

- 1) テクニカルノート
- 2) 橈骨動脈アプローチでの頸動脈ステント留置術における proximal balloon protection 法
- 3) 花岡吉亀 小山淳一 木内貴史 神谷圭祐 桑原晴樹 上條隆明 堀内哲吉 本郷一博
- 4) 信州大学脳神経外科
- 5) 花岡吉亀, 信州大学医学部, 脳神経外科, 〒390-8621 長野県松本市旭3-1-1, 0263-37-2689, hanaoka@shinshu-u.ac.jp
- 6) carotid artery stenting, transradial approach, lesion cross, proximal balloon protection, flow reversal method
- 7) 本論文を, 日本脳神経血管内治療学会 機関誌 JNET Journal of Neuroendovascular Therapy に投稿するにあたり, 筆頭著者, 共著者によって, 国内外の他雑誌に掲載ないし投稿されていないことを誓約致します.

「和文要旨」

【目的】 橈骨動脈アプローチでの頸動脈ステント留置術 (TR-CAS) において, proximal balloon protection (PBP) 法を用いた 2 例を報告する. 【症例】 症例 1 は 79 歳男性. 急性閉塞した内頸動脈病変に対し TR-CAS を施行. 6Fr ガイディングシースに 6Fr バルーン付ガイディングカテーテルを導入, PBP 下に病変通過し, CAS を遂行した. 症例 2 は 83 歳男性. 高度内頸動脈狭窄に対し TR-CAS を施行. 病変通過が困難であったが, バルーン付ガイディングカテーテルによる PBP によって支持力が強化され病変通過が可能となり, CAS を完遂した. 【結論】 これまでに TR-CAS において PBP 法の報告はなかったが, 本法により TR-CAS においても PBP が実施可能であり, 病変通過に際し支持力も強化される. 遠位塞栓が危惧される症例や病変通過が困難な症例において有用である.

「緒言」

Carotid artery stenting (CAS) において, vulnerable plaque を有する症例や高度狭窄例などの遠位塞栓症が危惧される症例では, バルーン付ガイディングカテーテルを用いた proximal balloon protection (PBP) 法が安全とされている¹⁻⁴⁾. 上腕動脈アプローチ (transbrachial carotid artery stenting: TB-CAS) では, バルーン付ガイディングカテーテルを用いた PBP 下に CAS を行う方法が報告されているが⁵⁻⁸⁾, 橈骨動脈アプローチによる CAS (transradial carotid artery stenting: TR-CAS) では, PBP 法の報告はない. 今回我々は, 6Fr シモンズ型ガイディングシースを用いた TR-CAS において, 6Fr バルーン付ガイディングカテーテルを同軸に使用することで PBP 下に狭窄部

を通過し、distal balloon protectionに切り替えてCASを施行した2例を経験した。本法によりTR-CASにおいてもPBP法を実施することができ、有用であったので報告する。

「症例提示」

1. 症例1

患者：79歳，男性。

既往歴：高血圧。

家族歴：特記事項なし。

現病歴：突然発症の左片麻痺であり，右大脳半球白質と一部皮質に急性期梗塞を認めた(Fig.1A)。精査にて，右内頸動脈起始部にNASCET

(North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial)にて85%狭窄を認めた(Fig.1B)。頸部超音波検査，MRプラークイメージによりソフトプラークが示唆された。安静時IMP-SPECTでは右中大脳動脈領域に脳血流量の低下を認めた。

治療方針：脑梗塞の原因は右内頸動脈高度狭窄に伴う塞栓性ならびに血行力学性機序と考えられた。Three-dimensional computed tomography angiography (3D-CTA)により，右上肢を含めたアクセスルートに問題がないことを確認し，治療法としてTR-CASを選択した。高度狭窄かつ不安定プラークと考えられたが，lesion crossは困難ではないと判断し，distal balloon protection下にCASを行う方針とした。手術14日前よりアスリピン 100 mg/day，クロピドグレル 75 mg/dayの内服を行った。

