

部分塞栓術後に流速低下領域で血栓化が進行した破裂内頸動脈瘤の1例：症例報告

河村洋介¹⁾ 庄島正明^{2,3)} 金子直樹¹⁾ 難波克成²⁾
渡辺英寿¹⁾ 根本 繁^{2,4)}

Local thrombosis in the low flow velocity area following partial coil embolization of a ruptured internal carotid artery aneurysm: case report

Yosuke KAWAMURA¹⁾ Masaaki SHOJIMA^{2,3)} Naoki KANEKO¹⁾ Katsunari NAMBA²⁾
Eiju WATANABE¹⁾ Shigeru NEMOTO^{2,4)}

- 1) Department of Neurosurgery, Jichi Medical University Hospital
2) Department of Endovascular Neurosurgery, Jichi Medical University Hospital
3) Department of Neurosurgery, The University of Tokyo Hospital
4) Department of Endovascular Surgery, Tokyo Medical and Dental University Hospital

●Abstract●

Objective: A case of ruptured internal carotid artery aneurysm in which local thrombosis occurred in the low flow velocity area following partial coil embolization is presented.

Case presentation: A 91-year-old woman suffered from subarachnoid hemorrhage due to rupture of a large saccular aneurysm of the right internal carotid artery. Patient was initially treated conservatively. Rebleeding occurred within a month, which lead to coil embolization of the aneurysm. Although the aneurysm was occluded incompletely because of a large sac and a wide neck, a two-week follow-up angiography disclosed progressive local thrombosis within the aneurysm. Thrombosed area corresponded to the low flow velocity area on computerized flow dynamic analysis.

Conclusion: It is suggested that local thrombosis may occur in the area of low flow velocity after partial coil embolization of the aneurysm.

●Key Words●

coil embolization, computer simulation, flow dynamics, internal carotid artery aneurysm, subarachnoid hemorrhage

1) 自治医科大学 脳神経外科

2) 自治医科大学 血管内治療部

3) 東京大学附属病院 脳神経外科

4) 東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科 血管内治療学分野

<連絡先：庄島正明 〒133-8655 東京都文京区本郷7-3-1 E-mail : mshoji-ky@umin.ac.jp>

(Received June 29, 2010 : Accepted January 1, 2011)

緒言

離脱型コイルによる動脈瘤塞栓術の有効性は広く認められているが、塞栓術後に動脈瘤が閉塞する機序に関しては未だ明らかにされていない点がある。GDCコイル (Boston Scientific, Natick, MA, USA) は通電することで瘤内の血栓化を促進するというアイデアのもと開発されたが^{4,5)}、実際には通電による血栓形成効果は大きくない⁷⁾。現在では、留置されたコイルは瘤内の血流動態を変化させることで瘤内血栓化をもたらすのではないかと

と推察されている。

治療困難な脳動脈瘤に対して部分塞栓術で終わらざるを得ず、治療直後に動脈瘤全体に造影剤が流入していたが、その後に血栓化が進行して破裂部位への血流が遮断された症例を経験したので報告する。

症例

症例は91歳女性で、既往歴・家族歴に特記すべきものはなかった。突然の頭痛・嘔吐が出現してから5日後に来院し、腰椎穿刺の血性髄液所見から、くも膜下出血と



Fig. 1 Three-dimensional rotational angiographic images (3D-RA) of right internal carotid artery (A : left and B : right anterior oblique views).

Large posterior communicating artery branches from the dome of the aneurysm sac (arrows). Small bleb, the probable bleeding point, is located at the top of the aneurysm (arrowhead). The aneurysm neck is wide and fused with the internal carotid artery itself.

