

Posterior Meningeal Artery

清末 一路

Hiro Kiyosue

大分大学医学部附属病院 放射線部・科 清末一路

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Oita University

はじめに

Posterior meningeal artery (PMA)は後頭蓋窩の硬膜の多くの部分を栄養する分枝である。後頭蓋窩や横 S 状静脈同部の硬膜動静脈瘻や髄膜種などの多血性腫瘍の栄養血管となることが多く、近年の血管内治療手技の進歩・普及に伴い同動脈を介する塞栓術が行われる機会が増加しており、その正常解剖やバリエーションの知識は重要である。今回の発表では PMA の解剖と塞栓術時に重要なバリエーションについて概説する。

1. PMA の基本解剖とバリエーション

PMA は通常椎骨動脈 (vertebral artery: VA) より起始する。起始部は VA の硬膜貫通部よりやや近位側の V3 segment が多く、VA より起始した後 VA の背側を上行し、大後頭孔後外側縁を通り頭蓋内に入る。その後小脳窩を内背側に進み内後頭稜に沿って傍正中または正中を上行し小脳テントとの接合部に達する (1) (図 1) (図 2)。PMA が正中で小脳鎌附着部を上行する場合は、artery of falx cerebelli とも呼称される。PMA は小脳テントに達したのち静脈洞交会付近で近接する静脈洞に沿って走行する 2~3 枝に分岐する、主なものは横静脈洞下面を横行する横行枝、直静脈洞に沿って大脳鎌-テント接合部を前上方に走行する後大脳鎌枝、静脈洞交会を越えて上矢状静脈洞に沿って上行する上行枝であり、各々中硬膜動脈末梢枝や後頭動脈からの硬膜枝などと吻合する (図 1)。PMA の分布領域は他の硬膜枝の発達程度により個々の症例で異なる。

PMA の起始部には種々のバリエーションが存在する。VA から起始する頻度は Newton らによると右側 40%、左側 30%とされる (2)。その他には上行咽頭動脈や後頭動脈、後下小脳動脈から起始するものの頻度が比較的高い (図 3) (図 4) (図 5)。Oshima らによる血管造影での 300 例の検討では、PMA は VA よりも PICA から起始するものが最も多く半数以上で見られたと報告されているが、過去の報告や自身の経験とかなり乖離がある (3) また稀に lateral medullary artery と共通幹で硬膜内 VA から起始することもある (4)。自験例では C1/2 intersegmental artery から起始する posterior spinal artery から PMA と PICA が起始する症例や (図 6)、anterior meningeal artery から分岐する PMA などの症例 (図 7) もあり、PMA の起始部に関しては様々なバリエーションが存在するものと思われる。Kwak らは内頸動脈起始の PMA の一例を報告しているが、報告されている症例の画像をみると内頸動脈起始の上行咽頭動脈の hypoglossal branch から起始する PMA であり、真の内頸動脈起始ではないと思われる (5)。硬膜外の VA から起始する PMA において、PICA やその分枝が PMA から起始する症例や PMA との吻合を有する症例も時にみられる (図 8) (図 9)

2. バリエーションの成因に関して

胸腰椎レベルの脊椎動脈との対比から推察すると、PMA は胸腰椎レベルにおいて spinal branch から分枝し椎間孔を通り背側硬膜外腔を椎弓の前面を横走する prelaminar artery に相当するものと思われる。頭蓋頸椎移行部レベルにおいては segmental artery に相当するものは胎生期における primitive proatlantal artery type I (PPA1)と primitive hypoglossal artery (PHA)であり椎骨動脈の発達とともに硬膜内動脈との交通は消退して各々後頭動脈と上行咽頭動脈になる (6)。よって、上行咽頭動脈の原器である PHA から prelaminar artery に相当する PMA が分枝し、その部分が遺残すれば上行咽頭動脈より起始する PMA となると考えられる。後頭動脈に関しては、PPA1 は椎骨動脈の V3-V4 の一部を形成するため、後頭動脈から PMA が直接起始するためにはもともと PPA1 から起始する PMA と将来の VA を形成する radiculomedullary artery の起始部の関係（脊椎レベルにおける prelaminar artery と radiculomedullary artery との分枝様式に相当）に共通幹などの変異が存在する必要がある。よって後頭動脈から起始する PMA は直接分岐する場合もあるが、しばしば jugular branch や mastoid branch を介する硬膜血管の collateral としてみられる。

一方 PICA などの硬膜内血管からの PMA の起始については、別の成因が必要である。Tanohara らは 1987 年に PICA の lateral medullary segment から起始する PMA の一例を報告し、その成因を胎生期における脳表血管と硬膜血管の吻合路の遺残に加えて PMA の起始部が消退することにより形成されると考察している (7)。Streeter によると胎生期の脳泡は原始血管網に覆われており、これらの血管網は動静脈へと分化する。さらに胎児長 12-20mm の時期に硬膜や骨が形成されていくとともにこれらの血管も脳表血管と硬膜血管、体表血管へと 3 層に分離されていくが、その際にいくつかの吻合が遺残するとされる (8)。この仮説は PICA origin の PMA のみならず、その他の duro-pial anastomosis の報告の際にも引用され、多くの報告者が同仮説を支持している。前述の Streeter の報告によると、これらの脳表血管と硬膜血管、体表血管の 3 層への分離は頭蓋頸椎移行部より始まり、頭部では頭側に進みその後外側に広がるとされる。これらの硬膜・骨の形成や脳の発達により脳表血管と硬膜血管の距離は上下方向および外側方向に行くほど離れていくものと推測され、それにより前述の潜在的な脳表血管と硬膜血管はほとんど消退していくものと思われる。一方で PMA や PICA、lateral spinal artery などの存在する頭蓋頸椎移行部、正中近傍の部位は比較的成長による変化が他部位に比べて少ないと考えられ、これらの遺残が起こりやすい可能性があると推測される。実際に延髄後外側部の VA または PICA からの分枝より約 20%の頻度で jugular tuberculum 近傍の硬膜を栄養する硬膜枝が分岐するという報告もみられる (9)。また頭蓋頸椎移行部の硬膜動静脈瘻や硬膜外動静脈瘻では pial artery からの供血がしばしばみられることなども潜在的吻合の遺残という仮説を支持するものと思われる。

3. PMA からの塞栓術に関して

PMA の近位部、頭蓋外部から頭蓋内に入り小脳窩に達する部分は屈曲蛇行していることが多い。そのため、症例によってはカテーテルを十分に遠位側に到達させることが困難な場合がしばしば存在するが、その際に前述のような PICA や lateral spinal artery との吻合の有無が重要となる。これらの分枝の存在

