

脳静脈の発生と解剖

A

脳静脈の発生：総論

脳の血管は中胚葉を起源とする。血管系は神経系に先んじて血管芽細胞を起源として、成長接合して管腔形成し、導管としての役割をもつようになる¹⁾。

胎生 8 週（頭臂長 18 mm）までに静脈系の原型として、primitive marginal sinus [のちの上矢状静脈洞（superior sagittal sinus: SSS）や横静脈洞（transverse sinus: TS）]、および終脳の血流を受けてそれに合流する短い primitive tentorial sinus が形成される²⁾。また prootic sinus と通じた venous plexus も、様々な静脈還流の cross road である海綿静脈洞の原型として形成される³⁾。

胎生 9 週（頭臂長 24 mm）では、primitive tentorial sinus が終脳の表在性・深部静脈系、脈絡叢、間脳、さらに背側で中脳から静脈還流を受ける。その後大脳半球の著明な発達に伴い、primitive tentorial sinus が延長・退縮していくのに従って、代替となるルートが形成されていく。胎生 13 週（頭臂長 80 mm）には深部静脈系（内頸静脈系とそれにわずかに遅れて脳底静脈系）が形成され、同時期に前述の primitive marginal sinus が発達し、硬膜静脈洞も形作られる。そして出生前後に sylvian fissure が閉じる頃に、superficial middle cerebral vein（SMCV）と、海綿静脈洞部の venous plexus との交通が形成され、表在静脈系の drainage root が確立されるとともに静脈系が完成を迎える。以上をもって、大きな drainage root の変遷は終焉を迎えるが、出生後も細かな消退や発達を繰り返す。

B

脳静脈の発生と解剖：各論

テント上の脳静脈は、一般に表在性脳静脈系と深部静脈系に分けられる。前者は表在の硬膜静脈洞に、後者は内大脳静脈や脳底静脈を経て深部の硬膜静脈洞に還流し、両側の内頸静脈や椎骨静脈叢に導出される。また、両者をつなぐものが髄質静脈であり、髄質からの導出路としてのみならず、側副路として重要な役割をはたす⁴⁾。

1) 表在性脳静脈系 (図 1)

新皮質からの灌流を受ける静脈の総称で、大脳の皮質静脈および皮質下白質の浅い部分から脳表に伸びる浅髄質静脈系の特徴として variation に富むことがあげられる。また術前の画像診断と合わせることで、静脈の位置が解剖学的オリエンテーションの指標とな

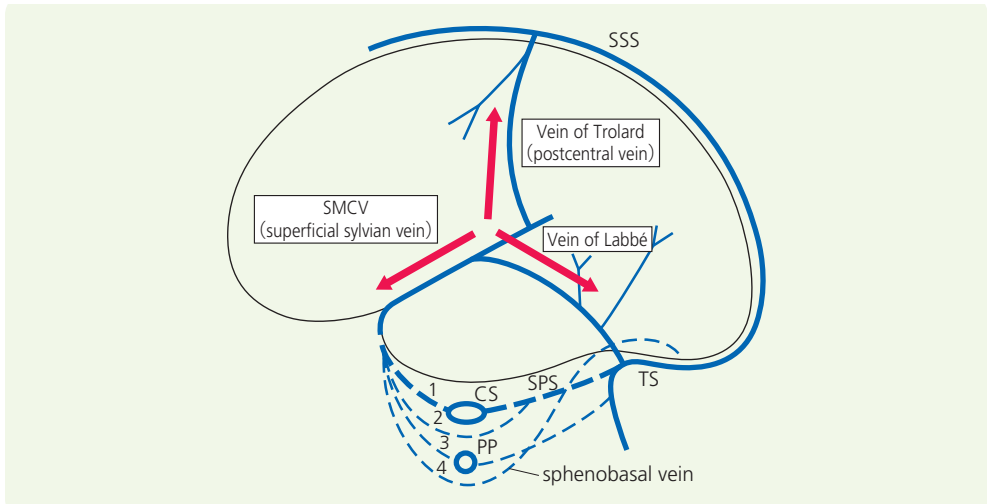


図1 表在性脳静脈系

未発達の場合もあるが great anastomotic vein とよばれる vein of Trolard や vein of Labbé を介して上矢状静脈洞 (SSS) や横静脈洞 (TS) に流出する⁶⁾。その他に、SMCV からの導出路として4つのルートがあり、cavernous sinus drainage (1) や paracavernous sinus drainage (2~4) とよばれる。PP: pterygoid plexus

