



## 3D-MRA・仮想血管内視鏡による脳動脈瘤の内腔診断

佐藤 透

## Endoluminal Diagnosis of Cerebral Aneurysms with Virtual Vascular Endoscopic Imaging of 3D-MR Angiography

by

Toru Satoh, M.D.

from

Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

Endoluminal evaluation was done with virtual vascular endoscopic imaging (VVE) using perspective volume rendering of 3D-MR angiography in 4 cases of unruptured cerebral aneurysms. Virtual endoluminal observation of the aneurysms in relation to their parent arteries was done from inside the parent arteries or in the intra-aneurysmal space. VVE delineated the orifices of the cerebral aneurysms and intra-aneurysmal spaces through the parent arteries. In a patient with a middle cerebral artery aneurysm, the direct opening of the efferent parent artery from the dome of the aneurysm was clearly demonstrated. Images of the aneurysms from the intra-aneurysmal space delineated the concave bleb of the inner wall of the aneurysms and the orifices of the parent arteries at the neck of the aneurysms. In a large aneurysm, the intra-aneurysmal structure may be incomplete due to flow artifact of the source volume data set. Viewing points are indicated by arrows shown either on the source axial images, reconstructed coronal and sagittal images, and reconstructed volume-rendering three-dimensional MR angiograms. These images provided the precise endoluminal orientation of VVE. The software we used shortened the reconstruction time (30 sec) to facilitate the clinical applications of VVE.

As an alternative to "real" intravascular endoscopy, VVE imaging of 3D-MRA may have a role in preoperative evaluation and simulation of interventional procedures, such as GDC coil embolization of cerebral aneurysms. Additionally, observation of the orifices of parent arteries and intra-aneurysmal spaces with VVE may be useful for the endoluminal diagnosis of cerebral aneurysms.

(Received August 17, 2000 ; accepted March 15, 2001)

**Key words** : cerebral aneurysm, MRA, three-dimensional, virtual endoscopy, perspective volume rendering

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 10 : 518-524, 2001

## はじめに

最近のMRI装置の進歩や撮像技術の革新により、MRIは撮像時間の大幅な短縮と元画像の格段の品質向上が得られている。これら高品質なボリュームデータは、DICOM通信などにより容易にワークステーションへ転送可能で、ワークステーションでの画像再構成ソフト

ウェアの目覚ましい進歩と相俟って、関心領域を視覚的に立体表示する三次元MRI画像が短時間で再構成可能となっている<sup>8)~10)</sup>。そのなかで、脳動脈瘤など脳血管病変のMR angiography (MRA) 診断においては、従来のmaximum intensity projection (MIP) 画像に加えて、ボリュームデータの再構成によるsurface rendering (SR) 法やvolume rendering (VR) 法によるthree-dimensional

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 [連絡先: 佐藤 透]

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

MRA (3D-MRA) 画像が作成され、脳血管構築の三次元表示が臨床応用されている<sup>2)~4)</sup>。さらに、近年 perspective rendering (PR) 法による仮想血管内視鏡 (virtual vascular endoscopy; VVE) 画像、fly-through 画像、transluminal (see-through) 画像などの仮想的三次元画像が作成され、血管内腔あるいは血管外より観察した脳動脈瘤と親動脈の遠近感のある立体的血管構築が表示可能となっている<sup>1)3)4)8)~10)</sup>。

本稿では、MIP 画像や VR 法による 3D-MRA 画像により診断された未破裂脳動脈瘤 4 例に対して、perspective volume rendering (PVR) 法を使用した 3D-MRA・VVE 画像を作成し、脳動脈瘤と親動脈の血管構築を血管内腔あるいは瘤内の視点から立体的に検討した結果、VVE の有用性が認められたので症例を呈示し報告する。

