

Dural – pial anastomosis

東海大学 医学部 脳神経外科

重松 秀明, Kittipong Srivatanakul

Hideaki Shigematsu, Kittipong Srivatanakul, Department of Neurosurgery, Tokai University

Keywords: dural - pial anastomosis, dural arteriovenous fistula, pial supply

1. はじめに

Dural – pial anastomosis の理解は、我々脳血管内治療医にとって、特にシャント疾患の塞栓術や腫瘍塞栓術を行う上で重要である。例え、dural – pial anastomosis が血管撮影で確認出来なかったとしても、常に存在するものと考えて、普段の脳血管撮影の読影や治療に当たる事が重要である。

2. Dural – pial anastomosis の発生

胎生期の脳胞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。胎児長12-20mm の時期に硬膜や骨が形成され、それぞれに対応する脳表血管、硬膜血管、体表血管が形成される。通常、脳表血管がその他の血管と分離されていくが、その際にいくつかの吻合が遺残したものが、dural – pial anastomosis とされている。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、頭側に進みその後外側に広がるとされる。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^{1,2)}。一方で posterior meningeal artery(PMA) や posterior inferior cerebellar artery(PICA)、lateral spinal artery(LSA) などの頭蓋頸椎移行部に存在する血管や、anterior cerebral artery(ACA)、posterior cerebral artery(PCA) などの正中近傍に存在する血管は成長による変化が他部位に比較し少ないと考えられ、これらの遺残が起こりやすい可能性がある。

3. Dural – pial anastomosis

Dural – pial anastomosis はシャント疾患で観察される事が多いためシャントにより形成されたと誤解される事が少ないが、これらの吻合は発生の項でも述べた通り、シャントによって形成されたものではなく、正常な解剖でも観察される。正常な解剖でも観察される dural – pial anastomosis は正中に位置する硬膜で確認される事が多い。本稿では、血管毎に dural – pial anastomosis を論じるのではなく、硬膜の部位により前頭蓋底部、falx、小脳テント、後頭蓋窩の硬膜に分けて論じる。その硬膜に近い病変では、例え血管撮影で認識出来なかったとしても、dural – pial anastomosis は存在すると考え治療計画を検討されるべきである。

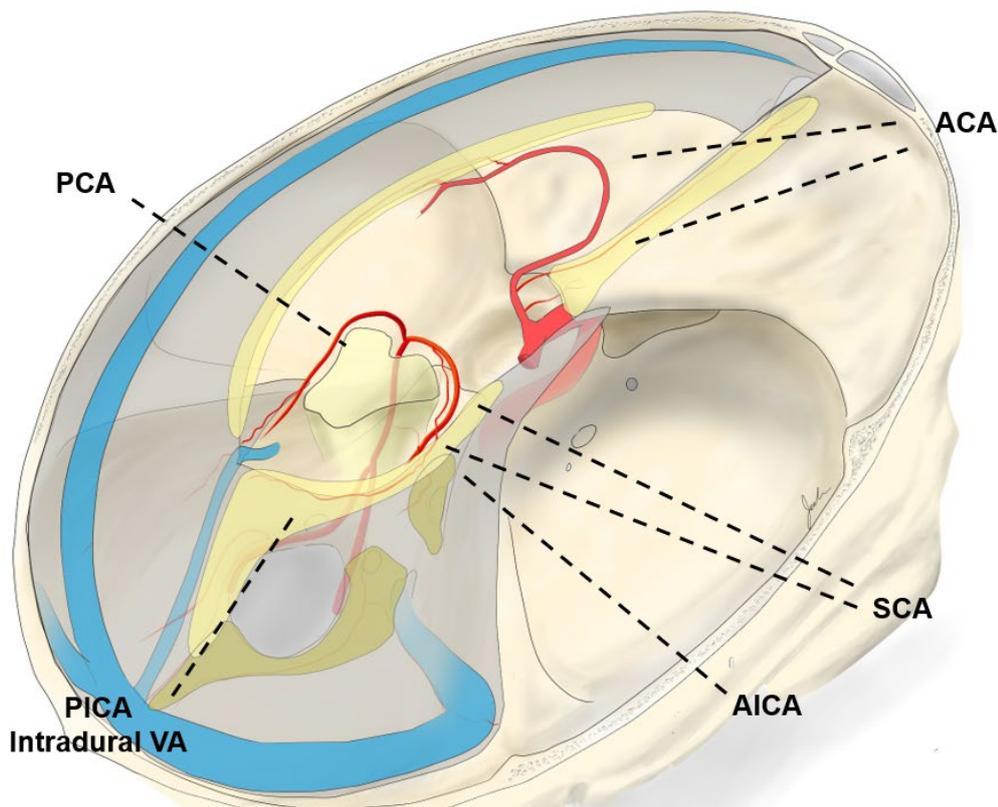


Figure1: Dural- pial anastomosis を認める解剖学的なシェーマを示す。正中に位置する硬膜で吻合している事が分かる。硬膜内血管から分枝するこれらの硬膜枝はシャントによって二次的に形成されたものではなく、正常解剖として観察される分枝である。

