

頸動脈ステント留置術における眼動脈血流HITSの観察

松田 良介¹ 川口正一郎¹ 藤本 憲太¹ 中川 裕之² 高山 勝年²
明珍 薫² 三島 秀明¹ 飯田 淳一¹ 吉川 公彦² 榊 寿右¹

要 旨：今回われわれは、眼動脈における超音波カラードブラを用いて、28例の内頸動脈狭窄症に対する頸動脈ステント留置術中の眼動脈の血流方向とHITSの出現を観察した。結果、眼動脈血流方向は、CASの手技に応じて随時変化し、また眼動脈HITSはCAS全手技中に観察され、プロテクション以前の操作でも発生し得ることが示された。今後微小塞栓を減らす手技、より安全なプロテクションシステムの開発が望まれる。(J Jpn Coll Angiol, 2007, 47: 91-97)

Key words: high intensity transient signal, carotid artery stenting, color Doppler flow imaging, ophthalmic artery

序 言

これまで、症候性、無症候性頸動脈狭窄症に対して、頸動脈内膜剥離術(carotid endarterectomy: CEA)、頸動脈ステント留置術(carotid artery stenting: CAS)が行われてきた。その治療に関しては、微小塞栓をいかに減らすかということが、より安全に行ううえでの問題となっている。

CASにおいては、現在さまざまな微小塞栓のプロテクションデバイスが開発されている。しかし、プロテクションシステムによる合併症の発生率についての報告は散見されるが、その手技中の微小塞栓の発生についての報告は少ない。

今回われわれは、CAS中の頭蓋内塞栓の流入経路の一つである眼動脈に注目し、眼動脈を介して頭蓋内塞栓の可能性について検討した。眼動脈超音波カラードブラ(color Doppler flow imaging: CDFI)でCAS中の微小塞栓をhigh intensity transient signal(HITS)として検出し、眼動脈の血流方向とともに評価した。

対象と方法

2002年1月より2004年12月までの当院にて施行した

CAS 28例を対象とした。患者対象は性別、男性24人、女性4人であり、年齢は47～79歳、平均年齢は69.5歳であった。病変の狭窄度はNorth American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial(NASCET)¹⁾の評価法で90%以上20例、70～89%8例であった。全例症候性で、TIA 22例、脳梗塞6例であった。合併疾患としては、高血圧14例、糖尿病7例であった。

狭窄部位の性状は、BモードエコーによるGray-Wealeらの分類²⁾に則り、不安定プラークを呈したものが16例、安定プラークを呈したものが12例であった。また血管撮影上、潰瘍形成を呈したものが15例であった。

眼動脈ドブラ血流検査は、ACUSON Computed sonography 128XP/10 ACUSON Sequoia(Acuson社製)を用いた。検査条件として、出力は50mW/cm²、MI値:0.23以下、周波数は7MHzで行い、CAS中、間歇的に継続して行った。ただし、1カ所で連続的な、パルスドブラの観察は15秒以内とした。

CAS中、HITSと血流方向について観察した。眼動脈の血流方向は、眼窩先端部から眼球へ向かうものを順流、その逆を逆流とした。それにto and fro pattern(to & fro)が加わる^{3,4)}。

眼動脈ドブラ血流検査の注意点として、超音波により生じる熱の放散があるため、出力を十分低下させて

¹奈良県立医科大学脳神経外科

²奈良県立医科大学放射線科

2006年1月10日受付 2006年8月20日受理

Table 1 Relation between detection of HITS and plaque appearance in each procedure

Procedure	Unstable plaque (n = 16)	Stable plaque (n = 12)	p
Catheter placement	4	2	p = 0.01
Wiring	11	3	
Predilatation	13	3	
Stent deployment	9	6	p = 0.01
Postdilatation	13	3	
Whole procedure	16	9	p = 0.067

Table 2 Relation between detection of HITS and angiographic ulcer formation in each procedure

