

脳神経外科速報

第15巻 4号 2005年 4月10日発行

MC メディカ出版

3次元MR Cisternographyによる脳内にdome/blebが埋没した内頸動脈-後交通動脈瘤の術前画像評価

佐藤 透¹⁾ 尾美 賜¹⁾ 大迫知香¹⁾ 勝間田篤²⁾ 吉本祐介²⁾ 土本正治²⁾ 小野田恵介³⁾ 徳永浩司³⁾
杉生憲志³⁾ 伊達 勲³⁾

Conventional and Transparent 3D MR Cisternography: Preoperative Imaging Analysis of an Internal Carotid-Posterior Communicating Artery Aneurysm with a Dome/Bleb Embedded within a Brain

Toru SATOH¹⁾, Megumi OMI¹⁾, Chika OHSAKO¹⁾, Atsushi KATSUMATA²⁾, Yusuke YOSHIMOTO²⁾,
Shoji TSUCHIMOTO²⁾, Keisuke ONODA³⁾, Koji TOKUNAGA³⁾, Kenji SUGIU³⁾, Isao DATE³⁾

1) Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

2) Department of Neurological Surgery, Onomichi Municipal Hospital

3) Department of Neurological Surgery, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and
Pharmaceutical Sciences

The conventional and transparent 3D MR cisternography was developed to delineate the outer wall configurations of cerebral aneurysmal complex in conjunction with the perianeurysmal structures, including cranial nerves, dura mater and dural fold, cranial base bone, and juxtacisternal brain. Volume data obtained by a T2-weighted 3D fast spin-echo sequence were reconstructed by using a perspective volume-rendering algorithm with a transluminal imaging technique. The 3D MR cisternography was applied in a specific case of an internal carotid-posterior communicating artery aneurysm with a dome/bleb embedded within the adjacent temporal lobe. Spatial relationship of an aneurysm to the perianeurysmal environment was preoperatively observed from various projections, including intracisternal operative, intraluminal endoscopic, and intraparenchymal virtual view points, and those reconstructed images were compared with the intraoperative findings. Technical notes for producing conventional and transparent borderline images of 3D MR cisternography were mentioned in the detail.

Key Words: aneurysmal contour, intracranial aneurysm, MR cisternography, perianeurysmal environment, three-dimensional reconstruction

1) 医療法人社団) 涼風会佐藤脳神経外科 〒729-0104 広島県福山市松永町5-23-23

2005.1.7. 受稿

2) 尾道市立市民病院脳神経外科

3) 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科神経病態外科学

I. はじめに

T2-weighted three-dimensional (3D) fast spin-echo (FSE) sequenceなどで得られるMR脳槽画像(MR cisternography, MRC)では、脳槽内脳脊髄液は高信号強度で、脳動脈瘤・親脳動脈などの脳動脈瘤構築、脳神経・脳実質・硬

膜・硬膜嚢・頭蓋底骨構造などの瘤周囲構造物は低信号強度で描出される^{3, 5, 7, 8, 10, 11, 14)}。

これにより、MRCで得られたvolume dataを遠近投影volume-rendering法で3D画像再構成することで脳槽内および脳槽周囲構造物を立体的に画像表示することが可能となる¹⁴⁾。

今回われわれは、脳内にdome/blebが埋没

した未破裂内頸動脈-後交通動脈瘤症例に対して3D MRCを作成し、脳動脈瘤血管構築と瘤周囲構造物との解剖学的位置関係をprospectiveに術前画像評価し、retrospectiveに手術所見と対比した。通常の3D MRC (conventional 3D MRC image)に加えて新たにその透視画像 (transparent 3D MR image)を創作し、術野方向のみならず、親動脈内や隣接脳実質内の仮想的視点 (virtual view points)からも観察した。本稿ではこれら画像解析技術の詳細について報告する。

II. 画像解析技術

A. MRCの撮像

MRCはMR臨床機 (Signa HiSpeed 1.0T, General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA) を使用してT2-weighted 3D FSE sequenceで撮像した。プロトコールは4000/140/1 (TR/TE/excitation), echo train length 64 times, bandwidth 15.63KHz, 256×256matrix, 1.2-mm thickness, 1.2-mm section interval, 16-cm field of view, total imaging time 8 minutes and 1 secondで、合計26枚の連続した軸位元画像が得られた。これらのvolume dataはworkstation (Zio M900 Quadra; AMIN, Tokyo)にDICOM転送した。

