



臨床研究:

上錐体静脈単独の圧迫による三叉神経痛:3D MR cisternogram/angiogram multi-fusion imaging による術前画像評価

佐藤 透¹⁾、尾美 賜、鍋島 睦栄、小野田 恵介²⁾、伊達 勲³⁾

1) 医療法人社団 涼風会 佐藤脳神経外科 脳神経外科

2) 総合病院 岡山赤十字病院 脳神経外科

3) 岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 脳神経外科

連絡先:佐藤 透 = 729-0104 広島県福山市松永町 5-23-23

医療法人社団) 涼風会 佐藤脳神経外科

Tel: 084-934-9911

Fax: 084-934-9910

e-mail: ucsfbtrc@urban.ne.jp

I. はじめに

特発性三叉神経痛は、三叉神経が動脈や静脈など血管により圧迫され発症する神経血管圧迫症候群の1つであり、根本的治療として、神経血管接触(neurovascular contact、NVC)を解除する神経血管減圧術(neurovascular decompression、MVD)が行われる^{1-3, 5, 10-12)}。NVCでは、上小脳動脈(superior cerebellar artery、SCA)、前下小脳動脈(anterior inferior cerebellar artery、AICA)、後下小脳動脈(posterior inferior cerebellar artery、PICA)など、圧迫責任動脈が単独で三叉神経を圧迫することが最も多いが、動脈が複数個所で接触し、また、静脈が複雑に関与する場合も少なからず見られる^{1, 3, 5, 10-12)}。静脈の場合は、上錐体静脈洞に流出する上錐体静脈(superior petrosal vein、SPV)の分枝が圧迫責任静脈となるが、SPV単独でNVCをきたし、三叉神経痛を発症することはまれである^{1, 3, 5, 12)}。

今回、NVCの画像診断において、静脈構造を直接的に明瞭に描出する目的で、MR cisternogram、MR angiogram (non-contrasted)に加えて、MR angiogram (contrast-enhanced)、CT angiogramなど複数の異なるvolume dataから3D画像を個別に作成し、これらを一枚の遠近投影3D画像に重畳して表示する、multi-fusion imagingを新たに創作した。このmulti-fusion imagingを、SPV単独でNVCをきたした三叉神経痛症例に応用し、NVCでの圧迫責任静脈を描出し、MVD術前simulation画像を作成した。本稿では、静脈単独によるNVCにより発症した特発性三叉神経痛について、自験例をまとめ、文献的に考察を加えた。また、NVCの診断およびMVD術前評価における、multi-fusion imagingの有用性と限界につき

報告する。

II. 対象と方法

対象は、2005年1月から2008年12月までの3年間に、MVDを施行した三叉神経痛50例とした。MVDの適応は、三叉神経領域に疼痛・放散痛があり、carbamazepineが有効で、medical controlが不十分あるいは副作用で服薬が困難となった症例、もしくは患者の希望があった症例とした。

画像診断として、MR cisternogram (fast spin-echo sequence=FSE)、MR cisternogram (fast imaging employing steady-state acquisition-phase cycling= FIESTA-C、non-contrasted and contrast-enhanced)、MR angiogram (time-of-flight spoiled gradient-recalled sequence=TOF SPGR、non-contrasted and steady-state contrast-enhanced)、およびCT angiogram (steady-state contrast-enhanced)を施行した。得られたvolume dataはworkstation (Ziostation、Zio software Co.、東京)に転送し、それぞれ個別に3D画像を作成し、これらを一枚の遠近投影3D画像に重畳して表示した(multi-fusion imaging)。画像再構成には、multi-fusion image一枚あたり約30秒の時間を要した。このmulti-fusion imagingを応用して、NVCでの圧迫責任血管(offending vessel)、圧迫部位(location)、圧迫方向(direction)、圧迫程度(severity)などを検討した。このなかで、静脈単独の圧迫による特発性三叉神経痛症例について、NVCにおける神経と血管・周囲構造物との解剖学的位置関係を詳細に画像評価した。

