

発生学的、機能的視点に基づいた海綿静脈洞の概念的血管解剖

Conceptual venous anatomy of the cavernous sinus from embryonic and functional viewpoints

守口生野記念病院 脳神経外科

Moriguchi-Ikuno Memorial Hospital, Department of Neurosurgery

三橋 豊

Yutaka Mitsuhashi M.D.

Key word: Cavernous sinus, Functional anatomy, Embryology

1. Epidural vein (dural sinus)

脳の静脈、脊椎脊髄の静脈構造を理解するには単に形態から捉えるのではなく、発生学的、機能的観点から捉える方が理解しやすい。脳脊髄実質の静脈灌流は髄質静脈(medullary vein)から軟膜静脈(pial vein)そして架橋静脈(bridging vein)をへて固有硬膜(dura propria)を貫いて、胎生期のcardinal veinのderivativeへと行われる。中枢神経を包む骨構造の静脈灌流は骨膜(perioseal dura)を貫いてやはりcardinal veinのderivativeへと行われる。Epidural vein (dural sinus)が存在するのはこの dura propriaとperioseal duraの間葉性の空間 (interdural space) である。脊椎部においてはepidural veinはその発生と機能より脊髄を灌流するもの(neural epidural vein)と骨を灌流するもの(osseous epidural vein)の2者に分けることができる(図1)。頭部では肥大した脳組織をcoverするため頭蓋骨に前腸由来である咽頭、鼻腔由来の骨が参加している^{1, 2)} ために、cardinal vein (primary head sinus) も頭蓋内すなわちinterdural spaceに取り込まれている。頭蓋部においてはepidural veinはneural epidural veinとosseous epidural veinとprimary head sinusのderivativeの3者が存在することとなる(図2)。

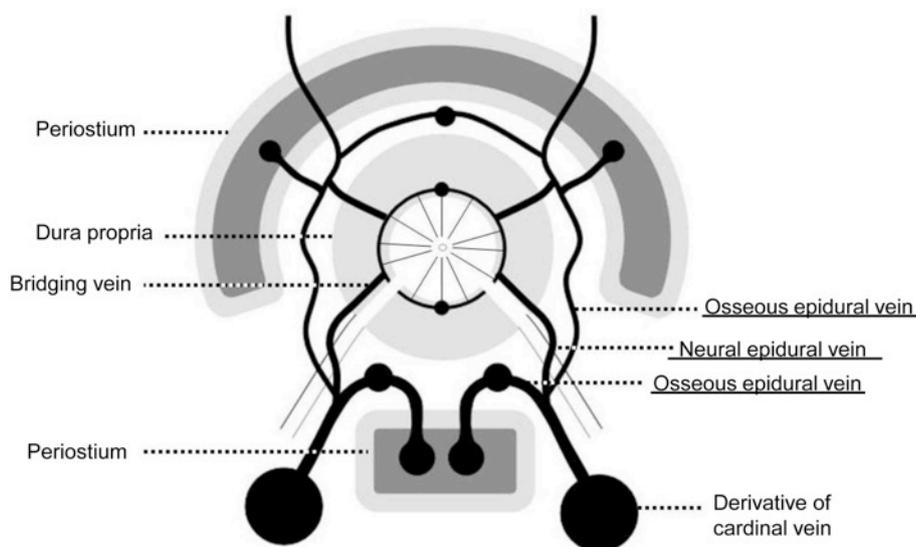


図1: 脳脊髄の静脈灌流の概念図

硬膜外腔(硬膜間腔)は骨膜(perioseum)と固有硬膜(dura propria)に囲まれた空間であり硬膜外静脈(epidural vein)はneural epidural veinとosseous epidural veinに大別される。

