

三叉神経痛における neurovascular compression の画像評価 — Boundary fusion three-dimensional magnetic resonance cisternogram/angiogram の応用—*

佐藤 透¹⁾, 尾美 賜¹⁾, 大迫 知香¹⁾, 小野田 恵介²⁾, 伊達 勲²⁾

Assessment of Neurovascular Compression in Patients with Trigeminal Neuralgia with a Boundary Fusion Three-dimensional Magnetic Resonance Cisternogram/Angiogram

Toru SATOH¹⁾, Megumi OMI¹⁾, Chika OHSAKO¹⁾, Keisuke ONODA²⁾ and Isao DATE²⁾

Key words :

neurovascular compression,
cranial nerve,
MR cisternography,
trigeminal neuralgia

Precise assessment of the complex nerve-vessel relationship at the root entry zone (REZ) of the trigeminal nerve is useful for the planning of the microvascular decompression (MVD) in patients with trigeminal neuralgia. We have applied a boundary imaging of fusion three-dimensional (3D) magnetic resonance (MR) cisternogram/angiogram. The boundary imaging allows virtual assessment of the spatial relationship of the neurovascular compression at the REZ of the trigeminal nerve. The boundary images depicted complex anatomical relationship of the offending vessels to the trigeminal nerve REZ. The presence of offending vessels, compressive site, and degree of neurovascular compression were assessed from various viewpoints in the cistern and virtually through the brainstem and trigeminal nerve *per se*. The 3D visualization of the nerve-vessel relationship with fusion images was consistent with the intraoperative findings. The boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram may prove a useful adjunct for the diagnosis and decision-making process to execute the MVD in patients with trigeminal neuralgia.

(Received : July 7, 2006, Accepted : September 15, 2006)

No Shinkei Geka 35(1): 33 - 41, 2007

1. はじめに

特発性三叉神経痛において、責任血管による神経の圧迫状況を詳細に把握することは、診断のみならず microvascular decompression (MVD) の治

療計画を立てるうえでも有用である^{11,16-18)}。最近の magnetic resonance (MR) imaging と computer medical visualization software の技術革新により、三叉神経 root entry zone (REZ) での神経と血管との圧迫状況 (neurovascular compression) を立体的

*(2006. 7. 7 受稿, 2006. 9. 15 受理)

1) 医療法人社団) 涼風会 佐藤脳神経外科脳神経外科, Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

2) 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科神経病態外科学, Department of Neurological Surgery, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

[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 5-23-23)

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

E-mail : ucsfbtrc@urban.ne.jp

Table Summary of 12 cases of trigeminal neuralgia treated with microvascular decompression

Case	Age/Sex	Side	Neuralgia	Vessels	Direction	Degree	Outcome
01	72/M	Lt	I > II	AICA	medial	grade III	good
02	59/F	Rt	III	SCA-t, c	superior	grade II	good
03	71/M	Lt	III	SCA-c	superomedial	grade III	good
04	76/M	Rt	I > II > III	SCA-t, r, c	superomedial	grade II	good
05	80/F	Rt	II < III	SCA-r, c	superior	grade III	good
06	73/F	Lt	III	SCA-r	superior	grade II	good
07	72/M	Rt	II < III	SCA-r/SPV	superior/ inferior	grade III	good
08	73/F	Lt	II < III	SCA-r/SPV	superomedial/ inferior	grade I	good
09	74/F	Rt	I > II	PICA/VA	inferomedial	grade I	good
10	73/F	Rt	III	SCA-t, r, c	superomedial	grade II	good
11	36/F	Lt	III	SCA-t, r, c	superomedial	grade II	good
12	55/M	Lt	III	SCA-r	superomedial	grade II	good

Degree of severity of the neurovascular compression was graded as: **grade I** : vessel in contact with the nerve but without any indentation, **grade II** : with a displacement and/or a distortion of the nerve, **grade III** : with a clear-cut and marked indentation of the nerve. [Abbreviation] **SCA**: superior cerebellar artery, **SCA-t**: trunk of SCA, **SCA-r**: rostral branch of SCA, **SCA-c**: caudal branch of SCA, **AICA**: anterior inferior cerebellar artery, **PICA**: posterior inferior cerebellar artery, **VA**: vertebral artery, **SPV**: superior petrosal vein.