診断された (WFNS Grade I). 頭部CT上, くも膜下出血は明らかではなかったが, 脳底部に大きさ22mmの脳動脈瘤と思われる腫瘍病変を認めた. 発症後5日経過していることと超高齢であることから保存的加療を選択したが, 1ヵ月後, くも膜下出血を再発した. 頭痛および軽度の見当識障害を認めたが, その他の局所神経脱落所見はなかった (WFNS Grade II). 頭部CTでは脳底部脳槽に薄いくも膜下出血を認めた (Fisher group 2). 脳血管撮影で右内頸動脈に最大径22mmの脳動脈瘤を認めた (Fig. 1). 内頸動脈床上部が全体的に拡張して動脈瘤が形成されており, 明瞭なネックは認められなかった. 動脈瘤体部の内側壁より発達したfetal typeの後交通動脈が分枝しており, 椎骨動脈撮影では右P1部が低形成のため右後大脳動脈は描出されなかった. 動脈瘤の破裂部位は, 先端部に生じていた小さな不整形の膨隆部 (ブレブ) と推察された. 動脈瘤内血栓は認められなかった.

血管内治療の適応決定に際し, 瘤内血流動態を汎用有限体積法ソルバー (SCRUY/Tetra for Windows version

6, ソフトウェアクレイドル, 大阪) を用い, 収縮期における脳動脈瘤近傍の速度場を定常解析にて簡易的に算出した. 血管形状は治療前に得られた三次元回転血管撮影より構築し, 入口流速条件として高齢者の内頸動脈収縮期最高血流速度として報告されている58cm/sを用いた³⁾. 出口条件は表面圧力ゼロを適用し, 血管壁は剛体壁, 血液は比重1,053kg/m³, 粘性係数4.0×10⁻³N/m²/sの非圧縮性ニュートン性流体として取り扱った¹⁰⁾. 計算に要した時間は5分であった (汎用パーソナルコンピューターを使用: CPU Intel Core2Duo 2.4GHz RAM 2GB). 算出された瘤内血流動態画像 (Fig. 2) を観察すると, 動脈瘤上壁側のinflow zoneから瘤内に入り込んだ血流は, 動脈瘤壁にそって速度を減じていった. 動脈瘤先端部のブレブ近傍に至ると著しく血流速度が低下し, ブレブ内ではさらに流速が低下していた.

患者の年齢, および血管撮影所見から本動脈瘤は開頭術および血管内治療ともに根治的治療は困難と判断されたが, 部分的にでもコイルが留置されれば血流速度が低いブレブを含む動脈瘤先端部における血栓化が進行し,