血管内治療：全身麻酔下に右橈骨動脈に 4Fr シースを留置した．撮影にて尺骨動脈の発達が良好であることを確認した．4Fr カテーテル（キンクレジストカテーテル西矢 JB-2；メディキット，東京，日本）を上行大動脈に誘導した．これにラジフォーカスガイドワイヤーM ステップタイプ 0.035 inch 260 cm（テルモ，東京，日本）を挿入し，4Fr カテーテル及びシースを抜去した．このワイヤーを用いて 6Fr シモンズ型 guiding sheath（Axcelguide Stiff-J-1 90 cm；メディキット，東京，日本）を右鎖骨下動脈に誘導した．続いて付属の 6Fr catheter（6Fr SY-2；メディキット，東京，日本）を用いて 6Fr guiding sheath を上行大動脈内で反転させ，右総頸動脈に誘導した．ヘパリンを静脈内投与して、activated clotting time が 250 秒以上を維持した．撮影すると、期せずして頸部内頸動脈は閉塞していた (Fig. 2A)．臨床経過から急性閉塞と判断し，CAS による血行再建を試みることにした．病変部には debris や血栓の存在が考えられ，病変通過時には遠位塞栓を来す可能性が危惧されたため，急遽方針を変更し，PBP 下に CAS を施行することにした．6Fr guiding sheath に T コネクター（T-コネクタ；富士システムズ，東京，日本）を接続して，6Fr balloon-guiding catheter（Optimo 100 cm；東海メディカルプロダクツ，愛知，日本）を同軸に総頸動脈に誘導し (Fig. 2B)，inflation することで総頸動脈を遮断した．右大腿静脈に 4Fr シースを留置し，6Fr balloon-guiding catheter と接続して，flow reversal の回路を構築した．6Fr balloon-guiding catheter からゆっくりと造影剤を注入すると、造影剤は総頸動脈で停滞し，flow reversal を開始すると造影剤の消失が確認された．6Fr balloon-guiding catheter に Carotid Guardwire PS 200

cm (Medtronic, Minneapolis, MN, USA: 以下, Carotid Guardwire) を挿入して病変を通過し (Fig. 2C), 内頸動脈遠位部に誘導し 5.5 mm で inflation した (Fig. 2D). 6Fr balloon-guiding catheter を deflation し, 撮影にて内頸動脈の遮断を確認して, 6Fr balloon-guiding catheter を回収した. その後, 通常の distal balloon protection 下に前拡張, PRECISE Pro RX 8 mm×40 mm (Cordis, Miami, FL, USA) の留置, 後拡張, debris の吸引を施行した (Fig. 2E). 右橈骨動脈穿刺部は止血用押圧器具 (とめ太くん; ゼオンメディカル, 東京, 日本) にて止血した.

術後経過: 術後穿刺部に問題なく, 新たな神経脱落症状なく経過した. 術翌日に施行した頭部 MRI では, 新規脳梗塞を認めなかった. 術後 10 ヶ月の頸部超音波検査では, ステントを介した血流は良好に保たれており, また虚血を示唆するイベントも生じていない.

2. 症例 2

患者: 83 歳, 男性.

既往歴: 高血圧, 閉塞性動脈硬化症.

家族歴: 特記事項なし.

現病歴: 左片麻痺を発症し, 右大脳半球白質を中心に急性期梗塞を認めた (Fig. 3A). 精査の結果, 右総頸動脈遠位部から内頸動脈起始部にかけて高度狭窄を認めた (NASCET 95%狭窄) (Fig. 3B). プラーク診断では石灰化を主体としたハードプラークと判明した. 安静時 IMP-SPECT では右中大脳動脈領域は広範囲に脳血流量が低下していた. 両側下腿の主幹動脈は動脈硬化が高度であった (Fig. 3C).

治療方針：脳梗塞は右内頸動脈高度狭窄に伴う血行力学性機序が原因と考えられた。CTAにてアクセスルートに問題がないことが確認されたため、TR-CASを選択した。高度狭窄病変であったが、プラーク診断から病変通過時に生じる遠位塞栓のリスクは低いと考え、distal balloon protection 下でのCASを計画した。手術14日前よりアスピリン100 mg/day、クロピドグレル75 mg/dayの内服を行った。