MVDは、全例retrosigmoid approachで行い、術前画像で描出されたNVCでの神経血管構築を術中所見で確認した。

III. 結果

MVDを施行した三叉神経痛50例での画像評価の結果、NVCで認められた主たる圧迫責任血管は、SCAが34例(68%)、AICAが5例(10%)、PICAが2例(4%)、SPVが3例(6%)、血管圧迫の見られないもの6例(12%)であった。このなかで、NVCに静脈が関与したものは12/50例(24%)に認められたが、圧迫責任血管が静脈単独であったものは3/50例(6%)のみであった。これら静脈単独の圧迫により発症した三叉神経痛症例での画像評価の結果は、tableにまとめて示した(Table)。以下に、代表的症例を提示する。

Table: Clinical data of patients with trigeminal neuralgia caused by the pure venous compression

Case	Age/Sex	Side	Neuralgia	Duration(ms)	Offending vein	Location	Direction	Severity	BNI: Pre/Post
1	53 F	Lt	V3	156	Trans.pontine v.	Mid-1/3	Superomedial	severe	5/1
2	82 M	Rt	V2>V3	5	Trans.pontine v.	Mid-1/3	Superior	moderate	4/1
3	52 F	Rt	V2>V3	120	Trans.pontine v.	Prox-1/3	Superolateral	severe	4/1

代表的症例

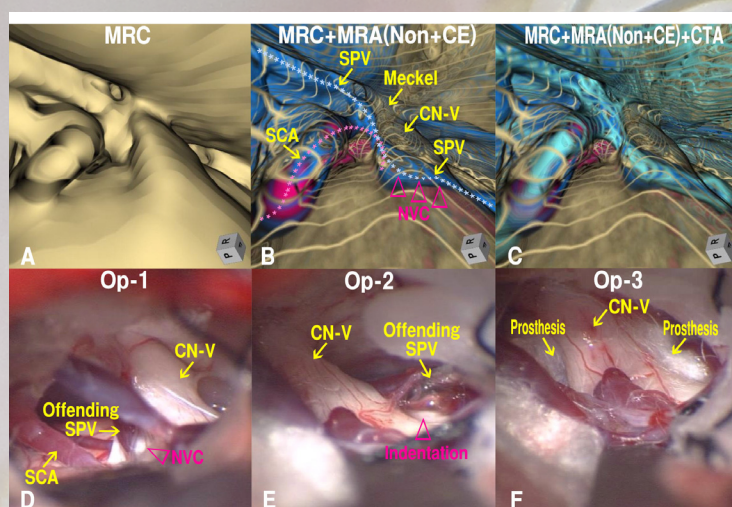
患者： 52 歳、女性

主訴： 右上顎から下顎部にかけての疼痛

既往歴： 特記すべきものなし

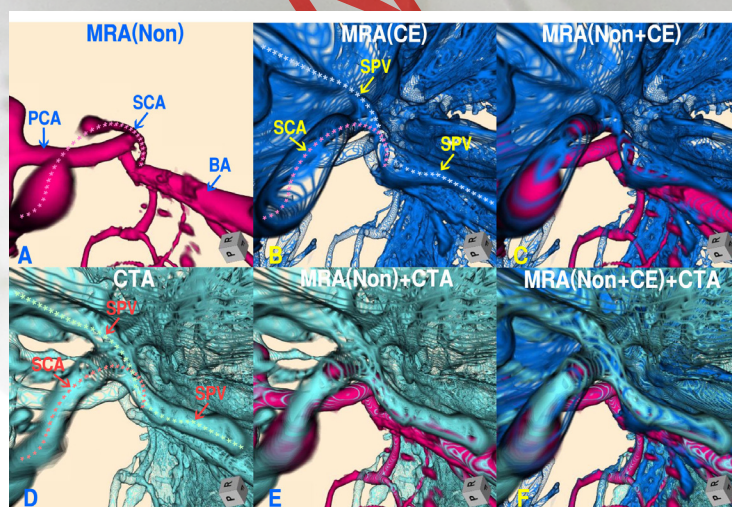
現病歴： 10 年ほど前より、洗顔・咀嚼時に右上顎から下顎部にかけて耐え難い痛みが誘発され、歯科を受診し、難治のため紹介され来院した。右三叉神経痛 (V2>3) と診断し、carbamazepine 400-600 mg の内服にて、疼痛の軽減を認めるも、眠気・ふらふら感が強く、服薬の継続が困難となった。Barrow Neurological Institute (BNI) pain intensity score⁴⁾ は grade 4 と評価され、MVD 手術の適応と考えられた。

