

脳静脈の中でのBVR

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:

Basal vein of Rosenthal, embryology, primitive tentorial sinus, cavernous sinus capture

はじめに

Basal vein of Rosenthal (BVR)はまるでシルクロードのように、頭蓋底部を長軸方向に長距離にわたり走行して表在・深部・後頭蓋窩の各領域を繋ぎ、交通の要所であるcavernous sinusとvein of Galenを結ぶ。普段の臨床でBVRが直接関わることは多くはないが、静脈灌流において非常に重要な血管であり、シャント疾患などではその理解は必須である。

BVRが血流を集める領域が多岐にわたることや3つのsegmentに分かれていることは、その発生に由来している。またその発生を紐解くと周囲の静脈の成り立ちやバリエーションも理解できるようになり、静脈解剖の理解の導入としてBVRは有益な血管である。

本稿ではBVRの発生とそれに基づく機能や周囲の静脈のバリエーションについて解説するが、実際に学習する際には正常解剖と機能を理解した上でそのルーツとなる発生を紐解き、それに伴うバリエーションを理解すると理解しやすい。また、理解の導入のために極力模式的な図を用いて解説している。詳細な構造等については成書に当たって頂きたい。

発生

脳静脈発生の概要と、その中でのBVRの形成過程について概説する¹⁻⁴⁾。Primitive tentorial sinusとcavernous sinus captureに注目すると理解しやすくなる (Fig 3,4)。

>胎生4週頃

胎生初期、脳循環は拡散diffusionによって灌流されているが、それらを集め管状構造の静脈が出現してくる。Primary head sinusが最初の管状静脈路として形成され、そこに3系統(anterior, middle, posterior)のdural plexusが流入する(それぞれの請け負う灌流領域と、それらの分化はFig 4参照)。

>胎生7-8週頃

dural plexus同士が吻合を持ち始めるが、この段階で終脳telencephalon (のちの脳)、間脳diencephalon (のちの視床)、中脳mesencephalonからそれぞれの灌流を集めるtelencephalic vein (Tel. vein)、diencephalic vein (Di. vein)、mesencephalic vein (Mes. vein)が現れる。これらはTel. vein (のちのSMCV, DMCV)の本幹が引き伸ばされて形成されるprimitive tentorial sinusに流入し、anterior dural plexusの前方から成るprimitive marginal sinus (のちのSSS, ISS, StS, TS)へ注ぐようになる。

Niche Neuro-Angiology Conference 2024

>胎生9-11週頃

小脳や小脳テントが形成されTSやprimitive tentorial sinusが固定されるとともに、大脳の発達に伴いこれらは長軸方向に引き伸ばされる。それに伴いprimitive tentorial sinusは次第に閉塞していくが、その長軸方向の交通を受け継ぐようにTel. vein, Di. vein, Mes. vein同士が吻合してBVRが形成されはじめる。この3つのveinを原基とするため、BVRは3つのsegmentに分けられる。そして前方、後方、側方で下記のように周囲の静脈と接続していく。

前方では、primitive tentorial sinusの前方成分がpro-otic sinusの一部（のちのCS）と合流していきBVRの血流もそこに接続されていく。この過程はcavernous sinus captureと呼ばれ、BVRだけでなくCS, UV, tentorial sinusなどのバリエーションにも関与する。

後方正中側では、Mes. veinがICVと接続しVOGに血流を注ぐ。

側方ではMetencephalic veinと吻合し、のちにlateral mesencephalic veinを形成し、petrosal veinを介しSPSと連続する。これにより後頭蓋窩との交通を持つようになる。

機能

上記のような発生過程を辿るため、BVRは広範な領域から血流を集め、それぞれ1st segは大脳、2nd segは深部（主に視床）、3rd segは後頭蓋窩から主に灌流を受ける。それぞれの主な流入静脈を下記に示す。

BVRはその局在から深部静脈に分類されることが多いが、上記の通り深部静脈だけでなく皮質静脈からの灌流も受けるため、表在静脈としての性質も併せ持つ特殊な静脈と言える。

BVR、ICVは深部静脈からの血流を受けるが、後方ではVOGへ収束する形態であるため他の静脈系と比較し灌流路としての許容性が乏しい。そのため急性の閉塞に対しては髄質静脈を介した側副血行が間に合わず灌流障害を起こしやすい (Fig 5)。

またBVRは左右の連絡路としての機能もある。BVRの一部は中脳を取り囲むようなmesencephalic heartとも呼ばれるハート型を形成しており、その中でPedVやPcomが左右の連絡を持つ。またその前方ではAcomVが左右を連絡してBVRの一部とともに静脈輪を形成し、Trolard venous circleと呼ばれる。これらの静脈輪を認識することで、血管撮影上でのBVRの走行が把握しやすくなる。