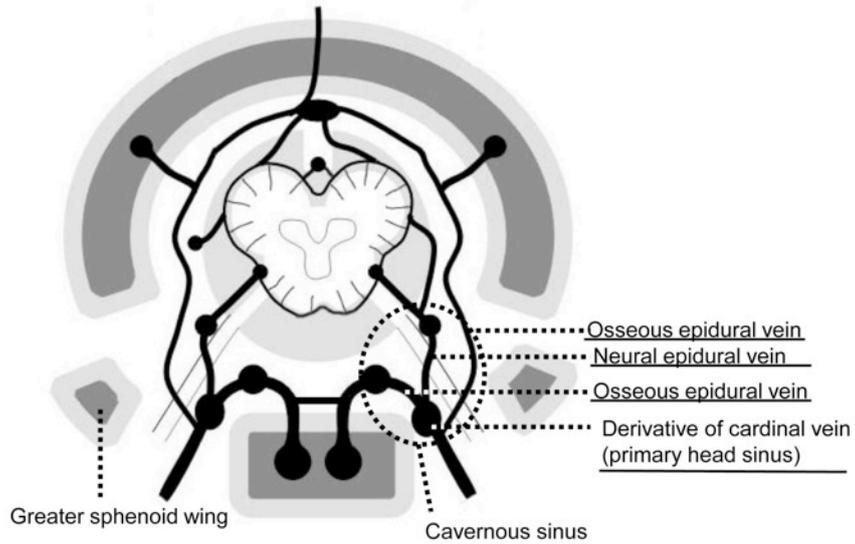


図2: 頭蓋部静脈灌流の概念図

頭蓋部においては鰓弓軟骨が頭蓋骨に取り込まれるため、これより背側を走行していたprimary head sinusは頭蓋硬膜間腔に取り込まれる。すなわち頭蓋のepidural veinにはosseous epidural vein, neural epidural vein, derivative of cardinal vein(primary head sinus)の3種類があることとなる。

2, Cavernous sinus

Cavernous sinusは多数の流入流出静脈を有する複雑な形態のdural sinus (図3) であるが上述のような視点、すなわちこれを形成するepidural veinの由来と機能から考察するとその複雑な形態を理解するのは困難ではない。cavernous sinus は下記の様な3つの長軸方向の静脈構造に分類することが出来る(図4, 5)。

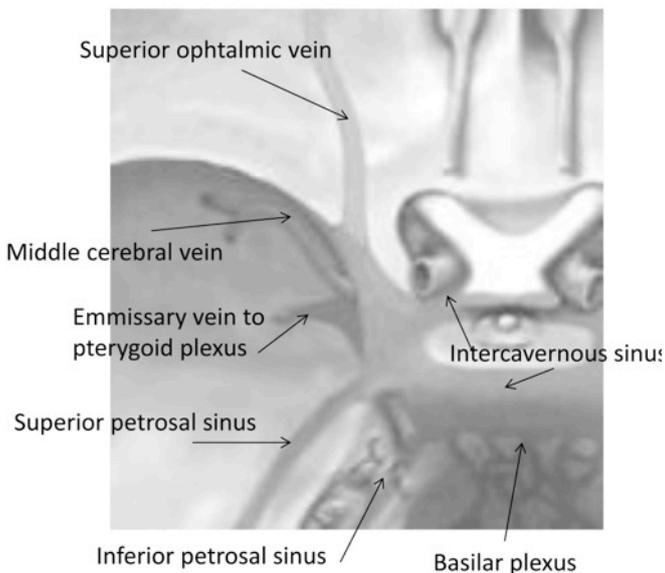


図3: Cavernous sinusと流入流出静脈

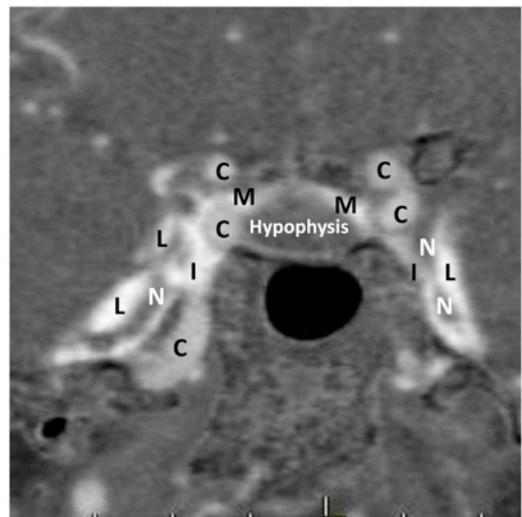


図4: Cavernous sinus CTA coronal MPR

L: lateral axisはN: cranial nervesの外側に、
I: intermediate axisはN: cranial nervesとC: carotisの間に、
M: medial axisはC: carotisの内側に存在する。

