

テント静脈洞 / 大脳鎌静脈洞

Tentorial Sinus / Falcine Sinus

森 健太郎 Kentaro Mori

横浜栄共済病院 脳神経外科

Department of Neurosurgery, Yokohama Sakae Kyosai Hospital

Keywords:

tentorial sinus, falcine sinus, endosteal layer, meningeal layer, embryology, primitive tentorial sinus, primitive marginal sinus

【はじめに】

テント静脈洞 tentorial sinus および大脳鎌静脈洞 falcine sinus は、硬膜の内部に存在する特殊な静脈洞であり、小脳テント tentorium cerebelli および大脳鎌 falx cerebri に対応して形成される。これらは発生学的には胎児期の静脈構造の遺残と考えられ、かつては稀な変異とみなされてきたが、近年の画像診断や解剖研究によりその存在頻度や意義が見直されつつある。本稿では、テント静脈洞と大脳鎌静脈洞について、解剖学的特徴、発生過程、および臨床的意義を概説する。

【解剖】

<硬膜と硬膜静脈洞>

硬膜 (dura mater) は、中枢神経系を保護する最外層の髄膜であり、3層構造から成るとされる。

古典的な2層構造説¹⁻²⁾ :

- ・骨膜硬膜 (periosteal dura) : 頭蓋骨内面に付着する骨膜に相当し、頭蓋骨外側の骨膜と連続する。中胚葉 (mesoderm) 由来。
- ・固有硬膜 (dura propria) : 脳脊髄側に位置する層。神経堤細胞 (neural crest) 由来。

現代的な3層構造説³⁻⁴⁾ :

- ・骨膜層 (endosteal layer) = 骨膜硬膜
- ・髄膜層 (meningeal layer) = 固有硬膜
- ・境界細胞層 (dural border cell layer) : 髄膜の最内層に位置し、くも膜との境界を形成。

硬膜は主に骨膜層と髄膜層の重層構造を呈するが、大脳鎌や小脳テントなどの硬膜重折部では、髄膜層が二重に折れ込んだ構造を形成する⁵⁾。硬膜静脈洞は、この解剖学的位置に基づき2種類に分類できる¹⁾。

- ・骨膜層と髄膜層の間隙に形成される静脈洞 :

Niche Neuro-Angiology Conference 2025

上矢状静脈洞、横静脈洞、S 状静脈洞、海綿静脈洞、上下錐体静脈洞など

・髄膜層のみから形成される静脈洞：

下矢状静脈洞、直静脈洞、テント静脈洞、大脳鎌静脈洞など

このうち、他の静脈洞が硬膜の辺縁や接合部を走行するのに対し、テント静脈洞および大脳鎌静脈洞は膜構造内に位置するという特徴を持つ。

発生学的にも興味深い点として、硬膜の髄膜層（神経堤由来）と骨膜層（中胚葉由来）で構成される領域と、髄膜層のみ（神経堤由来）から構成される領域では、硬膜動静脈瘻の臨床経過に違いがあることが報告されている（後述）¹⁾。

<テント静脈洞>

テント静脈洞は小脳テント内を走行する静脈構造の総称で、その大きさや形態は多様である。一般的にはテントを構成する髄膜層の上層板 superior layer と下層板 inferior layer の間に存在する静脈洞であるが、上層板または下層板内に局在する可能性もある¹¹⁾。Browder ら流出静脈の経路として直静脈洞、静脈洞交会、横静脈洞に分類した⁶⁾。また Huang らはテント内で微細な線状を示すものと venous lake を形成して皮質静脈灌流を受けるものがあるとした⁷⁾。これらの特徴に基づき、以下のような分類が報告されている。

・ Matsushima ら（1989）：静脈の流出経路に基づき 4 群に分類⁸⁾

Group	流入源	流出経路	Group
I (69.2%)	大脳半球からの還流	横静脈洞・S 状静脈洞	Group
II (88.5%)	小脳からの還流	静脈洞交会、横静脈洞、直静脈洞など	II は 5
III (42.3%)	テント自体の静脈	テント自由縁・直静脈洞・上錐体静脈洞など	つのサ
IV (7.6%)	脳底静脈がテント自由縁に架橋	上錐体静脈洞・直静脈洞など	ブタイ