>1st seg

大脳： anterior cerebral vein, deep middle cerebral vein

深部： inferior striate vein

>2nd seg

後頭蓋窩～深部： peduncular vein, inferior thalamic vein, inferior ventricular vein

大脳： medial temporal vein

>3rd seg

後頭蓋窩： lateral mesencephalic vein

深部： posterior thalamic vein, lateral atrial vein

大脳： inferior occipital vein

バリエーション

上述の通り3つの静脈系が癒合して形成されるため、その癒合が不完全な場合には各segmentの間の disconnectionが起こりBVRのバリエーションとなる。通常の灌流では問題とならないが、シャント疾患や静脈の閉塞などにより病態に関与してくることがあり注意が必要である。

>1st-2nd seg disconnection(Fig 5,6)

BVRの後方へのdrainage routeが制限されることになる。そのためCSのシャント疾患の場合、CSから uncal veinを介しBVRへ逆流した血流は後方へdrainageされず、1st segへ流入するDMCV、ACVなどの皮質静脈への逆流となり、シャントとは離れた部位で脳浮腫や脳出血を起こす場合がある (false localizing sign)。

>2nd-3rd seg disconnection

同様に後方へのdrainageが制限されるが、2nd segではPcom vein、 peduncular veinなどを介した左右の交通もあるため、CSからの逆流は3次元的になり対側への逆流を呈する場合がある。またpeduncular vein からanterior pontomesencephalic veinへ逆流を呈し脳幹の浮腫を生じる場合もある (Fig 7)。

>3rd seg disconnection (Fig 6,7)

3rd segがVOGと接続しない場合、後方への流出路としてBVR 2nd seg→lateral mesencephalic vein→ petrosal vein→SPSという走行経路をとる場合がある。また3rd segが発達しない場合、primitive tentorial sinusとの連絡が消退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) 。この場合にテントのシャント疾患などを生じると、BVRを介して逆流が高頭蓋窩や皮質静脈まで及ぶ場合もある。また3rd segのdisconnectionやprimitive variantが、non aneurysmal perimesencephalic SAHと関連するという報告もある。