B. 通常の遠近投影3D MRCおよびその透視画像の作成

元画像volume dataをworkstationで0.6mm厚に補間し、9秒間で3D volume-rendering data set (51 data)に変換した。通常の遠近投影3D MRCは、perspective volume-rendering algorithm^{9, 12, 14, 16)}を用いて11秒間で画像再構成した。元画像でのMR信号強度histogram (arbitrary unit)の分析から、volume dataの信号強度分布のopacity curveから閾値100～500

(100% opacity level), 500～510 (0% opacity level)の右肩下がりsquare curveを用いて高信号強度を示す脳脊髄液以外のすべての情報を選択し、それぞれgreen (閾値100～500)とred (500～510)に色づけした (Fig.1 D)。

通常の遠近投影3D MRCでは脳動脈瘤、親動脈、静脈、脳神経などの脳槽内構造物を頭蓋底骨構造、硬膜、硬膜襞、脳実質などの脳槽周囲構造物とともに立体表示し、視野角90°で脳槽内のいろいろな視点から観察した。

透視画像は、同じdata setからperspective volume-rendering algorithm, transluminal imaging technique¹²⁻¹⁴⁾を用いて11秒間で画像再構成した。信号強度分布のopacity curveから閾値490～500 (100% opacity level), 500～510 (0% opacity level)の右肩下がりsquare curveを用いて脳脊髄液に接触する構造物境界面を選択し、それぞれgreen (閾値490～500)とred (500～510)に色づけした。高度低信号強度領域で示される動脈構造を強調するため、閾値100～240 (100% opacity level)の別のsquare curveを用いてblue (100～240)に色づけした (Fig.1 D)。

透視画像では脳槽内・脳槽周囲構造物と脳脊髄液の境界面がgreenとredのリング状で描出され、リングとリングの間隙から動脈瘤や親動脈構造がblueで直接観察された。

C. 仮想的血管内視鏡による遠近投影3D MRCおよびその透視画像の作成

親動脈内の視点からの仮想的血管内視鏡3D MRCは、3D volume-rendering data setのopacity chartから、閾値130 (0% opacity level)～140 (100% opacity level)の右肩上がりsquare curveを使用してdata選択し、blueに色づけした。脳脊髄液と境界を接する動脈外壁が管腔内から観察され、親動脈開口部や脳動脈瘤

neck形状が描出された。

その透視画像は、閾値130～140 (100% opacity level), 290～300 (100% opacity level), 400～ (100% opacity level) の三つのsquare curveを使用してdata選択し、それぞれblue, green, redに色づけした。

Ring状に描出された動脈外壁 (blue) を透視して脳槽周囲脳実質がgreenに、脳脊髄液がredで表示された。

D. 仮想的脳内観察視点からの遠近投影3D MRCおよびその透視画像の作成

脳実質内の仮想的観察視点からの3D MRCは、3D volume-rendering data setのopacity chartから、閾値100～240 (100% opacity level) と490～510 (100% opacity level) のsquare curveでdata選択し、それぞれblue (閾値100～240), green (490～500), red (500～510) に色づけした。その透視画像は、閾値100～240 (100% opacity level) と490～510 (100% opacity level) のsquare curveでdata選択し、それぞれblue (閾値100～240), green (490～500), red (500～510) に色づけした。

これら脳実質内からの仮想的な観察では、脳内に埋没した脳動脈瘤dome/bleb (blue) と隣接する脳表 (green/red) との解剖学的位置関係が立体的に表示された。

Ⅲ. 症例提示

54歳、男、未破裂左内頸動脈-後交通動脈瘤頭痛精査で来院し、MRAで左内頸動脈-後交通動脈分岐部に未破裂脳動脈瘤 (3.9×2.9×3.0 mm) が認められた。

Pterional approachで行った手術写真 (Fig. 1 A, B) を示す。Fig 1 C 矢印からの観察視点では脳動脈瘤は内頸動脈から分岐する後交通動脈遠位部にneckを有し、後外側に発育して側