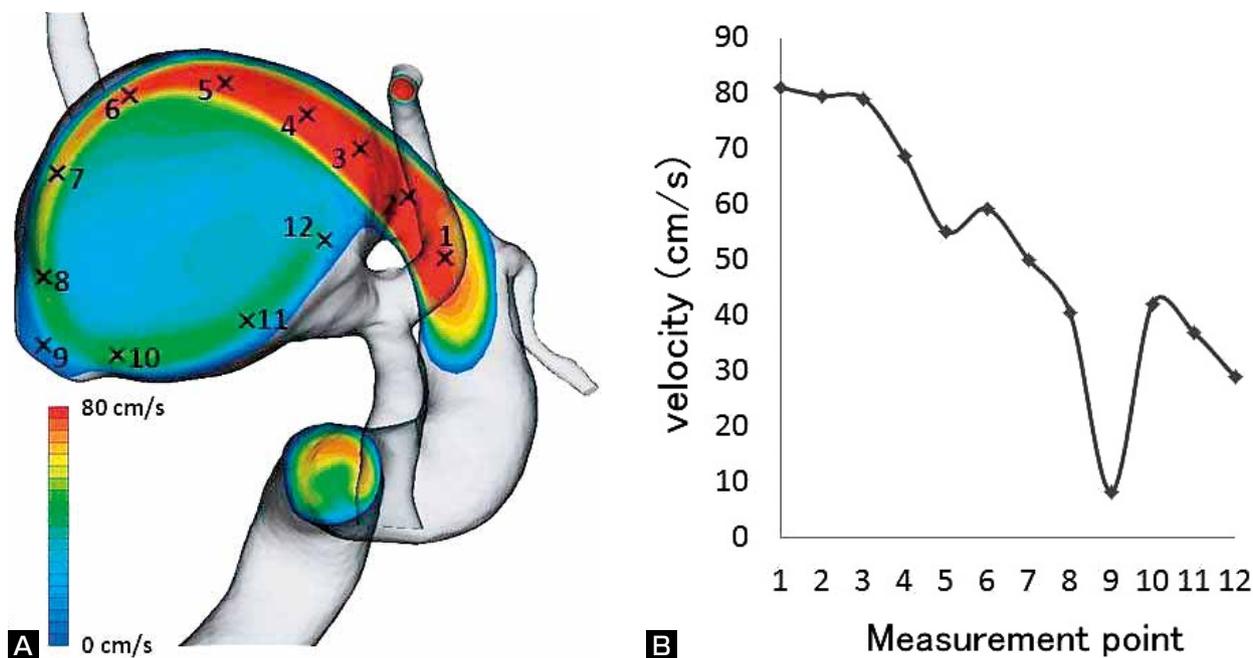


Fig. 2 Computerized flow dynamic analysis of the aneurysm. Velocity distribution in the plane including the parent artery and the bleb is visualized in colored contour and overlaid on the transparent view of 3D-RA, lateral view (A). The bloodstream enters the aneurysm from the upper part of the aneurysm. The blood velocity is rapidly decreasing as the blood flows along the wall (B). The blood velocity is markedly low at the bleb. The numbers in figure (A) correspond to the measurement points in figure (B).

再出血の予防を期待し得ると推察されたため、部分塞栓術による姑息的治療を行うことにした。

局所麻酔下に8Frガイドングカテーテルを右内頸動脈に留置し、2本のマイクロカテーテル(Excelsior1018, Boston Scientific, Natick, MA, USA)を瘤内に誘導した。後交通動脈と内頸動脈の血流を温存するよう、working projectionを設定し、ダブルカテーテル法でコイルを留置していった(Fig. 3)。2本のコイルGDC-18 3D Shape 16mm×30cmとGDC-18 3D Shape 14mm×30cm(Boston Scientific, Natick, MA, USA)でフレームを形成し、以後、10サイズのコイルを適宜サイズダウンしながらフレーム内に充填していった。16本目のコイルGDC-10 2D 7mm×25cmを挿入途中にアンラベルが生じた。このコイルは回収できず、断端の一部は内頸動脈起始部でステント(S.M.A.R.T CONTROL 10mm×40mm, Cordis/Johnson & Johnson, Miami, FL, USA)を用いて血管壁に圧着させ治療を終了した。治療直後の内頸動脈撮影では動脈瘤内全体に造影剤が流入し(Fig. 4)、依然動脈瘤先端部への造影剤流入が認められていたが、治療5日後のMRAでは動脈瘤先端部の血流信号は認められなくなっていた。治療2週間後に行われた血管撮影では、瘤内血栓化が進行してプレブを含む動脈瘤

先端部への血流が遮断されていること、後交通動脈の血流が温存されていることが確認された(Fig. 5)。

治療前の瘤内血流動態と治療後のコイルframeをフュージョンした画像を観察すると、血栓化が進行した部位と血流速度が低い部位とが一致していた(Fig. 6)。またinflow zoneの血流速度が速い部位では、軽度のコイルコンパクションが認められた。治療2ヵ月後のMRAでは瘤内血栓化部位の再開通は認められなかった。その後の画像検査は行われていないが、治療6ヵ月後に老衰で死亡するまで再出血は起こらなかった。