3.1. 前頭蓋底部

前頭蓋底部で注意すべき Dural – pial anastomosis は、ACA の近位から分枝する olfactory branch を介する硬膜枝や ACA から直接分枝する硬膜枝である。正常の脳血管撮影 2D 画像では確認しづらく、前頭蓋底部硬膜動静脈瘻において顕在化される為、シャントによって二次的に生じた血管と誤解されやすいが、正常解剖でも確認される。cribriform plate で眼動脈から分枝する ethmoidal artery や顎動脈から分枝する sphenopalatine artery と吻合する(Fig. 2)。近年、液体塞栓物質や血管内治療デバイスの発達により、血管内治療で治療される事が多い前頭蓋底部硬膜動静脈瘻だが、その際には吻合を介して前大脳動脈へ液体塞栓物質が逆流する可能性があることを忘れてはならない。

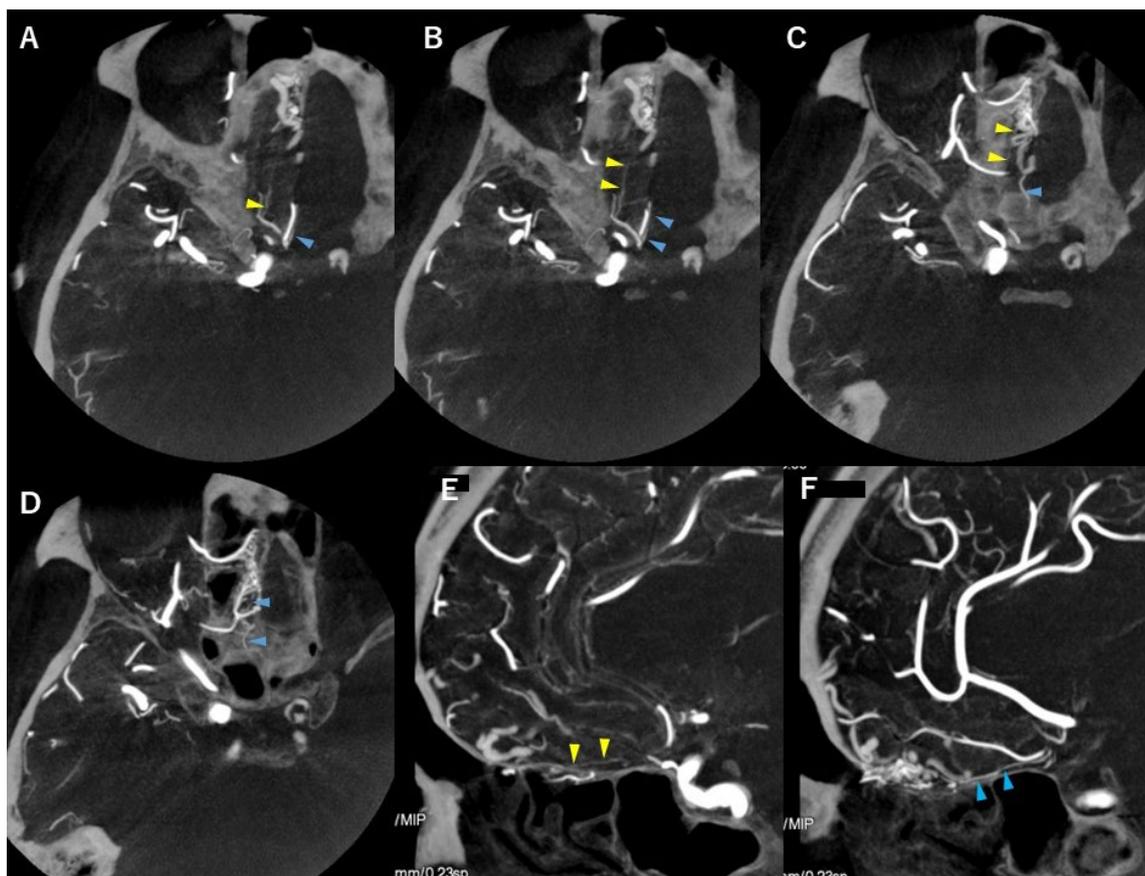


Figure2: 前頭蓋底部硬膜動脈瘻の症例。 A-D)右内頸動脈造影 MIP axial 像、E-F) 右内頸動脈造影 MIP sagittal 像。olfactory branch からの硬膜枝(黄色矢頭) を認める。また、ACA の frontorbital artery から分枝する硬膜 (青矢頭) 枝を認める。