に画像評価することが可能となっている^{10,16,18)}。

今回、構造物の境界面を選択的に描出する boundary fusion three-dimensional (3D) MR cisternogram/angiogram を新たに創作し、三叉神経痛における neurovascular compression の画像評価に応用した^{11,13-18)}。Boundary image では、脳幹あるいは三叉神経内に仮想的視点をおき、境界面を ring 状に描出することで、脳実質や脳神経を透視して圧迫責任血管が同定可能であった。また、神経走行の軸方向を基準とすることで、神経と責任血管との解剖学的位置関係、ならびに神経の圧迫程度を標準化して立体表示することが可能となった。術前画像所見を臨床症状(疼痛領域)および MVD 術中所見と対比した結果、boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram は三叉神経痛における neurovascular compression の評価に有用と考えられたので報告する。

II. 対 象

2005 年 1 月から 2006 年 4 月までの 16 カ月間に MVD 手術治療を実施した三叉神経痛の連続

12 症例を対象とした (Table)。年齢は 36 ~ 80 歳 (平均 67.8 歳)。性別は男性 5 例、女性 7 例で、患側は右 6 例、左 6 例であった。MVD は suboccipital retrosigmoid approach にて実施した。全例で術前に MR cisternography と MR angiography を施行し、3D MR cisternogram, 3D MR angiogram およびこれらの各画像を重畳合成する fusion 3D MR cisternogram/angiogram を再構成し、MVD の virtual reality に応用した。さらに、構造物の境界面を選択して描出する boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram を作成し、脳幹あるいは三叉神経内に仮想的視点をおき、責任血管による三叉神経の圧迫方向とその圧迫程度を立体的に画像評価した。責任血管による三叉神経の圧迫程度は、Sindou ら¹⁹⁾の術中所見での grading に準じて、圧痕を認めない軽度の接触 (grade I)、神経の変形や変位を伴うもの (grade II)、明らかな圧痕を伴う重度の圧迫 (grade III) に分類して画像評価した。Boundary imaging で得られた責任血管、圧迫方向、圧迫程度などの画像所見は MVD 術中所見と対比検討した。

III. 方 法

1. Boundary image of the 3D MR cisternogram の作成

MR cisternography は MR 臨床機 (HiSpeed 1.0T, General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA) で quadrature-head coil を使用し, T2-weighted 3D fast spin-echo (FSE) sequence で撮像した^{4,6-8)}. 撮影条件は, 4000/160/1 (TR/TE/excitation), echo train length 128 times, 256 × 256 matrix, 0.6-mm thickness, 0.6-mm section interval, 16-cm field of view, voxel size 0.625 × 0.625 × 0.6 mm, total scan time 13 分 23 秒で, 96 枚の連続した軸位元画像を取得した. 3D MR cisternogram は, computer medical visualization software を搭載した commercially available workstation (Zio M900 Quadra: AMIN, Tokyo) を使用し, 元画像の volumetric data を 3D volume-rendering data set (96 data) に変換し, 遠近投影 volume-rendering 法で画像再構成した.

三叉神経 REZ での神経, 血管, 脳幹それぞれの構造物の境界となる信号強度は, 元画像での MR 信号強度分布 (arbitrary unit distribution) の histogram を分析して決定した.

Boundary 3D MR cisternogram は, 信号強度分布の opacity curve から, 閾値 350 ~ 400 (100% opacity level) に peak を有する spiked peak curve (width 40) を用いて, すべての情報から境界面の信号強度を選択し, 青色カラーで表示した. Boundary 3D MR cisternogram では, 脳神経, 動脈, 静脈などの脳槽内構造物および頭蓋底骨構造, 硬膜, 脳幹などの脳槽周囲構造物それぞれがくも膜下腔脳脊髄液と接する外壁境界面が一連の ring 状に描出されるため, ring と ring の間隙から, これら構造物のすべてが透視され立体的に表示された.

2. 3D MR angiogram の作成

MR angiography (単純) は, MR cisternography と同じ基準線を使用し, 3D time-of-flight (TOF), spoiled-gradient recalled (SPGR) sequence で撮像した. 撮影条件は, 35/4.0/2 (TR/TE/excitation), flip angle 20°, 192 × 128 matrix, 1.2 mm

thickness, 0.6 mm slice interval, 16-cm field of view, voxel size 0.83 × 1.25 × 1.2 mm, overlap 8 枚, total scan time 8 分 49 秒 (2 slabs) で, 104 枚の連続した軸位元画像が得られた. Steady-state contrast-enhanced MR angiography (造影) は, 造影剤 (meglumine gadopentetate, 0.1 mmol/kg) を前腕肘静脈より用手的に投与後, 上記の撮影条件で追加実施した. これらの volumetric data は workstation で 0.6 mm の 3D volume-rendering data set (0.6 mm 厚, 207 data) に変換した.

3D MR angiogram は, 遠近投影 volume-rendering 法を使用して, 信号強度閾値 150 ~ 170 (0% opacity level) から 170 ~ 190 (100% opacity level) に増加する上り坂閾数 (width 20) を用いて再構成し, 赤色で表示した. 3D MR angiogram (単純) では, 動脈や太い静脈が, また 3D MR angiogram (造影) では, より細い動脈, 静脈, 静脈洞の走行形態が立体的に表示された.

3. Boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram の作成

Boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram は, あらかじめ再構成した 3D MR cisternogram の boundary image (青色) とその等座標 3D MR angiogram (赤色) を workstation 上で重畳して作成した. Boundary imaging の再構成に使用した opacity curve を保存しておくことで, 画像の再現および類似症例での boundary image の再構成が簡便に可能であった. 3D MR cisternogram, 3D MR angiogram, fusion image および boundary image それぞれの画像 1 枚を作成するには, MRI scan 終了後 30 ~ 50 秒の時間を要した. Boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram を使用して, 三叉神経, 責任血管さらに neurovascular compression の詳細を脳幹脳実質, 三叉神経内の仮想的視点あるいは小脳橋角部脳槽内のいろいろな視点から観察し, 術中所見と対比検討した.

IV. 結 果

すべての症例で, 術前に作成した 3D MR cisternogram, 3D MR angiogram, 3D MR cisternogram/

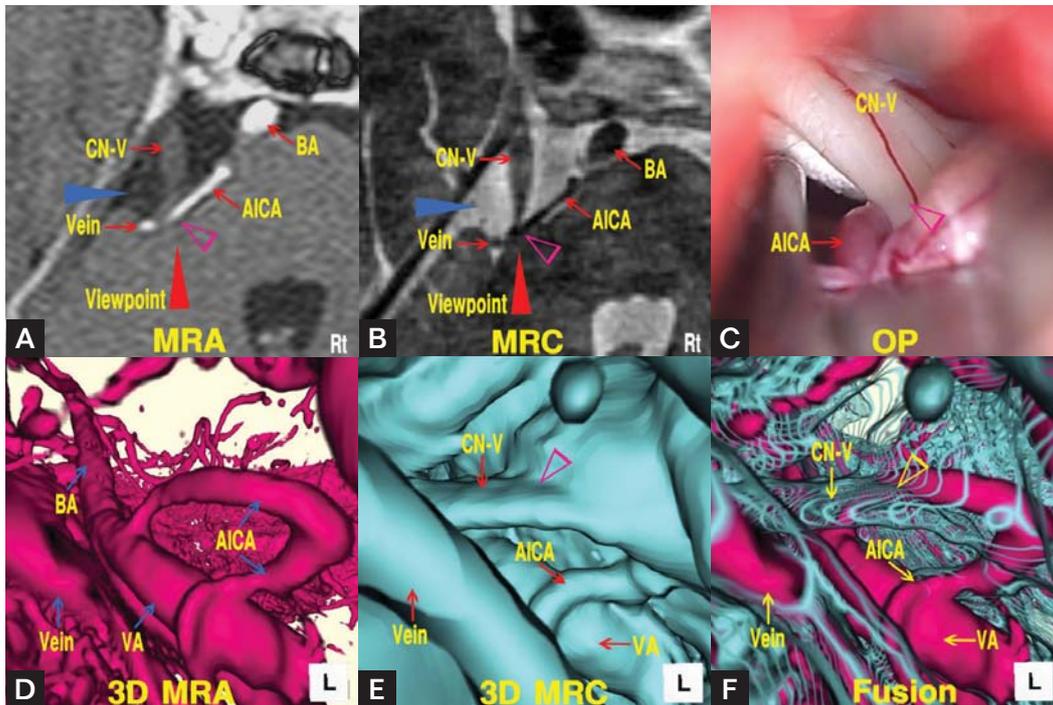


Fig. 1 A 72 y.o. male, left trigeminal neuralgia (Case 1). **A, B:** Source axial MR angiogram (**A**) and MR cisternogram (**B**), showing the contact of the left AICA (offending vessel) at the REZ of the left trigeminal nerve. **C:** Operative photo, showing the nerve-vessel relationship at the REZ of the left trigeminal nerve. The REZ was compressed by the left AICA (offending vessel) from the inferior direction. **D-F:** 3D MR angiogram (**D**), 3D MR cisternogram (**E**), and boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (**F**), viewed from the left (arrowhead-blue in **A** and **B**). The REZ of the trigeminal nerve is compressed directly by the left AICA (offending vessel) from the inferomedial direction.

angiogram fusion image およびその boundary image の画像所見に相応した手術所見が得られた (**Table**)。術前画像で予測された圧迫責任血管は術中所見で一致して認められた。MVDでは、脳脊髄液の吸引や小脳の牽引などの手術操作により構造物の移動が生じるため、術野とまったく同一な術前画像は得られず、術中所見と対比して微妙な点で相違が認められた。しかし、boundary imageで立体的に表示された、三叉神経REZでの圧迫責任血管、neurovascular compressionの部位、圧迫方向、圧迫の程度および周囲構造物との解剖学的位置関係は、術中所見とよく一致していた。MVDによる合併症はなく、全例で良好な手術結果が得られた。三叉神経REZでの圧迫責任血管は、superior cerebellar artery (SCA) が 10 例 (SCA-trunk の関与 4 例、SCA-rostral branch 8 例、SCA-caudal

branch 6 例) と最も多く、SCA (SCA-rostral branch) と superior petrosal vein (SPV) 2 例、anterior inferior cerebellar artery (AICA) 1 例、PICA と vertebral artery (VA) が 1 例であった。