プに細

分化（流出方向や還流静脈の違い）

Type 1：内側へ横走して直静脈洞に合流

Type 2a：内背側に走行して静脈洞交会に合流

Type 2b：Type 2a が短い形態

Type 3：背側に走行して横静脈洞に合流（小脳半球の主要還流路）

Type 4：後外側に走行して transverse-sigmoid junction に合流

Niche Neuro-Angiology Conference 2025

・ Miabi ら (2004) : 外側テント静脈洞に関して、静脈の合流パターンで 3 型に分類⁹⁾

Type	特徴
I	複数の枝が 1 本の幹に合流 (candelabra pattern)
II	独立した複数の静脈が別々に排出 (multiple independent veins)
III	テント内の venous lake へ還流する (with/without independent draining vein)

・ Rosenblum ら (2020) : テント静脈洞の連続性・配置で分類¹⁰⁾

Medial tentorial sinus (MTS)	テント自由縁近傍を走行、直静脈洞や静脈洞交会部に合流	
Lateral tentorial sinus (LTS)	テント外側部を走行、横静脈洞～S 状静脈洞に合流	・ Ott
Ringed configuration	MTS と LTS が環状に連続するバリエーション	ら

(2023) : 組織学的に 2 型に分類¹¹⁾

Type	構造	流出経路	分布	
1	小型で網目状 (plexiform)	明瞭な還流静脈との連続性なし	主に内側	< 大脳
2	大型で明瞭な洞構造	架橋静脈と直接連続	主に外側	鎌静脈

洞 >

大脳鎌静脈洞は大脳鎌内を走行する静脈構造であり、テント静脈洞と同様一般的には大脳鎌を構成する 2 層の髄膜層の折り返しの間に存在する。胎生期の原始大脳鎌において、原始辺縁静脈洞 primitive marginal sinus から矢状静脈叢 sagittal plexus 形成され、その背側の静脈路が上矢状静脈洞に、腹側の静脈路が下矢状静脈洞と直静脈洞に発達する (後述)。大脳鎌静脈洞はこの矢状静脈叢の尾側に形成された上下矢状静脈洞間の吻合ループが残存したものと考えられている。この吻合は通常は出生後に閉鎖するが、一部の症例では出生後も持続、あるいは病的条件により再開通することがある。この遺残は稀と考えられていたが、Kaplan らは解剖学的研究で 78 体中 16 体 (20.5%) において、上矢状静脈洞と下矢状静脈洞を連絡する静脈路を確認し、全年齢層で観察されたと報告している¹²⁾。また、Ryu らは成人の CTA で 2.1% に大脳鎌静脈洞が認められたとしている¹³⁾。報告により検出方法の違いによる頻度の差はあるが、従来考えられていたよりも発生頻度が高い可能性が示唆されている。

出生後に大脳鎌静脈洞を認める症例ではその形状にいくつかのバリエーションが報告されており、形態や走行位置、連結静脈、残存機序などによる分類が提案されているが、現在では形態と残存機序の 2 軸で分類されることが多くなっている。

Niche Neuro-Angiology Conference 2025

・Tubbs ら (2007) : 連結静脈洞で 3 型に分類¹⁴⁾

Type	上矢状静脈洞との連絡	下矢状静脈洞との連絡
I (37.0%)	なし	あり
II (25.9%)	限定的	あり
III (37.0%)	あり	あり

・Tatarli ら (2013) : 走行位置と連結静脈洞で分類¹⁵⁾

走行位置	静脈径	連絡静脈	特徴
前方 1/3	小径	上矢状静脈洞または下矢状静脈洞	小静脈が片側の静脈洞と連絡
中間 1/3	中等度	上矢状静脈洞と下矢状静脈洞	切開時に注意が必要
後方 1/3	最大	下矢状静脈洞のみ	切開による出血リスクが最も高い