3.2. Falx

Falx では、ACA 遠位の pericallosal artery の硬膜枝による吻合が認められる。Falx cerebri の自由縁を走行し、anterior falcine artery や PCA の硬膜枝と吻合しうる³⁾(Fig.3. 4)。

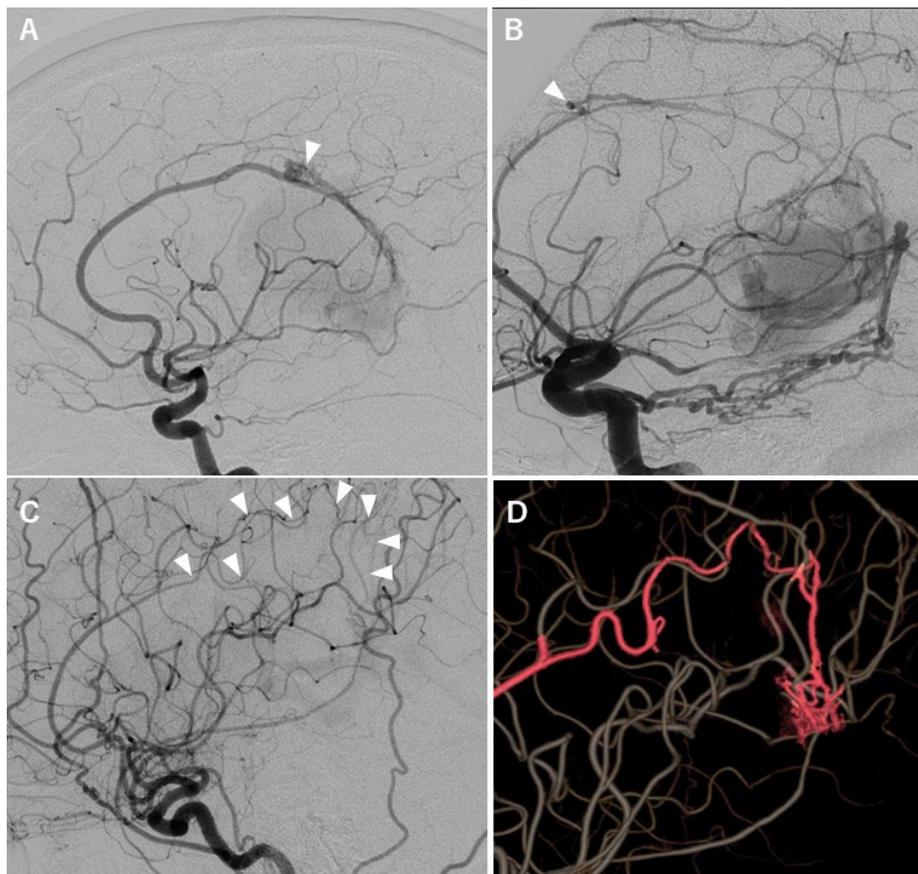


Figure3: falco-tentorial DAVF の症例。

A-C) 内頸動脈撮影側面像、D) 内頸動脈撮影 VR 画像 ACA の pericallosal artery からの硬膜枝(白矢頭)を認める。

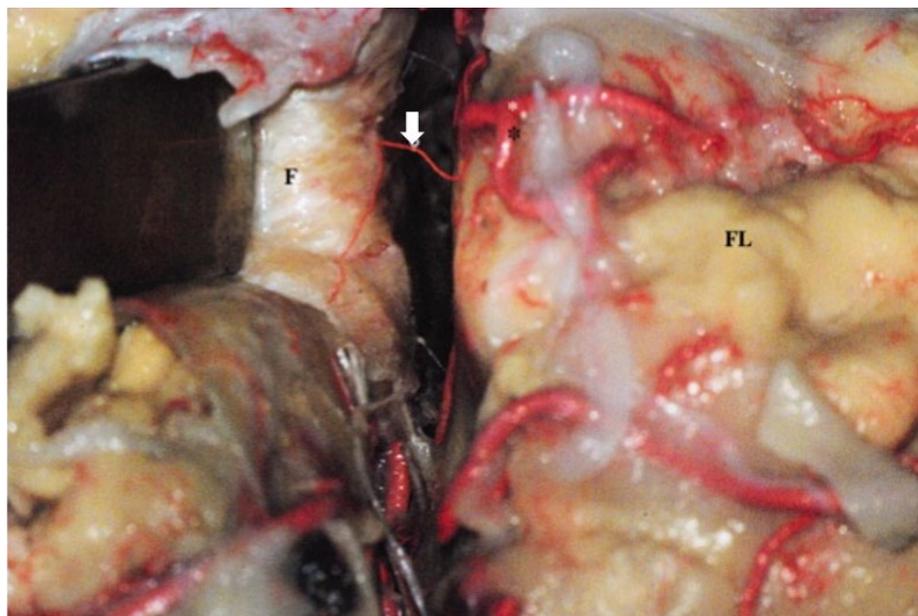


Figure4: Cadaveric dissection (文献 3 より引用)。

Pericallosal artery より正常硬膜への硬膜枝を認める。F: falx, FL: 前頭葉, 白矢印: 硬膜枝

3.3. 小脳テント

小脳テントの特に正中部では多くの dural – pial anastomosis が認められる。

① PCA: The artery of Davidoff and Schechter

The artery of Davidoff and Schechter (ADS)は 1965 年に Paul Wollschlaeger により初めて報告された PCA の硬膜枝である⁴⁾。剖検例での検討では、ADS は 20 例 40 側中の 25%に認められ、男性に多く左側に多いと報告された。