

## 3D MR Cisternography/Angiography Fusion Imaging による 血管外壁形態からみた内頸動脈—後交通動脈瘤と Infundibular Dilation の鑑別診断\*

佐藤 透<sup>1)</sup> 佐々原 渉<sup>1)</sup> 尾美 賜<sup>2)</sup> 大迫 知香<sup>1)</sup>

### Fusion Imaging of 3D MR Cisternography/Angiography for Differential Diagnosis of Internal Carotid-Posterior Communicating Artery Aneurysms and Infundibular Dilations

Toru SATOH<sup>1)</sup>, Wataru SASAHARA<sup>1)</sup>, Megumi Omi<sup>2)</sup>, Chika OHSAKO<sup>1)</sup>

1) Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

2) Department of Diagnostic Radiology, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

By using a fusion imaging of three-dimensional (3D) magnetic resonance cisternography (MRC) and coregistered magnetic resonance angiography (MRA), protrusions at the bifurcation of the internal carotid-posterior communication artery, detected by MRA, were investigated to differentiate between the infundibular dilations and aneurysms. The MRA, obtained by the 3D time-of-flight sequence, showed the flow-related arterial structures by means of an inflow effect mainly induced by the peak systolic flow velocity. The MRC, obtained by 3D fast spin-echo sequence, depicted the contours of the vascular structures within the cisternal space in contrast to the surrounding cerebrospinal fluid. Fusion images of 3D MRC/MRA showed the anatomy of protrusions from the different viewpoints with flow-related intraluminal images (MRA) in conjunction with outer-wall configuration images of the vascular structures (MRC). This imaging technique may be useful to differentiate the infundibular dilations from the internal carotid-posterior communicating artery aneurysms.

(Received : July 28, 2005, Accepted : January 23, 2006)

**Key words** intracranial aneurysm, infundibular dilation, MR cisternography, MR angiography

No Shinkei Geka 34(5): 475-480, 2006

### I. はじめに

Magnetic resonance angiography (MRA) による  
脳血管病変のスクリーニングが普及するに伴い、

無症候性未破裂脳動脈瘤が検出される機会が増えている。そのなかで内頸動脈—後交通動脈分岐部に脳動脈瘤様の血管膨隆部が認められ、脳動脈瘤、infundibular dilation、あるいは正常な動脈起始部

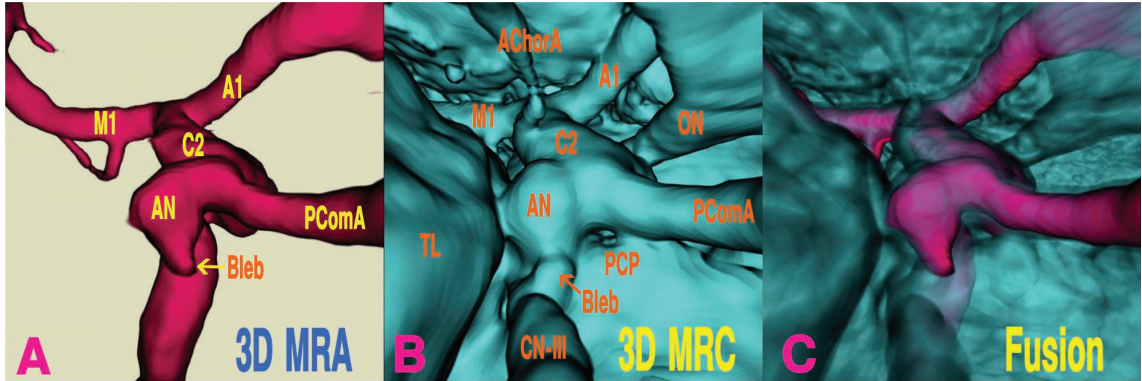
\*(2005. 7. 28 受稿, 2006. 1. 23 受理)

1) 医療法人社団 涼風会 佐藤脳神経外科 脳神経外科, 2) 同 診療放射線科

〔連絡先〕佐藤 透=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丁目23-23)

Address reprint requests to : Toru SATOH, M.D., Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital, 5-23-23 Matsunaga-cho, Fukuyama-city, Hiroshima 729-0104, JAPAN