V. 代表的症例の提示

〈症例 1〉 72 歳男性、左三叉神経痛 (**Fig. 1**)

10 年前より左前額部および左頬部に強い疼痛、放散痛が出現し、近医にて carbamazepin (400 mg/日) の内服治療を受けていたが難治なため、手術希望あり当科紹介となった。MR angiogram (**Fig. 1A**)、MR cisternogram (**Fig. 1B**) では、左 AICA が脳幹に近接して走行し、三叉神経 REZ と接触する所見が得られた。MVD 手術所見 (**Fig. 1C**) では、左 AICA が三叉神経脳幹入口部で、inferior

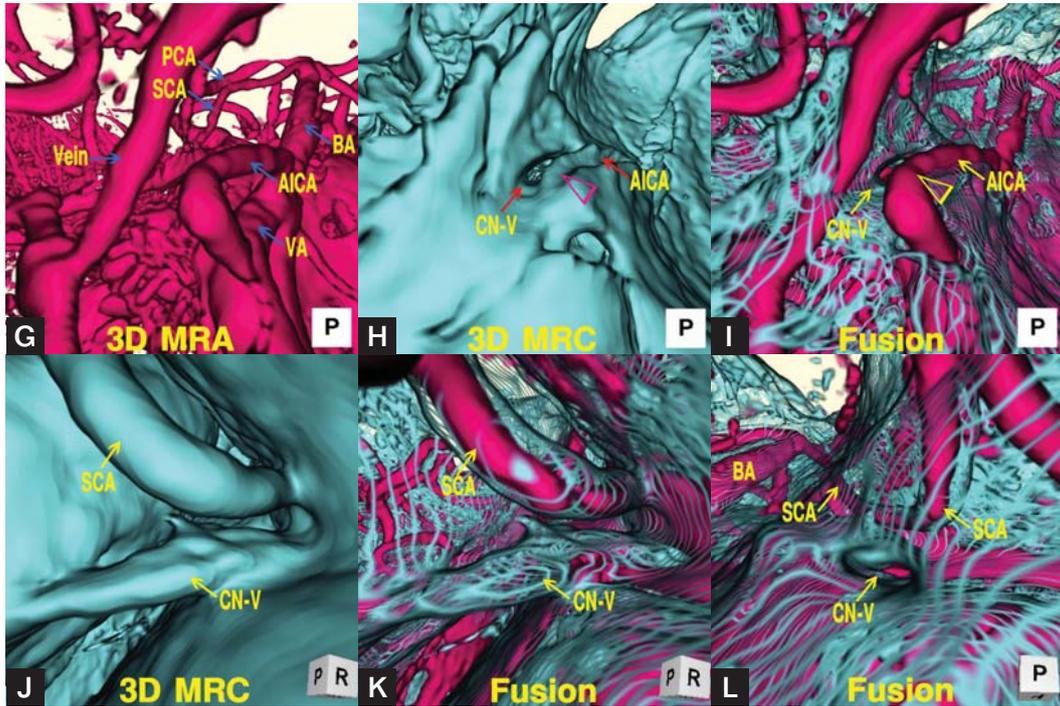


Fig. 1 continue G-I: 3D MR angiogram (G), 3D MR cisternogram (H), and boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (I), viewed virtually from the brainstem directed to course of the trigeminal nerve (arrowhead-red in A and B). Compression of the REZ of the left trigeminal nerve at the rootlet of the brainstem by the left AICA (offending vessel) is clearly visualized. J-L: 3D MR cisternogram (J) and boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (K) of the contralateral healthy side (right side), viewed from the right, and boundary image (L), viewed virtually from the rootlet of the brainstem. The right SCA runs close to but away from the right trigeminal nerve along the course without any contact between them. [Abbreviation] AICA: anterior inferior cerebellar artery, BA: basilar artery, CN-V: trigeminal nerve, PCA: posterior inferior cerebellar artery, VA: vertebral artery. Empty arrowhead indicates the site of neurovascular compression.