ADS は常に PCA P2segment から起始し、中脳周囲を背側に走行し同側のテント切痕の位置でテント内に入り（ADS が起始してからテント切痕に入る距離は平均 1.2 cm）、平均径は 0.8mm であった⁵⁾(Fig5)。

また、ADS は古典的には硬膜血管とされており、脳への還流はないとされている。しかし、剖検例での検討で、起始部や頻度に関しては言及されていないが、ADS は tentorial apex 近くでテント内に入り、その途中で小脳虫部や下丘に供血することがあると記載されている⁶⁾。P1 から起始する ADS を 3DDSA で詳細に検討した結果、PCA から直接分枝するわけではなく、collicular artery と共通管を形成していたとする報告もある⁷⁾。また、清末らは 2016 年の本会で medial posterior choroidal artery や peduncular branch と ADS が共通管を形成した症例を報告した。P1 から起始する ADS はその起始の読影に注意が必要と考える。

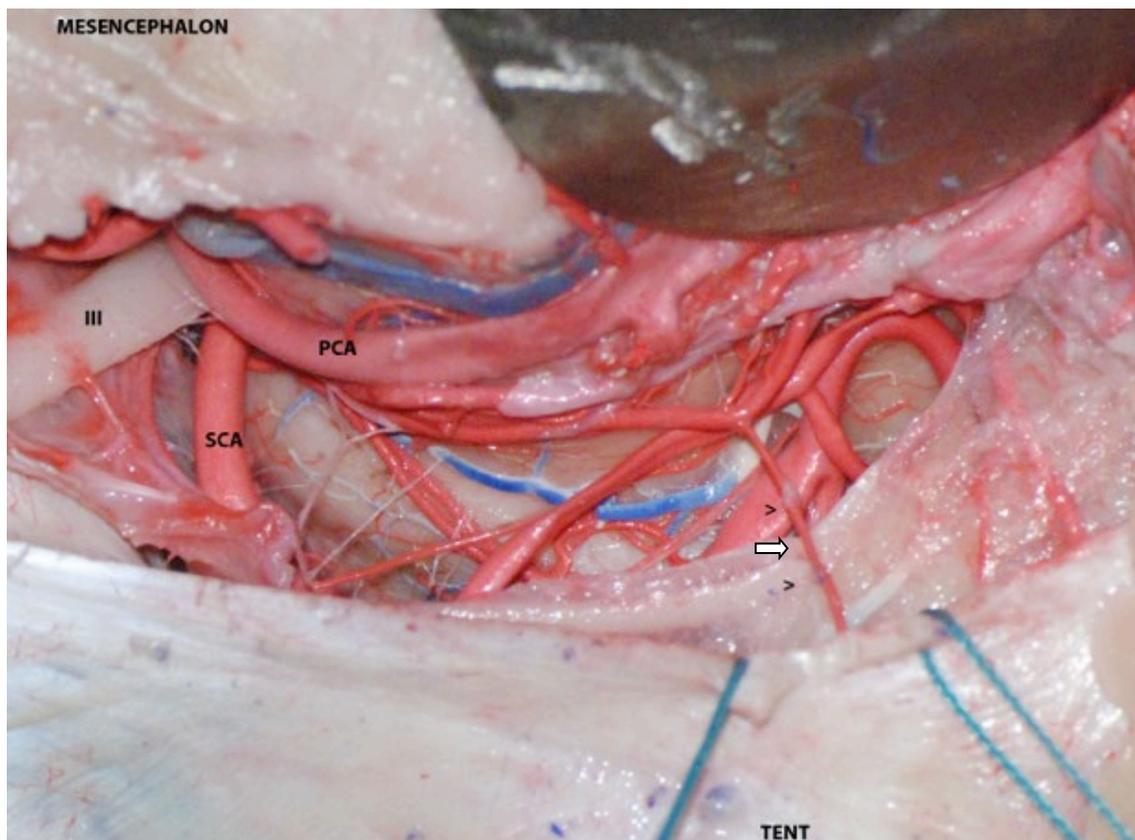


Figure5: Cadaveric dissection (文献 3 より引用)。

白矢印は PCA の P2 より分枝する the artery of Davidoff and Schechter を示す。PCA : posterior cerebral artery