Procedure	Ulcer (+) (n = 15)	Ulcer (-) (n = 13)	p
Catheter placement	6	0	p = 0.018
Wiring	13	1	p < 0.001
Predilatation	12	4	p = 0.025
Stent deployment	10	5	p = 0.002
Postdilatation	13	3	
Whole procedure	15	10	

行っている。

CASにおけるプロテクションシステムは初期の16例はNaviBalloon(Kaneka社製), 後半の12例はPercuSurge Guard Wire System(Medtronic社製)を用いて行った。NaviBalloonを使用した症例では, 全身麻酔下に, 大腿動脈より頸動脈にシースを挿入し, 前拡張の後, SMARTeR stentを留置し, ステント遠位部内頸動脈にバルーンによる閉塞を行い, 後拡張を行った。一方, PercuSurge Guard Wire Systemを使用した後半12例では, 前拡張前からバルーンによる内頸動脈遠位部の閉塞が可能であり, 前拡張以降すべてのphaseでのプロテクションが可能である。後拡張終了後, 遠位部バルーンによる閉塞を解除し, 血管撮影で十分な拡張を確認し, シースを抜去した。

本検討でのHITSはtranscranial Doppler(TCD)の定義に準じ, 持続時間300ms以下, 一方向性, chirp音と呼ばれる独特の信号音を伴うものを微小塞栓とした⁵⁾。

HITSの出現の有無に対して, CASのphaseを次のように分けて評価した。

guiding catheter placement, wiring, predilatation, stent deployment, postdilatation, whole procedure。

頸動脈狭窄部位の性状によりTable 1では, ブラークの性状で, Table 2では潰瘍形成の有無で2群に分類し, CASの各phaseごとにHITSの出現を検討した。統計学的解析は, chi-square testにより行い, p値が0.05未満のとき有意と判定した。

また, Table 3では, CASの各phaseでの眼動脈の血流方向を検討した。

結 果

28例中25例(89%)でHITSが観察された。頸動脈狭窄部位の性状によるHITSの出現を検討すると, 不安定ブラーク群では安定ブラーク群と比較すると, predilatation, postdilatation, whole procedureで有意にHITSを観察する症例が多かった(Table 1)。

次に潰瘍形成の有無で, HITSの出現を検討すると, 潰瘍形成群では非潰瘍形成群と比較すると, catheter

Table 3 The flow of ophthalmic artery in each procedure

Procedure	Antegrade	Reversed	To & fro
Catheter placement	14	13	1
Wiring	11	15	2
Predilatation	6	22	0
Stent deployment	17	10	1
Postdilatation	2	24	2
After procedure	28	0	0



A | B

Figure 1 Angiography of right internal carotid artery.A: pre CAS
B: post CAS

placement, wiring, predilatation, postdilatationにおいて、HITSを観察する症例が有意に多かった(Table 2)。

眼動脈血流方向は、術前の脳血管撮影にて逆行性に眼動脈が造影される症例は2例にすぎなかったが、眼動脈CDFIでは、順流14例、逆流13例、to & fro 1例であった。その後、predilatationやpostdilatationなどで、血流を遮断すると眼動脈逆流症例は増加し、またステント留置が行われ、内頸動脈の血流が増加すると、全例順行性となることが示された。このようにCAS中に血行動態の変化とともに眼動脈の血流方向は随時変化することが示された(Table 3)。

合併症は28例中2例に認められた。1例はcomplete strokeであり、1例はtransient ischemic attack(TIA)であった。permanent complicationは28例中1例(3.6%)であった。

症例提示

(1) 症例 1

NaviBalloon使用症例であり、ステント留置時に順行性HITSを検出した

73歳男性。右眼の一過性黒内障を認め、近医眼科受診した。頸動脈エコー、頸動脈MRAにて、右内頸動脈狭窄が疑われ、当科紹介となった。脳血管撮影では、右内頸動脈95%狭窄を認めた(Fig. 1)。狭窄部位の性状は、頸動脈エコーでは安定プラークであり、潰瘍形成も認めなかった。プロテクションシステムはNaviBalloonを、ステントはSMARTeR stentを用いた。