血管内治療：症例1と同様の方法で、全身麻酔下に右橈骨動脈アプローチにより右総頸動脈に6Fr シモンズ型 guiding sheath (Axcelguide Stiff-J-1 90 cm) を誘導した(Fig.4A)。Carotid Guardwireによる病変通過を試みたが、狭窄部の屈曲が強く、lesion crossすることができなかった(Fig.4B)。次にExcelsior SL-10 (Stryker, Minneapolis, MN USA) やEchelon10 45° (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) をback upに用いてTransend EX 182 cm (Stryker, Minneapolis, MN USA) やASAHI CHIKAI black 200 cm (朝日インテック, 東京, 日本) によるlesion crossを試みたが、Carotid Guardwireと同様に病変部を通過することができなかった(Fig.4C)。さらに強力なサポート力とlesion cross時の遠位塞栓を予防する目的で、症例1と同様にガイディングシース内に6Fr balloon-guiding catheter 100 cmを挿入し、PBP下にlesion crossを行う方針とした。まず6Fr balloon-guiding catheterを6Fr guiding sheathに挿入し(Fig.4D)、inflationして総頸動脈を遮断し、flow reversalの回路を構築した。少量の造影剤を用いてゆっくり総頸動脈撮影を行うことで、proximal protectionが成立したことを確認し、flow reversalを開始した。inflationした6Fr balloon-guiding catheterの強固なバックアップによってCHIKAI blackは滑ら

かに病変を通過し、Echelon10 45° を内頸動脈遠位部に誘導することができた。CHIKAI black を ChoICE PT Extra Support 300 cm (Boston Scientific, Marlborough, MA, USA) に変更した。PTA バルーンカテーテル (WALKER RX PTA バルーンカテーテル 1.5 mm×20 mm; グッドマン, 愛知, 日本) にて病変を拡張させ (Fig. 4E), ChoICE とともに回収した。ここで Carotid Guardwire にて再度病変を通過し (Fig. 4F), 内頸動脈遠位部にて 5.5 mm で inflation した。6Fr balloon-guiding catheter を deflation し, 撮影にて内頸動脈の遮断を確認し, 6Fr balloon-guiding catheter を回収した (Fig. 4G)。症例 1 と同様に, 通常の distal balloon protection 下に前拡張, Carotid Wallstent 10 mm×24 mm (Stryker, Minneapolis, MN USA) の留置, 後拡張, debris の吸引を実施した。ステント内にプラークの突出を認めたため, PRECISE Pro RX 8 mm×40 mm にて stent in stent を行った (Fig. 4H)。右橈骨動脈穿刺部は止血用押圧器具 (とめ太くん) にて止血した。

術後経過: 術後は穿刺部位を含めて問題なく経過した。MRI 上、新規梗塞はなく, 術後 3 ヶ月の頸部超音波検査では, ステントを介した血流は良好に保たれている。

「考察」

CAS 術中の遠位塞栓を防ぐ方法として行われている PBP 法は, Parodi らにより flow reversal 法として紹介された⁴⁾。その後, ARMOUR Pivotal Trial, EMPIRE Clinical Study, PROFIT Study などの大規模試験で, PBP 法を用いると同側脳塞栓の発生率が低かったと報告されている¹⁻³⁾。特に, 屈曲を伴う高度狭窄や偽閉塞など病変通過時に塞栓のり

スクが高い病変に対して有用であるとされている。この PBP 法を行うためには 8-9Fr バルーン付ガイディングカテーテルを必要とする。一方、CAS は一般的に大腿動脈アプローチで行われてきたが、近年、アプローチルートの問題や術後安静度の観点から、上肢アプローチでの CAS の有効性が多く報告されている⁹⁻¹¹⁾。TB-CAS では、9Fr balloon-guiding catheter や Mo.Ma Ultra (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) をシースレスで挿入して総頸動脈まで誘導することで PBP 下に CAS を施行した報告があるが^{5,6)}、血管への挿入時にバルーンを破損しないようにする注意が必要である。また西田らは、TB-CAS に際して 7Fr Shuttle (COOK Medical, Bloomington, IN, USA) 内に 5.2Fr balloon catheter (5.2Fr セレコン MP カテーテル；テルモ・クリニカルサプライ，岐阜，日本) を挿入し、2本の Carotid Guardwire を用いて、PBP から total distal balloon protection (TDBP) に切り替えて CAS を行ったことを報告している⁷⁾。この手技はやや煩雑であり、7Fr シース相当の穿刺を要してしまう。大島らは、上腕動脈アプローチ時に 6Fr シモンズ型ガイディングシース 90 cm に止血弁を介在させて 6Fr balloon-guiding catheter 100 cm を挿入し、その中に 2本の Carotid Guardwire を入れて、PBP から TDBP に切り替えて CAS を行うことができると報告している⁸⁾。この方法により low profile に治療することができる。