② Superior cerebellar artery (SCA): medial tentorial artery (The artery of Wollschlaeger and Wollschlaeger)

Medial tentorial artery は、SCA の superior trunk から分枝する硬膜枝で、別名 The artery of Wollschlaeger and Wollschlaeger と呼ばれる。The artery of Wollschlaeger and Wollschlaeger は、1965 年に Paul Wollschlaeger らにより報告された⁴⁾。(ADS の報告者と同一人物である) medial tentorial artery は、SCA の lateral mesencephalic segment から分枝し、小脳テントの下面を走行する事で ADS と区別される。正常剖検例での検討では 25 例中の 7 例 (28%) に SCA の硬膜枝を認めたという報告⁸⁾や横静脈洞部硬膜動静脈瘻の血管撮影を検討した結果、13 例中 5 例に SCA の硬膜枝を認めたという報告がある⁹⁾。

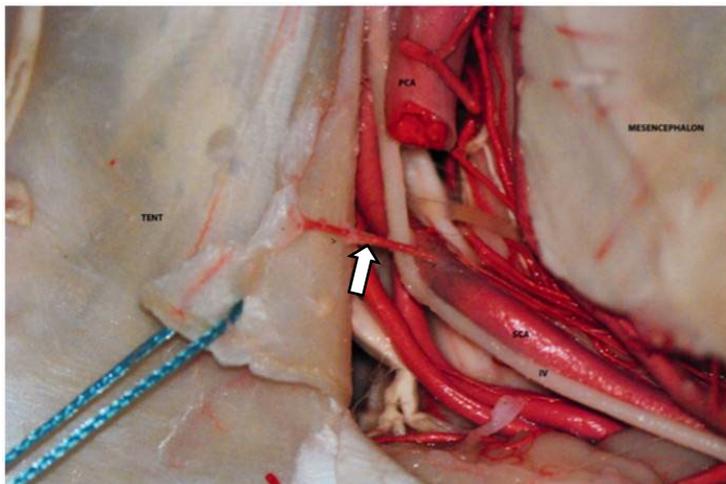


Figure6: Cadaveric dissection (文献 3 より引用)。

白矢印は SCA から分枝する medial tentorial artery(the artery of Wollschlaeger and Wollschlaeger) を示す。 SCA : superior cerebellar artery

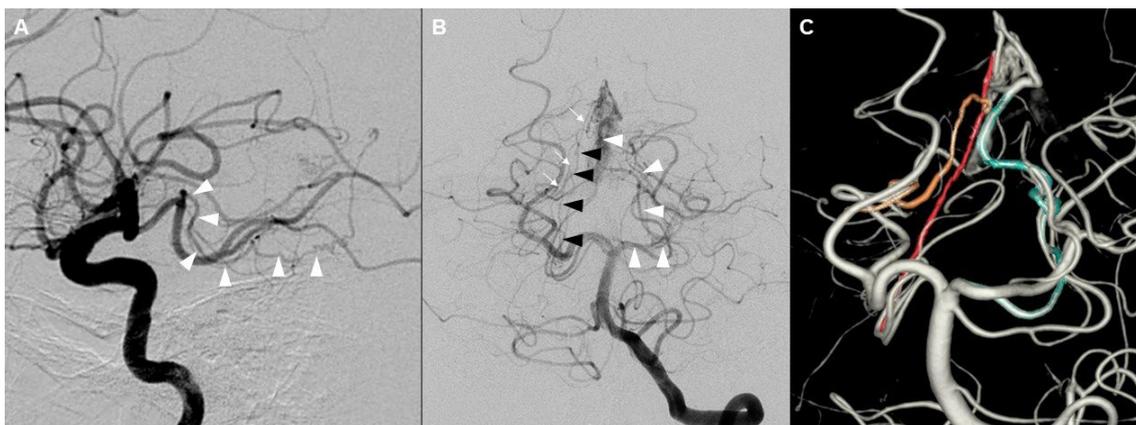


Figure7: falco-tentorial DAVF の症例。 A)内頸動脈側面像。 PCA の P2 より分枝する硬膜枝 (白矢頭) を示す。B)椎骨動脈側面像。 白矢印:右 PCA 遠位から分枝する硬膜枝を示す。白矢頭:左 PCA 近位から分枝する PCA 硬膜枝を示す。黒矢頭 : SCA から分枝する硬膜枝を示す。C)椎骨動脈 VR 正面像。 オレンジの血管:右 PCA 遠位から分枝する硬膜枝を示す。青の血管:左 PCA 近位から分枝する PCA 硬膜枝を示す。赤の血管 : SCA から分枝する硬膜枝を示す。