E-mail : ucsfbtrc@urban.ne.jp



**Fig. 1** Case 1. Unruptured left internal carotid-posterior communicating artery aneurysm associated with juvenile-type posterior communicating artery. 3D MRA (A), posterosuperior projection, showing the aneurysm (5.0 x 4.2 x 2.1 mm) arose from the bifurcation of an internal carotid artery and a large posterior communicating artery. 3D MRC (B), similar projection as A, showed the aneurysm with a ball-like dome and a columnar-shaped bleb (arrow), in conjunction with perianeurysmal structures including the oculomotor nerve and the posterior clinoid process. The anterior choroidal artery was shown clearly. Fusion Image (C) of 3D MRC/MRA, the same projection as A and B, showed the anatomical relationship of the aneurysmal complex to the perianeurysmal structures. AN: aneurysm, PComA: posterior communicating artery, C2: the second segment of the internal carotid artery, A1: the first segment of the anterior cerebral artery, M1: the first segment of the middle cerebral artery, CN-III: the third cranial nerve, PCP: posterior clinoid process, ON: optic nerve, AChorA: anterior choroidal artery, TL: temporal lobe.

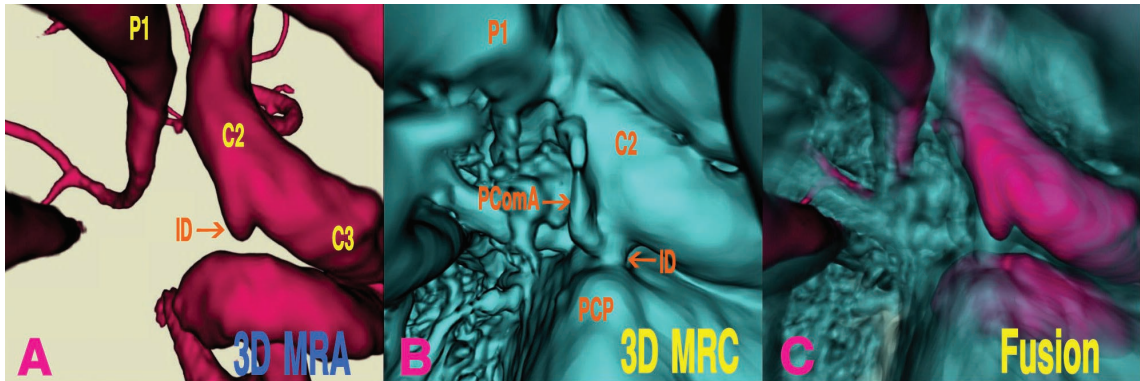
との鑑別診断に苦慮する場合も多い<sup>1-4)</sup>。今回3D MR cisternography (MRC) と3D MRAの融合画像(3D MRC/MRA fusion image<sup>7,9)</sup>)を作成して、血管外壁形態から血管膨隆部を鑑別したので、その画像解析技術につき報告する。

## II. 画像解析技術

MRAは、MR臨床機(Signa HiSpeed 1.0T, General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA)を使用して、3D time-of-flight (TOF), spoiled gradient-recalled (SPGR) acquisition in the steady stateのsequenceで、repetition time (TR) 35 ms / echo time (TE) 4.0 ms, flip angle 20°, 192 x 128 matrix, 1.2 mm thickness, 0.6 mm slice interval, 16 cm field of view, (voxel size: 0.83 x 1.25 x 1.2 mm), number of excitations 2回, without magnetization transfer contrast, 60 slices (2 slabs), zero-fill interpolation processing 2回, overlap 8枚, total scan time 8分49秒(2 slabs)の撮像条件で、計104枚の軸位元画像を得た。3D MRAは、ワークステーション(Zio M900 Quadra, AMIN, 東京)で0.6 mmに補間したvolume-rendering datasetから、遠近投影volume-

rendering algorithmを使用して画像再構成した。信号強度数値170~180(0% opacity level)から190~200(100% opacity level)に増加する上り坂関数(window width 20)を使用して血管構造物を選択し、赤色で表示した。