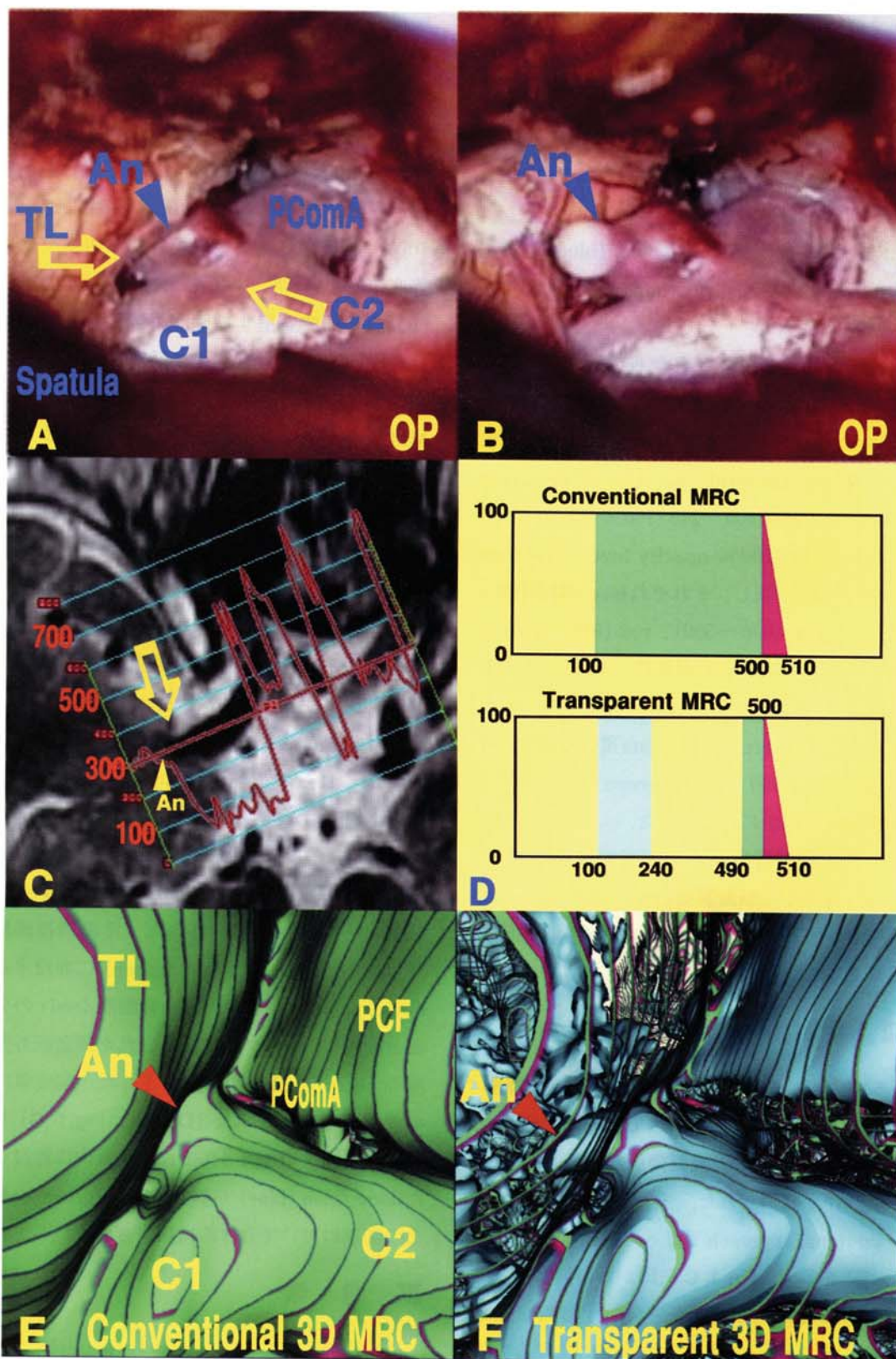
頭葉内にdome/blebが埋没していた。脳動脈瘤は一部で周囲くも膜と癒着していたが容易に剥離でき、dome全貌を確認してneck clippingを施行した。MRC元画像とそのMR信号強度histogram (Fig. 1 C) では親動脈、脳動脈瘤、硬膜、硬膜襞は高度の低信号強度 (およそ100)、隣接する脳実質や視神経・視交叉は中等度の低信号強度 (およそ300) を示し、これらは高信号強度を呈する周囲の脳槽内脳脊髄液 (およそ600～750) と明瞭に区別された。

Fig. 1 Dにconventionalおよびtransparent 3D MRCで用いたcolor-coded opacity chartを示した。手術アプローチ方向からみた通常の遠近投影3D MRC (Fig. 1 E) では内頸動脈C2部、動脈瘤neck、前床突起とこれに続くanterior petroclinoid dural foldと側頭葉内側部が描出された。その透視画像 (Fig. 1 F) ではdome先端にblebを有する動脈瘤の全貌と内頸動脈、後交通動脈とがblueで示され、血管構造物・脳実質との境界面 (green/red) を透視して描出された。これらの術前画像は同一ではないが、術野に相応した観察視野であった。