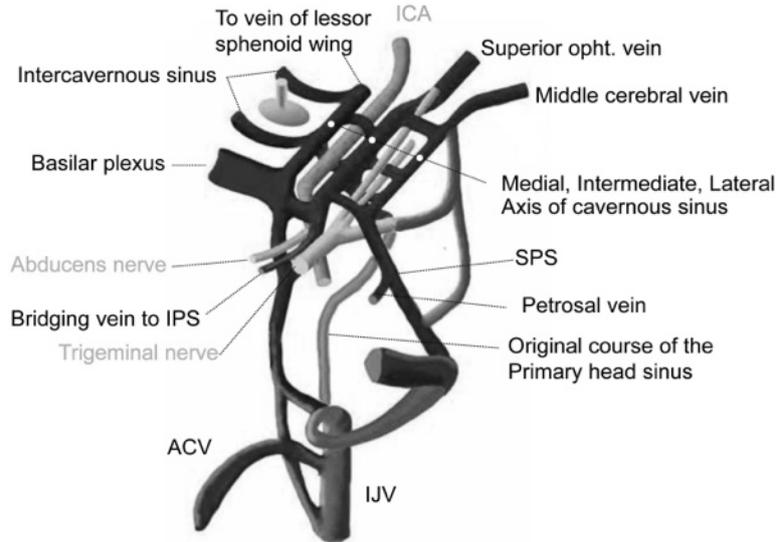


図5: 発生的、機能的観点から見たcavernous sinusと近傍静脈の概念図

2-1, Lateral axis

脳組織の静脈灌流を担う静脈構造であり脳神経の外側に存在する（図4, 5）。laterocavernous sinusとも呼ばれる³⁾。発生的にはembryonic tentorial sinusの遺残であり（図6） middle cerebral veinやuncal veinを介して大脳の静脈還流を担う。Embryonic tentorial sinusの前身であるanterior dural plexusはその末梢においてmiddle dural plexusと吻合しtransverse sinusを形成する。anterior dural plexusのstemすなわちprimary head sinusに流入する部分は背側の吻合に伴い消褪する。そのためembryonic tentorial sinusはtransverse sinusへと灌流することとなるが大脳半球の発達肥大に伴い中頭蓋窩底部を走行するようになり一旦は途切れたprimary head sinus (cavernous sinusのintermediate axis)との交通を再度発達させる⁴⁾。Embryonic tentorial sinus (lateral axis of cavernous sinus)とintermediate axis of cavernous sinusとの交通にはvariationがありIII~V脳神経の間隙を通して交通する。Embryonic tentorial sinus がやや外側を走行する場合にはcavernous sinusとの交通は発達せずmiddle dural plexus との交通が残るためいわゆるsphenopetrosal vein (sinus)としてsuperior petrosal sinus やtransverse sinus に灌流することになる（図7）。

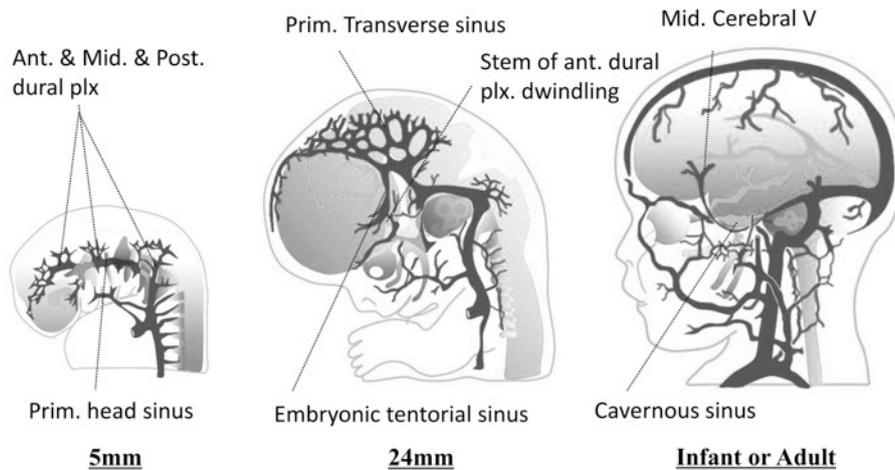


図6: ヒト脳静脈の発生

当初、原始脳腹側で静脈灌流を担っていたprimary head sinusは外背側でのdural plexus間の吻合に伴い消褪してゆくが三叉神経内側の部分は遺残する。この更に内側に腹側軟骨性頭蓋を灌流する目的でcavernous sinusが形成される。Middle cerebral veinのcavernous sinusへの交通はanterior dural veinの消褪に伴い一旦とぎれるが胎生後期から出生後に二次的に再形成される。