MRCは、MRAと同じ基準線を使用して追加撮像した。撮像条件は、T2-weighted 3D fast spin-echo (FSE) sequence, TR 4,000 ms / TE 160 ms, echo train length 128回, bandwidth 15.63 KHz, 256 x 256 matrix, 0.6 mm thickness, 0.6 mm slice interval, 16 cm field of view, (voxel size: 0.63 x 0.63 x 0.6 mm), number of excitations 1回, total scan time 13分23秒で、計96枚の連続した軸位元画像を得た。3D MRCは、volume-rendering datasetから遠近投影volume-rendering algorithmを使用して再構成した。元画像での信号強度分布 histogramから血管外壁境界に相応する信号強度を決定し、数値390~450(100% opacity level)から410~470(0% opacity level)に減少する下り坂関数(window width 20)を用いて、脳脊髄液(CSF)以外の脳槽内構造物すべての断層情報を選択し、青色で表示した。



**Fig. 2** Case 2. Infundibular dilation of the left internal carotid-posterior communicating artery bifurcation associated with adult-type posterior communicating artery. 3D MRA (A), right lateral projection, showing the conical-shaped protrusion (2.9 mm in maximum) without visualization of a posterior communicating artery. 3D MRC (B), similar projection as A, showed the cylinder-like protrusion with a tiny posterior communicating artery. Fusion Image (C), the same projection as A and B, clearly differentiated the protrusive change as an infundibular dilation in relation to the adult-type posterior communicating artery. ID: infundibular dilation, C2: the second segment of the internal carotid artery, C3: the third portion of the internal carotid artery, P1: the first segment of the posterior cerebral artery, PComA: posterior communicating artery, PCP: posterior clinoid process.

3D MRC-MRA fusion image<sup>7,9)</sup>は、同一基準線を用いたMRC, MRAそれぞれのvolumetric dataから、上記の要領で観察視点、視野角が同一の等座標3D MRC, 3D MRAを再構成し、これらをワークステーション上で重畳させ作成した。Fusion imageでは管腔構造物の視認性を得るため、3D MRCのopacityを15% (青色)、3D MRAを100% (赤色)としたMRA強調fusion imageとして画像表示し、脳槽内の仮想的視点から血管膨隆部の外壁形態を観察した。

### III. 症例提示

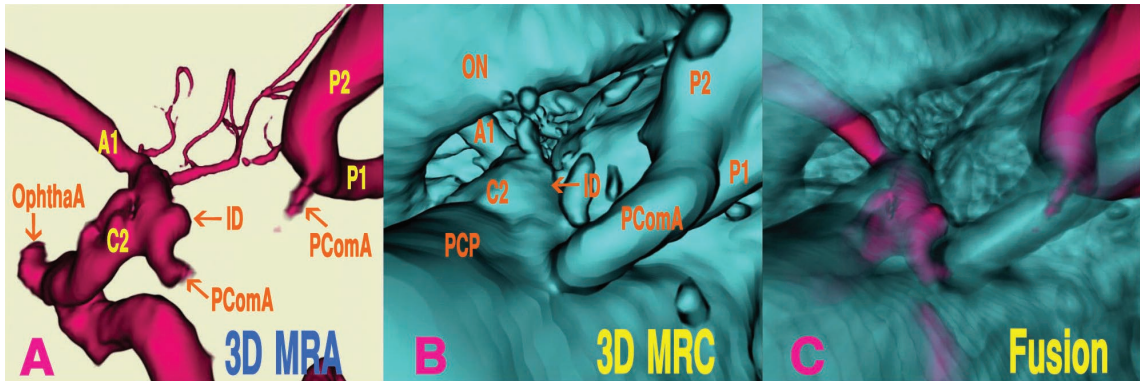
#### 〈症例1〉

67歳、女性、fetal-type後交通動脈に合併したblebを有する未破裂左内頸動脈-後交通動脈瘤  
後上方から投影した3D MRA (Fig. 1A)では、左内頸動脈とfetal-typeの後交通動脈分岐部遠位側にneckを有し後外側に伸展する径5.0×4.2×2.1mmの嚢状脳動脈瘤が認められ、dome先端にbleb形成が認められた。同一観察方向からの3D MRC (Fig. 1B)では、脳動脈瘤血管構造の外壁形態が瘤周囲構造物とともに描出された。脳動脈瘤はなめらかなneckを有し、球状に膨らんだdomeと軽度のくびれに続いた円柱状のblebが認