## 対象と方法

対象は、脳神経外科一般外来受診者で原因精査として MRA を施行し、未破裂脳動脈瘤と診断された 4 症例である。

MRA は、1.0T MRI (Signa Hispeed<sup>®</sup>, General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) を使用し 3D-TOF (time of flight), SPGR (spoiled gradient recalled) 法で撮影した。撮影条件は TR 35 ms/TE 3.9-4.1 ms, flip angle 20°, matrix 192×128, thickness 1.2 mm, FOV (field of view) 16 cm, Nex (number of excitations) 2 回, magnetization transfer contrast (-), scan time 4 分 25 秒×2 回 (2 slab), slice 30 枚×2 回 (2 slab), slice ZIP (zero-fill interpolation processing) 2 倍, overlap 8 枚で計 104 枚の元画像が得られた。これらの元画像は、外来診察デスクトップのワークステーション (Pegasus Viewer 2.0<sup>®</sup>, AMIN 社, 東京) に DICOM 通信でデータ転送した<sup>9)</sup>。MIP 画像と VR 法による 3D-MRA 画像は、ワークステーション上で元画像データから約 20 秒の再構成時間で作成し、関心領域以外の不必要な信号を除去した後、20 インチ液晶画面上に表示した。脳動脈瘤の診断は、多方向からの MRA 再構成画像を観察し判断した。

脳動脈瘤と診断された症例には、PVR 法による 3D-MRA・VVE 画像を約 30 秒の再構成時間で作成した。元画像データから等間隔の三次元格子状に配列したボクセル値の集合を作成し、関数として台形の opacity curve を用いて血管腔に対応する三次元モデルに変換した。レンダリングは、三次元モデルを PVR 法により軸位元画像、冠状断および矢状断の再構成画像あるいは 3D-MRA 画像の上下像、前後像、側面像上に表示された管腔内の仮

想的観察視点 (view point) から視野角 (aperture angle) 90~135° で放射状に投影し描画した。これにより、親動脈内腔からみた脳動脈瘤開口部と脳動脈瘤内腔、あるいは脳動脈瘤内からみた内腔と流入・流出親動脈開口部の VVE 画像が作成され、脳動脈瘤と親動脈の血管構築を血管内腔と脳動脈瘤内の視点から立体的に観察した。