3D MRCの仮想血管内視鏡画像 (Fig. 1 G) では流入流出親動脈の開口部が脳動脈瘤neck形態とともにblueで表示された。その透視画像 (Fig. 1 H) では、側頭葉内 (green) に埋没するdome/neck (blue) が周囲脳脊髄液 (red) の分布とともに、リング状に描出された親動脈外壁境界 (blue) を透視して観察された。脳実質内の仮想的視点からみた3D MRC (Fig. 1 G) とその透視画像 (Fig. 1 H) では脳実質内に埋没したdome/bleb (blue) が脳表境界面 (green/red) との関連において立体的に観察された。

Ⅳ. 考 察

近年、MRA, CTA, digital angiographyなど



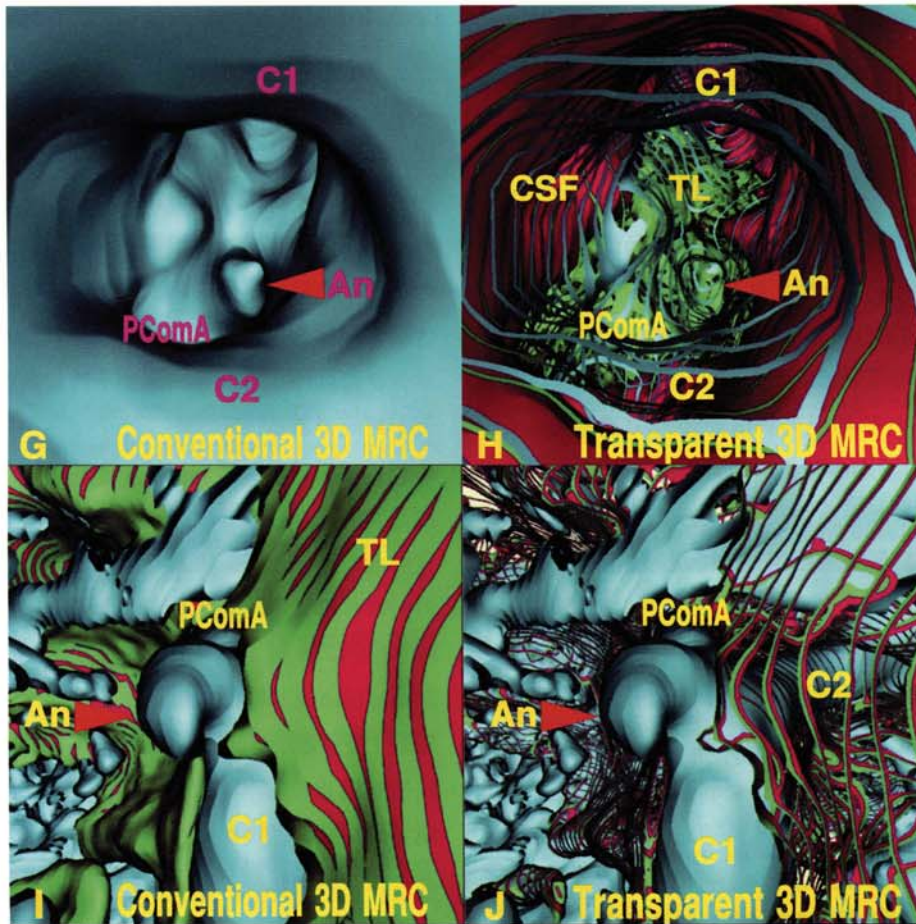


Fig.1 A 54-year-old man with an unruptured left internal carotid-posterior communicating artery aneurysm.
 A, B; Operative photographs before (A) and after (B) surgical dissection of the embedded aneurysmal dome, showing the aneurysm (An), the internal carotid artery (C1, C2), the posterior communicating artery (PComA), and temporal lobe (TL). Large arrows show the virtual positions for intraluminal endoscopic views (G, H) and intraparenchymal views (I, J).
 C; Source MR cisternogram showing histogram of MR signal intensity distribution. An arrow indicates view position for operative field in A and B. An arrowhead shows an aneurysm.
 D; Color-coded opacity charts for the conventional and transparent 3D MR cisternography.
 E; Conventional perspective 3D MR cisternogram, similar projection to the operative views in A and B, showing the contours of the aneurysmal neck (An), the internal carotid artery (C1, C2), the posterior communicating artery (PComA), temporal lobe (TL), and the anterior petroclinoid fold (PCF), all in green and red.
 F; Transparent perspective 3D MR cisternogram, the same projection with E, depicting the whole shape of the aneurysm (An) and parent arteries (C1, C2, PComA), both in blue, transparently through the vessel wall and the adjacent brain surface in green and red.
 G; Conventional virtual intraluminal endoscopic view of the perspective 3D MR cisternography, projected from the inside of the internal carotid artery (C2), indicated as an arrow in A, showing the orifices of C2, PComA, and the aneurysmal neck, all in blue.