今回我々は、橈骨動脈アプローチにおいて、6Fr シモンズ型ガイディングシース 90 cm に大島らのように 6Fr balloon-guiding catheter 100 cm を導入し、PBP 下で lesion cross を行い、安全に手技を完結することができた。大島らとの相違点としては、(1)アプローチに橈骨動脈を用いた点、(2) 6Fr guiding sheath に止血弁ではなく T コネクター

を接続した点，(3) 6Fr balloon-guiding catheter による総頸動脈遮断後に撮影を行い，血流の評価を行った点，(4) 6Fr balloon-guiding catheter による PBP をバックアップとして利用した点が挙げられる．

(1)に関して，我々は，尺骨動脈の発達が確認され，橈骨動脈に低形成や強い蛇行，ulnar loop の存在などの問題がなければ，積極的に TR-CAS を選択している．上腕動脈アプローチに対して橈骨動脈アプローチは，穿刺部の多量の皮下血腫，正中神経麻痺，仮性動脈瘤形成、前腕虚血，コンパートメント症候群等の合併症の発症が低く，高い安全性が報告されている¹²⁾．橈骨動脈アプローチが上腕動脈アプローチに比べ合併症が少ないのは，上腕肘部は軟部組織が多く，肘を少しでも屈曲させると圧迫が不十分となり血腫を形成しやすいのに比べて，橈骨遠位部は軟部組織が少なく圧迫止血が比較的容易であるからと推測される¹³⁾．(2)に関して，止血弁ではなく T コネクター介在下であっても，6Fr balloon-guiding catheter のバルーンは 6Fr シモンズ型ガイディングシースの先端から出すことができる (Fig.5)．T コネクターが接続されていれば，6Fr balloon-guiding catheter 抜去後に 6Fr guiding sheath 内へのバルーンやステントの挿入を円滑に行うことができるため，有用である．(3)に関して，我々は，6Fr balloon-guiding catheter による PBP，flow reversal 回路の構築後，6Fr balloon-guiding catheter からゆっくりと少量の造影剤を注入することで，造影剤が総頸動脈で停滞するか，内頸動脈へ順行性に流れるか，内頸動脈から外頸動脈へ逆流するかを確認している．南ら¹⁴⁾と同じように，我々は外頸動脈から内頸動脈への血流が認められた場合，Carotid Guardwire による外頸動脈の遮断を併用し，lesion cross を行っている．今回我々が報告した 2 症例

は、いずれも造影剤が内頸動脈に流れることなく総頸動脈で停滞しているのが確認された。症例 1 では、内頸動脈は閉塞していること、PBP 施行時の撮影にて総頸動脈での造影剤の停滞と flow reversal 開始時の造影剤の消失を認めたことより、外頸動脈の遮断は併用せずに lesion cross を実施した。症例 2 では、病変通過が困難なハードプラークを主体とする高度狭窄病変であった。PBP 下の撮影にて内頸動脈への明らかな血流を認めなかったこと、プラーク性状から病変通過時の遠位塞栓のリスクは低いと考えられたことから外頸動脈の遮断は行わずに lesion cross を実施した。(4)に関して、症例 2 では本技法により flow reversal 下に lesion cross を行うことができるだけでなく、強力なサポート力が得られるため病変通過困難な高度狭窄病変に対しても CAS を遂行することができたと考えられた。

いずれの症例も、当初 PBP を行う予定ではなかったが、6Fr ガイディングシースを総頸動脈に誘導し撮影した段階で PBP が必要と判断した。このように急遽 PBP が必要となった場合であっても、本法により橈骨動脈アプローチで総頸動脈に留置した 6Fr ガイディングシースを変更することなく、PBP 下に病変通過し CAS を実施することができる。

今回我々は、6Fr balloon-guiding catheter として 6Fr Optimo 100 cm (東海メディカルプロダクツ, 愛知, 日本) を挿入し PBP を実施したが、有効長が 102 cm である 6Fr CELL0 (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) の使用も可能と思われる。

「結語」

今回 TR-CAS における balloon-guiding catheter を使用した PBP 法を報告した。本法を用いることによって、TR-CAS においても全ての手技で遠位塞栓を予防することができ、病変通過時に強力な支持力を得ることができる。6Fr ガイディングシース下に TR-CAS を行う際、急遽 PBP が必要になった場合でも、本法を用いることによってガイディングシステムを変更することなく治療を行うことができ、有用である。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態は存在しない。