3.4. 後頭蓋窩の硬膜

後頭蓋窩に発生するシャント疾患に遭遇する可能性は比較的高く、この付近から液体塞栓物質を使用する機会も少なくない。さらに、側頭骨の厚みにより DSA での観察が容易でない部位があり、この部位の dural – pial anastomosis の理解は特に大切である。

① Anterior inferior cerebellar artery (AICA)

Subarcuate artery は AICA の lateral pontine segment から分枝し、内耳孔から subarcuate canal に入り、中硬膜動脈の petrosal branch や外頸動脈から分枝する stylomastoid branch と吻合する。また、後頭蓋窩の硬膜を介して、後頭動脈から分枝する mastoid branch と吻合する。Subarcuate artery は、他血管系統からの液体塞栓物質の圧注入(wedged injection)により、AICA に液体塞栓物質が逆流し脳梗塞を生じる場合があり、注意が必要である。

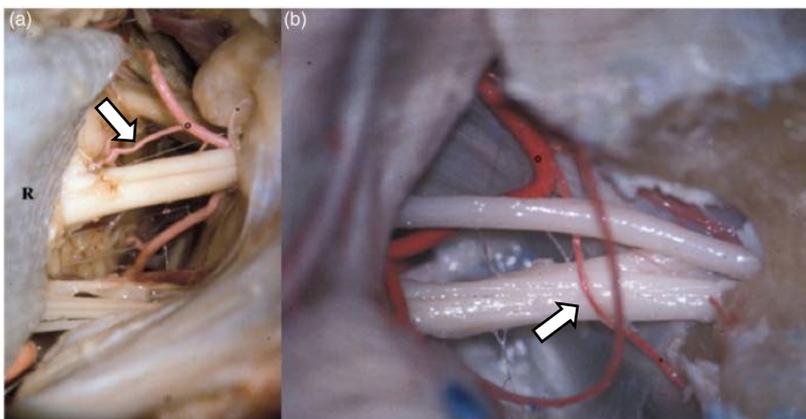


Figure8: Cadaveric dissection (文献 3 より引用)。

白矢印は anterior inferior cerebellar artery から分枝する subarcuate artery を示す。

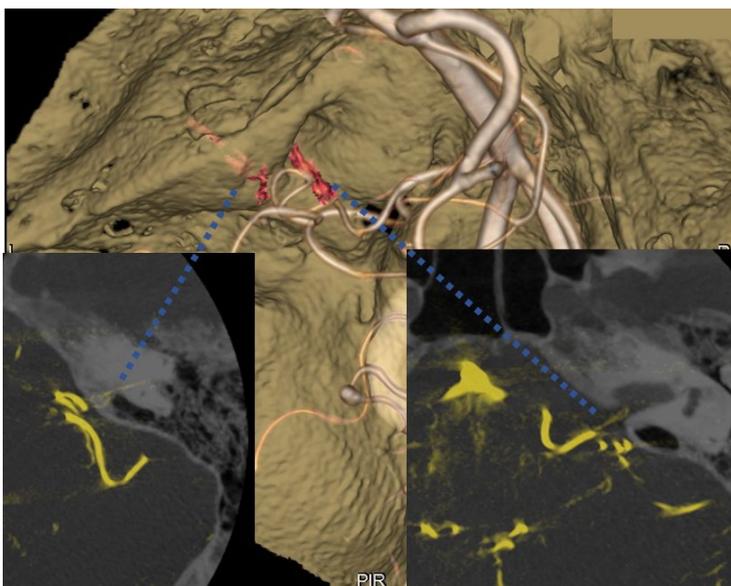


Figure9: PICA 動脈瘤の 3DDSA 画像と MIP axial 像で subarcuate artery/ internal auditory artery が確認された症例。内耳孔で loop を形成する internal auditory artery と subarcuate canal に向かう subarcuate artery を示す。

② Posterior inferior cerebellar artery (PICA)

Posterior meningeal artery (PMA) は後頭蓋窩の硬膜を栄養する最大の血管である。通常 vertebral artery (VA)の V3 segment から起始することが多く、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、後頭蓋窩を内背側に進み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。

PICA の硬膜枝として PMA が PICA から起始する場合や PMA から PICA が起始する場合があります。PMA は、中硬膜動脈末梢枝や後頭動脈からの硬膜枝と吻合する。また、PMA が脳幹への穿通枝を分枝する場合もある。