・ Lin
ら

(2018) : 形態で 3 型に分類¹⁶⁾

形態	代表的な走行
アーチ型 Arch-like	前方に弓状に湾曲して走行し、上矢状静脈洞後方と直静脈洞前方を連絡
棒状 Stick-like	太く直線的な管状構造
分岐型 Bifurcated	上矢状静脈洞後方や大脳鎌静脈からの複数の分枝が直静脈洞前方へ連絡

・ Ryu
ら

(2010) 、Lin ら (2018) : 残存機序で 2 型に分類^{13) 16)}

残存機序	
持続型 persistent falcine sinus (70.4%)	胎生期の構造が出生後も閉鎖せず残存したもの
再開通型 recanalized falcine sinus (29.6%)	一旦閉鎖したが病的条件により再開通したもの

【発
生】<sup>17-
22)</sup>

硬膜静脈洞の発生は硬膜の形成と密接に関連し、複雑な時系列で進行する。初期の原始静脈系が退縮し、新たな静脈路が発達する過程で、海綿静脈洞、テント静脈洞、大脳鎌静脈洞、上・下矢状静脈洞、直静脈洞、横静脈洞などの主要静脈洞が形成される。胎児期の脳半球拡大や間葉組織の分化に伴う血管走行の変化により成人における静脈排出パターンの個体差が生じるが、これらの変異は脳神経外科手術や血管内治療において臨床的に重要であり、これらの発生学的知識はその理解のために重要な意義を持つ。以下にその概要を示す。

>3-4 週 (2-5mm CRL) : 原始髄膜の形成

発生初期に、神経堤や中胚葉細胞から**原始髄膜 primitive meninx** が形成され、これは将来の髄膜、頭蓋骨、頭皮の真皮を形成する。中胚葉 mesoderm は将来の骨膜層に、神経堤細胞 neural crest は将来の髄

Niche Neuro-Angiology Conference 2025

膜層に分化する。中脳屈曲 mesencephalic flexure とともに間葉細胞が吻側方向へ伸長し中脳屈曲内に入り込み、原始小脳テント primary tentorium が形成される。

>4-5 週 (5-8mm CRL) : 初期静脈系の形成

頭頸部から心臓への最初の静脈路として将来の内頸静脈となる前主静脈 (anterior cardinal vein) が形成される。

神経管を覆う将来の軟膜層の位置に原始毛細血管網が形成され、将来の硬膜層に位置する3つの静脈叢へ流出する。

- ・ **Anterior dural plexus (ADP)** : 終脳・間脳・中脳領域からの灌流
- ・ **Middle dural plexus (MDP)** : 後脳領域からの灌流
- ・ **Posterior dural plexus (PDP)** : 延髄領域からの灌流

更にこれらは最初の管状静脈路である**原始静脈 primary head sinus (PHS)**へ流出する。PHS は神経管の外側に位置し、前主静脈へと流出する。

また大脳鎌と小脳テントの形成に伴い、ADP は**原始辺縁静脈洞 primitive marginal sinus** を形成し、これが将来の上矢状静脈洞、下矢状静脈洞、直静脈洞、大脳鎌静脈洞の原基となる。

>6-7 週 (7-12mm CRL) : 静脈叢の再編

大脳・小脳・耳胞の拡大により、PHS と硬膜層は外側に移動し硬膜層と軟膜層が分離する。それに伴い、両者間の吻合が減少するとともに残存した吻合が拡大、将来の架橋静脈 bridging vein となる軟膜静脈を構成する。

>8 週 (18-20mm CRL) : 主要静脈洞の原型形成

耳胞の成長により隣接する PHS は圧迫され徐々に退縮し最終的にほぼ完全に消失するが、一部を海綿静脈洞の外側翼に移す。MDP と PDP 間の背側の吻合 posterior dural sinus が形成され、外側は将来の S 状静脈洞、内側が後頭静脈洞となる新たな流出経路が確立される。

この時期に、主要静脈洞の原型となる2つの重要な原始静脈洞である**耳前静脈洞 pro-otic sinus** (MDP の stem と PHS の残存部分から形成) と**原始テント静脈洞 primitive tentorial sinus** (ADP の stem から形成) が形成される。