方向より接触圧迫していた。三叉神経 REZ での神経-血管の立体的構築は、3D MR angiogram (Fig. 1D), 3D MR cisternogram (Fig. 1E), boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (Fig. 1F) により、錐体部左方向 (Fig. 1A, arrowhead-blue) から観察した。左 VA より分岐した AICA は、三叉神経脳幹入口部で hairpin curve 状に反転し、inferomedial 方向から三叉神経脳幹入口部の全域で接触し圧迫していた。また、脳幹脳実質内の仮想的視点 (Fig. 1A, arrowhead-red) から、三叉神経軸方向を基準として神経と血管との解剖学的位置関係を観察した 3D MR angiogram (Fig. 1G), 3D MR cisternogram (Fig. 1H), boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (Fig. 1I) では、責任血管

による三叉神経脳幹入口部 REZ での neurovascular compression が明瞭に描出された。すなわち、AICA は VA から分岐して脳幹表面に接して走行し、三叉神経脳幹入口部で反転し、三叉神経 REZ、脳幹を medial 方向から強く圧迫し、神経に明らかな圧痕が認められたため、grade III の圧迫程度と考えられた。これらの画像所見は、MVD 術中所見 (Fig. 1C) に相応していた。

また、本例における健側 (右側) では、MR cisternogram で、右 SCA が Meckel 腔近傍で屈曲し、三叉神経と近接して脳槽内を走行する所見が認められた。しかし、錐体部右方向の脳槽内から観察した 3D MR cisternogram (Fig. 1J) およびその boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram (Fig.

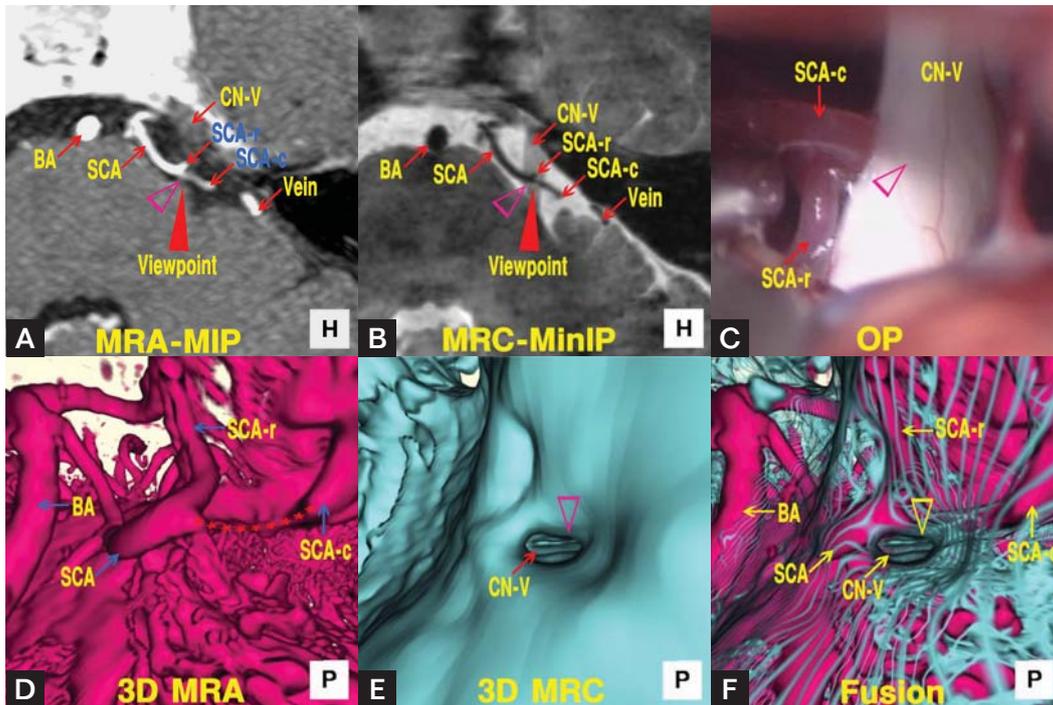


Fig. 2 A 59 y.o. female, right trigeminal neuralgia (Case 2). **A, B:** The selected maximum intensity projection (MIP) image of the MR angiogram (**A**) and the selected minimum intensity projection (MinIP) image of the MR cysternogram (**B**), showing the right SCA (offending vessel) traversing the cisternal portion of the right trigeminal nerve. **C:** Operative photo, showing the nerve-vessel relationship at the REZ of the right trigeminal nerve. The REZ was compressed moderately by the right SCA (offending vessel) from the superior direction. **D-F:** 3D MR cysternogram (**G**), 3D MR angiogram (**H**), and boundary fusion 3D MR cysternogram/angiogram (**I**), viewed virtually from inside of the trigeminal nerve per se directed to course of the trigeminal nerve (arrowhead-red in **A** and **B**). Compression of the REZ of the right trigeminal nerve at the cisternal portion by the caudal branch of the right SCA (offending vessel) is clearly visualized. [Abbreviation] **SCA:** superior cerebellar artery, **SCA-r:** rostral branch of SCA, **SCA-c:** caudal branch of SCA, **BA:** basilar artery, **CN-V:** trigeminal nerve. **Empty arrowhead** indicates the site of neurovascular compression.