手技の開始時から眼動脈CDFIのモニタリングを行った。術前の眼動脈血流は逆流を呈していた。CAS中に

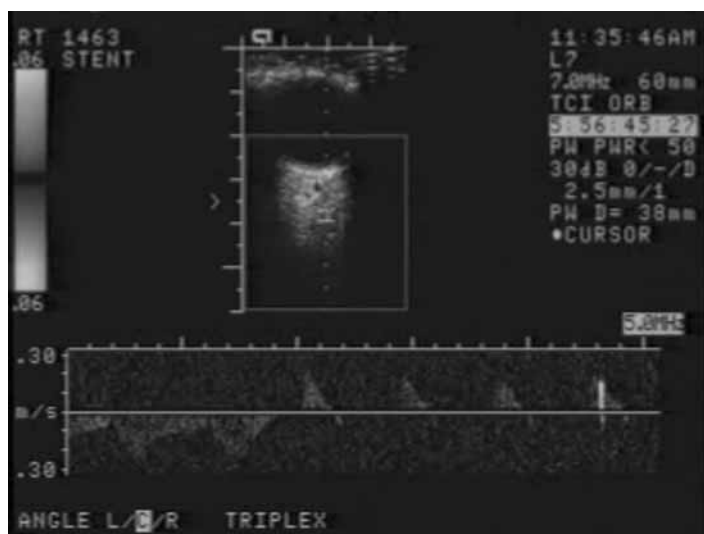
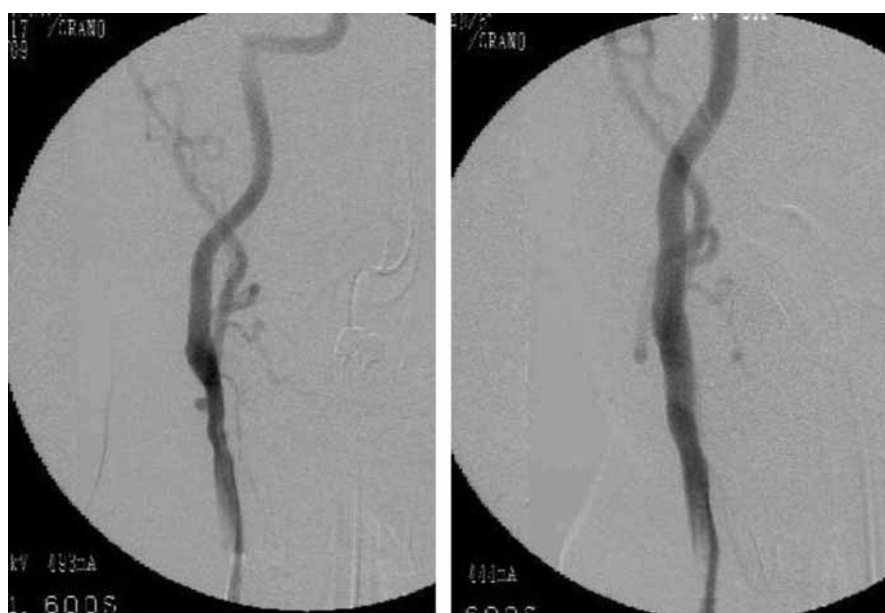


Figure 2 Right ophthalmic artery CDFI during stent replacement in case 1.