 H; Transparent virtual endoscopic view of the perspective MR cisternography, indicated an arrow in A, the same projection with G, showing the aneurysmal dome in relation to the perianeurysmal temporal lobe (TL) in green and CSF in red.
 I; Conventional virtual view from the inside of the temporal lobe (an arrow in A), showing the aneurysmal dome/bleb (An) embedded into the brain in blue, with respect to the surface of the temporal lobe (TL) in green and red, C1, and PComA in blue.
 J; Transparent virtual view from the inside of the temporal lobe (an arrow in A), showing the whole shape of the aneurysm (An) and parent arteries (C1, C2, PComA) in blue, transparently through the surface of the temporal lobe (TL) in green and red.

撮像装置の発展と workstation での medical visualization software の進歩により脳動脈瘤血管構築を立体的に術前画像評価することが可能となってきた^{1, 2, 4, 6, 12, 13)}。しかし、これらの血管画像では血管内腔が表示されるため、血管外壁形態の把握には困難をきたす場合がある。そのため、dome に血栓を有する脳動脈瘤やアテローム硬化の強い親動脈では血管画像と術中所見が乖離することもしばしばみられる。

われわれ脳神経外科医が術野で遭遇するのは、血管内腔からなる脳動脈瘤構造物ではなく、脳槽内脳神経や血管、周囲脳実質や頭蓋底骨構造など脳動脈瘤周囲構造物で境界を接する脳動脈瘤・親動脈の外壁形態である。したがって、脳動脈瘤術前画像評価には瘤周囲構造物を含めた脳動脈瘤外壁形態をいろいろな視点から立体的に観察することが求められる。

T2-weighted 3D FSE sequence など得られる MRC では脳動脈瘤・親動脈・硬膜・硬膜嚢は高度の低信号強度で、脳神経・脳実質・頭蓋底骨構造などの瘤周囲構造物は中等度の低信号強度で描出されるため、脳槽内や脳槽周囲構造物の外壁境界面は高信号強度で示される脳脊髄液と明瞭に区別される^{3, 5, 7, 8, 10, 11, 14)}。これら脳槽画像での情報伝達特性は、脳動脈瘤血管構築の外壁形態と脳槽内および脳槽周囲構造物との解剖学的関係を把握するうえで有用である。

さらに、得られた volume data から遠近投影法を用いて 3D MRC を作成することで、脳動脈瘤血管構築の外壁形態と瘤周囲構造物との解剖学的位置関係を立体表示することが可能である¹⁴⁾。

通常の遠近投影 3D MRC では、脳動脈瘤や脳神経などの脳槽内構造物を脳表や頭蓋底骨構造など脳槽周囲構造物との関係において脳槽内のいろいろな観察視点から立体表示することが可能である。手術アプローチからの 3D MRC

では術野に相応する立体画像が術前に得られる。しかし、手術操作での削除や剥離、脳ペラでの牽引などにより構造物相互の位置関係に変化をきたすため、術野と同一の術前画像は通常得られない。3D MRC の透視画像では脳槽内および脳槽周囲構造物の境界面が選択的に描出される。その結果、関心構造物の前に横たわる障害物の境界面はリング状に表示され、リングとリングの間隙から関心構造物を透視観察することが可能である。

透視画像では脳槽内以外にも親動脈管腔内の仮想的視点から血管内視鏡の観察視野で周囲脳脊髄液を透視して脳実質を表示することができる。さらに、周囲脳実質内の仮想的視点からは脳実質に接触あるいは埋没した脳動脈瘤 dome/bleb を脳槽周囲構造物の境界面とともに観察することが可能である。これら通常のあるいは透視遠近投影 3D MRC では、構造物相互の境界面に脳脊髄液が介在するか否かが表示されるため、脳動脈瘤と瘤周囲環境との接触の有無を画像評価することが可能であり、未破裂脳動脈瘤の自然歴追跡においても有用と考えられる。