References

1. Anssel GM, Hopkins LN, Jaff MR, et al. Investigators for the ARMOUR Pivotal Trial: Safety and effectiveness of the INVATEC MO. MA proximal cerebral protection device during carotid artery stenting: results from the ARMOUR pivotal trial. Catheter Cardiovasc Interv 2010; 76: 1-8.
2. Bijuklic K, Wandler A, Hazizi F, et al. The PROFIL study (Prevention of Cerebral Embolization by Proximal Balloon Occlusion Compared to Filter Protection During Carotid Artery Stenting): a prospective randomized trial. J Am Coll Cardiol 2012; 59(15): 1383-1389.
3. Clair DG, Hopkins LN, Mehta M, et al. EMPiRE Clinical Study Investigators: Neuroprotection during carotid artery stenting using the GORE flow reversal system: 30-

- day outcomes in the EMPiRE Clinical Study. *Catheter Cardiovasc Interv* 2011; 77(3): 420-429.
4. Parodi JC, La Mura R, Ferreira LM, et al. Initial evaluation of carotid angioplasty and stenting with three different cerebral protection devices. *J Vasc Surg* 2000; 32: 1127-1136.
 5. Koge J, Nakahara I, Ohta T, et al. Carotid artery stenting under proximal balloon protection via the transbrachial approach using a balloon guiding catheter: sheathless method with 9Fr Optimo. *JNET* 2015; 9: 108-114.
 6. Montorsi P, Galli S, Ravagnani PM, et al. Carotid artery stenting with proximal embolic protection via a transradial or transbrachial approach: pushing the boundaries of the technique while maintaining safety and efficacy. *J Endovasc Ther* 2016; 23: 549-560.
 7. Nishida T, Asai K, Kadono Y, et al. Proximal balloon protection and the following total distal balloon protection for transbrachial carotid artery stenting with 7Fr-guiding sheath. *NKC* 2017; 2: 36-41.
 8. Ohshima T, Goto S, Yamamoto T, et al. A novel, less invasive protection method for carotid artery stenting. *No Shinkei Geka* 2016; 44: 561-565.
 9. Hayakawa M, Takigawa T, Kamiya Y, et al. Carotid artery stenting via the transradial approach: a single-center experience. *JNET* 2012; 6: 16-24.

10. Matsumoto H, Masuo O, Takemoto H, et al. Carotid artery stenting via transbrachial approach. JNET 2007; 1: 40-44.
11. Mendiz OA, Sampaolesi AH, Londero HF, et al. Initial experience with transradial access for carotid artery stenting. Vasc Endovascular Surg 2011; 45: 499-503.
12. Kiemeneij F, Laarman GJ, Odekerken D, et al. A randomized comparison of percutaneous transluminal coronary angioplasty by the radial, brachial and femoral approaches: the access study. J Am Coll Cardiol 1997; 29: 1269-1275.
13. Haraguchi K, Toyama K, Nagai M, et al. A transradial approach for carotid artery stenting. JNET 2012; 6: 209-213.
14. Minami H, Miki T, Matsumoto H, et al. Efficacy of the double protection technique with intermittent antegrade blood flow during carotid stenting artery for the treatment of carotid artery stenosis. Surg Cereb Stroke 2015; 43: 26-31.

「図表の説明」

Fig.1 79歳，男性．症候性右頸部内頸動脈狭窄症．

A：術前MRI拡散強調画像．右大脳半球白質，皮質に多発性に高信号病変を認めた．

B：術前右総頸動脈撮影頸部側面像．内頸動脈に高度狭窄（矢印）を認めた．

Fig.2 術中経時的右頸動脈側面像．

A : 6Fr Axcelguide (黒矢印) を右総頸動脈に誘導し撮影すると, 頸部内頸動脈で閉塞していた (白矢印) .

B : 6Fr シモンズ型ガイディングシース内に 6Fr balloon-guiding catheter (黒矢印) を挿入した.

C : 6Fr balloon-guiding catheter を inflation し (黒矢印) , proximal balloon protection (PBP) 下に Carotid Guardwire (白矢印) を lesion cross させた.

D : Carotid Guardwire を頸部内頸動脈遠位部で inflation させ (黒矢印) , PBP から distal balloon protection に切り替えて carotid artery stenting (CAS) を行った.

E : CAS 後右総頸動脈撮影側面像. 良好な拡張が得られたことが確認された.