Lateral axisは吻側ではmiddle cerebral veinを介して前頭葉と側頭葉の外側前方そして島回の血流を、uncal veinを介して側頭葉内側、前頭葉下面の血流を受ける。間脳からのbridging veinの流入も認められる。また尾側においてはsuperior petrosal sinusを介して後頭蓋窩の静脈還流にも関与する。

Superior petrosal sinusは発生学的にはventral metencephalic veinの灌流を受けるmiddle dural plexusの一部が由来でありembryonic tentorial sinusと同様に背外側のtransverse sinusへの灌流がoriginalであるがその内側部は2次的にcavernous sinusの後外側部と吻合するとされている⁴⁾。

inferior petrosal sinusのlateral partが脳幹からのbridging veinの流入をうけることも含めて考察するとsuperior petrosal sinus、cavernous sinusのlateral axis、IPSのlateral partはすべてneural epidural veinと考えて良いであろう。

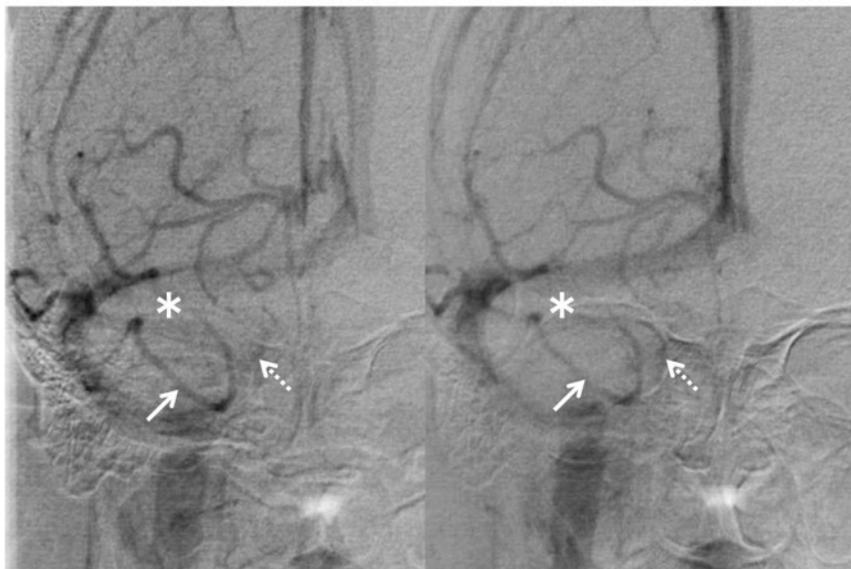


図7: Sphenopetrosal vein

この症例のmiddle cerebral vein (矢印)はcavernous sinus (破線矢印)とは交通を持たずsuperior petrosal veinに流入している

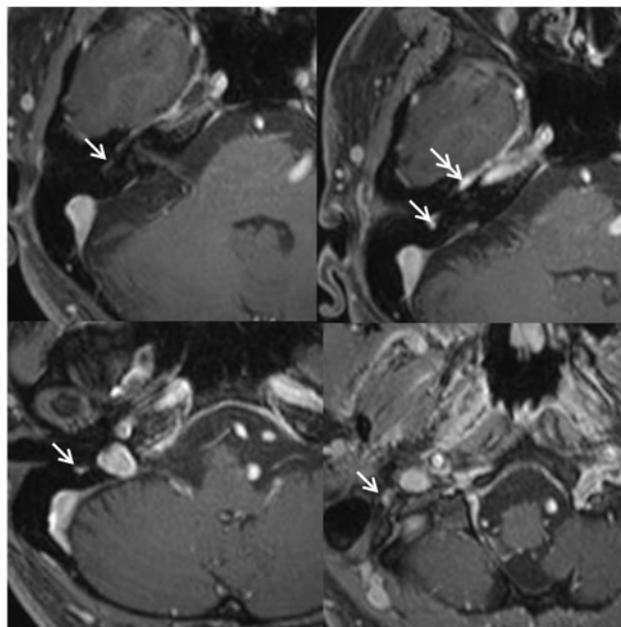


図8: 錐体骨内のprimary head sinusの遺残 (矢印)