神経放射線学的検査： MVD 術前検査として施行した 3D MR cisternogram/angiogram



multi-fusion imaging では、右 SCA-trunk は Meckel 腔側で三叉神経 distal-1/3 の近傍を走行していたが、神経との直接接触は認められなかった (Fig. 1 A-C)。NVC は、右 SPV に流出する transverse pontine vein が、三叉神経 proximal-1/3 から脳幹神経根 (root entry zone、REZ) に至る部位で、superolateral 方向より、重度 (severe) に圧迫する所見が得られ、静脈単独による神経の圧迫により、三叉神経痛が発症したものと考えられた。

圧迫責任血管が静脈構造単独であることを検証するために、主として動脈構造が表示される MR angiogram (non-contrasted) (Fig. 2 A) と、動脈と静脈のいずれもが表示される MR



angiogram (contrast-enhanced) (Fig. 2B) とを重畳して画像表示した (Fig. 2C)。また、MR angiogram (non-contrasted) (Fig. 2A) と CT angiogram (Fig. 2D) とを重畳表示した (Fig. 2E)。さらに、MR angiogram (non-contrasted、contrast-enhanced) (Fig. 2A、2B) と CT angiogram (Fig. 2D) とを重畳表示した画像 (Fig. 2F) を作成した。これらの画像を詳細に対比検討した結果、表示された動脈・静脈を含めたすべての血管構造物の走行形態は、それぞれでよく一致していることが確認された。MR angiogram (non-contrasted、contrast-enhanced)、CT angiogram と MR

angiogram (non-contrasted、contrast-enhanced)、CT angiogram と MR

cisternogram(FSE)との multi-fusion imaging により、MVD 術前 simulation 画像 (Fig. 1A-C) を作成し、NVC での圧迫責任静脈の走行形態を直接的に明瞭に描出した。

手術所見： MVD は、右 retrosigmoid approach で行った。SPV に流出する太い右 transverse pontine vein は、右三叉神経外側を並走した後、運動枝と知覚枝との間を通り、神経を横断して内側に至り、三叉神経を上面から圧迫し、脳幹腹側方向に走行していた (Fig. 1 D, E)。NVC は、この transverse pontine vein により、三叉神経脳幹側 proximal-1/3 rootlet 部位で、superolateral 方向から、severe な圧迫を来とし、三叉神経 REZ 部では、明らかな圧痕が認められた (Fig. 1E)。圧迫責任静脈である transverse pontine vein は焼灼せず、これを REZ 部で慎重に且つ十分に剥離し、移動が困難なため prosthesis を挿入して免荷した (Fig. 1 F)。術野所見は、術前 simulation 画像で想定された NVC とよく一致していた。

術後経過： 症状は術直後より完全に消失し、新たな神経症状の出現もなく、術 10 日後に退院した。術 1 年半後の現在も症状の再発はみえていない。

IV. 考察

静脈が圧迫に関与した三叉神経痛症例について、Jannetta ら^{1,3)}は、MVD を実施した 1204 例中 151 例 (12.5%) に認められたとしている。また、Sindou ら¹²⁾は、579 例中 155 例 (26.8%) で静脈が圧迫に関与した症例が認められたが、静脈単独のものはわずか 19 例 (3.3%) に認められたのみであり、圧迫責任静脈としては、SPV 分枝である transverse pontine vein が最も多かったと報告した。そのなかで、静脈単独による pure venous compression はまれであり、明らかに三叉神経を圧迫する静脈が認められた場合でも、責任血管として他に動脈による圧迫がないかどうか、NVC を十分に検索することが必要であるとコメントしている⁵⁾。さらに、Matsushima ら⁵⁾は、121 例中 25 例 (20.7%) で、静脈が関与した NVC が認められたが、静脈単独の圧迫によるものは 7 例 (5.8%) のみであったと報告した。圧迫責任静脈では、transverse pontine vein が 4 例 (57.1%) と最も多くに見られた。Transverse pontine vein は、三叉神経近傍を横断して走行するため、この静脈が、SPV 本幹あるいは上錐体静脈洞に流出する Meckel 腔近傍で、NVC の有無を検索することが必要であると述べている。