Niche Neuro-Angiology Conference 2020

の有無を十分に注意して血管造影を評価する必要がある。さらに動静脈シャントでは、シャント血流のため造影剤が細い分枝にまで満たされず、描出されていない危険性がある。よって、カテーテルが挿入されテスト注入で問題ない場合には、塞栓を行うかどうかを評価するために、少し圧を強めにして造影を行ったほうが良いと思われる。もちろん可及的に病変近くまでカテーテルが挿入することが前提であり、最低限大後頭孔縁よりも遠位側までカテーテルを誘導することが重要である。また後頭動脈や上行咽頭動脈など外頸動脈分枝から塞栓する場合にも大後頭孔付近では VA から起始する PMA やその他 PMA と吻合する可能性のある PICA, lateral spinal artery などとの潜在的吻合が存在する可能性に留意する必要がある。

一方でこれらの吻合は虚血に対する側副路ともなり、PMA が lateral spinal artery や PICA と吻合していることにより PICA を塞栓したにもかかわらず梗塞に陥らなかったという症例も報告されており有益な場合もある (10)。

参考文献

1. Seker A, Martins C, Rhoton Jr. AL. Chapter 2 Meningeal anatomy. Meningioma : Pamir MN, Black PM, Fahlbusch P. ed. 1st ed. Elsevier Health Sciences 2010. Pp11-51
2. Newton TH. The anterior and posterior meningeal branches of the vertebral artery. Radiology 1968, 91: 271-279
3. Ohshima T, Handa T, Ishikawa K, et al. Posterior meningeal artery origin patterns among 300 cases and their clinical importance. J Stroke Cerebrovasc Dis 2018, 27: 2032–2034
4. Ito M, Izumi T, Nishihori M, et al. A case of lateral medullary artery arisen from the posterior meningeal artery. JNET 2017. 11: 615-618