Fig.3 83 歳, 男性. 症候性右頸部内頸動脈高度狭窄症.

A : 術前 MRI 拡散強調画像. 右大脳半球に散在する高信号病変を認めた.

B : 術前右総頸動脈撮影頸部側面像 (左), Three-dimensional rotational angiography (右). 総頸動脈遠位部から内頸動脈起始部にかけて石灰化を伴う高度狭窄を認めた.

C : Three-dimensional computed tomography angiography. 両側下肢の動脈に重度の動脈硬化を認めた.

Fig.4 術中経時的右頸動脈側面像.

A：術前右総頸動脈撮影頸部側面像．右総頸動脈に 6Fr Axcelguide を誘導（黒矢印）．内頸動脈起始部に高度狭窄を認めた．

B：Carotid Guardwire（黒矢印）を用いて lesion cross を試みたが，不可能であった．

C：マイクロカテーテル（白矢印）をバックアップにして，0.014 インチマイクロガイドワイヤー（黒矢印）で lesion cross を試みたが，不可能であった．

D：6Fr シモンズ型ガイディングシース内に 6Fr balloon-guiding catheter（黒矢印）を導入．

E：6Fr balloon-guiding catheter を inflation して総頸動脈を遮断した（黒矢印）．proximal balloon protection (PBP) 下にマイクロガイドワイヤーを lesion cross し（矢頭），PTA バルーンカテーテルにて病変部を拡張した（白矢印）．

F：PBP のバックアップ下に Carotid Guardwire（黒矢印）はスムーズに lesion cross した．

G：Carotid Guardwire を頸部内頸動脈遠位部で inflation し（黒矢印），PBP から distal balloon protection に切り替えて carotid artery stenting (CAS) を行った．

H：CAS 後右総頸動脈撮影側面像．良好な拡張が得られたことが確認された．

Fig.5 6Fr シモンズ型ガイディングシース（6Fr Axcelguide Stiff-J-1 90 cm）に T コネクターを介在して，6Fr balloon-guiding catheter（6Fr Optimo 90 cm）を挿入したカテーテル先端部と手元部．

A：カテーテル先端部の状態．6Fr シモンズ型ガイドングシース（白矢印）の先端から 6Fr balloon-guiding catheter（黒矢印）を出すことができる．

B：カテーテル手元部の状態．6Fr シモンズ型ガイドングシース（白矢印）に Tコネクター（白矢頭）を介して，6Fr balloon-guiding catheter（黒矢印）を挿入．

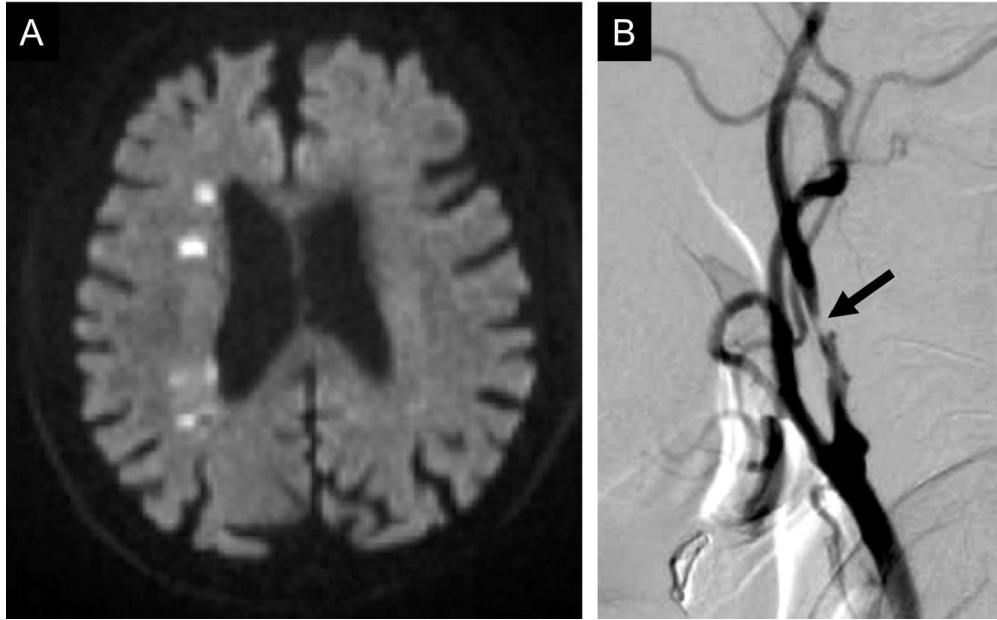


Fig.1 79歳，男性．症候性右頰部内頰動脈狭窄症．

175x107mm (300 x 300 DPI)