われわれのシリーズでは、50 例中 12 例 (24.0%) に、NVC で静脈の関与が認められたが、静脈単独による圧迫は 3 例 (6.0%) のみであった (Table)。いずれも transverse pontine vein が圧迫責任静脈で、圧迫程度は moderate~severe であったが、圧迫部位は、Meckel 腔近傍の distal-1/3 ではなく、mid-1/3 が 2 例、proximal-1/3~rootlet が 1 例で、圧迫方向も、superomedial、superior、superolateral など一定していなかった。したがって、NVC の有無、責任血管および圧迫の部位・方向・程度については、動脈・静脈にとらわれることなく、Meckel 腔から脳幹神経根に至るまで、三叉神経の走行全長に渡って検索し、血管による NVC のみならず、肥厚したクモ膜による癒着や神経形態の変化の有無も含めて、術前画像あるいは術中所見で、NVC での神経血管構築を慎重に判断する必要があるものと考えられた。

三叉神経痛は、NVC により、三叉神経が動脈や静脈など血管により圧迫され発症するとさ

れるが、発症機序の詳細は明らかにされていない^{1,3,12)}。石川ら²⁾は、MVD再手術例での手術所見から、REZでの動脈や静脈による神経の圧迫自体というよりも、血管圧迫、クモ膜の肥厚や癒着などをきたした結果、神経根の可動が制限され、三叉神経と拍動する脳幹との間に応力(ずれ)が生じ、神経根部の過度な緊張(tethering)が発症機序のひとつであると考察した。自験例の検討から、静脈単独によるNVCの場合では、責任静脈による三叉神経の圧迫により、Meckel腔から脳槽内を走行して神経根に至る三叉神経の全長において、部分的にあるいは全体的に、神経の可動性や拍動性が制約されることで、三叉神経痛を発症する可能性が推察された。

われわれは、三叉神経痛症例に対するMVD術前に、3D MR cisternogram/angiogram fusion imagingを施行し、圧迫の有無、責任血管の同定、圧迫部位と方向および程度など、NVCでの三叉神経と血管や周囲構造物との解剖学的位置関係を詳細に画像評価し、その有用性を報告してきた⁶⁻¹¹⁾。これまでのfusion imagingでは、動脈構造は、3D MR cisternogram (FSE)で表示された血管構造物に重畳した、MR angiogram (non-contrasted)として描出されたが、静脈構造は、これに重畳されない血管構造物として判断され、間接的に推測された。

今回、静脈構造を直接的に明瞭に描出する目的で、MR cisternogram (FSE)、MR cisternogram (FIESTA-C, non-contrasted and contrast-enhanced)、MR angiogram (non-contrasted, contrast-enhanced)、CT angiogram (contrast-enhanced)など、複数の異なるvolume dataからそれぞれ3D画像を作成し、これらを一枚の遠近投影3D画像に重畳表示する、multi-fusion imagingを新しく創作した。Multi-fusion imagingでは、MR cisternogram (FSE、FIESTA-C)で、脳脊髄液を除外した、神経、血管、脳実質など脳槽内のすべての解剖学的構造物と、管腔血流のinflow effect (peak flow velocity)を反映したMR angiogram、あるいは管腔内のcontrast volumeを反映したCT angiogramにより描出された血管構造物とが、重畳して表示された。これにより、MR angiogramやCT angiogramなど、異なる撮像modalityの特徴を有する血管内腔形態が、MR cisternogramで表示される血管外壁形態と一致するのか、あるいは不一致なのかについて、詳細に検証することが可能であった。

その結果、FSEのsequenceで撮像されたMR cisternogramでは、すべての脳槽内構造物の外壁境界面が明瞭に描出された。しかし、FIESTA-CのMR cisternogramでは、脳槽内構造物の境界面の一部に不整が見られ、特に屈曲・蛇行する部分の血管構造では、外壁辺縁に歪みが見られたため、NVCでの神経血管構築の精緻な形態評価は困難であった。一方、CT angiogramとの対比検討では、non-contrasted MR angiogramで表示された血管構造物は、ほぼ動脈構造に相当していた。また、contrast-enhanced MR angiogramで表示された血管構造物は、CT angiogramで表示された動脈と静脈を含めたすべての血管構造物と形態的にほぼ一致していた。