>10-13 週 (40-80mm CRL) : 主要静脈洞の分化

・ **海綿静脈洞 cavernous sinus** : **Pro-otic sinus** は、視神経領域からの血流を原始眼窩上静脈と上顎静脈を通じて受け、三叉神経節の内側を走行し、背側で S 状静脈洞に流入する。この時点では脳血流の灌流は受けていない。その後、pro-otic sinus の内側部が叢状に拡張して海綿静脈洞寄与し、cavernous sinus capture (後述) により脳血流の灌流に関与していく。海綿静脈洞は 15 週では傍鞍部の間葉組織内に散在する小血管から構成されているがその数と大きさは徐々に増加し、23 週以降に拡大した静脈腔が互いに接近する。

・ **テント静脈洞 tentorial sinus** : **Primitive tentorial sinus** は主に ADP を通じて終脳、間脳、中脳からの血流を受ける。小脳や小脳テントが形成され primitive tentorial sinus や横静脈洞が固定されるとともに、大脳の発達によりこれらが長軸方向伸長する。それに伴い次第に primitive tentorial sinus の内側は海綿静脈洞に取り込まれ (cavernous sinus capture) 、ADP 由来の静脈灌流は前方に海綿静脈洞經由の新たな流出経路を獲得する。一方で尾側端は減衰して叢状になり横静脈洞と S 状静脈洞の接合部に向かって退縮し、残存したものが tentorial sinus を形成する。また primitive tentorial sinus が退縮するとともに終脳、間脳、中脳からの血流は新たに長軸方向の吻合を形成して脳底静脈 basal vein of Rosenthal を形成し、海綿静脈洞とガレン大静脈 vein of Galen を繋ぐ経路となる。この時に脳底静脈とガレン大静脈との disconnection があると、脳底静脈後方と primitive tentorial sinus との連絡が消滅せずに遺残してテントへ流出する経路をとることもある (primitive variant、Matsushima 分類 GroupIV に相当) 。

・ **上/下矢状静脈洞 superior/inferior sagittal sinus、直静脈洞 straight sinus、大脳鎌静脈洞 falcine sinus** : 胎生 5 週頃に ADP 前方部分で左右一对の**原始辺縁静脈洞 primitive marginal sinus** が形成され、その前方で大脳半球間の正中線付近に糸状静脈叢 sagittal plexus が形成され、正中線で融合し網状構造から洞構造へ移行する。血流の増加に伴い前部 (盲孔 foramen caecum) から後部 (静脈洞交会) へ洞構造化が進行し、大脳皮質の発達に伴い表在静脈が接続する。血流の優位な背側部は上矢状静脈洞へ、腹側部は下矢状静脈洞へ、尾側下方は直静脈洞へと発達する。この矢状静脈叢の尾側に形成された上下矢状静脈洞間の吻合ループが残存したものが大脳鎌静脈洞と考えられている。この吻合は通常は出生後に閉鎖するが、直静脈洞や上矢状静脈洞の形成不全などの際の代償経路として遺残することがある。また出生後に静脈閉塞や腫瘍病変などにより、閉鎖した大脳鎌静脈洞が再開通することもある。

【臨床的意義】

・ **血行動態の理解** : テント静脈洞や大脳鎌静脈洞の局在やバリエーションの知識は、病的状態の血行動態の理解に重要である。いずれも深部静脈と潜在的に交通するため、シャント疾患では重篤な転帰をとるリスクがあり、経路の認識が病態把握と治療のために必須である。また静脈洞の閉塞や逆流を伴うシャント疾患の際に、チャンネルが開くことで側副血行路として利用されることもあり、血行動態を把握するために重要である。

・ **硬膜動静脈瘻の理解** : 硬膜の胚胎由来 (神経堤由来か中胚葉由来か) が硬膜動静脈瘻の好発部位や病態、臨床経過に関連する可能性が示唆されている。髄膜層 (神経堤由来) からのみ形成される硬膜領域 (嗅窩、大脳鎌、小脳テント、脊髄硬膜等) に発生する硬膜動静脈瘻は、主要な静脈洞から離れて存在するため non-sinus type が好発しやすい。そのためシャント血流が直接皮質静脈系に流入し静脈圧亢進を来しやすい