3D MRC では脳動脈瘤構築は本質的に脳槽内に局限して描出される。一方、3D MRA では動脈構築が脳槽内・外の広範囲で描出される。したがって、3D MRC と投影方向、視野角、観察視点の位置座標が一致した等座標 3D MRA を参照あるいは fusion することで、3D MRC で表示された構造物から脳動脈瘤や親動脈などの動脈構築を識別することが容易になるものと考えられる¹⁵⁾。

3D MRC では術野で遭遇する脳動脈瘤血管構築の外壁形態が立体観察できるため、脳動脈瘤の術前画像評価に有用と考えられた。通常の 3D MRC とその透視画像により、術野方向のみならず親動脈内や隣接脳内のいろいろな仮想

的視点から脳動脈瘤血管構築と瘤周囲構造物との解剖学的位置関係を術前に把握することがある程度可能と思われた。

本論文の要旨の一部は、第58回日本脳神経外科学会中国四国地方会(2004年12月4日、岡山)において発表した。

文 献

- 1) Adams WM, Laitt RD, Jackson A: The role of MR angiography in the pretreatment assessment of intracranial aneurysms: A comparative study. *AJNR Am J Neuroradiol* 21: 1618-1628, 2000
- 2) Hirai T, Korogi Y, Suginozaki K, et al: Clinical usefulness of unsubtracted 3D digital angiography compared with rotational digital angiography in the pretreatment evaluation of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 24: 1067-1074, 2003
- 3) Kakizawa Y, Hongo K, Takasawa H, et al: "Real" three-dimensional constructive interference in steady-state imaging to discern microneurosurgical anatomy. *J Neurosurg* 98: 625-630, 2003
- 4) Kato Y, Nair S, Sano H, et al: Multi-Slice 3D-CTA. An improvement over single slice helical CTA for cerebral aneurysms. *Acta Neurochir (Wien)* 144: 715-722, 2002
- 5) 桐山英樹, 相原 寛: MRI検査におけるちょっとした工夫. *脳外速報* 10: 137-140, 2000
- 6) Maeder PP, Meuli RA, de Tribolet N: Three-dimensional volume rendering for magnetic resonance angiography in the screening and preoperative workup of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 85: 1050-1055, 1996
- 7) Mamata Y, Muro I, Matsumae M, et al: Magnetic resonance cisternography for visualization of intracranial fine structures. *J Neurosurg* 88: 670-678, 1998
- 8) Marro B, Valery CA, Bitard A, et al: Intracranial aneurysm on CTA. Demonstration using a transparency volume-rendering technique. *J Comput Assist Tomogr* 24: 96-98, 2000
- 9) Rubin GD, Beaulieu CF, Argiro V, et al: Perspective volume rendering of CT and MR images. Application for endoscopic imaging. *Radiology* 199: 321-330, 1996
- 10) Rubinstein D, Sandberg EJ, Breeze RE, et al: T2-weighted three-dimensional turbo spin-echo MR of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 18: 1939-1943, 1997
- 11) Ryu H, Tanaka T, Yamamoto S, et al: Magnetic resonance cisternography used to determine precise topography of the facial nerve and three components of the eighth cranial nerve in the internal auditory canal and cerebellopontine cistern. *J Neurosurg* 90: 624-634, 1999
- 12) 佐藤 透: 脳動脈瘤診断におけるポリリュームレンダリング法による3-D CTA仮想内視鏡の有用性. *脳外速報* 10: 285-290, 2000
- 13) Satoh T, Onoda K, Tsuchimoto S: Visualization of intraaneurysmal flow patterns with transluminal flow images of 3D MR angiograms in conjunction with aneurysmal configurations. *AJNR Am J Neuroradiol* 24: 1436-1445, 2003
- 14) 佐藤 透, 浴野千菜美, 大迫知香, 他: 3次元MRの脳槽画像による未破裂脳動脈瘤外壁形態と瘤周囲環境の画像評価. *No Shinkei Geka* 32: 215-221, 2004
- 15) 佐藤 透: 開業医奮闘記 日々是好日. *脳外速報* 15: 186-191, 2005
- 16) Shigematsu Y, Korogi Y, Hirai T, et al: Virtual MR endoscopy in the intracranial cerebrospinal fluid spaces. *Neuroradiology* 40: 944-950, 1998