したがって、三叉神経痛症例でのNVCの画像評価には、MR cisternogram (FSE)、MR angiogram (non-contrasted)、MR angiogram (contrast-enhanced)、あるいはCT angiogramの組み合わせによる、multi-fusion imagingが有用と思われた。しかし、比較的細い末梢部の動脈、静脈では、管腔内血流の流速低下や血流量の遞減をきたすため、血管構造の描出が困難であった。また、MRあるいはCTなど撮像機器の有する空間分解能・解像度により、元画像で

得られるvolume dataの精度が制約されるため、微細な血管構造の描出にはおのずと限界があり、今後の検討課題と考えられた。

V. まとめ

1) 静脈単独の圧迫による三叉神経痛症例では、圧迫責任静脈として、transverse pontine vein が多くに認められたが、NVCでの動脈、静脈による責任血管の同定は、術前画像あるいは術中所見で、慎重に判断する必要があると考えられた。

2) 三叉神経痛の画像診断に、multi-fusion imaging を応用することで、MR cisternogram で表示されるすべての脳槽内構造物と、MR angiogram (non-contrast)で表示される動脈構造、さらに MR angiogram (contrast-enhanced)や CT angiogram で表示される動脈と静脈を含めた血管構造物とを、一枚の遠近投影 3D 画像に重畳表示することが可能であった。

3) Multi-fusion imaging では、これまで困難であった静脈構造が、直接的に明瞭に描出されるため、脳槽内の動脈、静脈、神経・脳実質の解剖的構造物を、視覚的に区別して評価することが可能であった。

4) MR cisternogram (FSE)、MR angiogram (non-contrast)、MR angiogram (contrast-enhanced)、あるいは CT angiogram など、異なった volume data の組み合わせによる multi-fusion imaging は、三叉神経痛症例での NVC での圧迫責任血管の同定や圧迫の重症度分類など、診断補助ツールとしてのみならず、MVD を計画するうえでの手術 simulation など、術前評価にも有用であると考えられた。

文献

- 1) Barker FG II, Jannetta PJ, Bissonette DJ, et al: The longterm outcome of microvascular decompression for trigeminal neuralgia. N Engl J Med 334:1077-1083, 1996.
- 2) 石川正恒、山添直博、青木友和、他:再発および未治癒三叉神経痛に対する外科治療. 脳外誌 14: 99-103, 2005
- 3) Jannetta PJ: Artery compression of the trigeminal nerve at the pons in patients with trigeminal neuralgia. J Neurosurg 26:159-162, 1967.
- 4) Little AS, Shetter AG, Shetter ME, et al: Long-term pain response and quality of life in patients with typical trigeminal neuralgia treated with gamma knife stereotactic radiosurgery. Neurosurgery 63:915-924, 2008
- 5) Matsushima T, Huynh-Le P, Miyazono M: Trigeminal neuralgia caused by venous compression. Neurosurgery 55:334-339, 2004
- 6) 小野田恵介, 佐藤 透, 上利 崇, 他:血管圧迫のない特発性三叉神経痛. 脳外速報 18: 893-898, 2008
- 7) 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
- 8) 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**: 82-89, 2007

9) Satoh T, Onoda K, Date I: Preoperative simulation for microvascular decompression in patients with idiopathic trigeminal neuralgia: Visualization with three-dimensional magnetic resonance cisternogram and angiogram fusion imaging. Neurosurgery **60**: 104-114, 2007

10) 佐藤 透、尾美 賜、鍋島睦栄、他: 三叉神経痛における neurovascular contact の 3D MR cisternogram/angiogram fusion imaging による画像解析. 脳外速報 18: 1276-1284, 2008

11) Satoh T, Omi M, Nabeshima M, et al: Severity analysis of neurovascular contact in patients with trigeminal neuralgia: Assessment with the inner view of the 3D MR cisternogram and angiogram fusion imaging. AJNR Am J Neuroradiol 30:603-07, 2009