Lateral wing of cavernous sinus (intermediate axis)からfacial hiatus (二重矢印)を介して錐体骨を貫通しJugular bulbへと走行するveinを認める。Primary head sinusの遺残と考えられる。

2-2, Intermediate axis

脳神経と内頸動脈の間に存在し発生学的にはprimary head sinusの遺残である(図4, 5, 6)。前方では上眼静脈superior ophthalmic veinに直接交通している。中頭蓋窩の骨孔(foramen Vesalius, foramen ovale, foramen rotundum, foramen lacerum等)に向けて外側に張り出している一般にlateral wing of cavernous sinusと呼ばれる部分はこのaxisに分類される。Primary head sinusの本来の走行はこのlateral wing of cavernous sinusから後方にmiddle meningeal arteryのpetrosal branchに沿ってfacial hiatusへと入り錐体骨を貫通してjugular bulbへと交通していたはず(図8)であるがこの部分は胎生早期に消滅しその役割を外背側に発達したsigmoid sinusにとって替わられている。Intermediate axisは内側では内頸動脈の上下を通じてmedial axisと交通する。本来primary head sinusに流入していたmiddle dural plexusの基部は成人でも残っていることがあり、lateral wing of cavernous sinusから錐体蝶形裂に沿ってその内側面を外側へと伸びている(図9)。Lateral axisからの脳神経組織の静脈灌流、medial axisからの骨の静脈灌流の両者を受けて中頭蓋窩の骨孔から側頭下窩のpterygoid plexusを介して、またinferior petrosal sinusから jugular veinを介して頭蓋外へと帰していく静脈構造である。

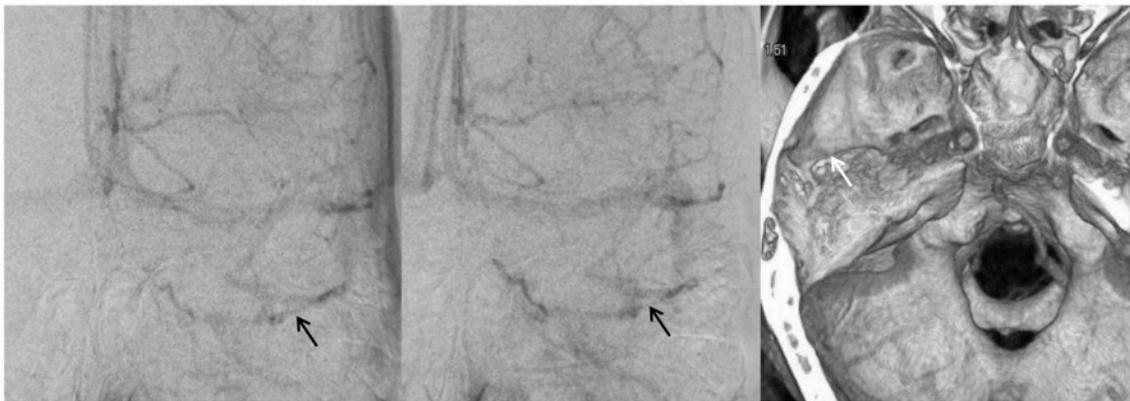


図9: middle dural plexusのstemの遺残

Cavernous sinusのlateral wingから更に外側に錐体蝶形裂に沿って走行する静脈(矢印)がある。胎生期のmiddle dural plexusのstemの遺残と考えられる。

2-3, Medial axis

内頸動脈の内側に存在し前方ではvein of lesser sphenoid wingと交通(図4, 5, 6)、内側ではinter-cavernous sinus、後方ではIPSのmedial axis、basilar plexusと交通する。

骨と下垂体の静脈還流を担う静脈である。

Pagetによると胎生約9週に軟骨性頭蓋の急速な発達に伴いこれを灌流する役目を担って三叉神経内側に残存するprimary head sinusの内側に形成されるとされている⁴⁾(図6)。