められ、内側で後床突起、後外側で動眼神経と接触していた。また、内頸動脈遠位部では前脈絡叢動脈が明瞭に描出された。Fusion image (Fig. 1C)では、重畳したMRAを参照することで、3D MRCに描出された脳槽内・脳槽周囲構造物の解剖学的位置関係が立体的に把握された。

#### 〈症例2〉

75歳、男性、adult-type後交通動脈を伴った左内頸動脈-後交通動脈分岐部infundibular dilation  
右側から投影した3D MRA (Fig. 2A)では、左内頸動脈-後交通動脈分岐部に最大径2.9mmのほぼ円錐状をした血管膨隆変化が認められた。しかし、後交通動脈は発達不良で描出されなかった。同一観察方向からの3D MRC (Fig. 2B)では、下内方に伸展し後床突起に接触する円柱状の血管膨隆部が認められ、その部の内頸動脈遠位部から後大脳動脈P1部へ走行するadult-typeの細い後交通動脈の分岐が認められた。Fusion image (Fig. 2C)では、3D MRCで描出されたinfundibular dilationとadult-type後交通動脈の外壁形態がMRAで描出された血管膨隆変化との関連において明瞭に描出された。



**Fig. 3** Case 3. Operated case of infundibular dilation of the right internal carotid-posterior communicating artery bifurcation associated with fetal-type posterior communicating artery. 3D MRA (A), left lateral projection, showing the semicircular protrusion (3.2 mm in maximum). The initial portion of the right posterior communicating artery was depicted but interrupted subsequently. 3D MRC (B), similar projection as A, showed the bifurcation arterial complex and the posterior clinoid process. The large posterior communicating artery was well depicted and run into the posterior cerebral artery. Fusion Image (C), the same projection as A and B, showed the infundibular dilation in relation to the adult-type posterior communicating artery. Operative findings disclosed a spherical infundibular dilatation and a bended large posterior communicating artery at the margin of the posterior clinoid process. ID: infundibular dilatation, OphthaA: ophthalmic artery, C2: the second segment of the internal carotid artery, A1: the first segment of the anterior cerebral artery, P1: the first segment of the posterior cerebral artery, P2: the second segment of the posterior cerebral artery, PComA: posterior communicating artery, ON: optic nerve, PCP: posterior clinoid process.

### 〈症例 3〉

44 歳，女性，開頭術を施行した fetal-type 後交通動脈を伴った右内頸動脈－後交通動脈分岐部 infundibular dilation

左側から投影した 3D MRA (Fig. 3A) では，左内頸動脈－後交通動脈分岐部に最大径 3.2 mm の半球状の血管膨隆変化が認められた。後交通動脈はよく発達していたが分岐後近傍で途絶していた。後大脳動脈 P1 部にも細い後交通動脈の分岐が認められたが，後交通動脈は不安定な内腔血流のため，一連の走行形態は描出不良であった。同一観察方向からの 3D MRC (Fig. 3B) では，血管膨隆部と fetal-type の後交通動脈分岐部は一塊として描出された。後交通動脈の外壁形態は全体に太く，内後方で後床突起と接触したあと強く屈曲し，後上方向に走行して後大脳動脈 P1 部へと連続していた。Fusion image (Fig. 3C) では，3D MRA で全体像が描出不良であった fetal-type 後交通動脈の走行が，3D MRC で描出された後交通動脈外壁形態と重畳して観察された。手術所見では後床突起で屈曲した太い後交通動脈とその分岐部