く、シャント流入が小規模でも aggressive symptom を呈しやすい。Non-sinus type が多く、治療は経動脈的塞栓術が基本となる。

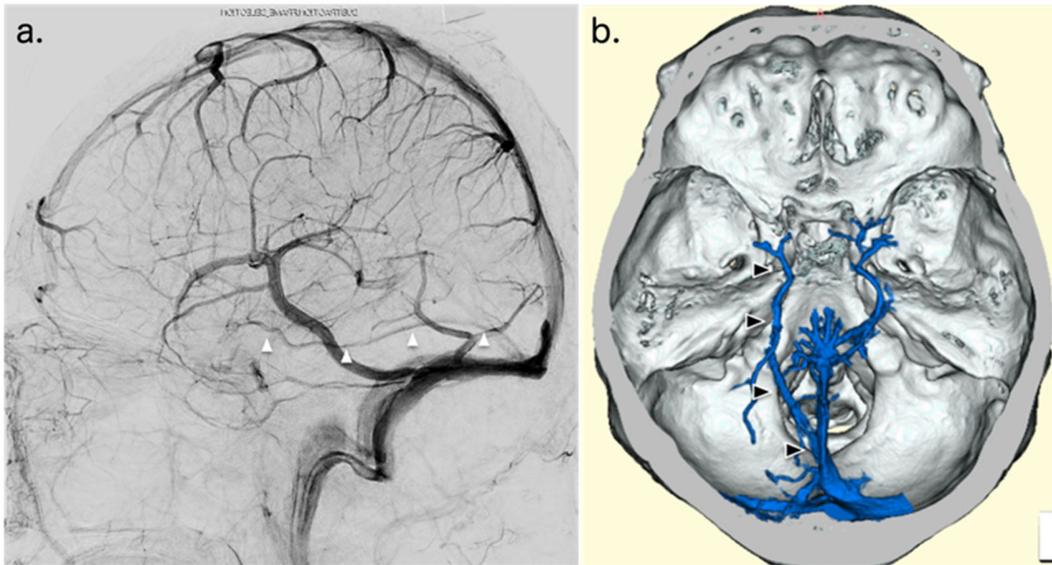


Fig1. Tentorial sinus のバリエーション

Tentorial sinus が前方の自由縁で BVR と接続している (Matsushima 分類 Group IV)。この形態は BVR の primitive variant に相当する。本症例では tentorial sinus が StS へ接続しているが、TS や SPS へも接続しうる。

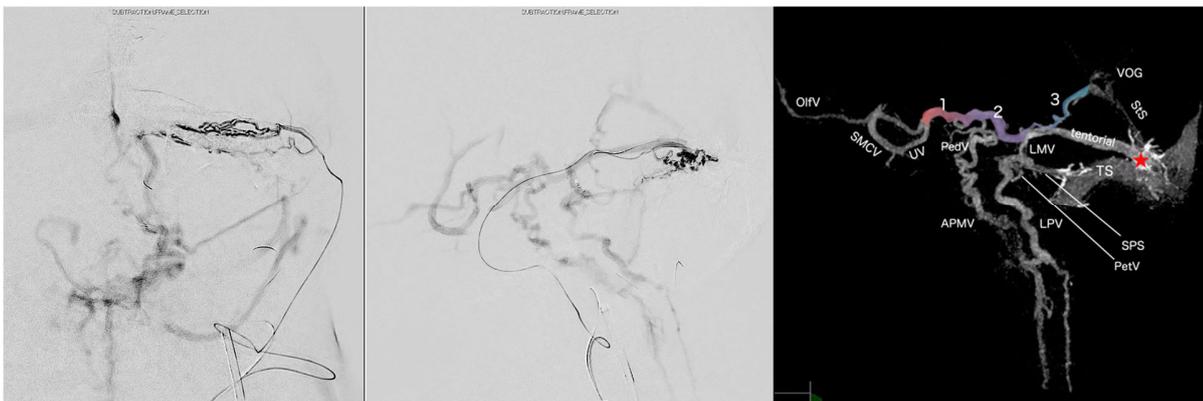


Fig2. 多発 DAVF の症例 (tentorial sinus)

