

Intracranial Bridging Veins:

A Review of Anatomy, History, and Physiological Functions

青木吏絵

Rie Aoki

東海大学八王子病院 脳神経外科

Department of Neurosurgery, Tokai University Hachioji Hospital

Key words : bridging vein, junction between BV and sinus、supratentorial dural venous channel

**【History】**

Bridging vein(BV)とは、くも膜下腔に位置し、硬膜静脈洞に流入する静脈と定義される。BV が初めて文献上で言及されたのは、硬膜下血腫に関連する論文であった。1930-1940 年代に、Trotter, John Leary や Cabot らによって、硬膜下血腫の原因の大部分は BV の破綻であると述べられた。<sup>1,2,3)</sup> 外傷で着目され始めた BV ではあるが、後に surgical approach の際の処理のため研究され、さらには頭蓋内の静脈環流のための機能面に着目され、最終的には硬膜動静脈瘻発生に関わる静脈として近年また着目されるようになってきた趣深い血管といえよう。

**【Embryology】**

頭部の静脈系は3つの独立した system に分かれる。Superficial system (皮膚や軟部組織), dural system (硬膜, 骨) そして cerebral system である。これら3つの system は同一の毛細血管叢から発生したもので、これは第4週(頭殿長: 5~8mm)あたりまでは神経管を取り囲み、神経管の背外側へドレナージされ dural plexus を形成し、primary head sinus に合流する。Dural plexus はそれぞれ Anterior dural plexus は終脳、間脳、中脳から、middle dural plexus は後脳から、そして posterior dural plexus は髄脳から血流を受ける。第6週前後で meninx primitiva が層ごとに分かれ、軟膜静脈間の多数の吻合が Streeter が記述した“cleavage of blood vessels”の過程と並行して形成される。この過程により、深部の pial meningeal layer の環流を上記の plexuses にドレナージする多数の静脈は、発達する neural tube と表面の dural layer にある venous sinus の間の吻合へと形を変えていく。これがいわゆる“pial-arachnoidal vein”と呼ばれる connection であり、将来の BV である。つまりこの過程を経て、primary head sinus とその3つの dural plexus は真の dural system として確立し、cerebral system とは区別されるようになっていく。そしてこの二つの system は BV を介して連結している。第7週までには pial-arachnoidal vein がそれぞれの primitive brain (終脳、中脳、後脳、間脳、延髄) に通常確認できるようになり、当初存在していた複数の吻合が一部退縮していく。その際に残存したのが最終的な BV へとようになっていくため、その位置や数にはばらつきがあるのが一般的である。

ちなみに、第8週には頭蓋骨が発達し、superficial system（筋肉や皮膚）と dural system とが分離されていく。この2つの system 間の吻合の remnant が emissary vein である。<sup>4,5)</sup>