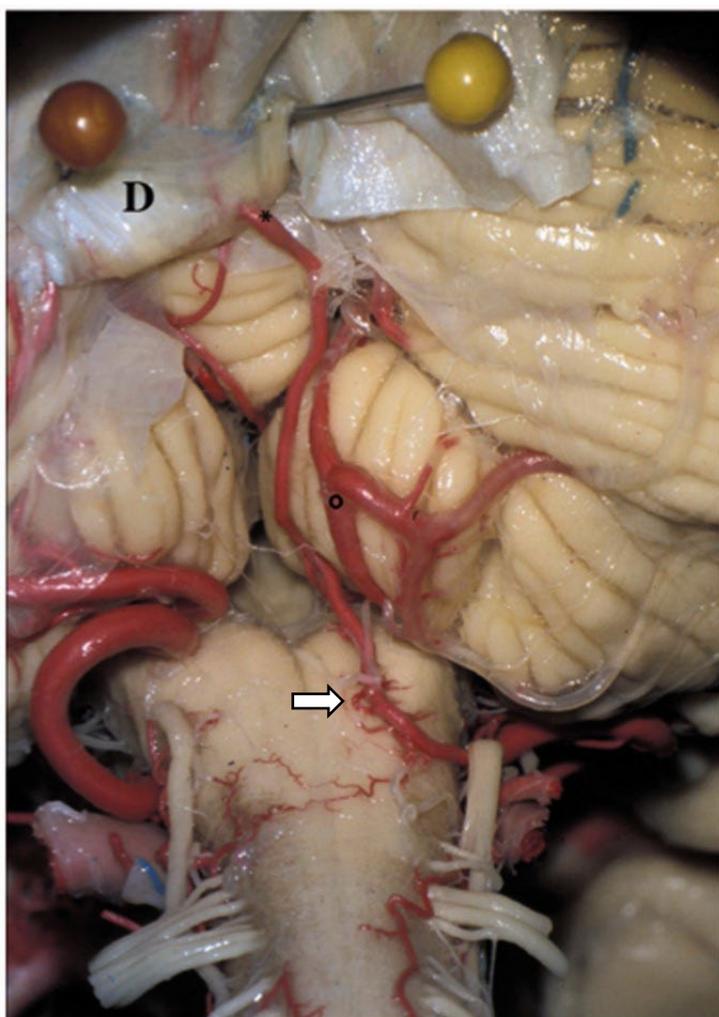


Figure10: Cadaveric dissection (文献3より引用)。

白矢印は posterior meningeal artery から分枝する脳幹への穿通枝を示す。

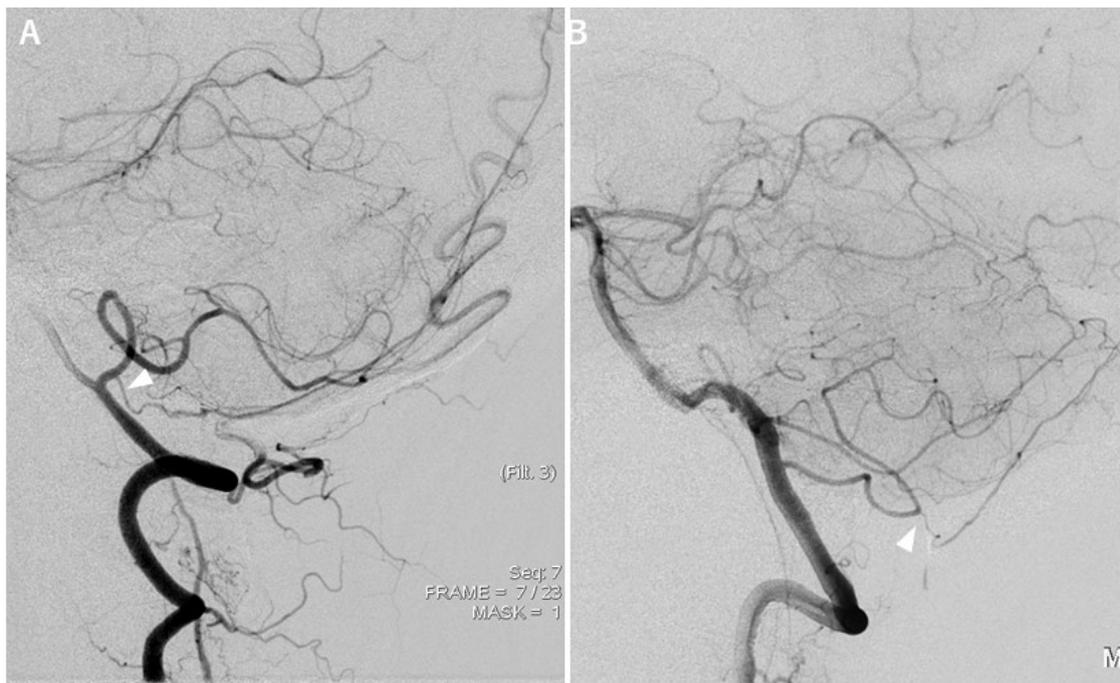


Figure 11: A)椎骨動脈側面像。PICA近位より分枝するPMAを示す。(白矢頭) B)椎骨動脈側面像。PICA caudal loopより分枝するPMAを示す。(白矢頭)