SSS、両側 TSS などに多発のシャントを持つ症例。左 TSS-DAVF の治療後、左 tentorial sinus にシャントが再発。Tentorial sinus の SSS 側は閉塞しており、前方からテント自由縁を経由し BVR へ接続し、後頭蓋窩、脳幹、大脳への逆流を認める。本症例で BVR は primitive variant の走行 (Matsushima 分類 Group IV) を呈しているが、後方で VOG への交通も見られるため、元々は normal type であったがシャント形成により primitive tentorial sinus のチャンネルが再開通したと推察される。

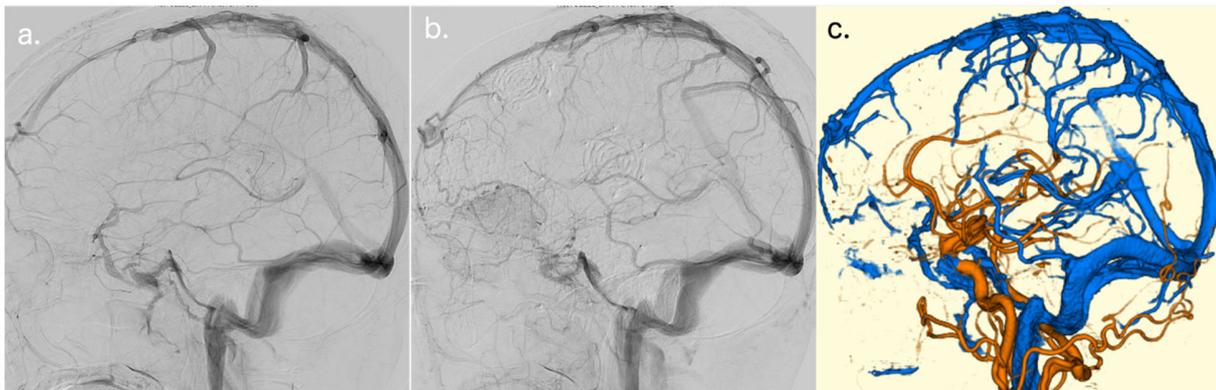


Fig3. Falcine sinus の遺残（中頭蓋窩髄膜腫の症例だが、falcine sinus は病態とは無関係）
 右 CAG (a) では falcine sinus は描出されないが、左 CAG (b) や 3DCTA (c) では頭頂葉正中側の皮質静脈から大脳鎌の中腹で falcine sinus に流入し StS に合流しているのが確認できる。