## 結果

### ① 未破裂左中大脳動脈瘤症例

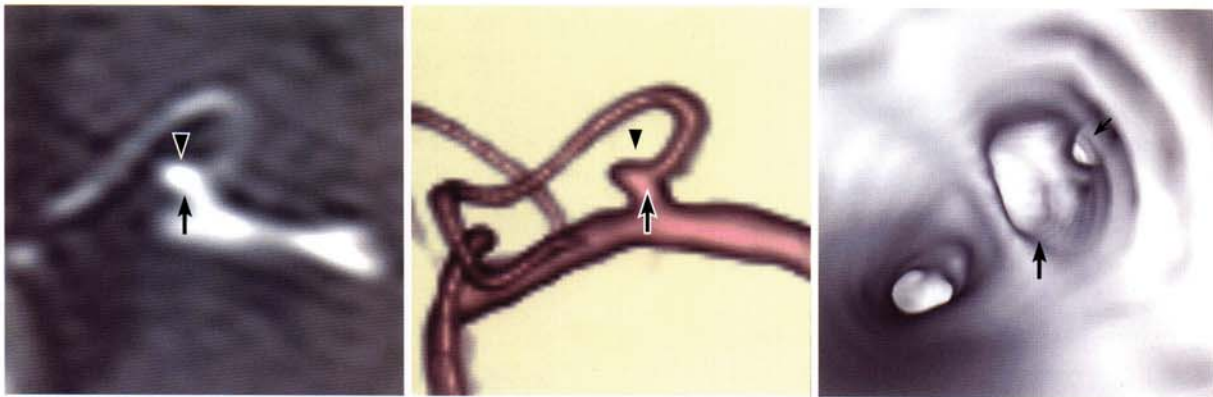
患者: 73 歳, 女性

めまい感、失調性歩行を主訴に受診し、椎骨脳底動脈循環不全症の疑いで MRA 検査を施行した。MRA 元画像 (Fig. 1A) および 3D-MRA 画像 (Fig. 1B) では、左 M1 水平部から前側方に隆起する径 3 mm の中大脳動脈瘤が認められた。脳動脈瘤の前方を走行する分岐血管 (frontotemporal artery) は脳動脈瘤体部から直接起始していると考えられたが、詳細な位置関係は不明であった。VVE (Fig. 1C) は M1 内腔の視点 (Fig. 1A, B) から観察した。脳動脈瘤は M1 が下側方に屈曲する部位で M1 に直接開口し、前側方にドーム状に隆起していた。脳動脈内腔前上面には分岐血管の開口部が明瞭に描出され、親動脈と脳動脈瘤および分岐血管の血管構築が容易に把握された。本例には three-dimensional CT angiography (3D-CTA) を施行し、同様な形態を有する脳動脈瘤が認められた (Fig. 1D)。VVE 画像による脳動脈瘤内腔診断により脳動脈瘤体部から直接分岐する流出親動脈が認められたため、本例は血管内治療の適応外とし、直達手術を計画し、インフォームドコンセントを行った。

### ② 未破裂左中大脳動脈瘤症例

患者: 46 歳, 男性

頭痛、ふらふら感を主訴に受診し、精査目的に MRA 検査を施行した。VR 法による 3D-MRA 画像 (Fig. 2A, B) では左 M1~M2 分岐部に後側方に突出する径 4 mm の円錐状脳動脈瘤が認められた。3D-MRA・VVE (Fig. 2C) による脳動脈瘤開口部の内腔観察は、VR 法による 3D-MRA 画像の上下像、前後像 (Fig. 2A, B) 上に表示された M1 内腔の視点から行った。脳動脈瘤内腔は M1 後側壁で不正形に連続し、前上側方と下側方に分岐する 2 本の M2 分岐部で後側方に進展する脳動脈瘤開口部が認められた。本例は開頭ネッククリッピング術を施行し、術中所見 (Fig. 2D) で M1~M2 分岐部に比較的 broad な neck を有し、neck 前壁に bleb を伴い後側方に進展する円錐状の脳動脈瘤が確認された。



A|B|C  
D

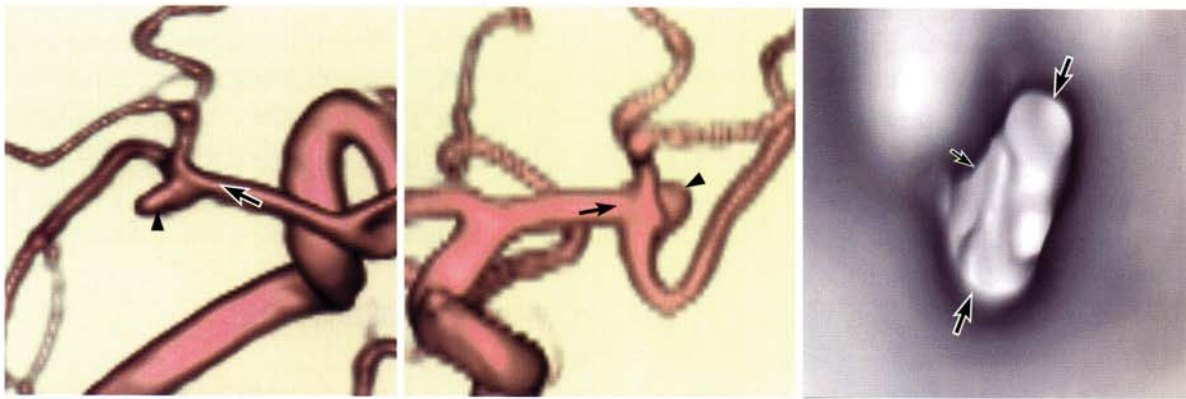
**Fig. 1 Images from a 73-year-old woman with a left middle cerebral artery aneurysm**

The aneurysm was discovered incidentally on the source MRA image (A) and 3D-MRA image (B) (arrowheads).

The observation point for virtual vascular endoscopy (VVE) (C) is indicated by the arrows on the reference images (A, B). The VVE image (C) shows the orifice of the aneurysm arising directly from the parent M1 artery (large arrow). The orifice of a branch artery running anterolaterally along the aneurysm is identified at the dome of the aneurysm (small arrow).