Review

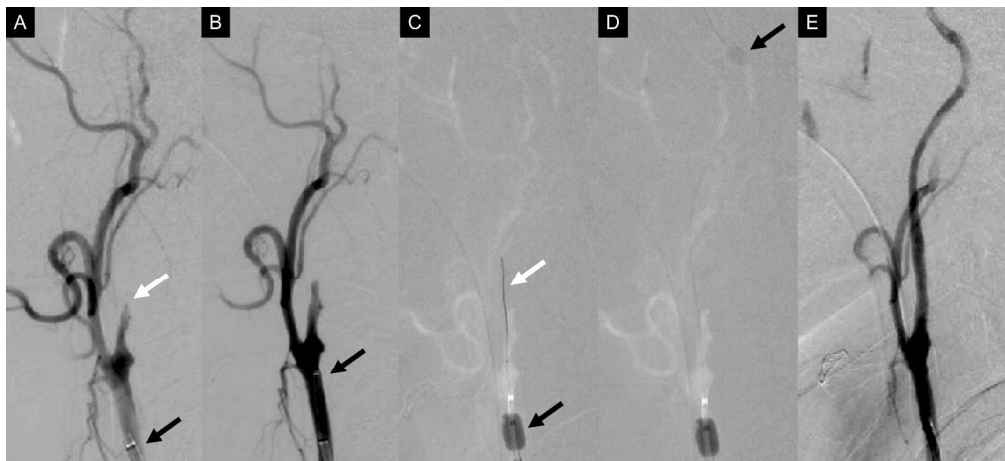


Fig.2 術中経時的右頸動脈側面像.

329x148mm (300 x 300 DPI)

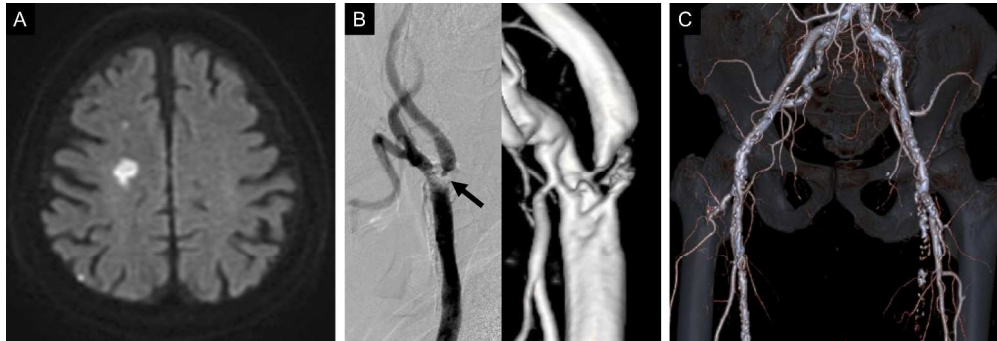


Fig.3 83歳，男性．症候性右頸部内頸動脈高度狭窄症．

316x106mm (300 x 300 DPI)