A | B

Figure 3 Angiography of right internal carotid artery.
A: mild stenosis with ulceration
B: post CAS

眼動脈血流はステント留置後血流の増加とともに、順流へ変化した。また、それと同時に順行性のHITSが観察された(Fig. 2)。

ステント留置時以外にはHITSは観察されなかった。本症例では、NaviBalloonでのプロテクション不可能な後拡張以前の時点でHITSが観察されたが、術後の神経脱落症状はみられず、術後の内頸動脈の拡張も良好であった。

(2)症例 2

PercuSurge Guard Wire Systemを使用した症例であり、ステント留置時逆行性にHITSを検出した。

77歳男性。一過性の左上下肢の脱力の精査に対する頸動脈エコーにて右内頸動脈狭窄を指摘され、当科に紹介された。脳血管撮影では、右内頸動脈起始部に潰瘍形成を伴う70%狭窄を認めた(Fig. 3)。頸動脈エコーでは、不安定プラークの形成を認めた。

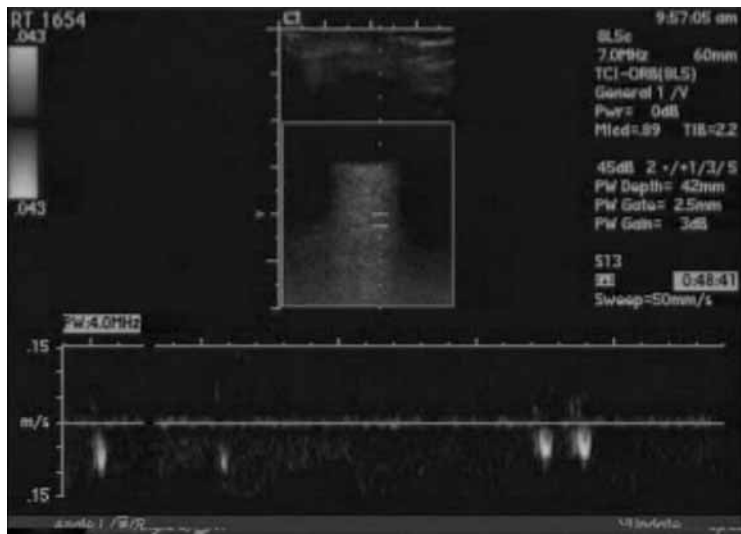


Figure 4 Right ophthalmic artery CDFI during stent replacement in case 2.

プロテクションシステムはPercuSurge Guard Wire Systemを用い、ステントはSMARTer stentを用いた。本症例では、術前の眼動脈は順流を呈していた。その後内頸動脈遠位部を遮断することにより血流は逆流となり、ステント留置、後拡張後には再び血流は順流へと変化した。CAS中HITSはpredilatation, stent deployment, postdilatationで観察された。PercuSurge Guard Wire Systemを使用しているため、ステント留置中の内頸動脈は遠位部で遮断されており、HITSは逆行性に観察された(Fig. 4)。外頸動脈を介した側副血行路より眼動脈を介して頭蓋内への微小塞栓が流入したものと考えられた。術後の神経脱落症状はみられず、術後の内頸動脈の拡張は良好であった。

考 察

近年プロテクションデバイスの発達により、プロテクションシステムを用いてより安全にCASを施行することができるようになってきた。Wholeyらの報告によると、CASの周術期の合併症はプロテクションを用いていない症例では、5.29%であるのに対し、プロテクションを行った症例では、2.23%とリスクが軽減されることが示されている⁶⁾。

われわれもプロテクションシステムの導入とともに2002年 1 月よりCASを開始した。初期の16例ではNaviBalloonを用い、後半の12例でPercuSurge Guard Sys-

temを用いた。NaviBalloonは後拡張時の塞栓防止、PercuSurge Guard Systemは前拡張、ステント留置、後拡張、血液吸引までの手技をすべてカバーするtotal protection methodである。

CASにおいては、現在さまざまな微小塞栓のプロテクションデバイスが開発されている。しかし、プロテクションシステムによる合併症の発生率についての報告は散見されるが、その手技中の微小塞栓の発生についての報告は少ない。