る。また圧排様式によって実質内外の腫瘍の鑑別にも有用とされる。

皮質静脈は、superficial telencephalic vein (後の SMCV/superficial sylvian vein) および deep telencephalic vein [後の deep middle cerebral vein (deep MCV)] の2つの静脈を介して導出され、後者は脳底静脈に流入する。ちなみに約半数の症例で両者は吻合を認める。このうち原始的な導出路として、発生学的には superficial telencephalic vein への導出が基本であり、Padget の記載による primitive tentorial sinus を介して横静脈洞などに還流する。これは paracavernous sinus drainage とよばれ、sphenobasal vein や pterygoid plexus, sphenopetrosal vein および superior petrosal sinus (SPS) を介したルートで横静脈洞に至る⁴⁾。

その後でもに出生前後にかけて増大・拡大する大脳の静脈還流を担うために、その分岐が great anastomotic vein とよばれる vein of Trolard や vein of Labbé を介して SSS や TS、さらには海綿静脈洞 (cavernous sinus: CS) に capture され、複数の導出路ができると考えられる。

こうした過程を経て形成された皮質静脈は、いずれの導出路をもつかで上大脳静脈群、浅中大脳静脈、下大脳静脈群の3つに分けられる⁵⁾。上大脳静脈群は SSS 近傍で、vein of Trolard を含む外側群と大脳半球内側面で脳梁付近から起こり上行する内側群が合流し、架橋静脈を経て SSS に灌ぐものである。浅中大脳静脈は通常2本以上存在し、sylvius 裂周囲の弁蓋部から軟膜静脈を集めて前下方に向かう。下端にて内側に方向を変え、蝶形骨大翼で1本に合流しながらも膜を貫通し、前記の paracavernous sinus drainage あるいは cavernous sinus drainage (cavernous sinus capture) とよばれるルートをたどる。下大脳静脈群は、側頭葉・後頭葉の外側面や下面の小静脈を集めて横静脈洞に灌流するものであり、しばしば浅中大脳静脈と吻合し、vein of Labbé とよばれる。

2) 深部静脈系 (図 2-1, 2-2, 図 3)

基底核・間脳・中脳からの灌流をうける静脈の総称で、線条体静脈 (灰白質の静脈)、深髄質静脈 (深部白質の静脈)、choroidal veins of lateral ventricle (側脳室脈絡叢から始まる静脈) などからなり、内大脳静脈や脳底静脈を経て深部の硬膜静脈洞に還流し、両側の内頸静脈や椎骨静脈叢に導出される。表在性静脈系と異なり、variation が少なく、解剖学的な landmark にも使用可能であるという特徴をもつ。