5. Kwak S, Nagashima T, Kobayashi S. Anomalous origin of the posterior meningeal artery from the internal carotid artery. Neuroradiol 1980. 19: 103-104
6. Padget DH. The development of the cranial arteries in human embryo. Contrib Embryol 1948 32 205-62
7. Tanohara K, Maehara T, Noda M, Katoh H, Sugiyama S, Ozaki A. Anomalous origin of the posterior meningeal artery from the lateral medullary segment of the posterior inferior cerebellar artery. Neuroradiol 1987, 29: 89-92
8. Streeter GL. The developmental alterations in the vascular system of the brain of the human embryo. Contrib Embryol 1918. 8:5-38
9. Tayebi Meybodi A, Zhao X, Borba Moreira L, Preul MC, Alhilali LM, Lawton MT. Microsurgical Anatomy of the Meningeal Branch of the Dorsolateral Medullary Plexus. Oper Neurosurg 2020, 18:E197-E204
10. Tsutsumi M, Kazekawa K, Aikawa H, et al. Development of unusual collateral channel from the posterior meningeal artery after endovascular proximal occlusion of the posterior inferior cerebellar artery. Neurol Med Chir (Tokyo). 2007;47:503-505.

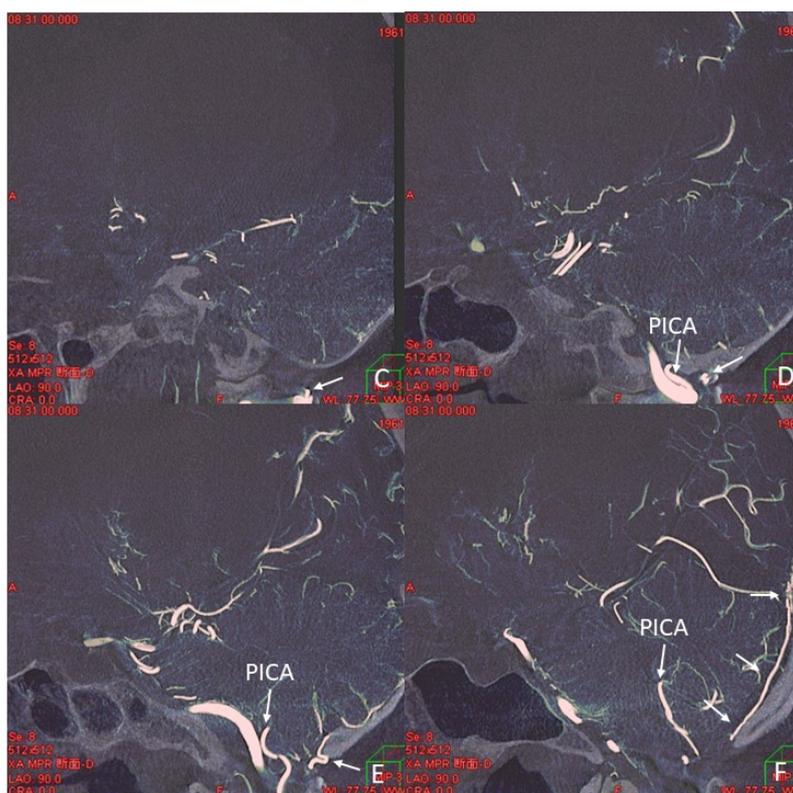
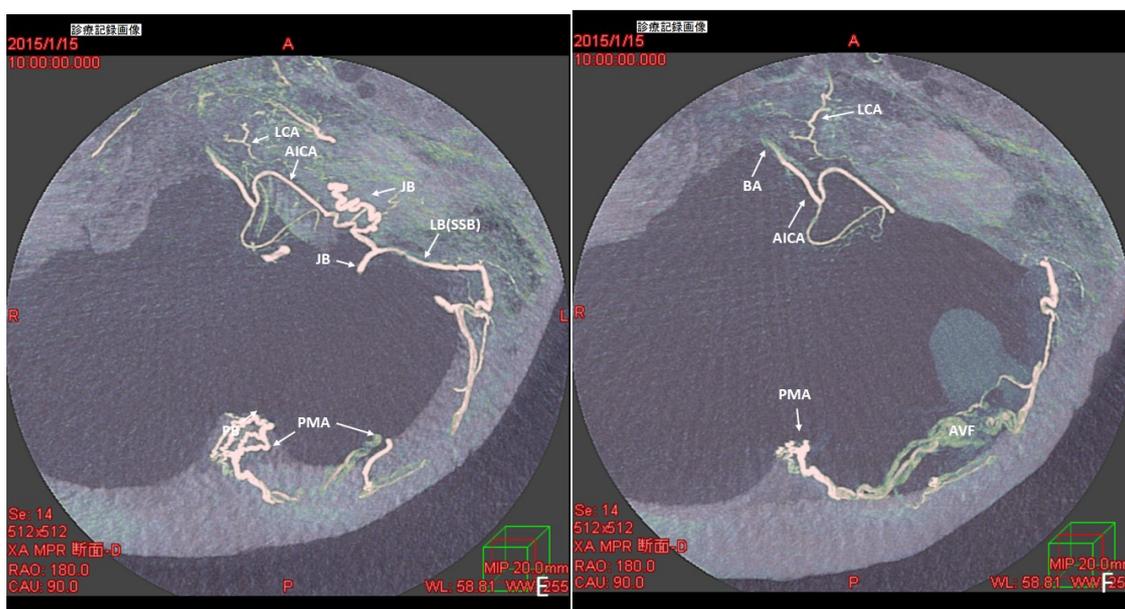
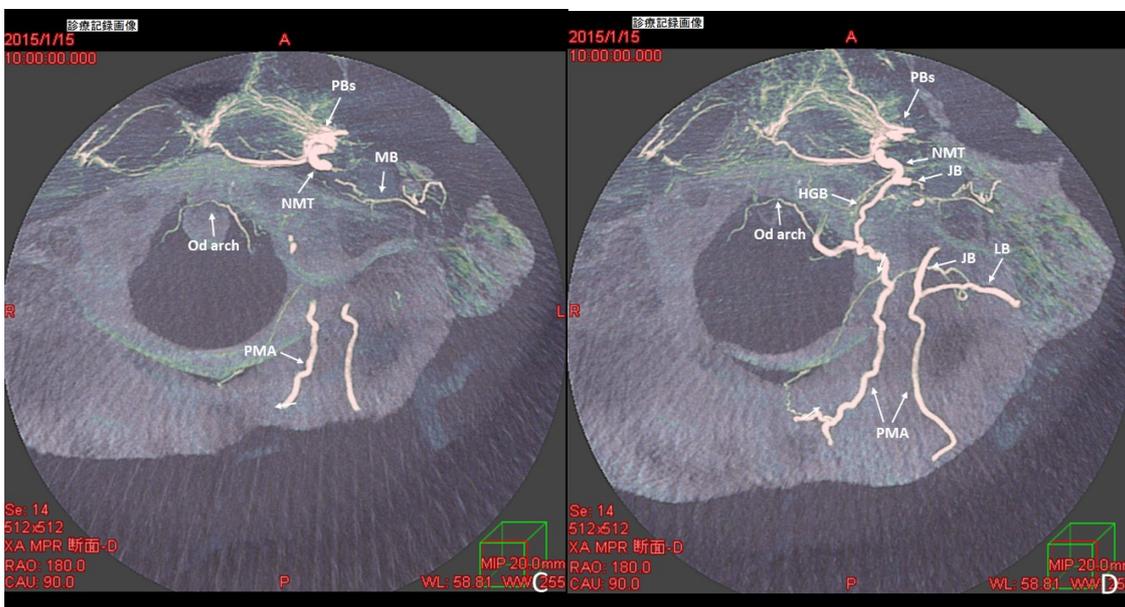
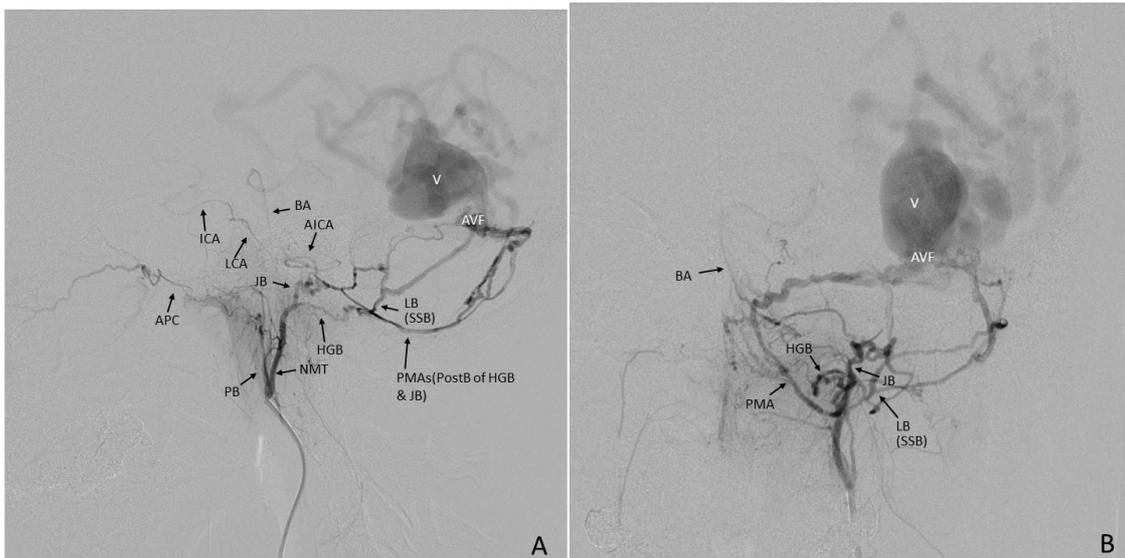