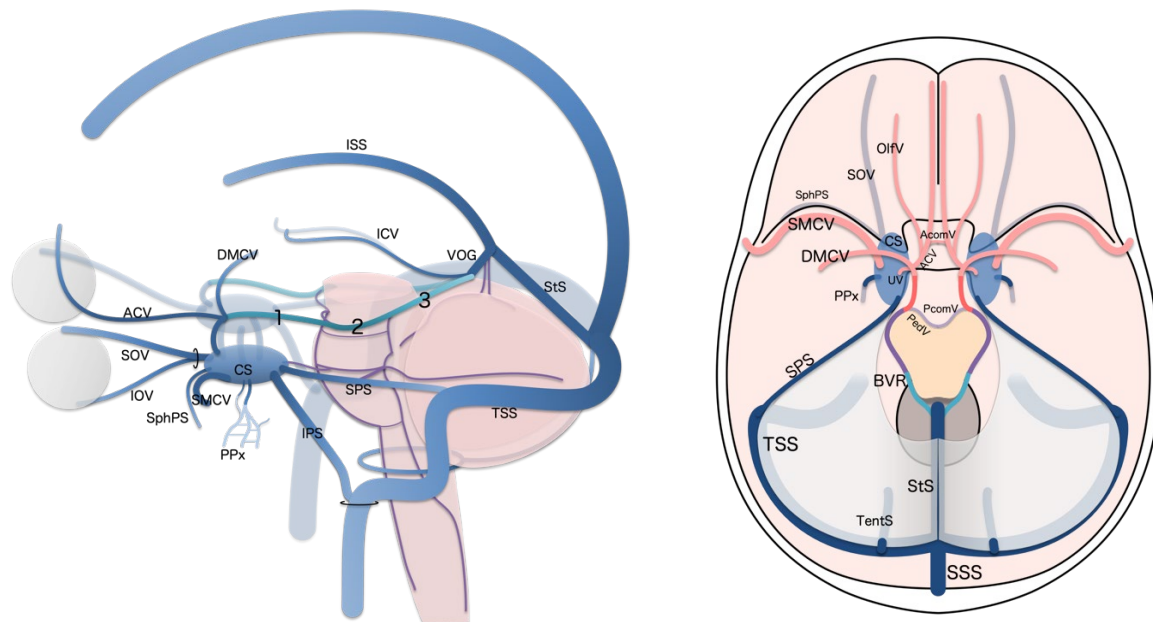


Fig 1. BVR と周囲の静脈の概観

SSS; superior sagittal sinus, ISS; inferior sagittal sinus, StS; straight sinus, TSS; transverse sigmoid sinus, SPS; superior petrosal sinus, IPS; inferior petrosal sinus, CS; cavernous sinus, ICV; internal cerebral vein, VOG; vein of Galen, ACV; anterior cerebral vein, DMCV; deep middle cerebral vein, SMCV; superior middle cerebral vein, UV; uncal vein, AcomV; anterior communicating vein, PcomV; posterior communicating vein, SOV; superior orbital vein, IOV; inferior orbital vein, SphPA; sphenoparietal sinus, PPx; pterygoid plexus

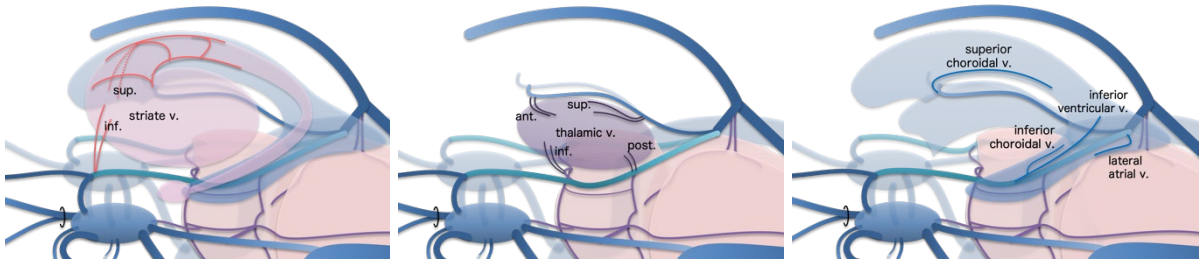


Fig 2. 深部静脈の分布

ICV と BVR は深部静脈からの灌流を受ける。Striate vein は上方は ICV、下方は BVR へ、thalamic vein は前上方は ICV、下後方は BVR へ注ぐ。脳室からは inferior ventricular vein, inferior choroidal vein, lateral atrial vein が BVR へ流入する。