Cavernous sinusの前方へmiddle cerebral veinがsphenoparietal sinusというdural sinusを介して流入すると考えられたことがありtext bookにもそのように記載されていることが多いが、2004年にSan Millan Ruizらは15体のcadaverを用いた検討を元に、sphenoparietal sinusはparietal portion of anterior branch of middle meningeal veinとvein of lesser sphenoid wingの2つの静脈をartificialに認識したもので実際には存在しないと報告している⁵⁾。Sphenoid ridgeに沿って走行するvein of lesser sphenoid wingはanterior branch of middle meningeal vein, diploic vein of orbital roof, diploic vein of greater sphenoid wingなど骨組織を還流するveinと交通し内側ではsuperior ophthalmic veinを乗り越えて更に内側のcavernous sinus上前端に流入するとされておりcavernous sinusのmedial axisが骨の還流をprimaryに担う静脈構造であることを支持している。

3, 上述概念の臨床的有用性

3-1, Cavernous sinus venous sampling

図10はACTH産生下垂体腺腫が疑われる症例である。診断を確定するためにvenous samplingを行っている。内頸動脈と静脈の位置関係を確認しながらcavernous sinusの各axisにカテーテルを誘導しsamplingを行った。Cavernous sinusのmedial axisで行ったsamplingでは下大静脈でのsamplingに比較して約50倍のACTH濃度が認められた。

またIPSのmedial axisでも末梢静脈の約10倍のACTH値が得られた。一方でIPSのintermediate axis(内頸動脈の外側)でのsamplingでは下大静脈でのsamplingより低いACTH値であった。Samplingを行う際にcavernous sinusのどの部分でsamplingを行っているかを知る事は重要で、下垂体からの血流を受けるcavernous sinusのmedial axisでのsamplingが望ましい。Intermediate axisやlateral axisでのsamplingはvoluminousな脳組織からの静脈灌流によって下垂体から分泌されたACTHは希釈されてしまうため正確な診断が困難な可能性がある。

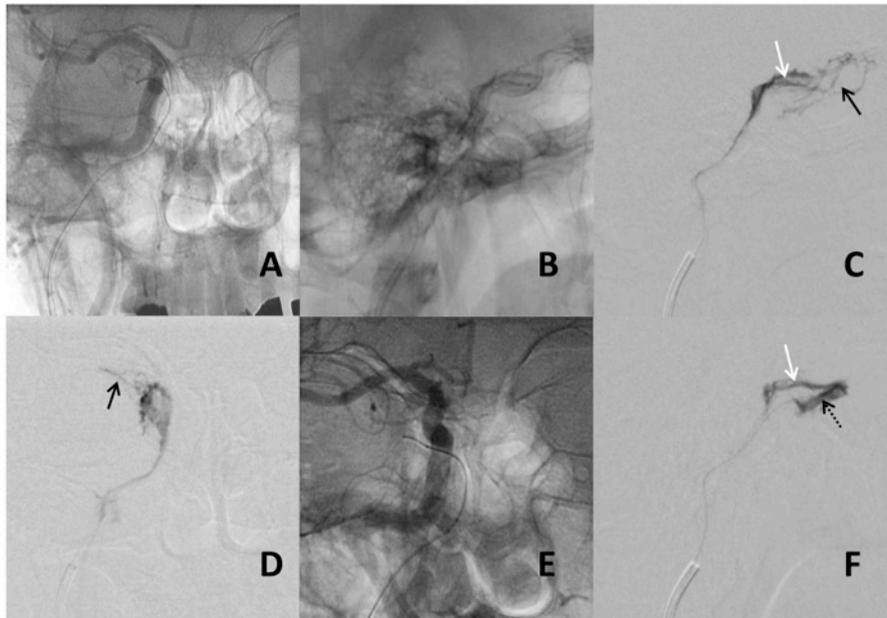


図10: Cushing病に対するvenous sampling

A: Carotisをlandmarkに各axisにカテーテルを誘導 B, C, D: medial axis(白矢印)より造影、sinus of lesser sphenoid wing(矢印)が確認できる E: carotisの腹側を通してカテーテルをintermediate axisに誘導。F: intermediate axisからの造影、intermediate axis(破線矢印)からcarotisの背側を介したmedial axis(白矢印)の描出を認める。

3-2, Embolization for cavernous dural arteriovenous fistula

海綿静脈洞部硬膜動静脈瘻の塞栓術において重要なことは、脳静脈、眼静脈へのshunt 血流を増悪させないことと脳静脈、眼静脈のcavernous sinusを介した正常還流を温存することと考えられる。fistulaはcavernous sinus medial axis内側後方にあることが多い。