図2 V3 segmentより起始する一般的な posterior meningeal artery
 A-F) 左椎骨動脈造影 側面像 (A)、同サブトラクション像 (B)、同矢状断再構成像 (C-F)
 Posterior meningeal artery (白矢印) は頭蓋外の椎骨動脈より起始した後、屈曲蛇行しながら上行し、大後頭孔後外側縁を通り頭蓋内に入る。その後小脳窩を背側に進み傍正中または正中を比較的直線的に上行する。本例では後下小脳動脈 (PICA)も頭蓋外から起始する。



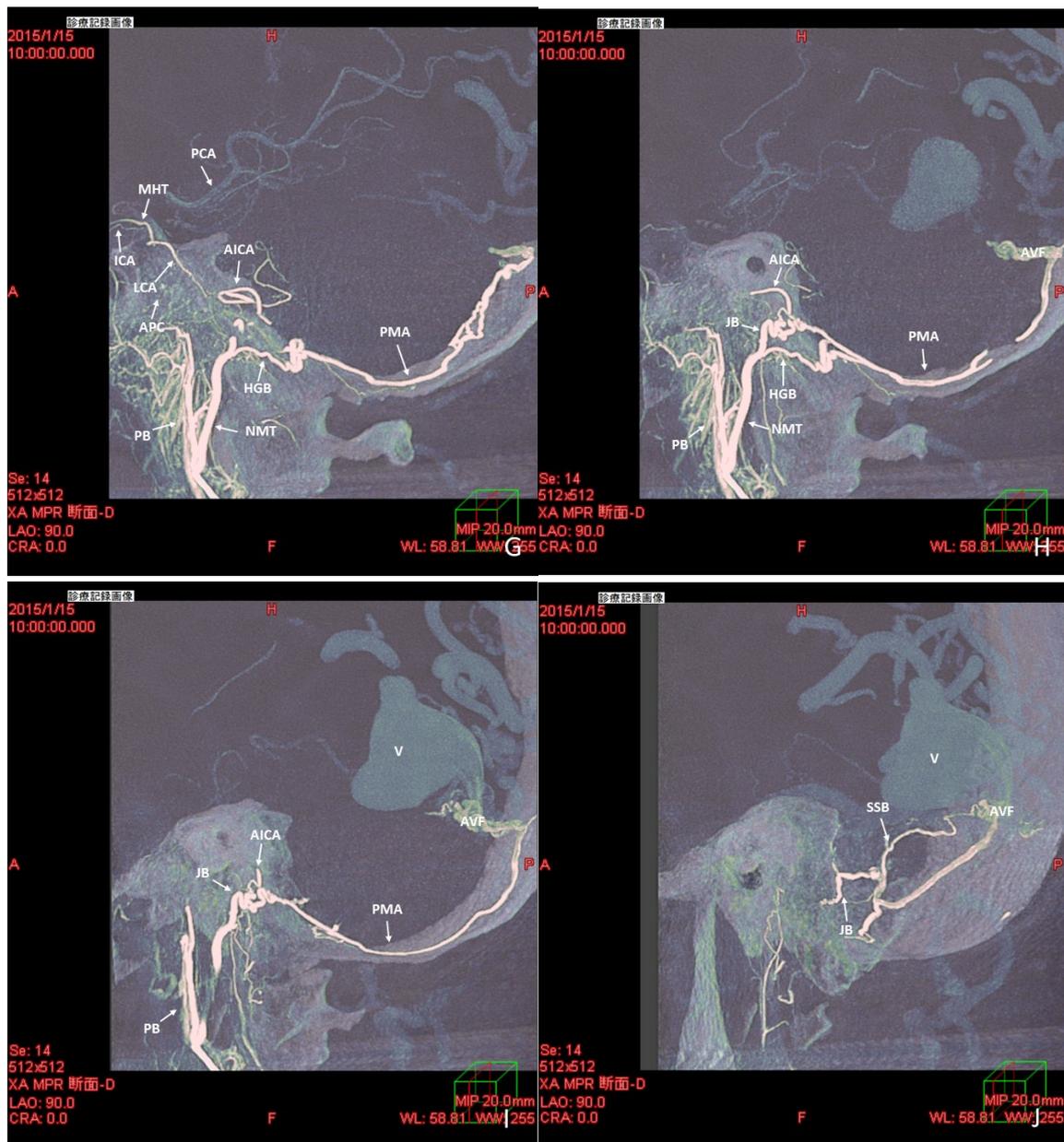
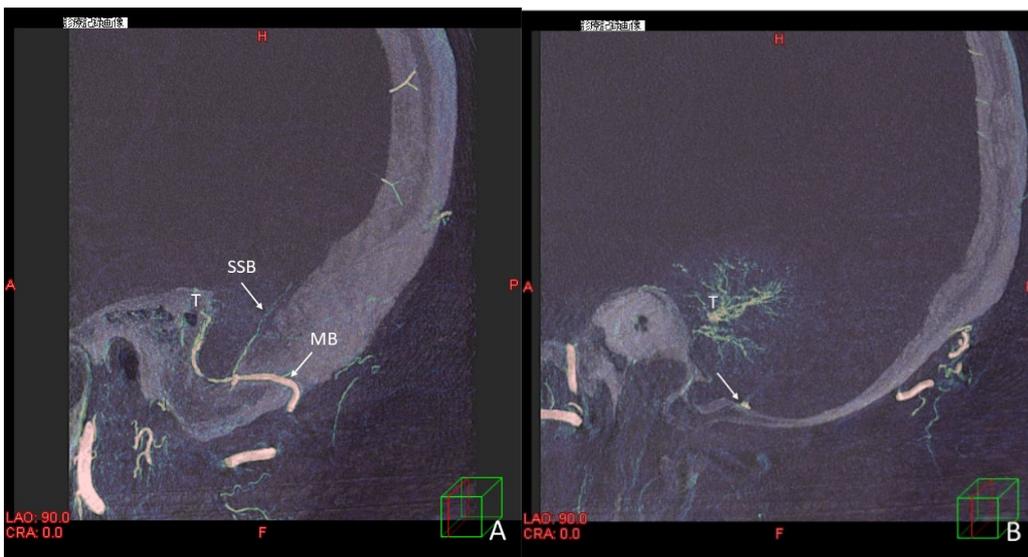
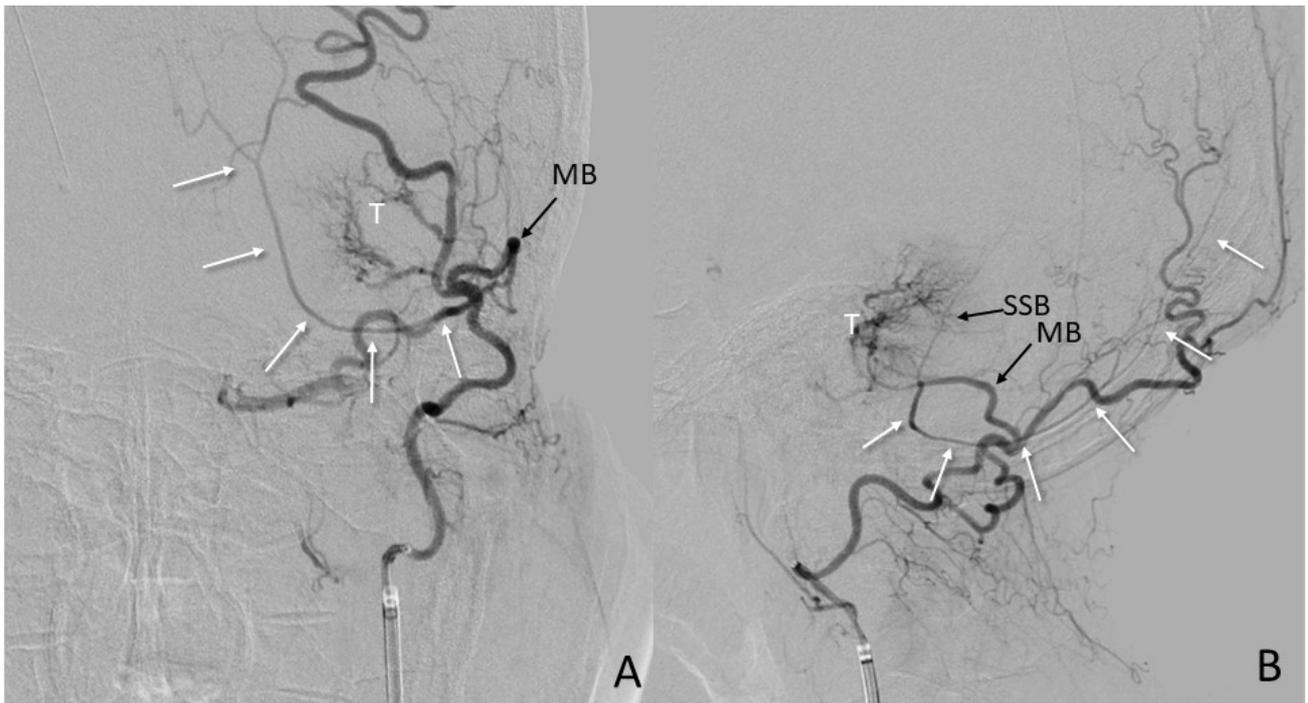


図3 上行咽頭動脈より起始する posterior meningeal artery (tentorial dural AVF 症例)

A-J) 左上行咽頭動脈造影 側面像 (A)、正面像 (B)、再構成像横断像 (C-F)、矢状断像 (G-J)