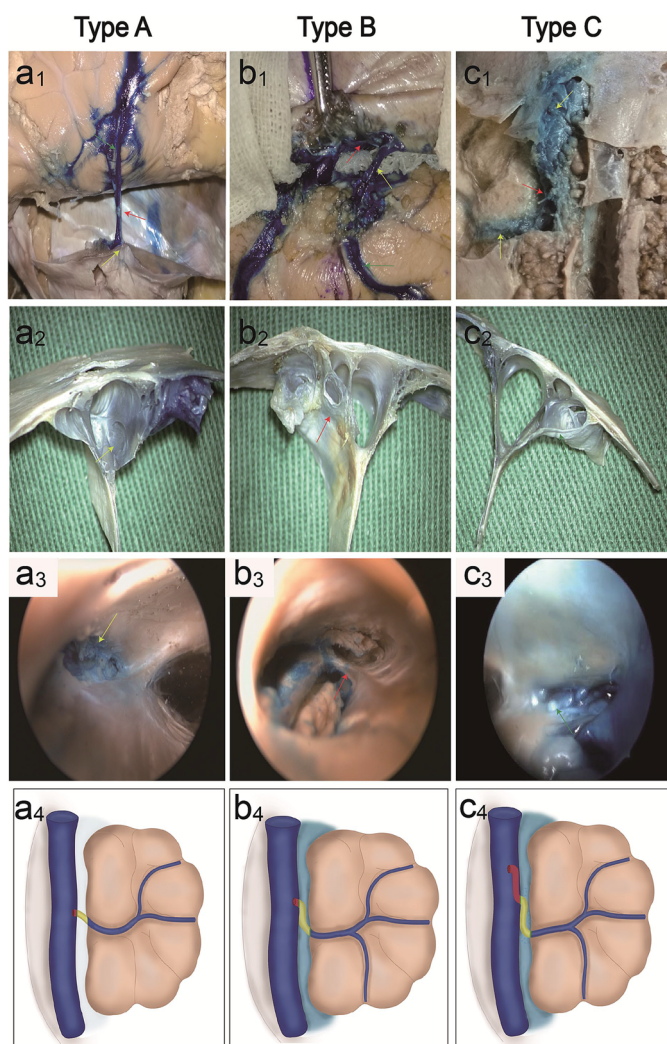
**【Anatomy】**

以下に脳における BV の主な存在部位やその特徴についてまとめる。

\* Superior cerebral BVs (Fig1)

BV の superior sagittal sinus(SSS)への硬膜入口部の解剖学的特徴については様々な文献で考察されている。まず SSS への流入角度についてであるが、Han らは、BV は約 97%の BV が静脈洞の血流の向きとは逆向きの角度で SSS の頭頂部に流入しておりその平均角度は 35°であったと報告している。<sup>6)</sup> 一方、Brockmann は、冠状縫合より約 2cm 前方で順行性流入が優勢であることを観察している。<sup>7)</sup> Karatas らも冠状縫合より前方は約 80%で順行性に流入していたと報告した。<sup>8)</sup>

次にその BV と SSS への流入する経路における形態学的な考察であるが、Yuanliang らはその形態を3つの type に分類し、Type A は直接 B V が SSS へ流入、Type B は硬膜の壁を密接に走行してから SSS へ流入、Type C はしばらく硬膜の壁を走行してから lateral sinus に入ってそれから SSS に流入するものと観察している。<sup>9)</sup>



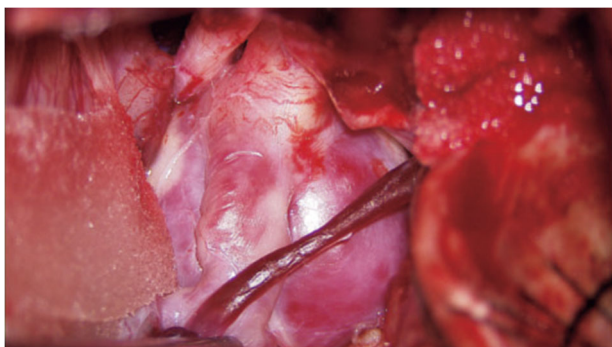
文献9より引用

また、Karatas らは、BV 形態と BV が SSS へ流入する経路についてそれぞれ着目し、3 つの形態と 4 つの流入経路を持つものとして述べている。まず形態については、Type 1 は single vein, Type 2 は 2 つ以上の vein, type 3 は venous complex を形成しているものと分類、また、SSS への経路については、直接流入するもの、硬膜内を走行してから流入するもの、venous lacunae に入ってから流入するもの、Falx 内を走行してから流入するものがあると報告した。最も多いのが type 1 の single vein が SSS に直接ドレナージされるもので、全体の 23.5%であった。また type2 の Falx を走行してから SSS にドレナージされるものは一例も観察されなかった。Venous complex の形成は冠状縫合より後方でよく見られた。<sup>8)</sup>