1K) では、血管と神経との間に脳脊髄液による明らかなスペースが認められ、神経と血管とは接触していないことが確認された。さらに、三叉神経内の仮想的視点から三叉神経軸方向に観察した boundary fusion image (Fig. 1L) では、神経と血管との位置関係が立体的に表示され、SCAは三叉神経と接触することなく近傍を走行していた。

〈症例 2〉 59 歳女性、右三叉神経痛 (Fig. 2)

2 年前より右下顎部に疼痛が出現し、1 年前から近医にて carbamazepin (600 mg/日) の内服治療を受けていたが疼痛消失せず、手術の希望があり当科を紹介され受診した。Selected maximum

intensity projection (MIP) MR angiogram (Fig. 2A) および selected minimum intensity projection (MinIP) MR cysternogram (Fig. 2B) では、右 SCA が脳槽内で三叉神経を横断して走行していた。MVD 手術所見では (Fig. 2C), 右 SCA が脳槽内で三叉神経と superior 方向より接触し、神経は圧迫され下方への膨隆が軽度認められた。三叉神経 REZ での neurovascular compression は、3D MR angiogram (Fig. 2D), 3D MR cysternogram (Fig. 2E), boundary fusion 3D MR cysternogram/angiogram (Fig. 2F) により、三叉神経内の仮想的視点 (Fig. 2A, arrowhead-red) から、三叉神経軸方向に立体的に観察した。右 SCA は SCA-trunk が SCA-

rostral branch を分岐した直後の SCA-caudal branch が脳槽内で三叉神経を横断し、superior 方向から接触していた。三叉神経は SCA-caudal branch により上方から圧迫され変形しており、grade II の圧迫程度と考えられた。下方から見た MVD 術中所見 (Fig. 2C) ではこれに相応する所見が得られた。

VI. 考 察

三叉神経痛は、SCA, AICA, PICA などの動脈あるいは SPV の分枝静脈により三叉神経 REZ が圧迫され発症する神経血管圧迫症候群の 1 つである^{5-7,12,16}。三叉神経痛の根治的治療としては、neurovascular compression を解除する MVD が広く施行され、良好な治療成績が報告されている^{5-7,12,16,18}。

近年の MR 撮像技術の進歩に伴い、三叉神経痛の診断および MVD 治療計画には、MR angiography や MR cisternography が用いられ、三叉神経 REZ 近傍での圧迫責任血管を推測することが可能となっている^{1-4,8-11,13-18,20}。3D TOF SPGR 画像 (MR angiography) では、脳槽内脳脊髄液は低信号強度で、脳神経、脳実質は等信号強度で、動脈などの血管構造物は inflow 効果により高信号強度で表示されるため、三叉神経 REZ 近傍での責任血管の走行が容易に視認される^{11,13-18,20}。また、T2-weighted 3D FSE sequence など得られる MR cisternography では、脳槽内脳脊髄液は高信号強度、脳神経と脳実質は等信号強度、血管構造物は flow void により高度の低信号強度で、それぞれ異なった信号強度で描出される^{1-4,8-11,13-18,20}。そのため、脳神経、血管構造物などの脳槽内構造物や脳実質、硬膜・骨構造などの脳槽周囲構造物は脳脊髄液と明瞭に境界され、これら構造物の外壁形態が詳細に表示される。

三叉神経痛における neurovascular compression は、これまで MR angiography や MR cisternography の元画像上で、あるいはそれらの MPR 再構成画像上で評価されてきた^{1-4,8,9,18,20}。Yoshino ら²⁰ は、軸位元画像、矢状断、冠状断に加えて三叉神経 REZ に平行および垂直な再構成画像を用い、

血管が神経を圧迫する位置を cranial, caudal, medial, lateral の 4 方向に分類して臨床症状との関連を検討した。その結果、疼痛が三叉神経 II 枝領域にある症例の 89% では neurovascular compression が medial site に、III 枝領域の場合には 76% で lateral site に認められたと報告した。しかし、2次元表示の元画像や MPR 画像では、三叉神経と責任血管との解剖学的位置関係を立体的に把握することは困難といわざるを得ない。特に、三叉神経が neurovascular compression を受けた部位では、神経に変形や振れが生じる場合があり、神経と責任血管との圧迫状況を評価するうえで注意を要する。

最近の computer medical visualization software の革新により、MR angiography や MR cisternography で得られた volumetric data から、parallel あるいは perspective volume-rendering algorithm を使用して 3D 画像を短時間で再構成することが可能となった^{10,11,13-17}。また、fusion imaging technique により、MR angiography と MR cisternography の画像合成も容易となった。今回、構造物の境界面を選択的に描出する boundary imaging を 3D MR cisternogram と co-registered 3D MR angiogram とを画像合成した fusion 3D MR cisternogram/angiogram^{11,14-18} に応用し、三叉神経痛における neurovascular compression を画像評価した結果、有用な知見が得られた。