12) Sindou M, Howedy 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

Abstract

Trigeminal neuralgia caused by the pure venous compression with the superior petrosal vein: Preoperative imaging assessment with 3D MR cisternogram/angiogram multi-fusion imaging

Toru Satoh¹⁾, Megumi Omi, Mutsue Nabeshima, Keisuke Onoda²⁾, and Isao Date³⁾

¹⁾ Department of Neurological Surgery, Ryofukai Satoh Neurosurgical Hospital

²⁾ Department of Neurological Surgery, Okayama Red Cross Hospital,

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

Three cases of trigeminal neuralgia caused by the pure venous compression were assessed by using multi-fusion imaging technique. Multi-fusion images were reconstructed from 3D MR cisternogram, 3D MR angiogram and 3D CT angiogram, and fused in a single 3D image in perspective. The architecture of the neurovascular contact between the trigeminal nerve and the offending vein was assessed with the multi-fusion imaging. In all cases, the transverse pontine vein was the offending vein and compressed the nerve, not at the distal 1/3 portion near the Meckel's cave, but at the mid-1/3 portion in two cases and the proximal-1/3 near the brainstem in one. An illustrative case was presented with multi-fusion images; the preoperative surgical simulation images were in good agreement with the actual intraoperative findings. Cases of

trigeminal neuralgia caused by the pure venous compression were briefly reviewed, and the usefulness of the multi-fusion imaging in the adjunctive diagnosis and planning of the microvascular decompression surgery in patients with trigeminal neuralgia was discussed.

Key words: cranial nerve • fusion imaging • MR angiogram • neurovascular contact • trigeminal neuralgia

CONFIDENTIAL!

Table Legend

Table: Clinical data of patients with trigeminal neuralgia caused by the pure venous compression

Case	Age/Sex	Side	Neuralgia	Duration(ms)	Offending vein	Location	Direction	Severity	BNI: Pre/Post
1	53 F	Lt	V3	156	Trans.pontine v.	Mid-1/3	Superomedial	severe	5/1
2	82 M	Rt	V2>V3	5	Trans.pontine v.	Mid-1/3	Superior	moderate	4/1
3	52 F	Rt	V2>V3	120	Trans.pontine v.	Prox-1/3	Superolateral	severe	4/1

Neuralgia: V2: maxillary branch of the trigeminal nerve, V3: mandibular branch of the trigeminal nerve

Offending vein: Trans.pontine v.: transverse pontine vein

Location: Mid-1/3: mid-1/3 portion of the cisternal course of the trigeminal nerve, Prox-1/3: proximal-1/3 portion of the cisternal course of the trigeminal nerve

BNI: Pre/Post: BNI (Barrow Neurological Institute pain intensity) score before/after MVD surgery

Figure Legends:

Figure 1: Surgical simulation with multi-fusion images of 3D MR cisternogram, 3D MR angiogram (non-contrasted), 3D MR angiogram (contrast-enhanced) and 3D CT angiogram

A: Perspective volume-rendering image of the 3D MR cisternogram, showing the simulation of the MVD surgery.

B: Multi-fusion image of the 3D MR cisternogram and 3D MR angiogram (non-contrasted and contrast-enhanced), showing the neurovascular contact caused by not the superior cerebellar artery (SCA; pinkish dotted line) the transverse pontine vein (light blue dotted line) of the superior petrosal vein (SPV). The neurovascular contact (NVC) was indicated by arrowheads.

C: Multi-fusion image of the 3D MR cisternogram, 3D MR angiogram (non-contrasted and contrast-enhanced) and 3D CT angiogram, showing the architecture of the neurovascular contact.

D, E: Intraoperative photos, showing the offending SPV compressing the trigeminal nerve at the NVC (arrowhead in D) with an indentation (arrowhead in E).

F: Intraoperative photo, showing decompression of the affected trigeminal nerve by insertion of the prosthetic material.