この特徴的な BV の流入方向について、生理学的見解を明確に記述している論文は少ないが、Brockmann らは、脳静脈環流を維持するのに有用な形状であると述べた。理由としては、脳血圧は、昨年述べたように静水圧の変化によって大きく左右されるため、これは、前頭葉や頭頂葉に比べてより多くの血液を排出する必要がある Tocular 付近で特に重要であり、実際前述したように様々な報告からも逆流向きに合流する BV のほとんどは、この合流部付近に存在したとしている。脳静脈が静脈洞へ逆行性に流入すると、脳静脈内の血圧は静脈洞内の圧力の大きな変動にあまり左右されなくなり、静水圧が低下した場合でも、流入する血液は常に同じ抵抗力で流入しることとなり、逆行性血流は、静水圧低下時の脳静脈の虚脱を防ぐ可能性もある。<sup>7)</sup>

**\*Middle cranial fossa BVs (Fig2)**

The sinus of the lesser sphenoid wing, 海綿静脈洞, または中頭蓋底への BV Sphenobasal あるいは Sphenopetrosal sinus などへの BV もしばしば観察される。前頭葉底部の静脈から前上方に向かい anterior temporal BV を形成し sphenoparietal sinus に合流する BV など実際術中に確認されることもある。<sup>10)</sup>



Intraoperative microscopic views of the frontobasal bridging vein 参考文献10より引用

**\*Superior tentorial BVs (Fig3)**

側頭葉の外側面と側頭葉および後頭葉の底後面 vein of Labbe も含まれる。Sakata らの報告によると tentorial BV の流入先は横静脈洞 52%, テント 23%, petrosal sinus が 25%であった。<sup>11)</sup> Keaton らは、superior tentorial BV は、小脳テントの superior layer を横断し tentorial sinus に流入し、inferior tentorial BV よりも数が少ないと報告した。<sup>12)</sup>

\* Anterior cranial fossa (Fig 4)

前頭葉の眼窩面の静脈は SSS へ流入

過去の解剖学的報告では前頭蓋底部では BV も emissary vein も記載されていない<sup>13)</sup>

\* Falcine BVs

帯状回や脳梁から inferior sagittal sinus, また傍海馬回や鉤状回などの血流が straight sinus へ流入する。<sup>13)</sup>

\* Petrosal BVs or anterior metencephalic group

Kiyosue らは, 症例の 94% で transverse pontine vein と海綿静脈洞後面をつなぐ BV を発見し, そのうち半数では両側性であったと報告している。<sup>14)</sup>

\* Inferior tentorial BVs or dorsal metencephalic group( Fig 5)

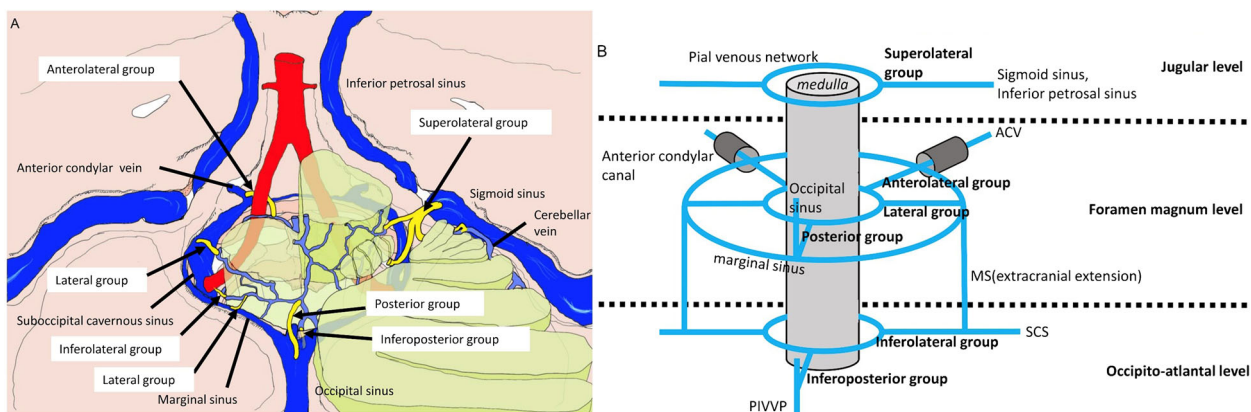
Inferior tentorial BV は直接または tentorial sinus を介して間接的に, 直静脈洞, torcular, または横静脈洞に流入する。<sup>13)</sup>