CAS中の微小塞栓は内頸動脈より頭蓋内循環へ直接流入する場合もあるが、CASの手技や側副血行路の発達程度により眼動脈を介した頭蓋内循環への流入が考えられる⁷⁾。従来から眼動脈は、頭蓋内への微小塞栓の主な流入経路として考えられてきた。本研究では、CAS中における眼動脈CDFIでのHITSが逆行性に観察されることにより、眼動脈が頭蓋内への微小塞栓の流入経路であることを明らかにした。眼動脈HITSの利点としては、HITS数だけでなく、その方向をも検討できるという点である。

今回の検討からは、プロテクションシステムを用いてCASを行ったとしても、順行性、逆行性に塞栓が発生していることが示された。それは全手技中に発生していることが示され、wiringなどのようにプロテクションが不可能な時点でも起こっている。

また、頸動脈狭窄部位での性状によるHITS出現を検

討すると、不安定性プラークを呈する症例、また潰瘍形成を呈する症例では、HITSが多く出現することが示された。

眼動脈HITSの観察の機序は以下のように考えられる。

順行性HITS：プロテクションが行われていない段階で、内頸動脈から順行性に眼動脈へ飛来したもの。

逆行性HITS：内頸動脈遠位部がバルーンにより遮断されており、その間の手技により生じた塞栓が、外頸動脈から側副血行路を介して、眼動脈を逆行し、それが頭蓋内に飛来するもの。

眼動脈血流方向は、術前の脳血管撮影にて逆行性に造影される症例は2例にすぎなかったが、眼動脈CDFIでは、順流14例、逆流13例、to & fro 1例と脳血管撮影では描出されない眼動脈逆流症例が多く含まれることが示された。術前の脳血管撮影上順流に眼動脈が描出されたとしても、血管撮影時の造影剤の圧力により見かけ上順行性に描出されている症例が数多く含まれていると考えられた。

また術前の脳血管撮影上順流に眼動脈が描出されていても、CAS中ステント留置やバルーンによる内頸動脈遮断により外頸動脈から眼動脈を介した側副血行路に血流が増加すると眼動脈は逆流を呈することも示された。このように血行動態の変化とともに眼動脈の血流方向はCAS中に随時変化することが示された。

バルーンやワイヤー、ステントによる内頸動脈血流遮断時には、ウイリス動脈輪を介した頭蓋内からの圧が比較的低く、外頸動脈から眼動脈にかかる圧より低い場合は逆流を呈する。術前のウイリス動脈輪の発達不良な症例では、CAS中の眼動脈血流の逆流に注意する必要がある。

現時点では眼動脈HITSと合併症との直接的な因果関係を示すデータはない。これまでのTCDによるHITSの報告によると、HITSで観察される塞栓の大きさは56～2652 μ mとされ、多くは100～500 μ m程度とされている。また200 μ m以下では合併症は来さないとはいわれるが意見の統一は得られていない⁸⁾。TCDにおけるHITSが多いほど、より血管径の大きな血管が詰まりやすいともいわれている⁹⁾。CAS中のHITSの数は今後、合併症発生の予測因子となり得る可能性がある。

眼動脈におけるHITSに関しては、外頸動脈による側副血行路を介して頭蓋内へ流入するHITSは、側副血行

路自体がフィルターとなり、合併症の原因とはなり得ない可能性は否定できない。しかし、眼動脈でみられるHITSの意義は未解明のもので、どの程度のHITSの大きさを観察しているかは、判断できない。したがって、逆行性のHITSでも注意する必要性はあると考えられる。

今回バルーンプロテクションシステムであるNaviBalloonおよびPercuSurge Guard Systemを用いてCASを行い、検討を行っている。バルーンプロテクションシステムは内頸動脈遠位部にバルーンを留置し、バルーンを拡張させることにより狭窄部からの塞栓の飛来を防止するシステムである。ただ、内頸動脈遮断に耐えられない症例には使用できないこと、wiringなどの手技初期段階ではプロテクションできないといったことに注意を要するシステムである。