本研究の結果、boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogram では、境界面を ring 状に描出することで、脳実質や脳神経を透視して血管構造物による neurovascular compression を評価することが可能であった。すなわち、脳幹神経根部近傍の REZ での圧迫は脳幹橋実質内の仮想的視点から脳実質を透視して、あるいは脳槽内三叉神経 REZ での圧迫は神経内の仮想的視点から神経を透視して、neurovascular compression を観察することが可能であった。三叉神経が Meckel 腔から脳槽内を走行して脳幹神経根に至るすべての範囲で、責任血管による神経の圧迫状況が評価可能であった。Neurovascular compression の圧迫方向の判断は、手術所見では手術体位や手術操作に伴う構造物の移動により、基準となる方向が個々の症例で異なる。しかし、boundary imaging では、三

又神経走行の軸方向を基準とすることで、責任血管による圧迫方向を標準化して判断することが可能であった。また、圧迫部位の神経外壁形態に着目することで、neurovascular compressionが軽度の接触程度なのか、中等度の圧迫なのか、あるいは神経の変形や陥凹を伴う高度の圧迫なのかを判断することがある程度可能であった。さらに、圧迫責任血管が複数の場合には、神経と血管との解剖学的位置関係から、動脈など主たる責任血管と神経の変形に伴う静脈などの従たる責任血管など、圧迫に関与する責任血管の度合いを推測することも可能と考えられた。これら術前に得られたneurovascular compressionの画像所見は、MVD手術で相応する圧迫所見として全例で確認された。

Boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogramは、特殊な撮像sequenceを必要とせず、日常診療で使用するMR imagerとcomputer medical visualization softwareにより短時間で作成される簡便な臨床画像であり、脳神経外科領域のmicroneurosurgical anatomyの解析に幅広く応用が可能なimaging技術と考えられる^{11,13-18)}。今後、症例を重ねることで、責任血管による三叉神経REZでの圧迫部位、圧迫方向、圧迫程度と疼痛領域との関連、radiosurgeryに伴う三叉神経形態のfollow-up観察、内科的治療の限界などについて詳細に検討することが可能になるものと考えられた。また、boundary fusion 3D MR cisternogram/angiogramをMVD術後評価に応用することで、圧迫部位を含めた責任血管の移動および走行形態の変化が三叉神経REZとの関連において立体的に可視化され、MVDによるneurovascular compressionの解除が画像評価可能になるものと思われる。さらに、boundary imagingを片側顔面痙攣、前庭蝸牛神経圧迫による耳鳴り・聴力障害、舌咽神経痛、神経原性高血圧など他の神経血管圧迫症候群におけるneurovascular compressionの画像評価に応用することが期待される^{11,17)}。

本論文の要旨は、第61回日本脳神経外科学会中国四国支部学術集会(2006年4月1～2日、高知)、Advanced Neuroimaging Virtual Reality 2006(2006年8月3日、名古屋)

および第65回日本脳神経外科学会総会(2006年10月18～20日、京都)において発表した。

文 献

- 1) Akimoto H, Nagaoka T, Nariai T, Takada Y, Ohno K, Yoshino N : Preoperative evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia by use of three-dimensional reconstruction from two types of high resolution magnetic resonance imaging. *Neurosurgery* **51** : 956-962, 2002
- 2) Anderson VC, Berryhill PC, Sandquist MA, Caiverella DP, Nesbit GM, Burchiel KJ : High-resolution three-dimensional magnetic resonance angiography and three-dimensional spoiled gradient-recalled imaging in the evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia. A double-blind pilot study. *Neurosurgery* **58** : 666-673, 2006
- 3) Chávez G, De Salles AAF, Solberg TD, Pedroso A, Espinoza D, Villablanca P : Three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition magnetic resonance imaging for stereotactic radiosurgery of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* **56** : E628, 2005
- 4) Erbay SH, Bhadelia RA, O'Callaghan M, Gupta P, Riesenburger R, Krackov W, Polak JF : Nerve atrophy in severe trigeminal neuralgia : noninvasive confirmation at MR imaging--initial experience. *Radiology* **238** : 689-692, 2006
- 5) Hitotsumatsu T, Matsushima T, Inoue T : Microvascular decompression for treatment of trigeminal neuralgia, hemifacial spasm, and glossopharyngeal neuralgia. Three surgical approach variations, Technical note. *Neurosurgery* **53** : 1436-1443, 2003
- 6) Jannetta PJ : Observations on the etiology of trigeminal neuralgia, hemifacial spasm, acoustic nerve dysfunction and glossopharyngeal neuralgia : Definitive microsurgical treatment and results in 117 patients. *Neurochirurgia* **20** : 145-154, 1977
- 7) Kondo A : Follow-up results of microvascular decompression in trigeminal neuralgia and hemifacial spasm. *Neurosurgery* **40** : 46-52, 1997
- 8) 三上 毅, 南田善弘, 八巻稔明, 馬場雄大, 宝金清博 : Fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) による神経血管減圧術の術前術後評価. *脳外誌* **14** : 683-688, 2005
- 9) Naganawa S, Koshikawa T, Fukatsu H, Ishigaki T, Fukuta T : MR cisternography of the cerebellopontine angle. Comparison of three-dimensional fast asymmetrical spin-echo and three-dimensional constructive interference in the steady-state sequences. *AJNR Am J Neuroradiol* **22** : 1179-1185, 2001
- 10) Naraghi R, Hastreiter P, Tomandl B, Bonk A, Huk W, Fahlbusch R : Three-dimensional visualization of neurovascular relationships in the posterior fossa : technique and clinical application. *J Neurosurg* **100** : 1025-1035, 2004
- 11) 小野田恵介, 佐藤 透, 三好康之, 徳永浩司, 杉生憲志, 伊達 勲 : 片側顔面痙攣に対するmicrovascular decom-