考 察

動脈瘤内への血流を遮断する目的でコイルを留置するが、瘤内のすべての体積をコイルで満たすことはできず¹⁾、コイル挿入により血栓化や器質化が起こるとされている¹³⁾。通電による血栓形成効果も期待された^{4,5)}が、実際にはその効果は小さい⁷⁾。現在では、留置されたコイルによる血流動態の変化が瘤内の血栓化を促進させると推察されている。Sortebergらの研究では、実験動物の動脈瘤モデル内にコイルを留置すると瘤内の圧力は増加した¹²⁾のに対して、瘤内の血流量はコイル1個が留置されると34%減少し、動脈瘤が造影されなくなるまでコイルが留

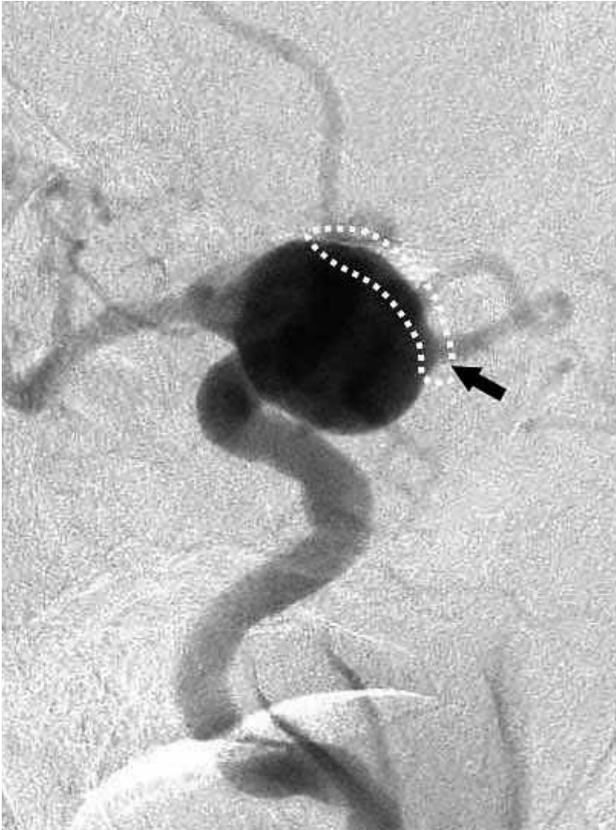


Fig. 3 Working projection during the interventional procedure. Left anterior oblique projection shows the orifice of right posterior communicating artery (arrow). The white dotted line indicates the area which can not be occluded by coils to keep the flow of posterior communicating artery and internal carotid artery.

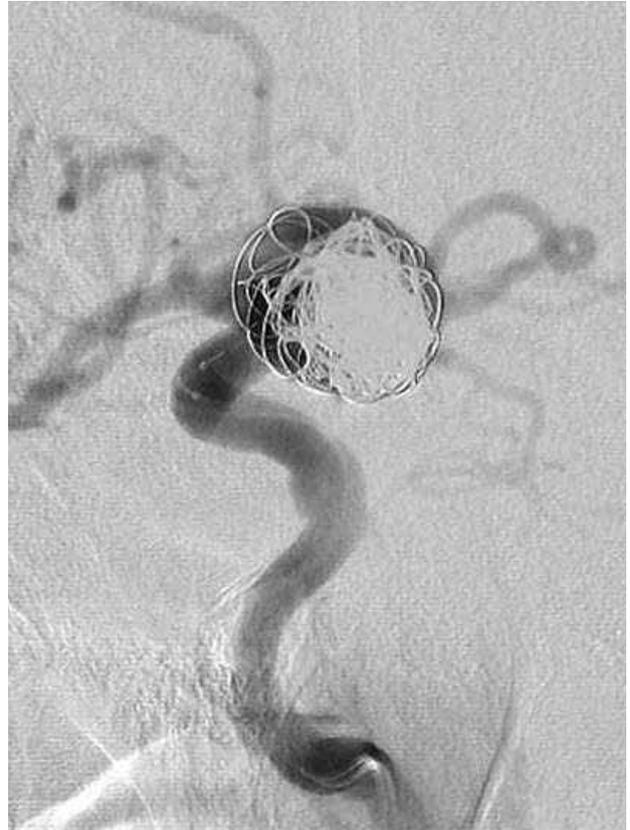


Fig. 4 Angiographic image immediately after the interventional procedure. Since the aneurysm was embolized roughly as planned, the entire aneurysm cavity was opacified.