Keaton らによると, 多くは tentorial sinus に流入する前にテント内, つまり硬膜内を長い距離走行してからテントに合流していた。<sup>12)</sup>

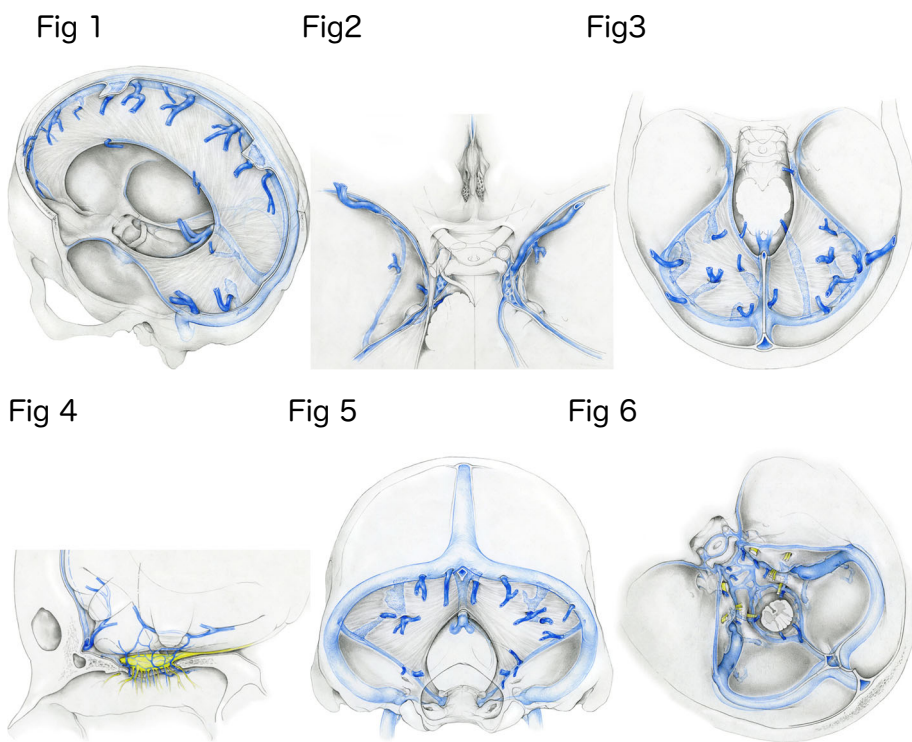
\* Medullary BVs (Fig6)

Kiyosue らや Matsushima らの報告によると, Pontomedullary sulcus レベルおよびそれより下方で, 8~14% の症例で頸静脈球付近の下錐体静脈洞へ, 37% の症例で遠位 S 状静脈洞へ, 9~42% の症例で marginal へ BV を認める。<sup>14, 15)</sup>

また Miyachi らは頭蓋頸椎移行部付近の BV を観察しまとめ, jugular の level で①superiolateral group, これは 278 本の BV のうち計 96 本みられ SS, IPS などに流入した。Foramen magnum の level で②anterolateral group, これは anterior condylar vein へ, ③lateral group これは Marginal sinus, ④posterior group, これは occipital sinus, occipitoatlantal の level で⑤inferolateral group, これは計 96 本 suboccipital sinus へ, ⑥inferoposterior group, これは posterior internal vertebral venous plexus に流入すると報告した。<sup>16)</sup>