The 3D-CTA shows the similar configuration of the aneurysm and its parent arteries (D).

A, B, D : Superoinferior view

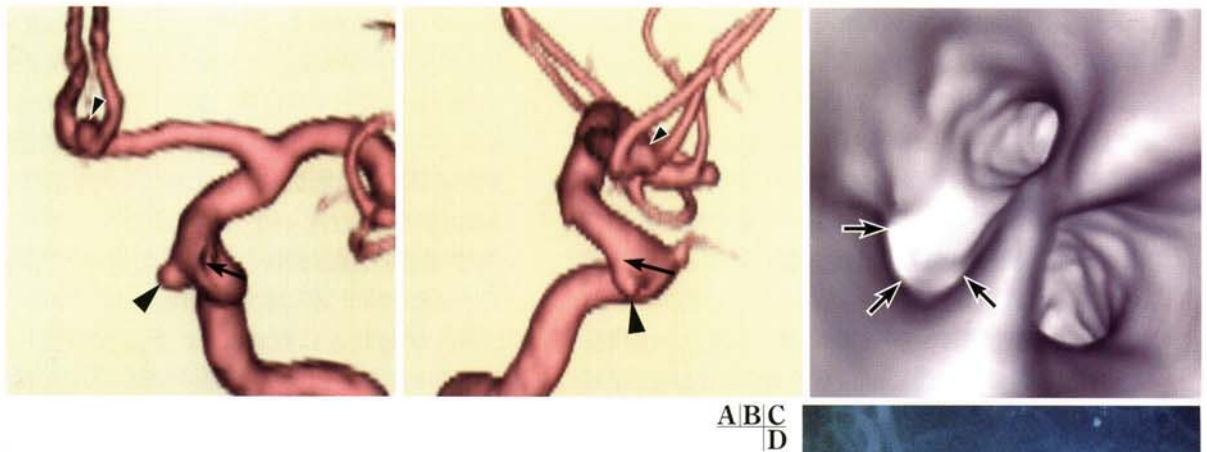


A|B|C  
D

**Fig. 2 Images from a 46-year-old man with a left middle cerebral artery aneurysm**

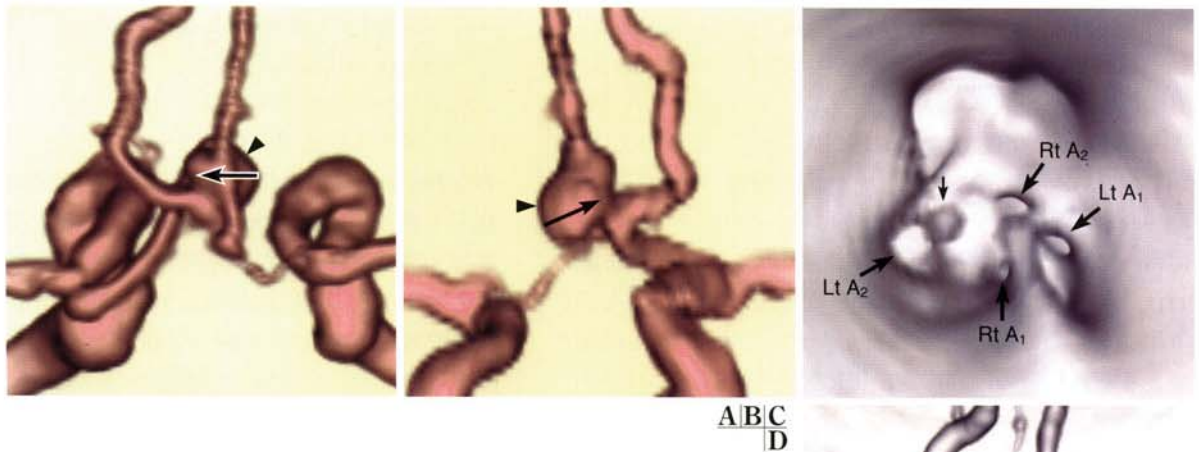
The aneurysm was discovered incidentally on 3D-MRA images (A, B) (arrowheads). The observation point on the inner portion of the parent artery for VVE (C) is indicated by the arrows on the 3D-MRA images (A, B). The orifices of the aneurysm (small arrow) and the efferent M2 parent arteries (large arrows) are well visualized on the VVE image (C) and are confirmed on the operative view (D).