に infundibular dilation が認められ，膨隆部の coating のみを施行した。

### IV. 考 察

内頸動脈－後交通動脈分岐部は infundibular dilation の好発部位であり，その出現頻度は脳血管造影の 7～25% と報告されている<sup>1,3)</sup>。Pool & Potts による infundibular dilation の診断基準<sup>4)</sup>では，最大径 3 mm 以下，先端に後交通動脈を認めるもの，円形または円錐形で囊状や不整形を呈さないもの，動脈瘤としてのネックをもたないものとされている<sup>5)</sup>。しかし，発達不良な adult-type 後交通動脈や，多方向からの頸動脈造影や頸動脈を圧迫した椎骨動脈造影を行っても血管膨隆部と後交通動脈との位置関係が明瞭に描出されない場合には，鑑別診断に苦慮することが多い。実際，脳血管造影で脳動脈瘤と術前診断され，術中所見で infundibular dilation と判明した症例も数多く報告されている<sup>1-4)</sup>。

脳血管病変のスクリーニングで最初に施行される MRA では，内頸動脈－後交通動脈分岐部に血

管膨隆変化が認められることが多く、脳動脈瘤と infundibular dilation あるいは正常な動脈起始部との鑑別が必要となる<sup>1,2)</sup>。3D TOF SPGR sequence で撮像された MRA では、脳血管構造が非侵襲的に描出されるが、inflow effect で示される peak systolic flow velocity に関連した血流情報が画像表示される<sup>7-9)</sup>。MRA では、乱流や渦流が発生する血管分岐部や比較的大きな脳動脈瘤では MR 信号が一部で低下し、脳血管構造の描出が不鮮明となる。また、後交通動脈を介した側副血行により内腔血流が一定しない場合には、inflow effect が減弱するため血管描出が不良となる。そのため、MRA でスクリーニングされた血管膨隆変化は、造影剤を投与する 3D CT angiography, digital subtraction angiography, あるいは 3D digital angiography で精査されてきた<sup>1-4,10,11)</sup>。しかし、これらの画像では、造影剤充盈により血管内腔形態が描出されるが、内頸動脈-後交通動脈分岐部での血管外壁形態を表示することは困難である。

一方、T2-weighted 3D FSE sequence で撮像された MRC では、CSF が高 MR 信号強度で contrast されることで、脳主幹動脈や脳神経など脳槽内構造物の外壁境界が明瞭に描出される<sup>6,7,9)</sup>。

これにより、MRC で得られた volume data を 3D 画像再構成する 3D MRC では、脳血管構造の外壁形態が脳槽内および脳槽周囲構造物とともに立体的に表示される<sup>7,9)</sup>。

今回、3D MRC と 3D MRA との 3D MRC/MRA fusion image<sup>7,9)</sup> を作成し、内頸動脈-後交通動脈分岐部の血管膨隆部を血管外壁形態から画像評価した。3D MRC/MRA fusion imaging では、遠近投影 volume-rendering algorithm で作成した MRC と MRA の 3D 画像を重畳することで、MRC の血管外壁形態情報と MRA の血流情報とが 1 枚の画像で可視化された。すなわち、MRA で認められた内頸動脈-後交通動脈分岐部の血管膨隆変化とこれに相応した MRC での血管外壁形態とが同時に画像表示された。MRA では、発達不良の adult-type 後交通動脈 (症例 2) や fetal-type であっても屈曲蛇行や側副血流のため十分な inflow effect が得られない場合 (症例 3) には、後交通動脈が画像上血管構造物として捉えられない場合

があった。一方、MRC では、血管径や内腔血流による inflow effect ではなく、flow void により、脳槽内を走行する内頸動脈および後交通動脈の外壁形態が描出された。これにより、3D MRC/MRA fusion image では、MRA を参照することで、MRC で描出された内頸動脈-後交通動脈分岐部での血管膨隆変化を、脳槽内および脳槽周囲構造物とともに、その血管外壁形態から立体的に把握することが可能であった。しかし、MRA は血流情報であり、十分な inflow effect が得られない場合には血管構造の描出が困難となるため、3D CT angiography や digital subtraction angiography など得られる形態情報を参照することが必要と考えられた。

3D MRC/MRA fusion imaging<sup>7,9)</sup> は、MRA に引き続いて MRC を追加実施することで、MRA で描出された血管膨隆変化を MRC での血管外壁形態から評価できる簡便な MRI 検査である。3D MRC/MRA fusion imaging は、MRI を用いて脳動脈瘤などの脳血管病変を非侵襲的にスクリーニングするうえで有用な画像解析技術と考えられた。