参考文献 16 より抜粋



文献 13 より引用

**【Histology】**

静脈壁の一般的な構造は、外膜（結合組織からなり、豊富なコラーゲン線維とエラスチン線維、間葉系細胞）と中膜（平滑筋細胞とエラスチン線維）と内膜(多層構造の平滑筋内皮細胞がエラスチン組織)の3つの層から構成される。しかし、これらの3つの層はBVにおいて常に観察できるとは限らない。

<sup>17)</sup> 全ての部位のBVの組織学的研究が行われているわけではないが過去の報告を検討する。

ヒトのBVの微細構造特性を調査した最初の研究はYamashita, Friedeらにより1984年に報告された。彼らはBVの組織切片を示し、静脈のくも膜下腔部分と硬膜下腔部分の間にいくつかの違いがあることを指摘した。BVの壁の厚さは、硬膜下部分では最も薄い部分はわずか10µmで不均一である一方、くも膜下部分では、壁の厚さは50~200µmでほぼ一定であった。電子顕微鏡による検査では、静脈壁はくも膜下部分ではコラーゲンが密に分布しているのに対し、硬膜下部分ではコラーゲン線維が緩く織り込まれているだけであることが明らかになった。さらに、BVの硬膜下部分には、arachnoid trabecular cellによる密な補強がなく、薄くなったdural border cellが散在しているのみであった。コラーゲン線維の配列は常に円周方向の線維が縦方向の線維よりも優勢な傾向があり、特に硬膜下部分ではその傾向が顕著であった。これらの特徴から、BVは硬膜下部分の方がくも膜下部分よりも脆弱であることが示唆される。そのため、外傷によりBVの破綻で起こる現象としては硬膜下血腫となることが多い。<sup>18)</sup>

コラーゲン線維の配列の向きについては、Vignesら(2007)は、ヒトBVを透過型電子顕微鏡で観察し、SSS-BV接合部におけるコラーゲン線維のらせん状配向を実証した。これは、他の部位における

直線状配向とは対照的である。<sup>19)</sup> Nierenberger ら(2013)もヒト BV について、線維の配向を正確に決定することは困難であるものの、SSS におけるコラーゲン線維は、ほとんどが円周方向に配向しており、波状のコラーゲン束からなる非常に均質な構造を形成していると述べた。<sup>20)</sup> Famaey ら (2015) によると、コラーゲン線維の分布と向きは、BV の場所によって異なる。<sup>21)</sup> しかし、少なからず、SSS-BV の junction におけるコラーゲン線維の向きについては、多くの研究で螺旋状であった報告がなされており、昨年の NNAC にて述べたように頭蓋内の静脈環流を保つための sphincter 構造の特徴で、静脈が伸長時に適応するためのバネのように機能している可能性がある。<sup>19)</sup>

また、Yuanliang ら(2024)は BV と SSS の接合部に focus して検討をした。BV の壁は、均一に配列した波状のコラーゲン線維で構成されていた。静脈洞の壁は、密なコラーゲン線維で構成され、層状に配列していた。ここで BV と SSS の接合部は、3 つの type に分類しており、Type A では、疎な結合組織が静脈壁と硬膜を連結し、密な結合組織が静脈壁と SSS を密着して連結していた。Type B では、BV の上壁と下壁が SSS に密着しており、コラーゲン線維が様々な層状に配列していた。静脈洞壁は BV の内壁を形成し、コラーゲン線維は BV の外壁を形成していた。Type C では、BV は lateral sinus にあり、クモ膜顆粒の内側を走行しており、静脈壁は内皮細胞と多数のコラーゲン線維で構成されていた。<sup>9)</sup>