A : Superoinferior view    B : Anteroposterior view



**Fig. 3** Images from a 63-year-old man with a left internal carotid artery aneurysm (large arrowhead) and an anterior communicating artery aneurysm (small arrowhead) discovered incidentally on 3D-MRA images (A: Anteroposterior view, B: Right lateral view)

The observation point for VVE (C) from the inner aspect of the aneurysm is indicated by the arrows on the reference images (A, B). The VVE image (C) shows represents the orifice of the aneurysm arising from the distal portion of C3 of the internal carotid artery (arrows). The carotid angiogram (anteroposterior view) represents the similar configuration of the aneurysm (arrowhead) and its parent arteries (D).



**Fig. 4** Images from a 71-year-old woman with an anterior communicating artery aneurysm

The aneurysm was discovered incidentally on 3D-MRA images (arrowhead). The observation point from inside the aneurysm for VVE (C) is indicated by the arrows on the reference images (A, B). The VVE image shows the inner aspect of the bleb at the top of the aneurysm. The orifices of the parent arteries (the dominant left A1, the slender right A1, and bilateral A2) are delineated at the bottom of the aneurysm (large arrows). Note the spotty pseudo-shadow above the left A2 orifice (small arrow), which represents the flow artifact in the large aneurysm. The 3D-CTA shows the similar configuration of the aneurysm and its parent arteries (D).

A, D: Superoinferior view    B: Anteroposterior view

### ③ 未破裂内頸動脈海綿静脈洞部動脈瘤

患者：63歳，男性

一過性脳虚血発作の既往があり，原因精査のためMRA検査を施行した。3D-MRA画像では，左内頸動脈海綿静脈洞（C3）部に径4mmの円錐状脳動脈瘤が認められ（Fig. 3A, B），前交通動脈部にも微小な脳動脈瘤が認められた。VVE（Fig. 3C）は屈曲した内頸動脈C3部内腔の視点（Fig. 3A, B）から観察した。内頸動脈C3部の内腔は，C4近位側からC2遠位側へと連続して観察され，C3遠位部で下内側に進展する動脈瘤開口部が認められた。本例は，脳血管造影検査でも左内頸動脈C3部で同様な形状の円錐状脳動脈瘤が認められた（Fig. 3D）。

### ④ 未破裂前交通動脈瘤症例

患者：71歳，女性

めまい発作で来院し，原因精査のためMRA検査を実施した。3D-MRA画像（Fig. 4A, B）では，親動脈としてdominantな左A1，slenderな右A1，および左右のA2を有し，前上壁にblebを伴い前上方に進展する径8mmの未破裂前交通動脈瘤が認められた。VVE（Fig. 4C）は脳動脈瘤内腔前下方の視点（Fig. 4A, B）から脳動脈瘤底部の親動脈開口部を観察した。VVE画像では，脳動脈瘤内腔前上方で上方に進展する陥凹部が認められ，脳動脈瘤blebに相応する内腔所見と考えられた。また，脳動脈瘤底部の観察では，左右のA2とdominantな左A1，さらにslenderな右A1の開口部が明瞭に認められた。しかし，左A2開口部にはスポット状の偽像が出現し，不均一な瘤内血流を反映した結果と考えられた。3D-CTAにおいても，同様な形状の脳動脈瘤が認められた（Fig. 4D）。本例は，7ヵ月後，脳動脈瘤の破裂によりクモ膜下出血をきたし開頭術を施行したが，これらVVE画像による脳動脈瘤の内腔形態，特に親動脈開口部の位置情報は，脳動脈瘤ネッククリッピング手術操作上有用であった。