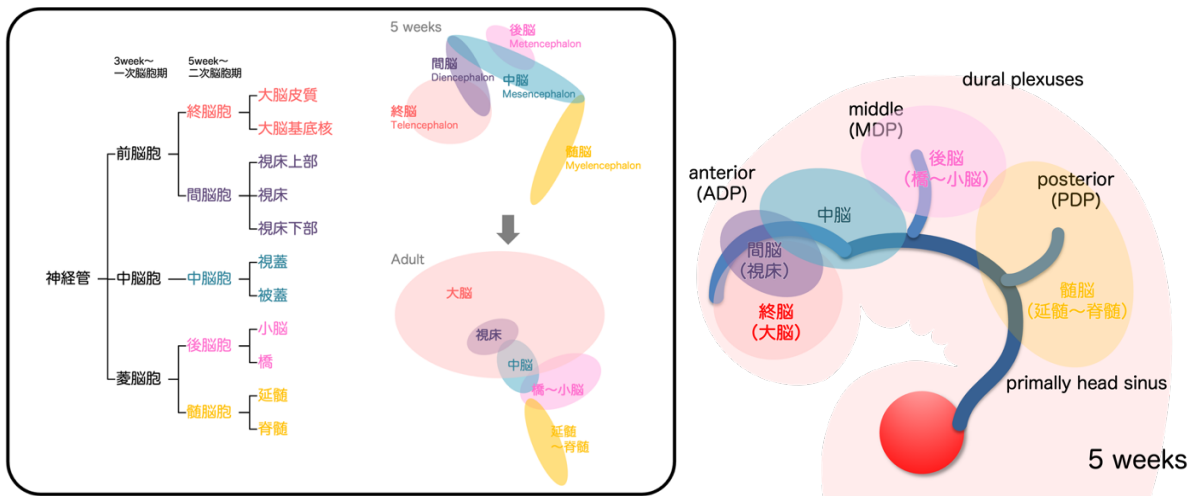


Fig 3. 脳胞の発生過程と dural plexus の灌流領域

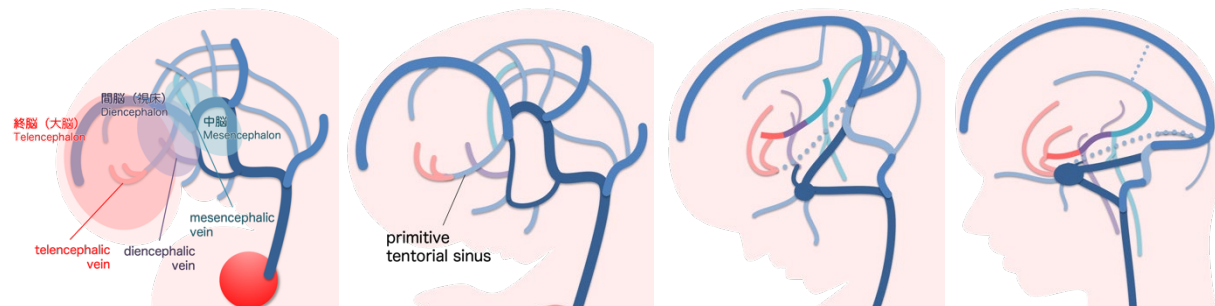


Fig 4. BVR の発生過程

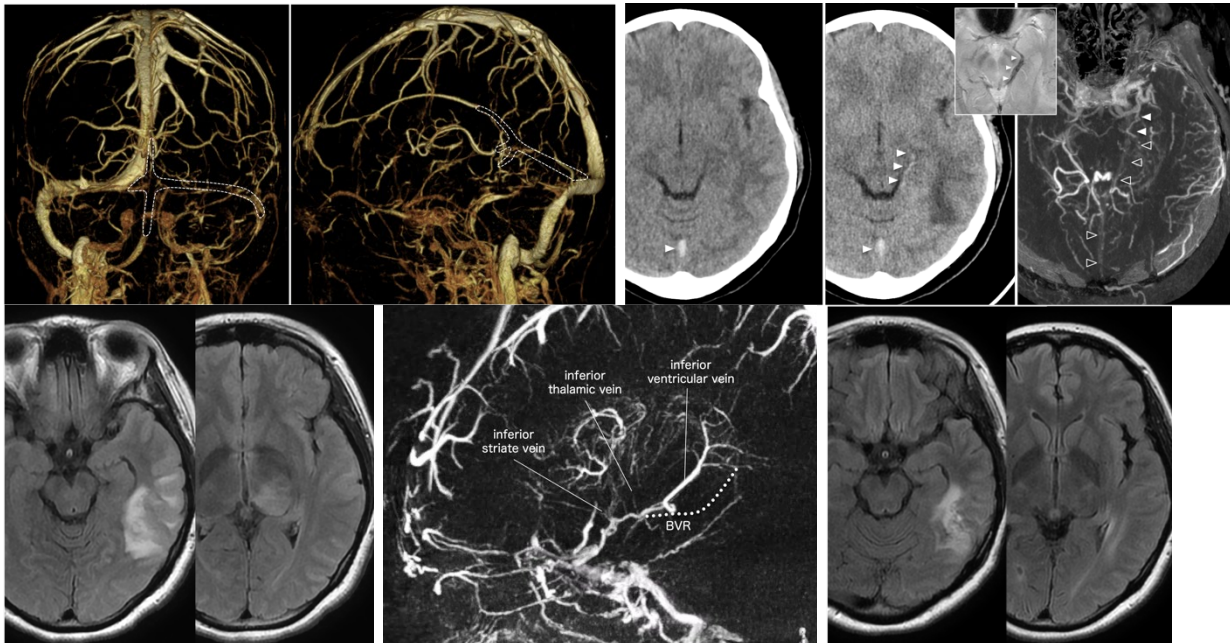


Fig 5. 静脈洞血栓症の症例

当初、ICV~VOG~StS~左 TSS の閉塞で左側頭葉の浮腫を生じていたが、二次的に左 BVR が閉塞し左視床の浮腫も呈した。その後 1st~2nd seg が再開通し、視床の浮腫は改善した。