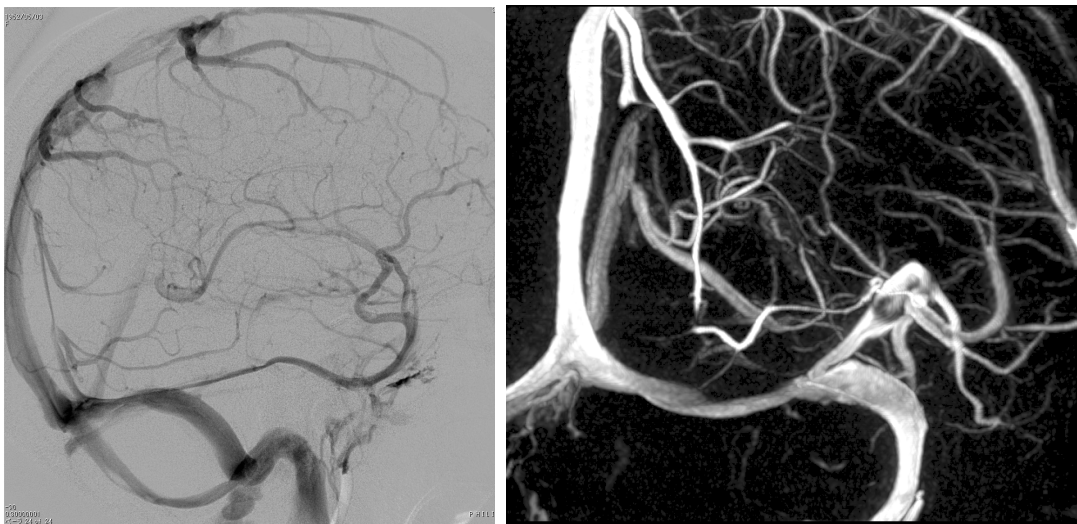
この BV と SSS の接合部については上述のような様々な特徴は、Vignes ら(2007)によると、BV と SSS の接合部には“sphincter”というべき構造であり、ショックアブソーバーとしてだけでなく、ベンチュリー効果による排出コーンとしても機能し、これが脳静脈の逆流防止システムとして作動している。<sup>19)</sup>

### 【dural sinus か BV か？】

Keaton ら(2023)は、tentorial sinus に流入する superior と inferior BV の構造の差異を観察し報告した。まず tentorial sinus 自体は、網状型と典型的な sinus 構造を呈する場合の2種類あり、網状型の方には BV の流入は見られなかった。また、superior BV は直接 tentorial sinus に流入したのに対し、inferior BV は硬膜内に入り構造を維持したままテント内を走行してから tentorial sinus に流入した。これを、彼らはそもそも dural sinus というよりも、硬膜内を単に BV が通過しているように見ると表現している。<sup>12)</sup>

上記に似た構造といえば、Shapiro らは、横静脈洞付近で皮質静脈が直接静脈洞に流入せず、近傍の円蓋部の硬膜内に入ってから静脈洞に流入することがあり、この構造は脳血管撮影では 10-26%で観察できると報告している。この円蓋部の硬膜内を走行する静脈のことを単なる BV とは venous channel という名称で区別し、“supratentorial dural venous channel”(SDVC)と命名している。<sup>22)</sup> BV の静脈洞への流入のパターンについてはいくつかパターンがあると前に述べた通り、特に SSS 近傍の BV においては直接 sinus に流入したり、しばらく硬膜内を走行してから流入したり、あるいは venous lacunae に入ってから静脈洞へ流入するものがあり、これと同様と考えればそもそも SDVC 自体も、硬膜内を走行している BV の一種なのか、あるいは venous channel かという論議になる。Shapiro らは実際 SDVC 内に比較的頻繁に arachnoid granulation を有することがあるため、venous channel とし

て区別しているが、これに対して Baltsavias らは、症例ごとに BV であったり、dural sinus であったりする可能性も否定できないとも述べる一方で、SDVC の下記症例 (Figure7) を示し、硬膜から実際静脈が剥離できたことから、dura sinus というよりも BV が硬膜内を走行していると考えた方が適切ではないかと提案している。<sup>23)</sup>