## 考 察

VVEは仮想内視鏡（virtual endoscopy；VE）の一つで，PR法を使用し，視点を血管内腔におくことにより，擬似的な血管内視鏡像を得る三次元画像表示法である<sup>1)7)~11)</sup>。VEは，内視鏡検査に類似した視点での新しい画像再構成法として1994年ごろより実用化され，これまでVVE以外にもvirtual colonoscopy, virtual bronchoscopyなど大腸，気管などの管腔臓器をはじめ種々の

領域で臨床応用されている<sup>1)6)7)</sup>。一般的な3D-CTAや3D-MRAの画像は，三次元モデルに変換されたボクセル値のレンダリングに際して，仮想スクリーンから伸びるすべての仮想的な線分（レイ）が互いに平行で，観察者が無限遠の位置から物体をみている状態での平行投影表示である。一方，VEでは，仮想スクリーンに対して三次元物体と反対側に有限な視点を一点想定し，レイはすべてこの点を通りスクリーンを抜けて放射状に広がり投影される<sup>1)7)</sup>。これにより，三次元物体の中に視点を置くことが可能となり，物体内部からみた遠近感のある三次元画像が作成可能となる。VVEは，管腔内部の視点からの遠近法による投影画像であり，視点と視野角を任意に変化させることができる。VVEでは，視点に近い管腔内面は大きく，遠い管腔内面は小さく投影されるため，視点近傍では臨場感のある広範囲な内腔表面が表示可能である。

VVEによる管腔の内面観察には，これまでSR法とVR法を用いた三次元画像が表示されている。SR法<sup>2)~4)</sup>では，設定した閾値に含まれる関心領域のボリュームデータのなかで，観察方向からみて最初に位置する表面のボクセルのみが三次元画像として表示される。データ量が少なく，画像再構成時間が短い反面，物体の内部情報が切り捨てられるため，閾値に依存して表面形態や物体辺縁が変化する難点がある<sup>6)</sup>。

VR法（PVR法）<sup>1)7)~11)</sup>では，閾値に含まれるすべてのボリュームデータから三次元画像が表示されるため，物体内部を含めたボクセル個々の情報が保持される。そのため，VR法は，データ量が多く再構成にやや時間を要するが，SR法に比べ閾値設定の影響は受けにくい。また，関心領域のなかから興味のある範囲のボクセル情報を抽出することで，目的とする三次元モデルの作成が可能である。さらに，選択されたボクセル情報の不透明度を目的に応じて調整し，相応した階調のある色付けをすることで，柔軟性に富んだ質感のあるカラー画像を描写することも可能である。

脳動脈瘤など脳血管病変に対するVVEは，これまで主として3D-CTAにおいて検討され，脳動脈瘤内腔の形状と脳動脈瘤内への流入・流出血管開口部や，瘤内・血管内腔の石灰化病変が描出されている<sup>2)3)8)9)</sup>。最近では，脳動脈瘤内血栓の描出や親動脈開口部径の測定も可能であることが報告されている<sup>3)4)</sup>。

一方，MRAにおけるVVEは1998年，Shigematsuら<sup>11)</sup>により最初に報告されたが，その臨床応用はいまだ十分に検討されていない。今回，未破裂脳動脈瘤4例において検討した結果，3D-MRA・VVEにおいても，親動脈

内腔あるいは脳動脈瘤内の視点から脳動脈瘤内腔や開口部の微細な形態が観察可能であった (Fig. 1~4)。また、脳動脈瘤から直接分岐する流出親動脈の開口部の観察 (Fig. 1)、海綿静脈洞部動脈瘤での動脈瘤開口部の表示 (Fig. 3)、さらに瘤内からみた内腔構造やbleb内面の描出 (Fig. 4) も可能であった。しかし、比較的大きな脳動脈瘤では乱流や渦流により瘤内でのMRA信号強度が不均一となり、アーチファクトや偽像など内腔形態が正確に反映されないことがあり、留意すべき点と思われた (Fig. 4)。