Neuromeningeal trunk より hypoglossal branch (HGB) と Jugular branch (JB) が分かれ、背側に走行し頭蓋内に入る。HGB は大後頭孔の外側縁を回り背側に走行し正中を走行する posterior meningeal artery (PMA) (artery of falx cerebelli と呼ばれる) に連続する。同分枝はテント接合部にて外側に向かい dural AVF (AVF) に供血する。HGB 近位部からは内側枝が内下方に分枝し大後頭孔前外側縁を下行して anterior meningeal artery や odontoid arch と吻合する。JB は背側に傍正中を走行する PMA と連続するとともに外側枝 (LB) と内側枝に分かれ外側枝は sigmoid sinus に沿って後上方に走行し AVF に供血する (SSB)。内側枝は前下小脳動脈 (AICA) と吻合する。ICA, internal carotid artery; LCA, lateral clival artery; BA, basilar artery; NMT, neuromeningeal trunk; PB, pharyngeal artery; APC, artery of pterygoid canal; V, varix;



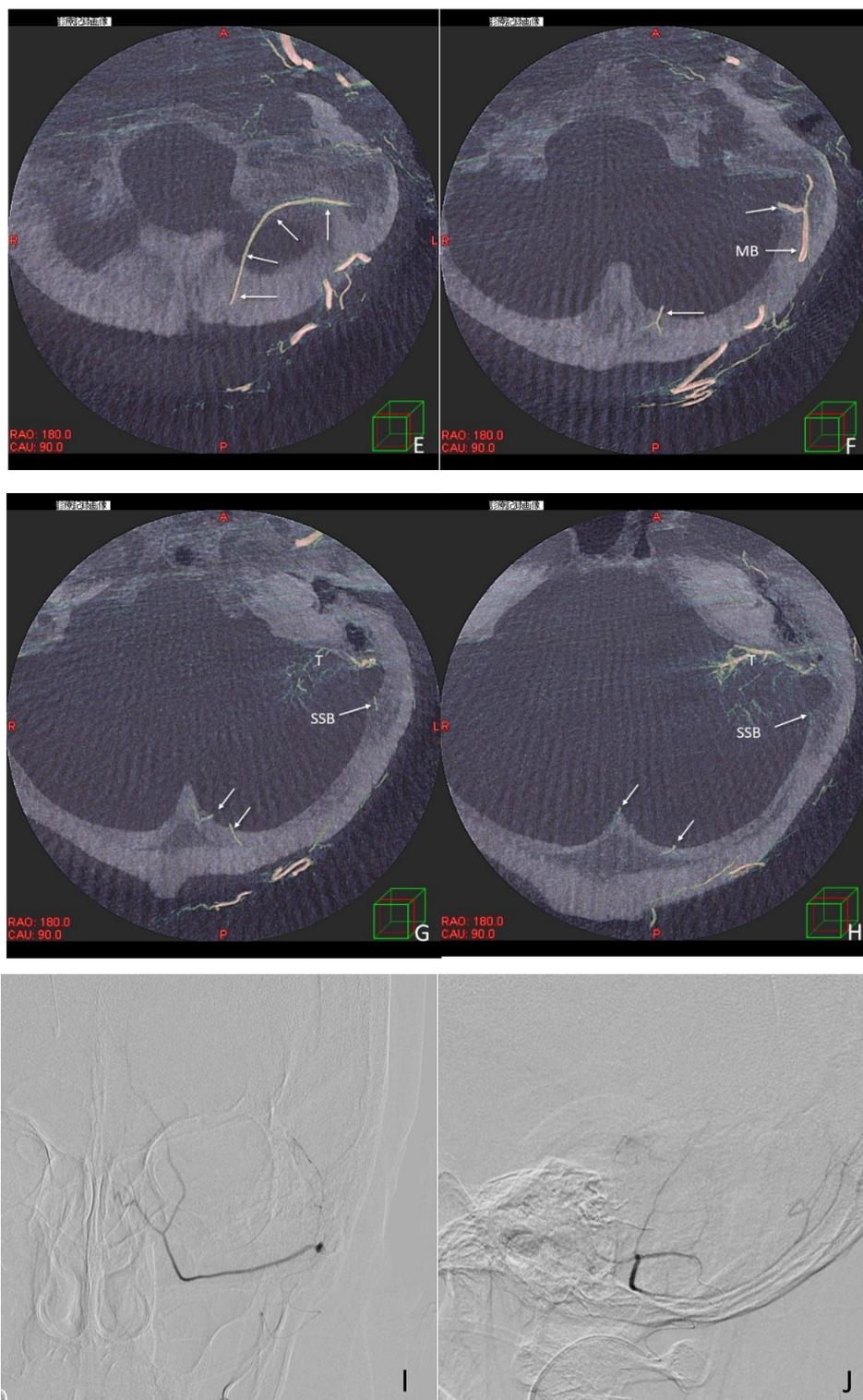


図4 後頭動脈より起始する posterior meningeal artery (錐体部髄膜種症例)
 A-J)左後頭動脈造影 正面像 (A)、側面像 (B)、再構成像矢状断像 (C-F), 横断像 (G-J)
 Mastoid branch (MB)が mastoid foramen を介して頭蓋内に入り、硬膜枝となり錐体背側部の髄膜種 (T) に拡張した feeder を分枝する。さらに内側下方に向かい大後頭孔外側の小脳窩を後方に走行する posterior meningeal artery (白矢印)と Sigmoid sinus に沿って上行する