本論文の要旨の一部は、第 14 回日本脳ドック学会総会 (2005 年 7 月 1~2 日, 名古屋) および第 60 回日本脳神経外科学会中国四国支部学術集会 (2005 年 12 月 3 日, 高松) において口演発表した。

## 文 献

- 1) 古市 晋, 遠藤俊郎, 西嶋美知春, 高久 晃: 内頸動脈後交通動脈分岐部の血管膨隆病変。血管写所見および術中所見からの検討。No Shinkei Geka **21**: 605-609, 1993
- 2) 久保田 司, 丹羽 潤, 谷川原徹哉, 千葉昌彦, 秋山幸功, 稲村 茂: 3D-CTA による内頸動脈-後交通動脈分岐部の動脈瘤と infundibular dilatation の鑑別診断。No Shinkei Geka **28**: 31-39, 2000
- 3) Kurokawa Y, Yonemasu Y, Kano H, Sasaki K, Inaba K, Shigeno S, Shimizu T, Nitta A, Kaho H: The use of three-dimensional computed tomographic angiography in the accurate diagnosis of internal carotid artery aneurysms. Degree for expression of posterior communicating and anterior choroidal arteries. Comput Med Imag Graph **24**: 231-234, 2000
- 4) Marshman LAG, Ward PJ, Walter PH, Dossetor RS: The progression of an infundibulum to aneurysm formation and rupture. Case report and literature review. Neurosurgery **43**: 1445-1449, 1998

- 5) Pool JL, Potts DG : Aneurysms and arteriovenous anomalies of the brain. Diagnosis and treatment. Harper and Row, New York, 1965, pp132-133
- 6) Rubinstein D, Sandberg EJ, Breeze RE, Sheppard SK, Perkins TG, Cajade-Law AG, Simon JH : T2-weighted three-dimensional turbo spin-echo MR of intracranial aneurysms. AJNR AM J Neuroradiol **18** : 1939-1943, 1997
- 7) Satoh T, Omi M, Ohsako C, Katsumata A, Yoshimoto Y, Tsuchimoto S, Onoda K, Tokunaga K, Sugiu K, Date I : Visualization of aneurysmal contours and perianeurysmal environment with conventional and transparent 3D MR cisternography. AJNR AM J Neuroradiol **26** : 313-318, 2005
- 8) 佐藤 透, 尾美 賜, 大迫知香, 勝間田 篤, 吉本祐介, 土本正治, 国塩勝三, 小野田恵介, 徳永浩司, 杉生憲志, 伊達 勲 : Color-coded 3D MRA による個々の未破裂脳動脈瘤における瘤内 MR 信号強度分布パターン  
の画像解析. No Shinkei Geka **33** : 445-454, 2005
- 9) Satoh T, Omi M, Ohsako C, Katsumata A, Yoshimoto Y, Tsuchimoto S, Onoda K, Tokunaga K, Sugiu K, Date I : Influence of perianeurysmal environment on the deformation and bleb formation of the unruptured cerebral aneurysm. Assessment with fusion imaging of 3D MR cisternography and 3D MR angiography. AJNR AM J Neuroradiol **26** : 2010-2018, 2005
- 10) Tanoue S, Kiyosue H, Kenai H, Nakamura T, Yamashita M, Mori H : Three-dimensional reconstructed images after rotational angiography in the evaluation of intracranial aneurysms. Surgical correlation. Neurosurgery **47** : 866-871, 2000
- 11) Tomandl BF, MD, Köstner NC, Schempershofe M, Huk WJ, Strauss C, Anker L, Hastreiter P : CT angiography of intracranial aneurysms. A focus on post-processing. RadioGraphics **24** : 637-655, 2004

---

## ご案内

### 第7回 日本脳神経外科術中画像研究会

会 期 2007年11月23日(金) 10:00～17:00  
会 場 名古屋マリオットアソシアホテル(名古屋)  
会 長 加藤 庸子(藤田保健衛生大学脳神経外科助教授)

連絡先 藤田保健衛生大学脳神経外科(担当秘書 古山英恵)  
TEL : 0562-93-9253 / FAX : 0562-93-3118

---