症例(図11)は左外転神経麻痺で発症したcavernous dAVFである。Fistula pointはmedial axisの後方に存在すると思われた。1本のカテーテルをintermediate axisに誘導してsuperior ophthalmic vein、lateral axisとの交通をsecureし、次にもう1本のカテーテルをfistula pointに誘導してコイル塞栓を行った。Shunt pointのみの塞栓でshuntを閉塞させることが出来なかったため近傍のmedial axisを塞栓したが前方へのshunt flowが残存した。Intermediate axisに誘導しておいたもう1本のカテーテルをC3背側の交通路を介してmedial axis前方部に誘導しここを閉塞することによってshunt flowを閉塞することが出来た。閉塞したのはmedial axisのみでありintermediate axis、lateral axisは開存しておりuncal veinのcavernous sinusを介した順行性の血流は温存された。

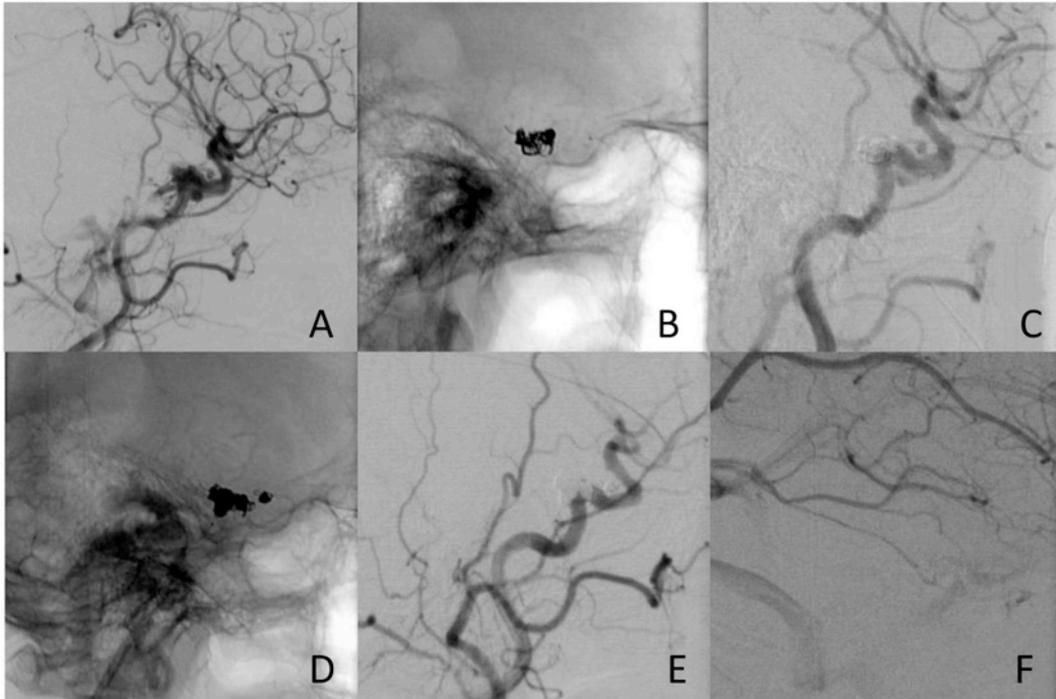


図11: Intracavernous venous axesを意識したcavernous DAVF塞栓術
A: cavernous dural AVF B: medial axis後方内側のfistulaを塞栓 C: medial axis前方へのshuntが残存 D: intermediate axis前方からmedial axisにカテーテルを誘導しなおし塞栓追加 E: shuntは完全に閉塞 F: lateral axisを介したmiddle cerebral veinの順行性の血流は温存

文献

- 1) Larsen WJ: Human embryology. CHURCHILL/LIVINGSTONE, A division of Elsevier Science. 1997
- 2) S. Romer, T.S. Parsons, The vertebrate body fifth edition. W.B. Saunders company, Japanese translation rights arranged through Orion Press Tokyo. 1977
- 3) Gailloud P, San Millan Ruiz D, Muster M, et al: Angiographic anatomy of the Laterocavernous sinus. Am J Neuroradiol 21:1923-29. 2000
- 4) Padget DH: The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. Contrib Embryol 36: 81-140.1957
- 5) San Millan Ruiz D, Fasel J, Rufenacht D, et al: The sphenoparietal sinus of Breschet: Dose it exist? An anatomic study. AJNR Am J Neuroradiol 25:112-120. 2004