3D-MRA・VVEでは、観察視点と観察方向が画像自体に表示されないため、観察部位と観察方向のオリエンテーションが別途必要になる。今回使用したワークステーションでは、観察部位と観察方向が元画像、冠状断および矢状断の再構成画像、さらにはVRによる3D-MRA画像上に矢印で表示されるため、VVE画像における血管内位置情報が容易に把握された。また、これまでPVR法の欠点とされた再構成時間は3D-MRA・VVEにおいて約30秒と大幅に短縮され、臨床でのVVE作成が時間的にも操作性においても容易となっている。

血管内視鏡は、末梢血管や冠動脈領域の狭窄・閉塞性病変に対してはすでに臨床応用され、診断のみならず治療の補助手段としても用いられている。しかしながら、頭頸部領域では、頸部内頸動脈狭窄症など頭蓋外脳血管の術前術後評価に散発的に臨床使用されているのみで、現行の血管内視鏡の技術的困難性から頭蓋内病変での臨床報告はみられない<sup>5)</sup>。

3D-MRA・VVEでは、血管内腔や脳動脈瘤内からみた仮想的三次元内腔画像が、血管内視鏡検査に準じた観察視点で順行性あるいは逆行性に連続して表示可能である。そのため、VVEは血管内視鏡検査に代替するものとして、GDCコイルによる脳動脈瘤塞栓術など脳血管内治療の適応決定や手術シミュレーションにおいて今後の臨床応用が期待される<sup>3)4)8)~10)</sup>。さらに、3D-MRA・VVEでは親動脈内腔や脳動脈瘤内の視点から脳動脈瘤開口部や内腔の形態が遠近感のある立体画像として表示されるため、脳動脈瘤の内腔診断が可能であり、脳動脈瘤の画像診断において有用な画像再構成法の一つと考えられる。

## まとめ

1) MRAによる脳動脈瘤の内腔診断において、未破裂脳動脈瘤4例に対し、perspective volume rendering (PVR)法を使用した仮想血管内視鏡 (VVE) 画像を作

成し、脳動脈瘤と親動脈の血管構築を血管内腔あるいは瘤内の視点から立体的に観察した。

2) 3D-MRA・VVEでは、親動脈内腔の視点から脳動脈瘤内腔や開口部の微細な形態が観察され、脳動脈瘤体部から直接分岐する流出親動脈の開口部も同定された。また、脳動脈瘤内からみたblebなどの内腔構造の描出や脳動脈瘤底部での親動脈開口部の観察も可能であった。

3) 3D-MRA・VVEの観察視点と観察方向は、元画像、冠状断および矢状断の再構成画像、VRによる3D-MRA画像上に矢印で表示され、VVE画像における血管内位置情報が容易に把握された。

4) 3D-MRA・VVE画像の作成は、操作も簡単で再構成時間は約30秒と短く、容易に臨床応用が可能であった。

5) 3D-MRA・VVEはGDCコイルによる脳動脈瘤塞栓術など脳血管内治療の適応決定や手術シミュレーション、さらには脳動脈瘤の内腔診断において有用な画像再構成法の一つと考えられた。

## 文献

- 1) 畦元将吾, 平松慶博, 松本和彦: Virtual endoscopyの基本原則と臨床応用領域における有用性. 日本臨牀 57: 1911-1919, 1999.
- 2) Bontozoglou N, Spanos H, Lasjaunias P, Zerifis G: Three-dimensional display of the orifice of intracranial aneurysms: A new potential application for magnetic resonance angiography. *Neuroradiology* 36: 346-349, 1994.
- 3) 片田和廣, 竹下 元, 小倉裕子, 古賀佑彦, 金岡成益, 加藤康子, 佐野公俊, 神野哲夫: 脳動脈瘤のinterventional radiologyにおける三次元CT angiographyの役割. 臨放 43: 875-882, 1998.
- 4) 加藤庸子, 片田和廣, 小倉祐子, 佐野公俊, 早川基治, 神野哲夫: 脳動脈瘤に対する脳外科治療戦略のためのヘリカルCTの役割と最近の進歩. 脳外誌 9: 491-496, 2000.
- 5) 岡本 剛, 宮地 茂, 根来 真, 鈴木 幸, 吉田 純: 血管内視鏡. *Clinical Neuroscience* 17: 649-652, 1999.
- 6) 奥本忠之, 石田忠司: Virtual endoscopyの実際-消化管, 気道への応用. 画像診断 20: 551-558, 2000.
- 7) Rubin GD, Beaulien CF, Argiro V, Ringl H, Norbash AM, Feller JF, Dake MD, Jeffrey RB, Napel S: Perspective volume rendering of CT and MR images: Applications for endoscopic imaging. *Radiology* 199: 321-330, 1996.
- 8) 佐藤 透: 脳動脈瘤診断におけるボ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.
- 9) 佐藤 透: AMIN三次元画像解析システムの臨床応用. 高倉公朋監: 脳神経外科の最先端No.2-21世紀の新領域とニューテクノロジー, 第6章, 第1節. 東京, 先端医療技術研究所, 2000, pp.212-218.
- 10) 佐藤 透: Perspective volume rendering法を使用した3D-MR angiography fly-through画像による脳動脈瘤の描出. 脳外 29: 181-186, 2001.