or Peer Review

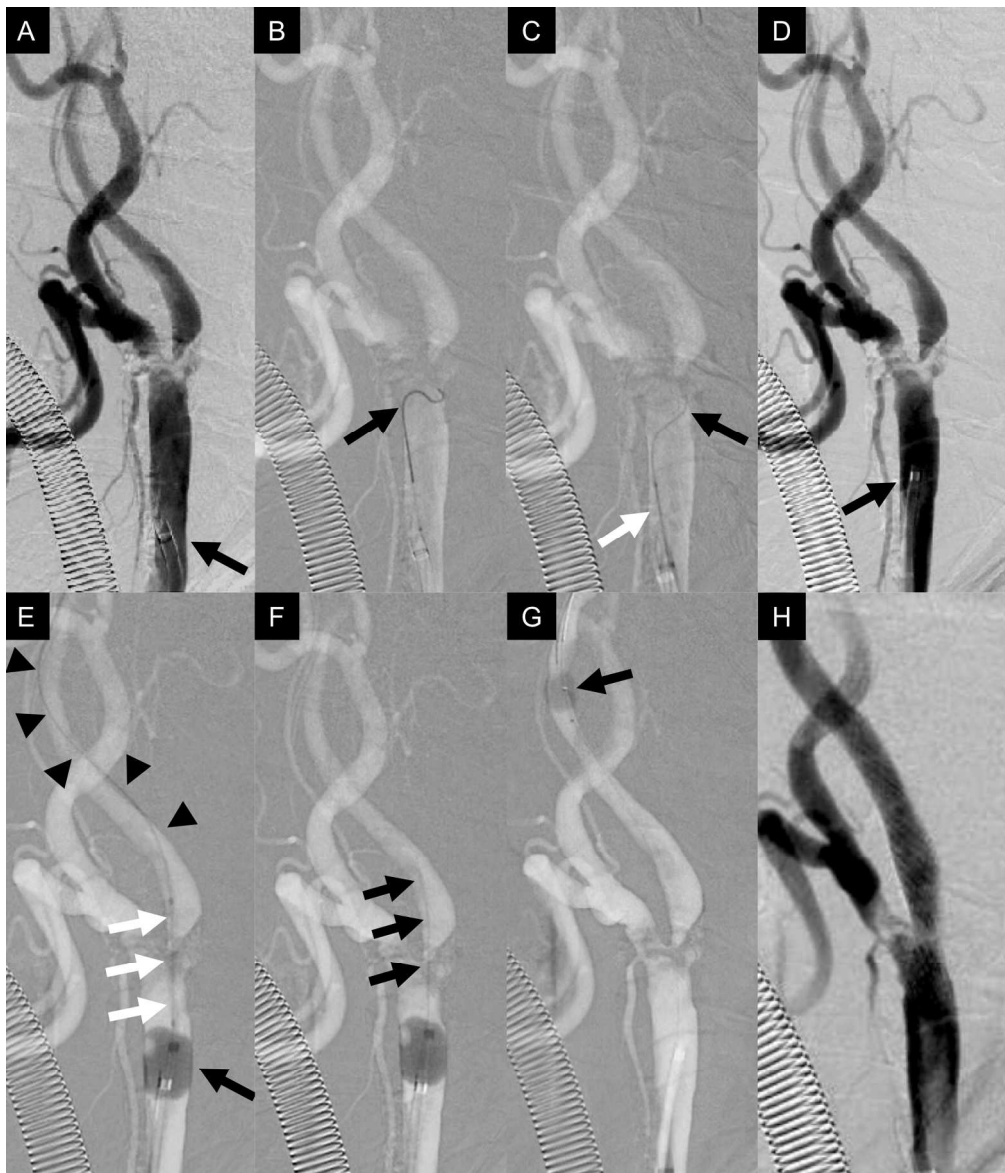


Fig.4 術中経時的右頸動脈側面像.
183x213mm (300 x 300 DPI)

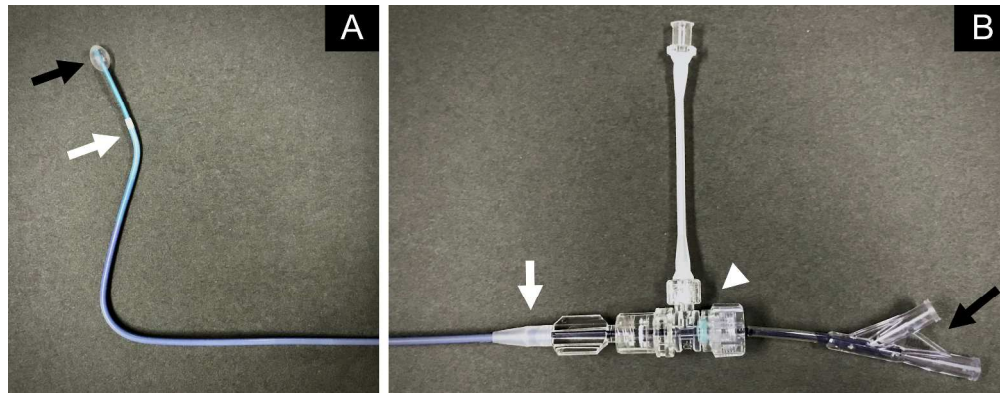


Fig.5 6Fr Axcelguide Stiff-J-1にTコネクターを介在して, 6Fr Optimoを挿入したカテーテル先端部と手元部.

328x127mm (300 x 300 DPI)

Peer Review