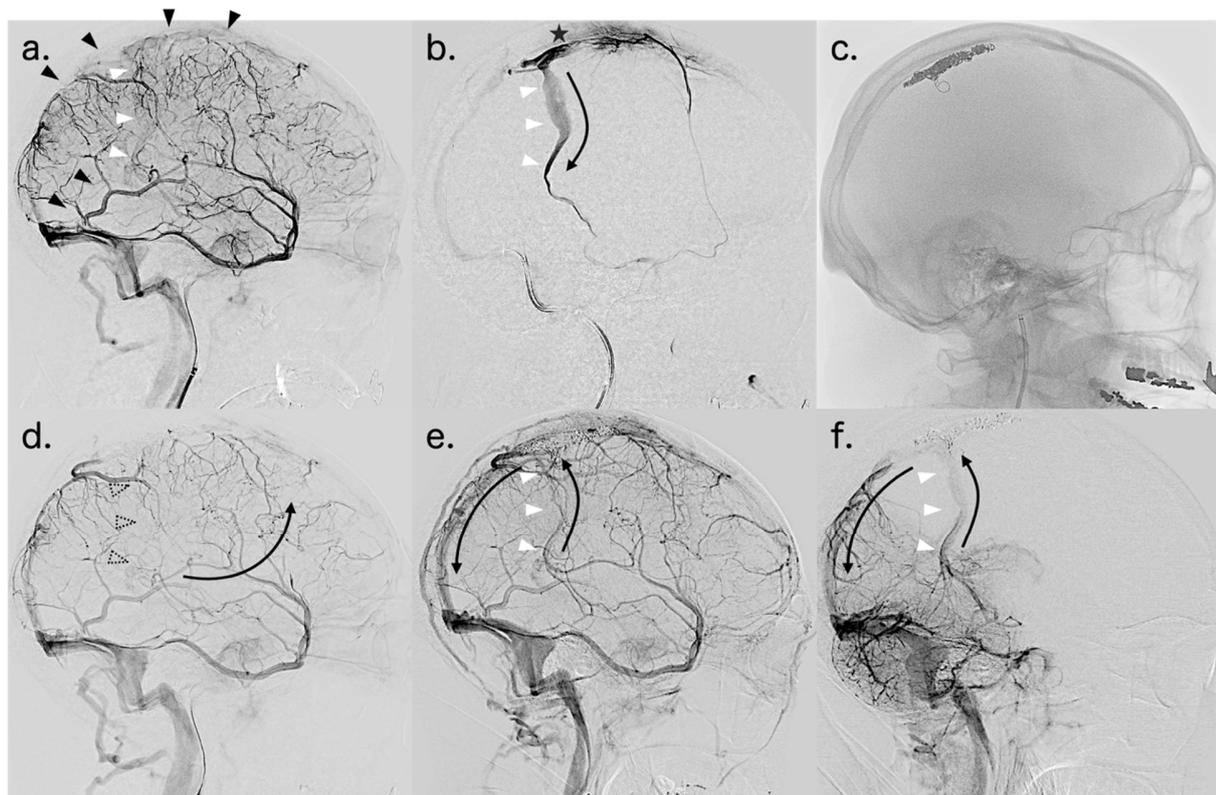


Fig4. DAVF を合併した sinus thrombosis の症例
 a. 断続的な SSS の閉塞と StS の完全閉塞 (▼) を認める。b. Isolate された SSS に MMA からのシャント (★) を認め、falcine sinus (▽) を通じて VOG→BVR→LPMV→PV→SPS→CS へと流出する。c. コイルによる TVE を試行。d. シャントは消失し、falcine sinus の血流も消失した。深部静脈からの灌流

は髄質静脈を介して前方の皮質静脈へ drainage している。e. 後に SSS 後方が再開通し、深部静脈からの灌流は falcine sinus を介して SSS から後方へ drainage されるようになった。このように falcine sinus はシャント疾患の drainage route や静脈閉塞時の側副血行路としてアクティブに利用されうる。

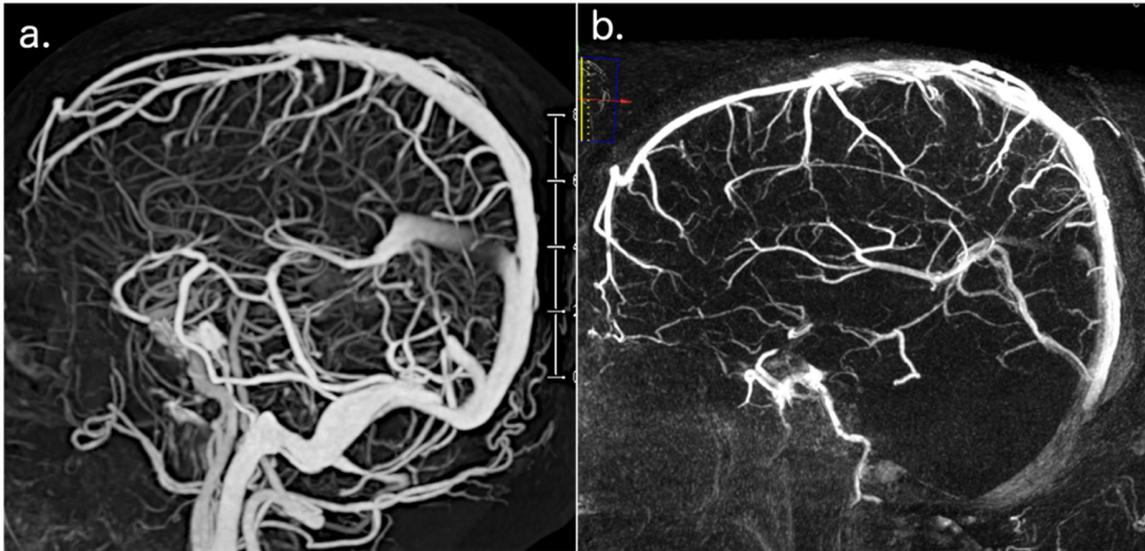


Fig5. Sinus thrombosis の症例

StS の閉塞で発症したが、後に StS は部分再開通。a. 再開通直後の CTA では falcine sinus の著明な拡張を認める。b. 後日施行した DSA では StS の再開通は進み、falcine sinus は消退傾向を示していた。

