, Moret J: Balloon occlusion of the carotid artery prior to surgery for neck tumors. *AJNR Am J Neuro-*

- radiol* 11: 649-652, 1990.
- 7) Jawad K, Miller D, Wyper DJ, Rowan JO: Measurement of CBF and carotid artery pressure compared with cerebral angiography in assessing collateral blood supply after carotid ligation. *J Neurosurg* 46: 185-196, 1977.
 - 8) Linskey ME, Sekhar LN, Horton JA, Hirsch WL, Yonas H: Aneurysms of the intracavernous carotid artery: A multi-disciplinary approach to treatment. *J Neurosurg* 75: 525-534, 1991.
 - 9) Mathews D, Walker BS, Purdy PD, Batjer H, Allen BC, Eckard DA, Devous MD, Bonte FJ: Brain blood flow SPECT in temporary balloon occlusion of carotid and intracerebral arteries. *J Nucl Med* 34: 1239-1243, 1993.
 - 10) Mathis JM, Barr JD, Jungreis CA, Yonas H, Sekhar LN, Vincent D, Pentheny SL, Horton JA: Temporary balloon test occlusion of the internal carotid artery: Experience in 500 cases. *AJNR Am J Neuroradiol* 16: 749-754, 1995.
 - 11) Monsein LH, Jeffery PJ, VanHeerden BB, Szabo Z, Schwartz JR, Camargo EE, Chazaly J: Assessing adequacy of collateral circulation during balloon test occlusion of the internal carotid artery with ^{99m}Tc -HMPAO SPECT. *AJNR Am J Neuroradiol* 12: 1045-1051, 1991.
 - 12) Moody EB, Dawson RC, Sandler MD: ^{99m}Tc -HMPAO SPECT imaging in interventional neuroradiology: Validation of balloon test occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 12: 1043-1044, 1991.
 - 13) Peterman SB, Taylor A, Hoffman JC: Improved detection of cerebral hypoperfusion with internal carotid balloon test occlusion and ^{99m}Tc -HMPAO cerebral perfusion SPECT imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 12: 1035-1041, 1991.
 - 14) Simonson TM, Ryals TJ, Yuh WTC, Farrar GP, Rezai K, Hoffman HT: MR imaging and HMPAO scintigraphy in conjunction with balloon test occlusion: Value in predicting sequelae after permanent carotid occlusion. *AJR Am J Roentgenol* 159: 1063-1068, 1992.
 - 15) Standard SC, Ahuja A, Guterman LR, Chavis TD, Gibbons KJ, Barth AP, Hopkins LN: Balloon test occlusion of the internal carotid artery with hypotensive challenge. *AJNR Am J Neuroradiol* 16: 1453-1458, 1995.
 - 16) 滝 和郎, 田中正人, 永田 泉, 中原一郎, 菊地晴彦: 内頸動脈海綿静脈洞部動脈瘤の治療—治療適応と治療方針. 脳外誌 5: 180-187, 1996.

要 旨

内頸動脈閉塞試験の合併症

—119 例の経験から—

勝間田 篤 杉生 憲志 佐々原 渉 渡邊 恭一
西田あゆみ 日下 昇 徳永 浩司 伊達 勲

過去 12 年間の内頸動脈に対する balloon test occlusion (BTO) の、特に合併症につき検討した。118 例 120 血管に対して BTO を施行し、テスト陰性 94 血管、陽性 26 血管であった。陽性例では閉塞開始後 10 秒以内に神経症状が出現した例が多く、ほとんどが 1 分以内であった。症候性合併症を 2 例 (1.7%) で認め、1 例はバルーンカテーテル留置の際に内頸動脈に血管解離を起こし広範な脳梗塞をきたしたもので、他の 1 例はバルーン解除直後に中大脳動脈 M2 部に脳塞栓を認めたもので、神経症状は一過性で数分間で回復した。無症候性合併症として腹部大動脈の血管解離 1 例、バルーン拡張部に一致した内頸動脈血管攣縮 2 例を認めた。BTO は比較的安全に行われる検査であるが、過去の報告からも 1~2% の恒久的合併症が起こり得るため、熟練した術者のもとで慎重に施行されるべきである。

脳外誌 13: 572-577, 2004