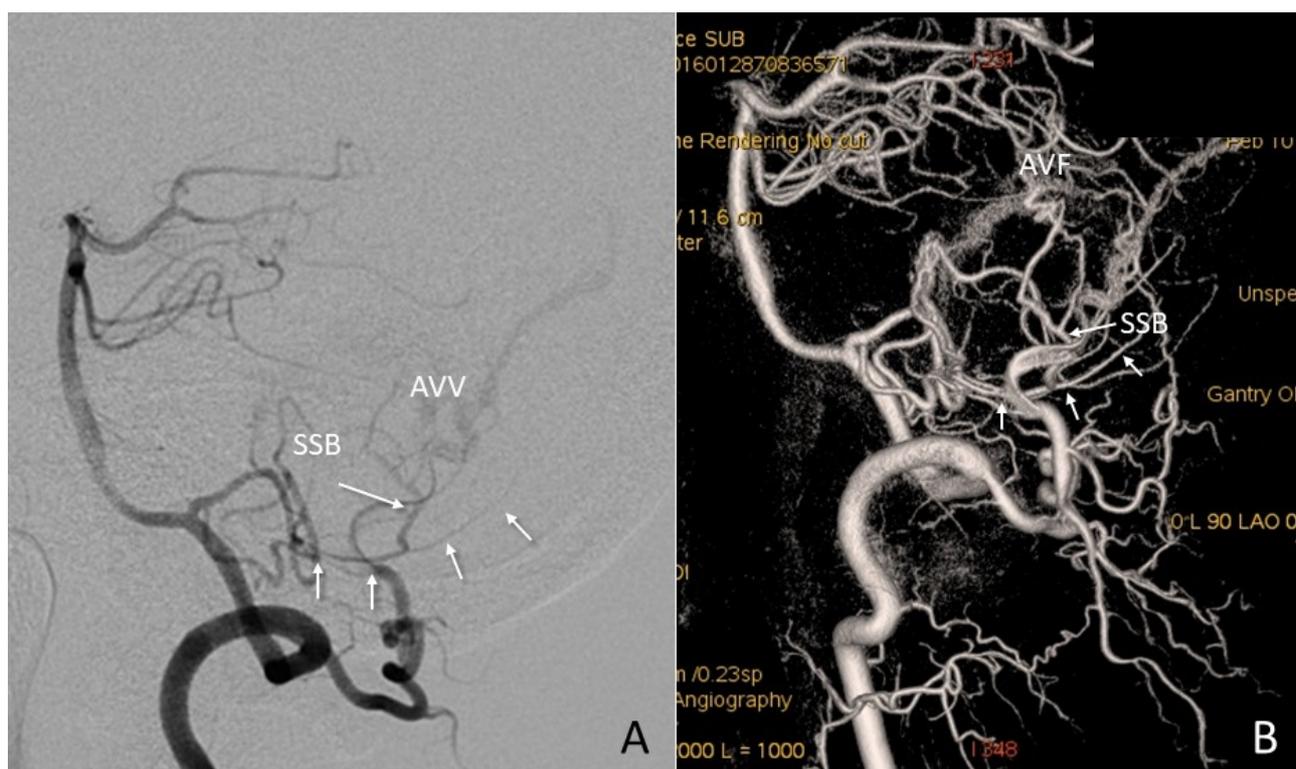


図5 後下小脳動脈より起始する posterior meningeal artery (左横静脈洞部 dAVF 症例)

A、B)左椎骨動脈造影 側面像 (A)、3 DVR 再構成像側面像 (B), 横断像

後下小脳動脈より posterior meningeal artery (白矢印) が分枝し外背側に走行し sigmoid sinus branch (SSB)を介して AVF に供血するとともに後方に向かう。

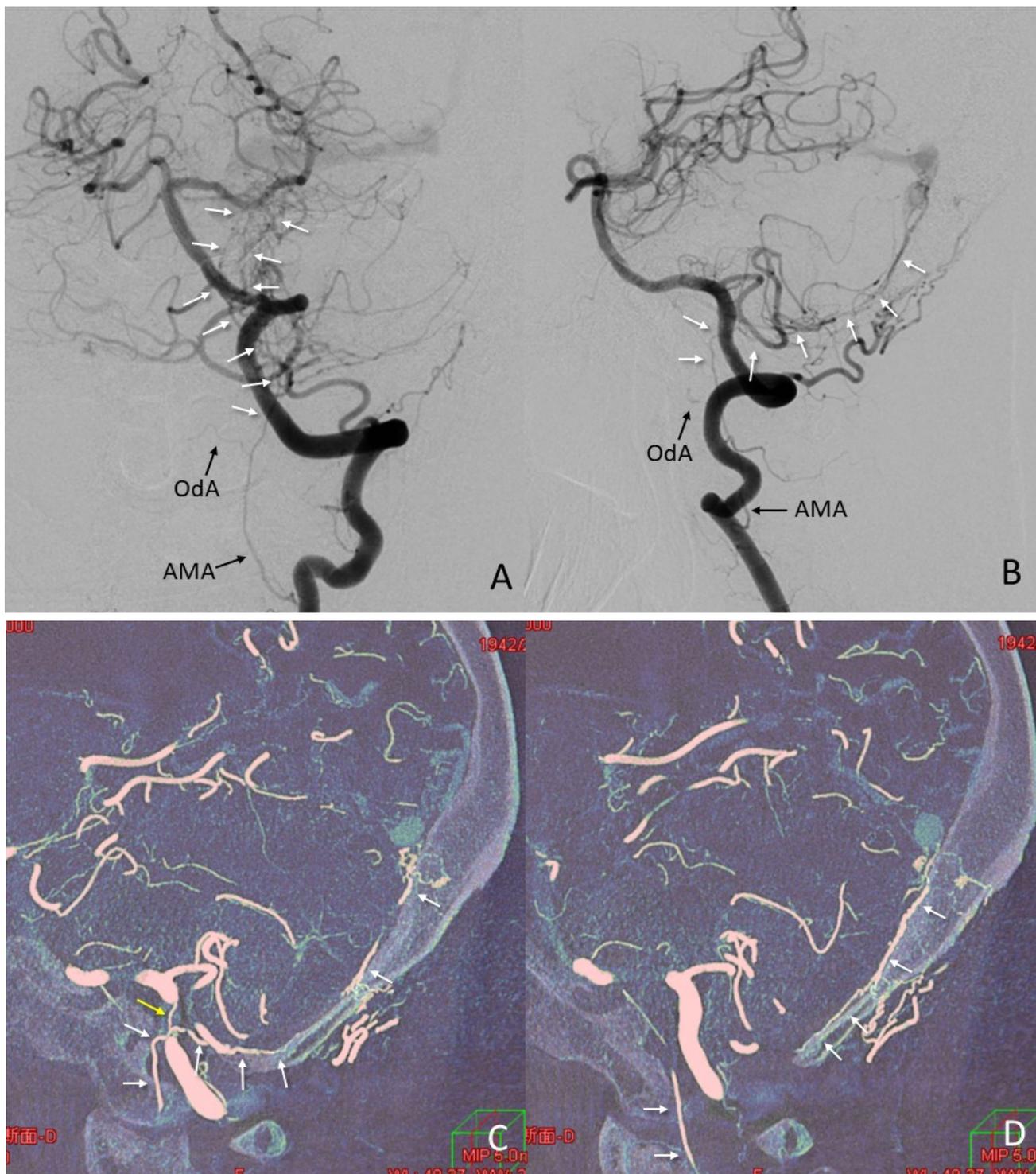
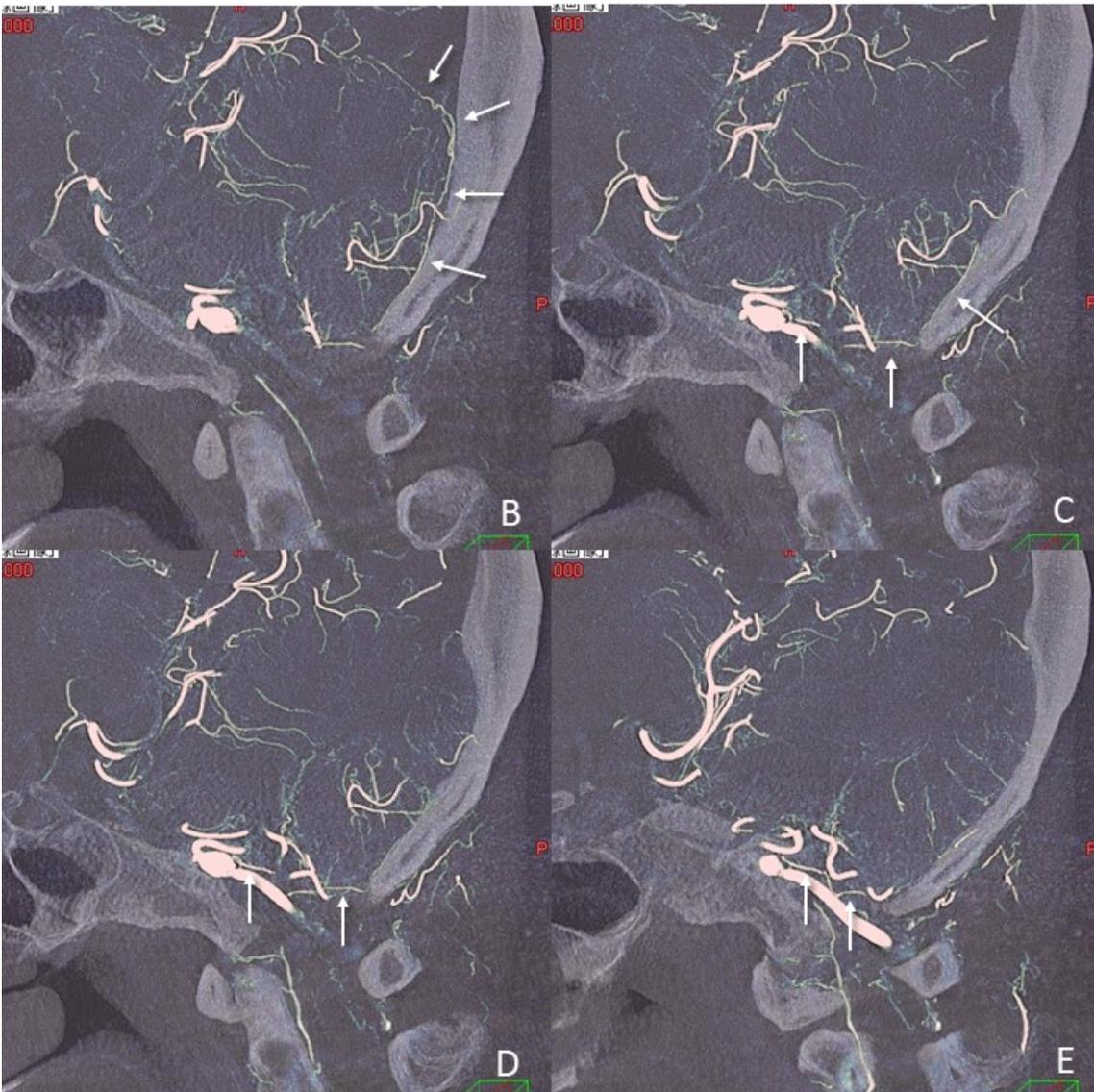
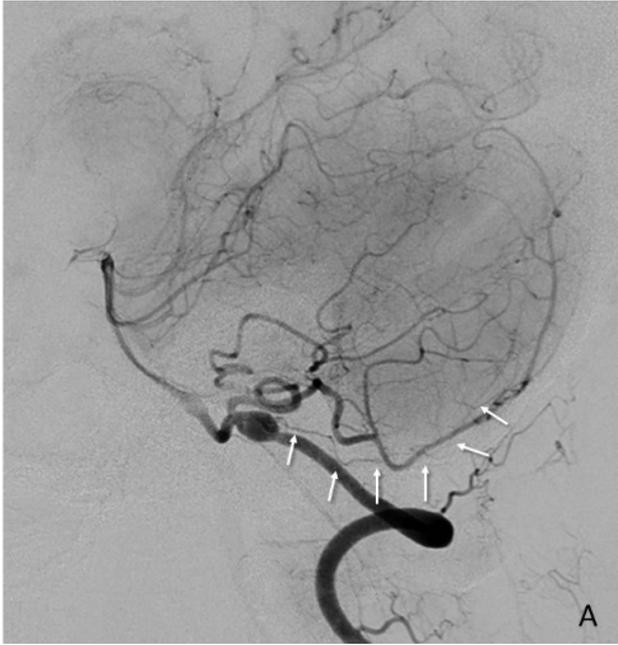