置されると70%減少するという¹¹⁾。これらの結果に基づいて、コイル塞栓術は圧力の低下ではなく血流速度の低下により動脈瘤を血栓化させるとの仮説が立てられた。

一般的に不規則な形やブレブを有する動脈瘤が破裂する可能性が高いとされている⁸⁾。

また脳動脈瘤近傍の血流動態に関する論文では、動脈瘤内の血流速度は親血管と比べると明らかに低下しており²⁾、動脈瘤の先端部やブレブでは特に血流速度の低下が著しいとされている⁹⁾。

本症例では血流解析シミュレーションでブレブを含む動脈瘤先端部での血流が親血管に比べて半減していた。塞栓術直後には動脈瘤全体に造影剤が流入していたが、治療後早期に動脈瘤先端部で造影剤が流入せず、血栓化が進んでいたと考えられた。コイル留置後に動脈瘤内で血流速度が低下している部分に血栓化が起りやすいことが示され、Sortebergらの仮説を支持するものである。

このことから、ブレブを伴う動脈瘤では部分塞栓術であってもブレブ近傍の血栓化を起しやすく、急性期の再破裂予防における有効性が示唆された。

一方、血流速度の大きなinflow zoneではコイルコンパクションが認められ、コイル塞栓術の問題点を血行力学的に示した。

大型動脈瘤のコイル塞栓術は長期的な破裂予防効果を疑問視する報告は多く⁶⁾、血管内治療の解決すべき問題点である。破裂脳動脈瘤の血流解析は、動脈瘤破裂のメカニズムを解明するだけでなく、有効な治療戦略を見出す手掛かりになるものと期待される。