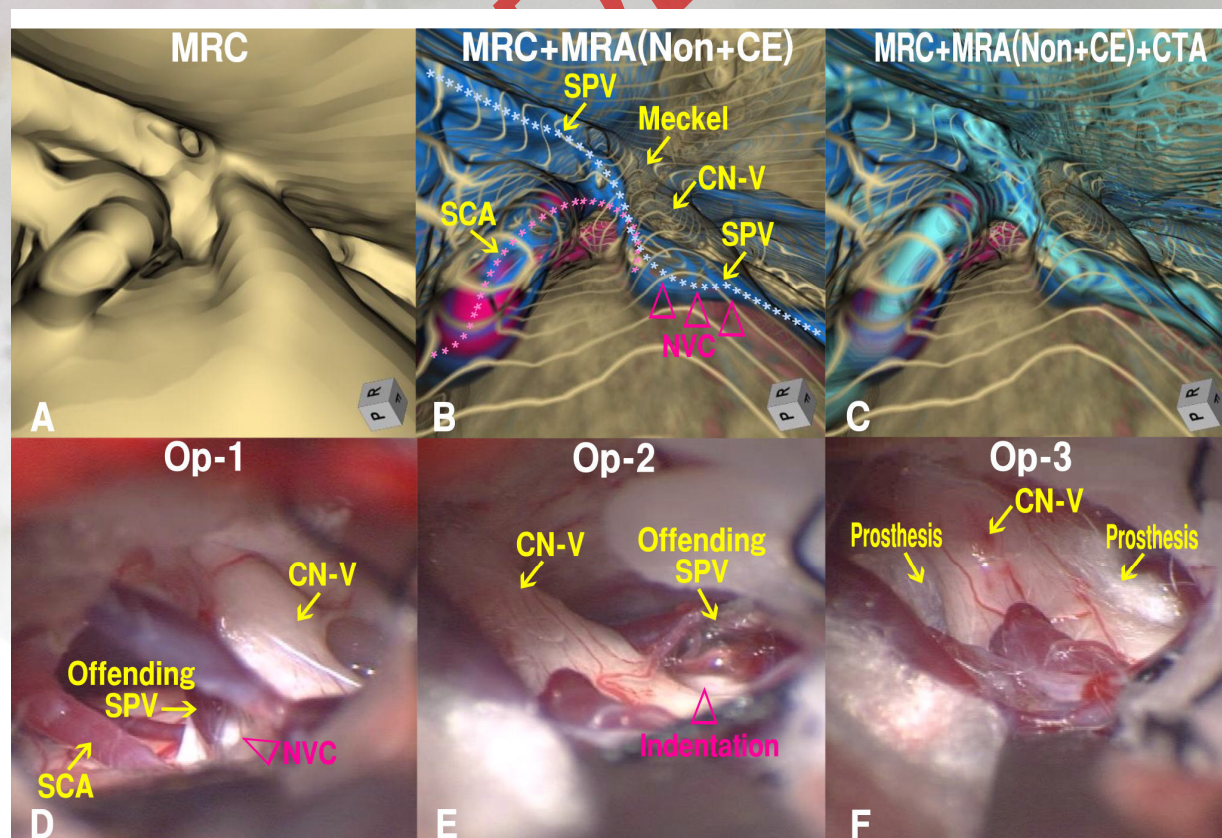


Figure 2: Multi-fusion images of 3D MR angiogram (non-contrasted), 3D MR angiogram (contrast-enhanced) and 3D CT angiogram

A: 3D MR angiogram (non-contrasted), showing the arterial component of the vascular structures including the superior cerebellar artery (SCA; pinkish dotted line).

B: 3D MR angiogram (contrast-enhanced), showing the arterial and venous components of the vascular structures, including the SCA (pinkish dotted line) and the superior petrosal vein (SPV; light blue dotted line).

C: Multi-fusion image of the 3D MR angiogram (non-contrasted) and 3D MR angiogram (contrast-enhanced), showing the arterial and venous structures superimposed in a single image.

D: 3D CT angiogram, showing the arterial and venous components of the vascular structures, including the SCA (orange dotted line) and the superior petrosal vein (SPV; light green dotted line).

E: Multi-fusion image of the 3D MR angiogram (non-contrasted) and 3D CT angiogram, showing the arterial and venous structures.

F: Multi-fusion image of the 3D MR angiogram (non-contrasted), 3D MR angiogram (contrast-enhanced) and 3D CT angiogram, showing the arterial and venous structures superimposed in a single image.