図6 Anterior meningeal artery より起始する posterior meningeal artery(左横静脈洞部 dAVF 症例)
 A-D)左椎骨動脈造影 正面像 (A)、側面像 (B)、再構成像矢状断像 (C)(D)
 拡張した anterior meningeal artery (AMA)が C3level より上行し、大後頭孔前縁を通り頭蓋内に入り、大後頭孔外側縁に沿って後方に走行し posterior meningeal artery となり後頭蓋窩底部正中を上行するして dAVF に供血する (白矢印)。椎骨動脈の筋肉枝からも posterior meningeal artery に後頭骨を介する吻合枝が多数分枝する。 OdA=odontoid arch



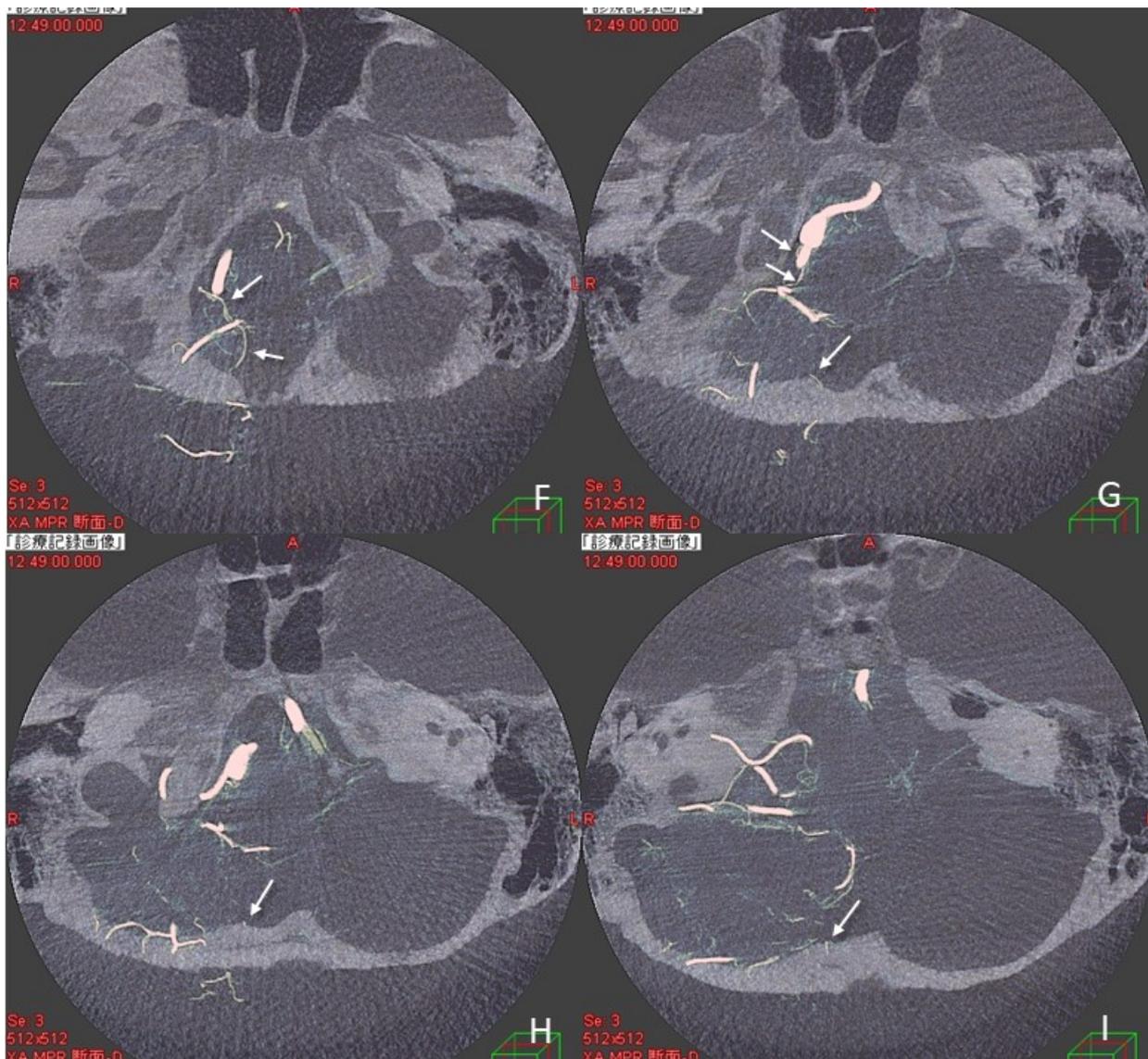


図7 Lateral spinal artery より起始する posterior meningeal artery (右椎骨動脈解離症例)
A-I) 右椎骨動脈造影 正面像 (A)、再構成像矢状断像 (B-E)、同横断像 (F-I)
右椎骨動脈 V4 に解離性動脈瘤を認め、その直前の椎骨動脈背面より lateral spinal artery とされる分枝が起始し、延髄外側を下行し、背側に向かったのち posterior meningeal artery を分枝する (白矢印)。Posterior meningeal artery は傍正中部を後頭骨に接して上行する。

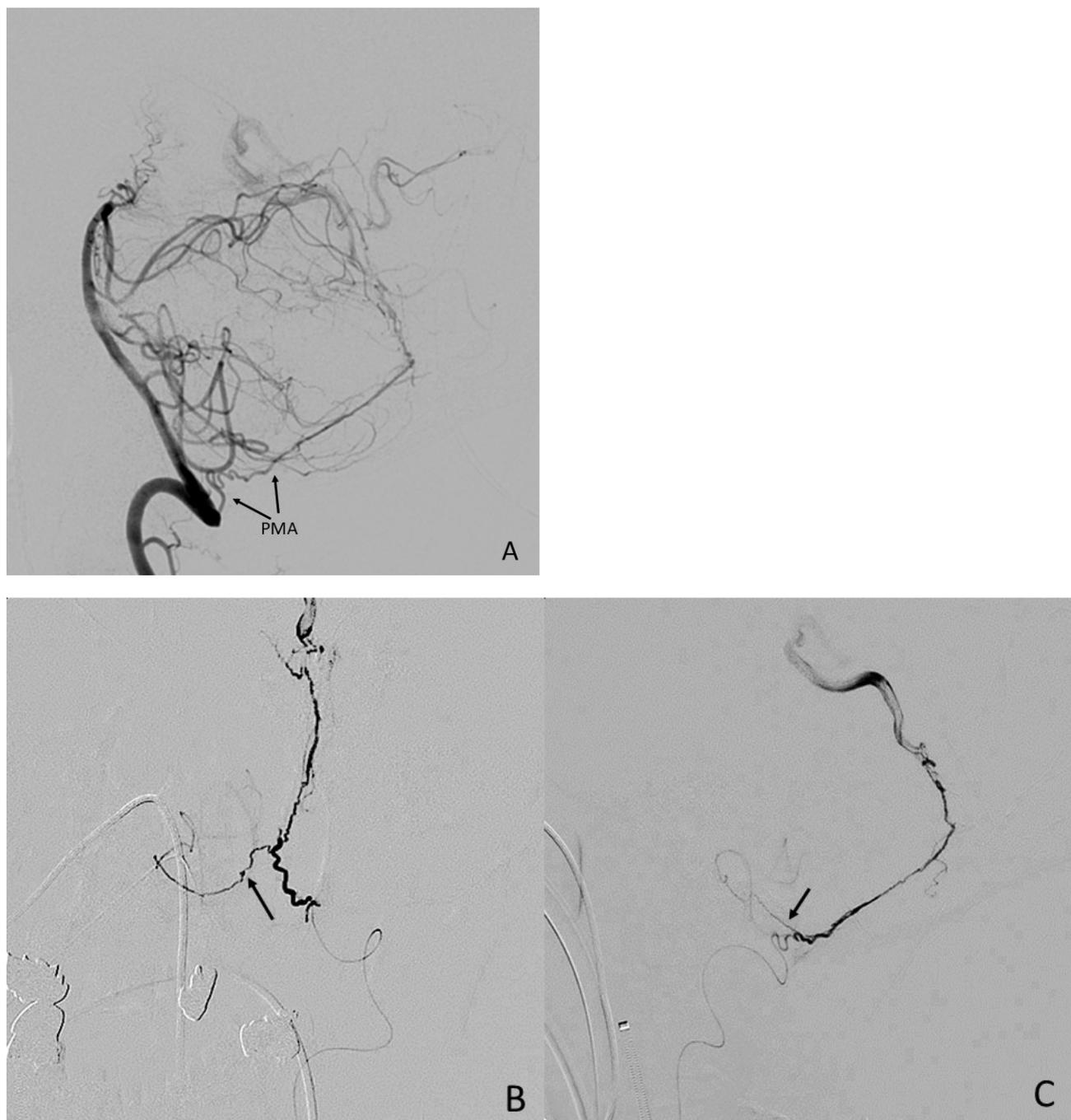


図 8 PICA と吻合を有する posterior meningeal artery (medial tentorial dAVF 症例)

A) 左椎骨動脈造影 側面像 Posterior meningeal artery (PMA) が拡張し straight sinus 下方の dAVF。に供血する PMA 近位部には強い屈曲蛇行を認める。PMSCA からの medial dural-tentorial branch もシャントに供血する

B) C) PMA の選択的血管造影 正面像 (B)、側面像 (C) PMA の近位頭蓋内部にて内側前方に向かい PICA に連続する吻合枝を認める (矢印)



図9 PICAの分枝を有する posterior meningeal artery (lateral tentorial dAVF 症例)

A、B) 左椎骨動脈造影 正面像 (A)、側面像 (B)

Posterior meningeal artery (PMA) が拡張し正中を上行したのち外側に向かい lateral tentorial sinus 部の dAVF (AVF) に供血する。

B、C) PMA の選択的血管造影 正面像 (B)、側面像 (C) PMA の頭蓋内近位部から外側に向けて小脳下面に供血する PICA 分枝が起始する (矢印)。