結 語

治療困難な破裂内頸動脈瘤に対する部分塞栓術後に、瘤内血栓化が流速低下部位で生じていることが可視化された症例を呈示した。コンピューターグラフィックスの

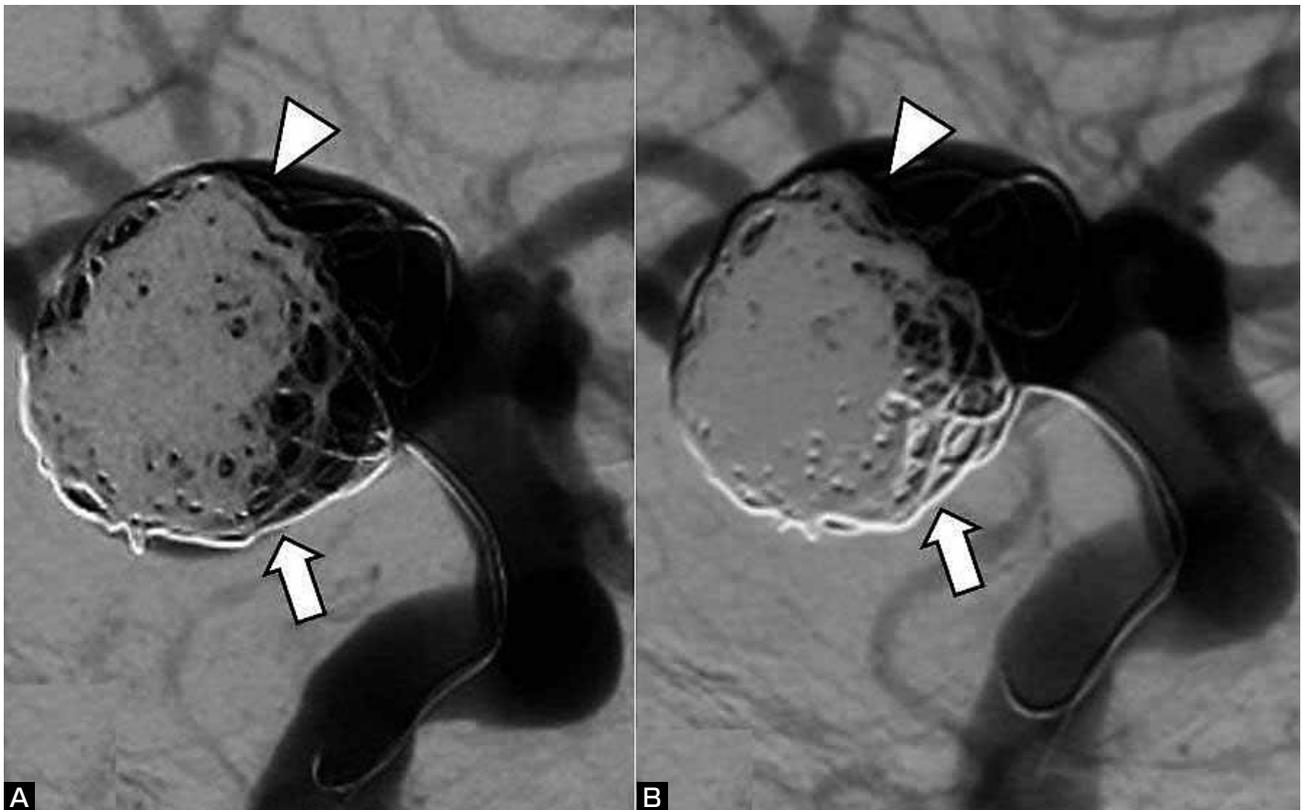


Fig. 5 Right internal carotid angiograms (lateral views) immediately after the embolization (A) and two weeks after the embolization (B). Progressive thrombosis at the lower part of the aneurysm (arrows) corresponds to the low flow velocity area shown in figure 2. Mild coil compaction is recognized at the inflow zone (arrowheads).

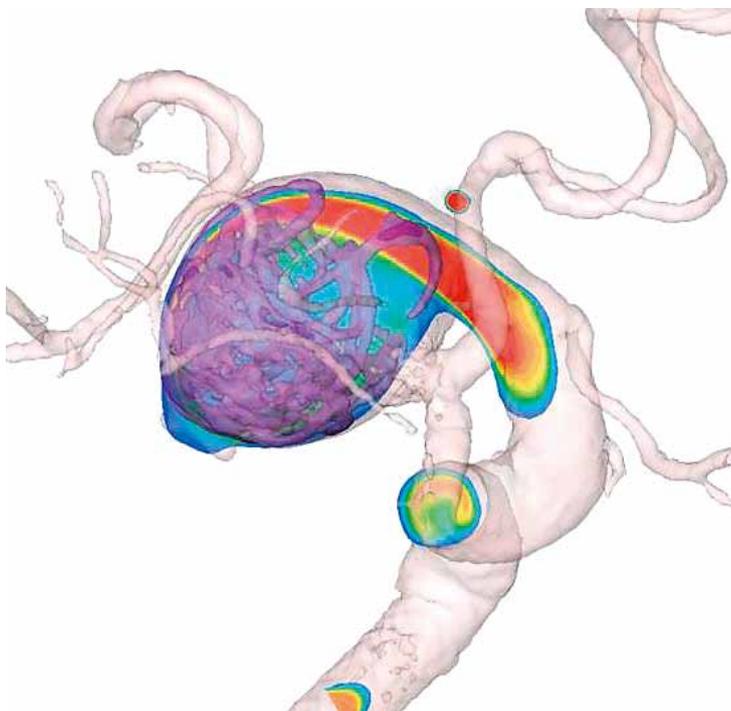


Fig. 6 The fusion image of computerized flow dynamic analysis of the aneurysm before coil embolization (velocity distribution shown in Fig. 2), coil frame after coil embolization and vessel geometry obtained by 3D-RA. Progressive thrombosis at the lower part of the aneurysm corresponds to the low flow velocity area in the preoperative angiogram.