現在、バルーンプロテクション以外にもフィルタープロテクションや持続吸引システムが開発されている。しかしフィルタープロテクションとバルーンプロテクションとの比較をした検討では、合併症の発生頻度は両者とも差はなかったとの報告もあり、バルーンプロテクションがフィルタープロテクションより劣っていると示されているわけではない¹⁰⁾。ただ本検討では、バルーンプロテクション中も逆行性に側副血行路を介して微小塞栓を認めており、微小塞栓を完全に防止するという観点からは、バルーンプロテクションにおける限界も示唆された。バルーンプロテクションシステムの改良や他のプロテクションシステムでのさらなる検討が必要であろう。

結 論

眼動脈血流方向は、CASの手技に応じて随時変化する。

眼動脈HITSはCAS全手技中に観察され、プロテクション以前の操作でも発生し得る。

また微小塞栓は順行性だけでなく、逆行性に外頸動脈を介しても認められた。

文 献

- 1) 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.

- 2) Gray-Weale AC, Graham JC, Burnett JR et al: Carotid artery atheroma: comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology. *J Cardiovasc Surg*, 1988, **29**: 676–681.
- 3) 川口正一郎：眼動脈ドプラ血流検査による内頸動脈血管性病変の評価. *Neurosonology*, 2004, **17**: 118–120.
- 4) 川口正一郎, 藤本憲太, 三島秀明 他：頸動脈狭窄性病変に対するSTENT留置術中眼動脈ドプラ血流検査－術中塞栓の観察－. *Neurosonology*, 2004, **17**: 136–139.
- 5) Basic identification criteria of Doppler microembolic signals. Consensus Committee of the Ninth International Cerebral Hemodynamic Symposium. *Stroke*, 1995, **26**: 1123.
- 6) Wholey MH, Al-Mubarak N, Wholey MH: Updated review of the global carotid artery stent registry. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2003, **60**: 259–266.
- 7) Al-Mubarak N, Roubin GS, Vitek JJ et al: Effect of distal-balloon protection system on microembolization during carotid stenting. *Circulation*, 2001, **104**: 1999–2002.
- 8) Henry M, Amor M, Henry I et al: Carotid stenting with cerebral protection: first clinical experience using the PercuSurge GuardWire system. *J Endovasc Surg*, 1999, **6**: 321–331.
- 9) Daffertshofer M, Ries S, Schminke U et al: High-intensity transient signals in patients with cerebral ischemia. *Stroke*, 1996, **27**: 1844–1849.
- 10) Zahn R, Ischinger T, Mark B et al: Embolic protection devices for carotid artery stenting, is there a difference between filter and distal occlusive devices? *J Am Coll Cardiol*, 2005, **45**: 1769–1774.

High Intensity Transient Signal in Ophthalmic Artery during Carotid Artery Stenting

Ryosuke Matsuda,¹ Shoichiro Kawaguchi,¹ Kenta Fjimoto,¹ Hiroyuki Nakagawa,² Katsutoshi Takayama,² Kaoru Myochin,² Hideaki Mishima,¹ Junichi Iida,¹ Kimihiko Kichikawa,² and Toshisuke Sakaki¹

¹Department of Neurosurgery, Nara Medical University, Nara, Japan

²Department of Radiology, Nara Medical University, Nara, Japan

Key words: high intensity transient signal, carotid artery stenting, color Doppler flow imaging, ophthalmic artery

The Ophthalmic artery color Doppler flow imaging (CDFI) was performed twenty-eight consecutive patients who had undergone carotid artery stenting (CAS).

Ophthalmic artery CDFI provided high intensity transient signals (HITS) and flow direction. Twenty-five patients (89%) showed HITS, and HITS was seen in every CAS phase. HITS was significantly more frequent in patients with unstable plaques and with ulceration. The ophthalmic artery flow direction changed in relation to the CAS phase. After CAS, the ophthalmic artery flow direction was normalized in all patients. The presence of microemboli in the ophthalmic artery was proved during CAS procedure as HITS. The ophthalmic artery CDFI is very effective to estimate the microembolism and flow direction. (J Jpn Coll Angiol, 2007, **47**: 91–97)