要 旨

3D-MRA・仮想血管内視鏡による脳動脈瘤の内腔診断

佐藤 透

MRAによる脳動脈瘤の内腔診断において、未破裂脳動脈瘤4例に対しperspective volume rendering (PVR)法を使用した仮想血管内視鏡(virtual vascular endoscopy; VVE)画像を作成し、脳動脈瘤と親動脈の血管構築を血管内腔あるいは瘤内の視点から立体的に観察した。

3D-MRA・VVEでは、親動脈内腔あるいは脳動脈瘤内の視点から脳動脈瘤内腔や開口部の微細な形態が遠近感のある立体画像として観察された。脳動脈瘤体部から直接分岐する流出親動脈の開口部の同定や、脳動脈瘤内からみたblebなどの内腔構造の描出、脳動脈瘤底部での親動脈開口部の観察が可能であった。しかし、比較的大きな脳動脈瘤では瘤内血流が不均一なため偽像を生じることがあり、内腔の評価には注意を要する。3D-MRA・VVEでは相応する観察視点が軸位元画像、冠状断および矢状断の再構成画像、VRによる3D-MRA画像上に矢印で表示されるため、観察部位と観察方向など血管内位置情報が容易に把握された。VVE画像の再構成時間は約30秒と短く、VVEの臨床応用が時間的にも操作性においても容易に可能であった。

3D-MRA・VVEはGDCコイルによる脳動脈瘤塞栓術など脳血管内治療の適応決定や手術シミュレーション、さらに脳動脈瘤の内腔診断において有用な画像再構成法の一つと考えられた。

脳外誌 10: 518-524, 2001

脳神経外科ジャーナル

次号予告

第10巻 第9号 2001年9月

特 集

- \*循環器専門医からみたEBMの落とし穴 ..... 虎の門病院循環器センター 西 山 信一郎
- \*EBMと脳神経外科医との相関-特殊技術習得とEBMの関係- ..... 富永脳神経外科病院 太 田 富 雄
- \*外科治療における無作為臨床試験と医療倫理-司会の言葉と共に- ..... 東海大学神経内科 篠 原 幸 人
- \*UCAS Japanの方法論とEMBとしての価値 ..... 札幌医科大学 端 和 夫
- \*脳卒中の外科におけるEBM-JET studyを中心に- ..... 岩手医科大学 小 川 彰
- \*外科治療における無作為臨床試験の問題点について ..... 東北大学 高 橋 明

原 著

- 脳血管病変評価における3D-DSAの有用性 ..... 小野田市立病院 山下 勝弘, 他
- 転移性脳腫瘍におけるradiosurgery直後の腫瘍周囲低血流領域の変化  
-三次元SPECTによる解析- ..... 東邦大学 根 本 匡 章

症例報告

- 穿頭および抗生剤投与が有用であった多発性硬膜下膿瘍の1例 ..... 香川医科大学 山下 史朗, 他
- 真の後交通動脈瘤 ..... 北越病院 今 井 邦 英

\*第16回 日本脳神経血管内治療学会「ファイヤーディベート」発表演題  
編集の都合上内容が若干異なる場合がありますのでご了承ください。