進歩により、血流シミュレーションは短時間で解析可能なため、治療の一連の手技として実施可能であり、有用なツールと考えられる。

文 献

- 1) 相原徳孝, 間瀬光人, 山田和雄: 高齢者重症くも膜下出血の急性期治療. 高齢者重症破裂脳動脈瘤への急性期塞栓術～ Tight packing にこだわらない治療方針から～. 脳卒中の外科 34:6-11, 2008.
- 2) Asakura F, Tenjin H, Sugawa N, et al: Evaluation of intra-aneurysmal blood flow by digital subtraction angiography: blood flow change after coil embolization. Surg Neurol 59:310-319, 2003.
- 3) 古幡 博, 藤代 健, 塩貝 敏: 頭頸部血流. 宮本幸夫, 古幡博編, 臨床画像 超音波データブック, 東京, メジカルビュー社, 2003, 32-45.
- 4) Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, et al: Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: Preliminary clinical experience. J Neurosurg 75:8-14, 1991.
- 5) Guglielmi G, Vinuela F, Sepetka I, et al: Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 1: Electrochemical basis, technique, and experimental results. J Neurosurg 75:1-7, 1991.
- 6) Hayakawa M, Murayama Y, Duckwiler GR, et al: Natural history of the neck remnant of a cerebral aneurysm treated with the Guglielmi detachable coil system. J Neurosurg 93:561-568, 2000.
- 7) Henkes H, Brew S, Felber S, et al: In vitro and in vivo studies of the extent of electrothrombotic deposition of blood elements on the surface of electrolytically detachable coils. Interv Neuroradiol 10:189-201, 2004.
- 8) Nehls DG, Flom RA, Carter LP, et al: Multiple intracranial aneurysms: determining the site of rupture. J Neurosurg 63:342-348, 1985.
- 9) Shojima M, Oshima M, Takagi K, et al: Numerical simulation of the intra-aneurysmal flow dynamics. Interv Neuroradiol 12:49-52, 2006.
- 10) Shojima M, Oshima M, Takagi K, et al: Role of the bloodstream impacting force and the local pressure elevation in the rupture of cerebral aneurysms. Stroke 36:1933-1938, 2005.
- 11) Sorteberg A, Sorteberg W, Rappe A, et al: Effect of Guglielmi detachable coils on intraaneurysmal flow: experimental study in canines. AJNR 23:288-294, 2002.
- 12) Sorteberg A, Sorteberg W, Turk AS, et al: Effect of Guglielmi detachable coil placement on intraaneurysmal pressure: experimental study in canines. AJNR 22:1750-1756, 2001.
- 13) Szikora I, Seifert P, Hanzely Z, et al: Histopathologic evaluation of aneurysms treated with Guglielmi detachable coils or matrix detachable microcoils. AJNR 27:283-288, 2006.

要 旨

JNET 4:151-156, 2010

【目的】 治療困難な破裂内頸動脈瘤に対して部分塞栓術を行い、流速低下部位に一致した瘤内血栓化を認めた症例を報告する。**【症例】** 軽症のくも膜下出血で来院した91歳女性。広頸かつ大型 (22mm) の右内頸動脈瘤を認め、保存的に治療したが1ヵ月後に再出血した (WFNS Grade II)。再出血当日の部分塞栓術直後は瘤全体が造影されたが、2週間後の血管撮影でブレブを含む動脈瘤先端部の血栓化を認めた。同部位は治療前の画像を元にコンピューターシミュレーションで可視化された流速低下部位に一致していた。**【結論】** 塞栓術がdome fillingで終了した場合であっても、脳動脈瘤内の流速低下部位に血栓化が起りやすいことが示唆された。