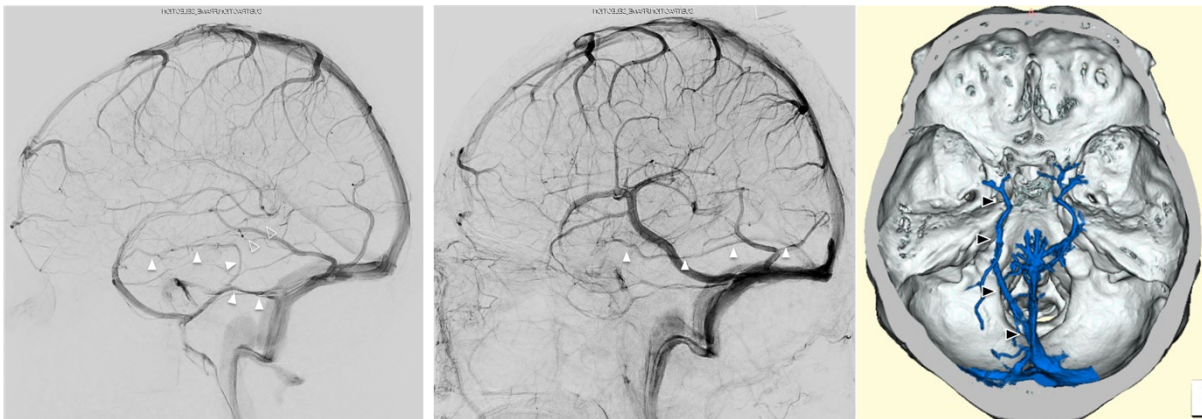


Fig 6. 3rd seg の disconnection あるいは低形成の症例

左の症例では 2nd seg から lateral mesencephalic vein、petrosal vein を介して SPS に流入している。右の症例は primitive variant で、2nd seg からテントの自由縁で tentorial sinus と接続して本症例では StS へ流入している。

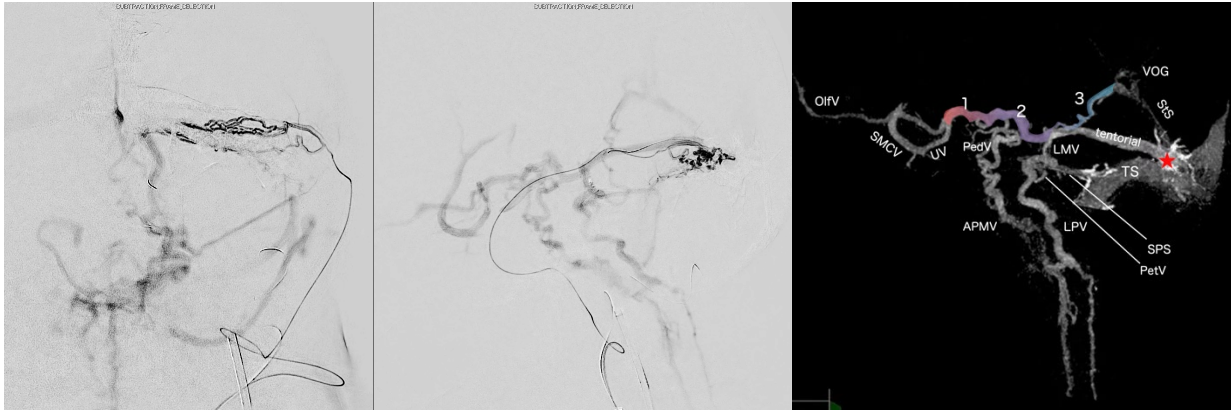


Fig 7. 多発 DAVF の症例

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 からの逆流が BVR の 2nd と 3rd segment の間に合流し、lateral mesencephalic vein や peduncular vein を介して後頭蓋窩に、DMCV を介して olfactory vein へ、また uncal vein を介して SMCV へも逆流が見られる。本症例では BVR は primitive variant の走行を呈しているが、3rd seg~VOG への交通も見られるため、元々は normal type であったが tentorial sinus にシャントができたことで primitive tentorial sinus のチャンネルが開き利用されていると考えられる。

参考文献

1. 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, 大阪, 2011, 443-505
2. Padget DH. The cranial venous system in man in reference to development, adult configuration, and relation to the arteries. *Am J Anat* 98(3): 307-355, 1956.
3. Padget DH: The development of the cranial venous system in man. *Contribution to embryology*. 36, 1957
4. Newton TH, Potts DG: The basal cerebral vein and its tributaries: *Radiology of the skull and brain*, vol2, book3. Mosby, St Louis, 1974, 2111-2154
5. Miyamoto N, et al. Clinical and angiographic characteristics of cavernous sinus dural arteriovenous fistulas manifesting as venous infarction and/or intracranial hemorrhage. *Neuroradiology* 51(1) 53-60, 2009.
6. Takazawa H, et al. Dural arteriovenous fistula involving the cavernous sinus as the cause of intracerebral venous hemorrhage: a case report. *No Shinkei Geka* 33(2) 143-147, 2005.
7. Lamprecht P, et al. Contralateral extensive cerebral hemorrhagic venous infarction caused by retrograde venous reflux into the opposite basal vein of Rosenthal in posttraumatic carotid-cavernous fistula: A case report and literature review. *Interv Neuroradiol* 24(5) 546-558, 2018.