- pression の新しい術前画像評価. 3D MR cisternogram/angiogram fusion imaging の応用. No Shinkei Geka **34** : 785-791, 2006
- 12) Samii M, Günther T, Iaconetta G, Muehling M, Vorkapic P, Samii A : Microvascular decompression to treat hemifacial spasm : long-term results for a consecutive series of 143 patients. Neurosurgery **50** : 712-719, 2002
 - 13) 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
 - 14) 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
 - 15) Satoh T, Omi M, Ohsako C, Fujiwara K, Tsuno K, Sasahara W, Onoda K, Tokunaga K, Sugiu K, Date I : Differential diagnosis of the infundibular dilation and aneurysm of internal carotid artery. Assessment with fusion imaging of the MR cisternography/ angiography. AJNR Am J Neuroradiol **27** : 306-312, 2006
 - 16) 佐藤 透, 小野田恵介, 伊達 勲 : 特発性三叉神経痛における圧迫責任血管の画像評価. 脳外誌 **15** : 611-618, 2006
 - 17) Satoh T, Onoda K, Date I : Fusion imaging of three-dimensional magnetic resonance cisternograms and angiograms for the assessment of microvascular decompression in patients with hemifacial spasms. J Neurosurg **106** : 2007 (in press)
 - 18) Satoh T, Onoda K, Date I : Preoperative simulation for microvascular decompression in patients with idiopathic trigeminal neuralgia : Visualization with 3D MR cisternogram/angiogram fusion imaging. Neurosurgery **60** : 2007 (in press)
 - 19) Sindou M, Howeidy T, Acevedo G : Anatomical observations during microvascular decompression for idiopathic trigeminal neuralgia (with correlations between topography of pain and site of the neurovascular conflict). Prospective study in a series of 579 patients. Acta Neurochir (Wien) **144** : 1-13, 2002
 - 20) Yoshino N, Akimoto H, Yamada I, Nagaoka T, Tetsumura A, Kurabayashi T, Honda E, Nakamura S, Sasaki T : Trigeminal neuralgia : evaluation of neuralgic manifestation and site of neurovascular compression with 3D CISS MR imaging and MR angiography. Radiology **228** : 539-545, 2003

本誌の複写利用について

日頃より本誌をご購読いただき誠にありがとうございます。

ご承知のとおり、出版物の複写は著作権法の規定により原則として禁止されており、出版物を複写利用する場合は著作権者の許諾が必要とされています。弊社は本誌の複写利用にかかる権利の許諾ならびに複写使用料の徴収業務を(株)日本著作出版権管理システム(JCLS)に委託しております。本誌を複写利用される場合にはJCLSにご連絡のうえ、許諾を得てください。JCLSの連絡先は以下のとおりです。

(株)日本著作出版権管理システム(JCLS)
所在地 〒113-0033 東京都文京区本郷4-1-6 本郷416ビル8階
電話 03-3817-5670 FAX 03-3815-8199 e-mail info@jcls.co.jp

著作権法は著作権者の許諾なしに複写できる場合として、個人的にまたは家庭内その他これに準ずる限られた範囲で使用すること、あるいは政令で定められた図書館等において著作物の一部(雑誌にあっては掲載されている個々の文献の半分以下)を一人について一部提供すること、等を定めています。これらの条件に当てはまる場合には許諾は不要とされていますが、それ以外の場合、つまり企業内(政令で定められていない企業等の図書室、資料室等も含む)、研究施設内等で複写利用する場合や図書館等で雑誌論文を文献単位で複写する場合等については原則として全て許諾が必要です。

複写許諾手続の詳細についてはJCLSにお問い合わせください。なお、複写利用単価を各論文の第1頁に、ISSN番号と共に表示してあります。

(株)医学書院