③ Vertebral artery (VA)の硬膜枝

前述のPMAは、VAのV3 segmentから起始することが最も多いが、硬膜内VAからPMAや後頭蓋窩への硬膜枝を直接分枝する場合がある。延髄後外側部のVAやPICA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枝するという報告もみられる¹⁰⁾。また、硬膜内VAからPMAや後頭蓋窩への硬膜枝を直接分枝する場合、脳幹への穿通枝と共通管となっている場合があり、特に注意が必要である。

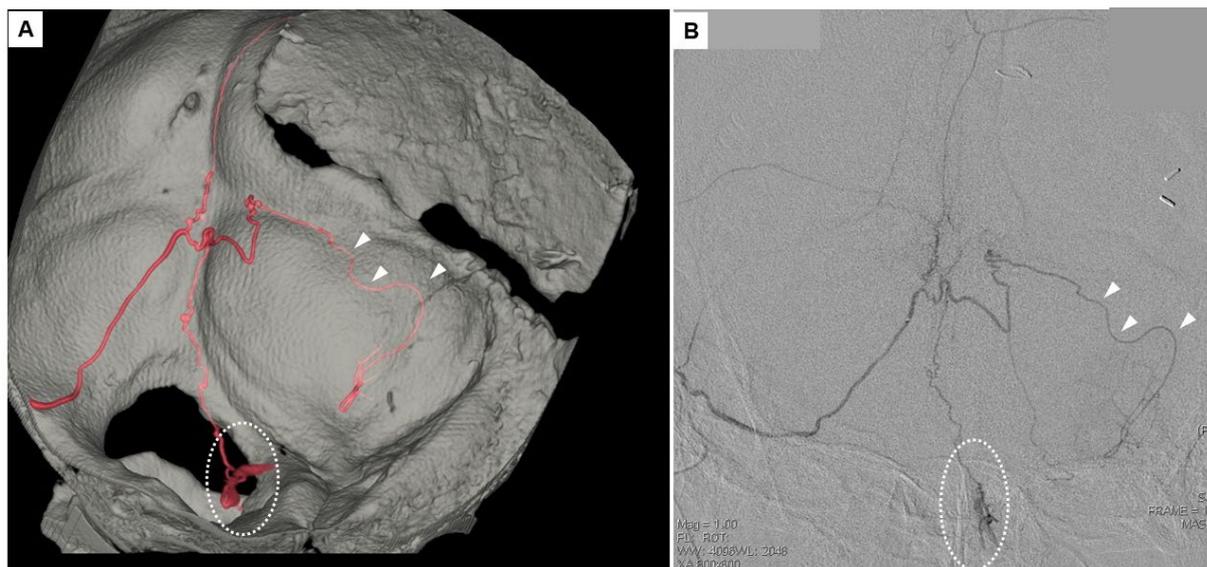


Figure 12: A) VR画像(後頭蓋窩を左斜め前方から見た図) B) mastoid branch 選択撮影正面像：後頭蓋窩の硬膜枝を介するAICA(白矢頭)とVA(白円点線)との吻合が確認できる。

参考文献

- 1) Streeter G: The development of alterations in the vascular system of the brain of the human embryo. *Contrib Embryol* 1918; 24: 5-38.
- 2) Tanohata K, Maehara T, Noda M, et al: Anomalous origin of the posterior meningeal artery from the lateral medullary segment of the posterior inferior cerebellar artery. *Neuroradiology* 1987; 29: 89-92.
- 3) Bhogal P, Makalanda HL, Brouwer PA, et al: Normal pto-dural arterial connections. *Interv Neuroradiol* 2015; 21: 750-758.
- 4) Wollschlaeger PB, Wollschlaeger G: [An infratentorial meningeal artery]. *Radiologe* 1965; 5: 451-452.
- 5) Griessenauer CJ, Loukas M, Scott JA, et al: The artery of Davidoff and Schechter: an anatomical study with neurosurgical case correlates. *Br J Neurosurg* 2013; 27: 815-818.
- 6) Ono M, Ono M, Rhoton AL, Jr., et al: Microsurgical anatomy of the region of the tentorial incisura. *J Neurosurg* 1984; 60: 365-399.
- 7) O'Reilly ST, Krings T: Medial Tentorial Meningeal Supply from the Collicular Artery : Anatomy and Endovascular Implications. *Clin Neuroradiol* 2023: 1-5.
- 8) Newton TH, Cronqvist S: Involvement of dural arteries in intracranial arteriovenous malformations. *Radiology* 1969; 93: 1071-1078.
- 9) Byrne JV, Garcia M: Tentorial dural fistulas: endovascular management and description of the medial dural-tentorial branch of the superior cerebellar artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013; 34: 1798-1804.
- 10) Tayebi Meybodi A, Zhao X, Borba Moreira L, et al: Microsurgical Anatomy of the Meningeal Branch of the Dorsolateral Medullary Plexus. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2020; 18: E197-e204.