(SSS; superior sagittal sinus, StS; straight sinus, MMA; middle meningeal artery, VOG; vein of Galen, BVR; basal vein of Rosenthal, LPMV: lateral pontomesencephalic vein, SPS; superior petrosal sinus, CS; cavernous sinus, TS; transverse sinus)

【References】

1. Tanaka M. Embryological Consideration of Dural AVFs in Relation to the Neural Crest and the Mesoderm. *Neurointervention*. 28;14(1): 9–16, 2019
2. Jeffrey R, et al. Cellular dynamics and tissue interactions of the dura mater during head development. *Birth Defects Res C Embryo Today* 81(4): 297-304, 2007
3. Adeeb N, et al. The cranial dura mater: a review of its history, embryology, and anatomy. *Childs Nerv Syst* 28: 827–837, 2012
4. Ghannam JY, et al. Neuroanatomy, Cranial Meninges. In: StatPearls Publishing LLC. 2025
5. Kekere V, et al. Head and Neck, Dura Mater. In: StatPearls Publishing LLC. 2025

Niche Neuro-Angiology Conference 2025

6. Browder J, et al. Venous channels in the tentorium cerebelli: surgical significance. *Surg Neurol* 3(1): 37-39, 1975
7. Huang YP, et al. Anatomic variations of the dural venous sinuses. In: Kapp JP, Schmidek HH (ed) *The cerebral venous system and its disorders*. Grune and Stratton, Orlando, FL, 109-168, 1984 .
8. Matsushima T, et al. Microsurgical anatomy of the tentorial sinuses. *J Neurosurg* 71:923-928, 1989.
9. Miabi Z, et al. Delineation of lateral tentorial sinus with contrast-enhanced MR imaging and its surgical implications. *AJNR* 25:1181-1188, 2004
10. Rosenblum JS, et al. Tentorial Venous Anatomy: Variation in the Healthy Population. *AJNR* 41(10) 1825, 2020
11. Ott KN, et al. Revisiting the Tentorial Venous Sinuses: Anatomical and Histological Study. *World Neurosurgery* 173: e677-e682, 2023
12. Kaplan HA, et al. Venous channels within the intracranial dural partitions. *Radiology* 115: 641-645, 1975
13. Ryu CW, et al. Persistent falcine sinus: is it really rare? *AJNR* 31:367-369, 2010
14. Tubbs RS, et al. Anatomy of the falcine venous plexus. *J Neurosurg* 107(1): 155-157, 2007
15. Tatarli N, et al. Falcine venous plexus within the falx cerebri: anatomical and scanning electron microscopic findings and clinical significance. *Acta Neurochir (Wien)* 155(11): 2183-2189, 2013
16. Lin L, et al. Falcine Sinus: Incidence and Imaging Characteristics of Three-Dimensional Contrast-Enhanced Thin-Section Magnetic Resonance Imaging. *Korean J Radiol* 19(3): 463-469, 2018
17. Streeter GL. The development of the venous sinuses of the dura mater in the human embryo. *American Journal of Anatomy*. 1915
18. Streeter GL. Developmental horizons in human embryos. *Contrib Embryol*. 32: 133-203, 1948
19. Padget DH. The cranial venous system in man in reference to development, adult configuration, and relation to the arteries. *American Journal of Anatomy*. 1956
20. Padget DH. The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. *Contrib Embryol*. 36: 79-140, 1957
21. 小宮山雅樹. 脳静脈・静脈洞: 脳脊髄血管の機能解剖 詳細版. メディカ出版, 2011
22. 清末一路ら. 血管内治療のための血管解剖 脳静脈. 秀潤社, 2017