Supratentorial dural venous channel の一例 (arachnoid granulation を併せ持つ)  
文献 22 より 抜粋

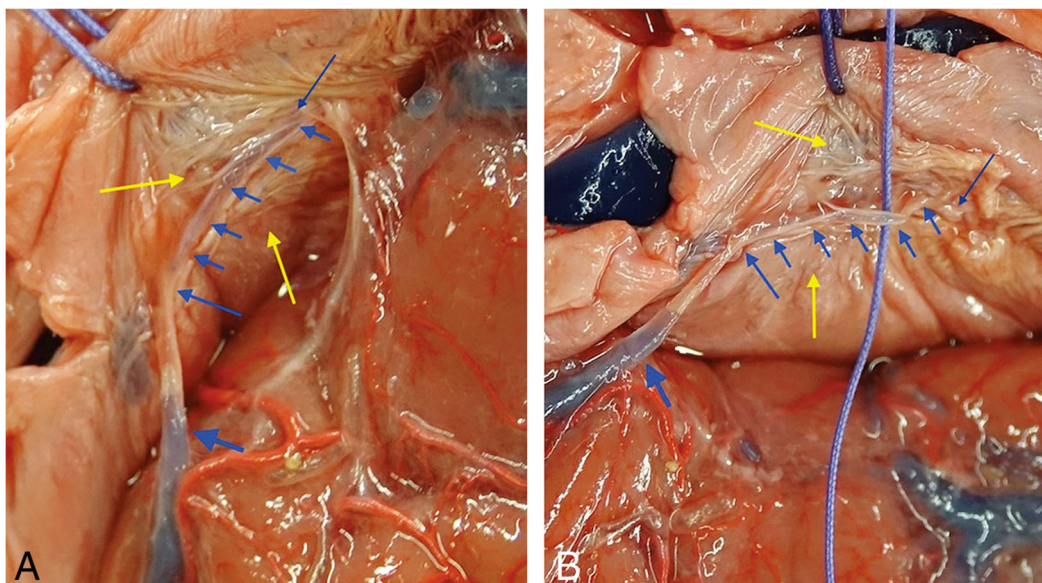


FIGURE 7. A, Cadaveric preparation showing a bridging vein (thick blue arrow) reaching the dura (blue arrow) at the lateral wall of the superior sagittal sinus and falx (yellow arrows), continuing (incomplete silicon penetration), embedded into the dura (multiple short blue arrows) to its piercing point (thin blue arrow), where it enters the sinus. Even macroscopically, one may see the bridging vein buried, not just adherent to and still easily distinguishable from the dura. The vein can be microscurgically prepared and separated from the dura, as it is shown in B (photo slightly tilted to the right compared with A). 文献23より抜粋