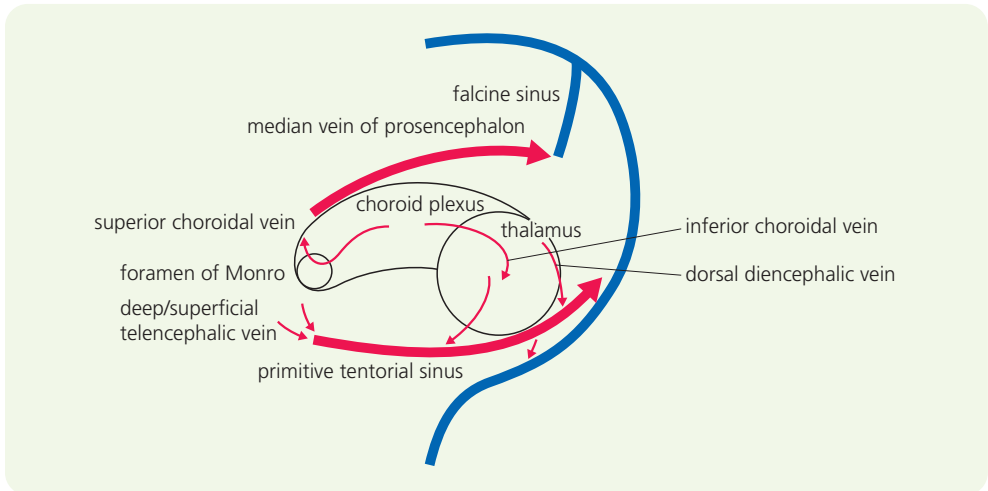


図 2-1 深部静脈の発生 胎生 9 週 (頭臀長 24 mm) (石黒友也, 他. Niche Neuro-Angiology Conference 2014, Understanding of the Deep Cerebral Veins.⁷⁾ より改変)

primitive tentorial sinus への導出が主だが、脈絡叢からの導出は superior choroidal vein および median vein of prosencephalon を介するものへ変じていく。

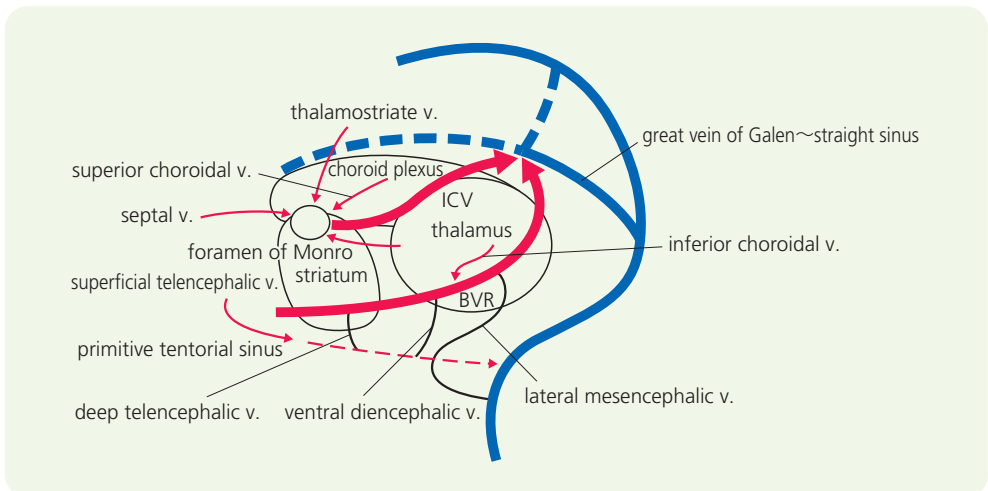


図 2-2 深部静脈の発生 胎生 13 週 (頭臀長 80 mm) (石黒友也, 他. Niche Neuro-Angiology Conference 2014, Understanding of the Deep Cerebral Veins.⁷⁾ より改変)

内頸静脈系が発達し、Monro 孔付近で血流を集め、深部静脈還流の主流を担うようになる。また primitive tentorial sinus に代わり、BVR が終脳・間脳・中脳からの血流を集めるようになる。

発生学的な drainage route の変遷は以下のとおりである。神経管が閉塞したのちは神経管表面の原始髄膜と内部の脈絡裂が重要な栄養の供給ルートとなる。特に後者の栄養は、anterior choroidal artery の choroidal branch によってまかなわれ、その drainage route、すなわち脳室内の脈絡裂（叢）からの drainage route が深部静脈系を形作っていくこととなる。Superior choroidal vein を介して導出される内大脳静脈系、inferior choroidal vein を介して導出される脳底静脈系に大別される。

① 内大脳静脈系

当初、脳室からの導出は、inferior choroidal vein から ventral diencephalic vein へ流出する脳底静脈系を介するものであるが、その後、superior choroidal vein を介するものにメインルートを移し、間脳の背側に形成される1本の median vein of prosencephalon に導出されるようになる。さらに、基底核からの血流が増えるにつれて、一对の internal cerebral vein (ICV) が発達する。Superior choroidal vein はモンロー孔付近で ICV につながり、ICV は median vein の後方につながるようになる。Median vein は吻側から退縮し、残った尾側の median vein が great vein of Galen となる。これにより、脈絡叢からの還流は ICV を介することとなる (choroidal drainage の ICV capture)。その後、ICV は superior choroidal vein に加えて、(subependymal vein を介して) deep medullary vein, thalamostriate vein, septal vein とはいずれも Monroe 孔付近で合流することで、脈絡叢・深部白質・基底核や視床・透明中隔からの血流を集め、great vein of Galen を介して直静脈洞へ導出することとなる。