## ***Niche Neuro-Angiology Conference 2026***

### References

1. Trotter W (1914) Chronic subdural hemorrhage of traumatic origin, and its relation to pachymeningitis hemorrhagica interna. *Br J Neurosurg* 2:271–291
2. Leary T (1934) Traumatic subdural hemorrhages. *Am J Surg* 26:133–142
3. Cabot RC, Mallory TB (1940) Case 26512. *N Engl J Med* 223:1030–1033
4. Padgett DH. The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. In: *Contributions to Embryology*. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington; 1957;247:81–140
5. Streeter GL (1915) The development of the venous sinuses of the dura mater in the human embryo. *Am J Anat* 18(2):145–178.
6. Han H, Tao W, Zhang M. The dural entrance of cerebral bridging veins into the superior sagittal sinus: an anatomical comparison between cadavers and digital subtraction angiography. *Neuroradiology*. 2007 Feb;49(2):169–75.
7. Brockmann C, Kunze SC, Schmiedek P, Groden C, Scharf J. Variations of the superior sagittal sinus and bridging veins in human dissections and computed tomography venography. *Clin Imaging*. 2012 Mar-Apr;36(2):85–9.
8. Karatas D, Martínez Santos JL, Uygur S, Dagtekin A, Kurtoglu Olgunus Z, Avci E, Baskaya MK. A new classification of parasagittal bridging veins based on their configurations and drainage routes pertinent to interhemispheric approaches: a surgical anatomical study. *J Neurosurg*. 2023 Jun 2;140(1):271–281.
9. e Y, Lan T, Zeng X, Yang J, Wei R, Zhu J, Liu M, Zhu X. Bridging veins: an analysis of surgical anatomy and histology correlated with interhemispheric approaches. *Front Neuroanat*. 2024 Nov 28;18:1406252.
10. Hirotsuka Y, Isao A, Masahiro Tanaka, Toshinori M et al : Several Cerebral Venous Variants that Neurosurgeons, Including Endovascular Interventionists, Should Know Surgery for Cerebral Stroke 50(1):8-13
11. Sakata K, Al-Mefty O, Yamamoto I. Venous consideration in petrosal approach: microsurgical anatomy of the temporal bridging vein. *Neurosurgery*. 2000 Jul;47(1):153–60
12. Ott KN, Chaiyamon A, Cardona JJ, Reina F, Carrera A, Iwanaga J, Dumont AS, Small JE, Tubbs RS. Revisiting the Tentorial Venous Sinuses: Anatomical and Histological Study. *World Neurosurg*. 2023 May;173:e677–e682.
13. Baltsavias G, Parthasarathi V, Aydin E, Al Schameri RA, Roth P, Valavanis A. Cranial dural arteriovenous shunts. Part 1. Anatomy and embryology of the bridging and emissary veins. *Neurosurg Rev*. 2015 Apr;38(2):253–63
14. Kiyosue H, Tanoue S, Sagara Y, Hori Y, Okahara M, Kashiwagi J, Nagatomi H, Mori H. The anterior medullary-anterior pontomesencephalic venous system and its bridging veins communicating to the dural sinuses: normal anatomy and drainage routes from dural arteriovenous fistulas. *Neuroradiology*. 2008 Dec;50(12):1013–23.

## ***Niche Neuro-Angiology Conference 2026***

15. Matsushima T, Rhoton AL Jr, de Oliveira E, Peace D. Microsurgical anatomy of the veins of the posterior fossa. *J Neurosurg.* 1983 Jul;59(1):63-105.
16. Miyauchi T, Mizutani K, Akiyama T, Toda M. Bridging veins at the craniocervical junction: from anatomy to clinical significance in dural arteriovenous shunts. *Neuroradiology.* 2024 Jan;66(1):55-62.
17. Yamashita T, Friede RL. Why do bridging veins rupture into the virtual subdural space? *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984 Feb;47(2):121-7.
18. Vignes JR, Dagain A, Guérin J, Liguoro D. A hypothesis of cerebral venous system regulation based on a study of the junction between the cortical bridging veins and the superior sagittal sinus. Laboratory investigation. *J Neurosurg.* 2007 Dec;107(6):1205-10.
19. Nierenberger M, Wolfram-Gabel R, Decock-Catrin S, Boehm N, Rémond Y, Kahn JL, Ahzi S. Investigation of the human bridging veins structure using optical microscopy. *Surg Radiol Anat.* 2013 May;35(4):331-7.
20. Famaey N, Ying Cui Z, Umuhire Musigazi G, Ivens J, Depreitere B, Verbeken E, Vander Sloten J. Structural and mechanical characterisation of bridging veins: A review. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2015 Jan;41:222-40.
21. Shapiro M, Srivatanakul K, Raz E, Litao M, Nossek E, Nelson PK. Dural Venous Channels: Hidden in Plain Sight-Reassessment of an Under-Recognized Entity. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2020 Aug;41(8):1434-1440.
22. Baltsavias G, Paterno V, Lanfermann H. The So-Called Cranial Dural Channels and Their Relationship with the Bridging Veins. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2021 Apr;42(4):E29-E30.