ちなみに、ICV は great vein of Galen とともに transverse cerebral fissure (発生学的

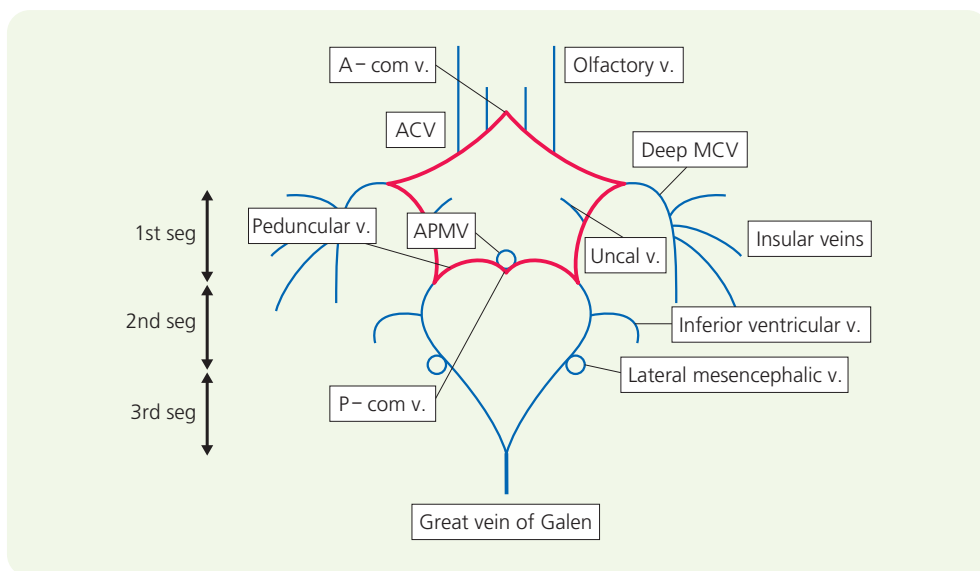


図3 脳底静脈系

赤線が Trolard 静脈輪。basal vein of Rosenthal の各 segment も図の左に示した。

ACV: anterior cerebral vein, A-com v.: anterior communicating vein, P-com v.: posterior communicating vein, APMV: anterior pontomesencephalic vein

に終脳と間脳の間浅い tele-diencephalic sinus が発達したもの) にあり、間脳の背側に乗った脳表の静脈ともいえる。実際、多数の皮質静脈が流入したり、Trolard venous circle を介し、反対側の静脈や脳幹部などテント下の静脈と交通があり、表在皮質静脈の性質ももつ。

② 脳底静脈系

深部静脈のより原始的な導出路である。脈絡叢から inferior choroïdal vein を経て ventral diencephalic vein へ流出し、当初は tentorial sinus を介して TS に流入している。表在性脳静脈系の項で述べたように、新生児期に発達する SMCV は sylvian fissure が閉じる時期になると主に CS に還流するようになり、tentorial sinus は、一部が paracavernous drainage として遺残するものの退縮していく。そこで、それまでの tentorial sinus の役割を担うべく形成されるのが basal vein of Rosenthal (BVR) である。BVR は本来 pial vein であり、5つの secondary brain vesicles (終脳、間脳、中脳、後脳、髄脳) から還流する静脈枝を直列につないだ静脈 (longitudinal anastomosis channel) といえる。こうして形成された BVR は終脳・間脳・中脳からの血流を集め、内頸静脈系と同様に great vein of Galen を介して直静脈洞へ導出するようになる。

加えて軸位断の視点で語ると、Willis 動脈輪が頭蓋底で前後左右の動脈を結ぶように、その直上で Trolard 静脈輪 (vein circle of Trolard; 図3参照) が静脈系の側副路を形成する。ちなみに、anterior communicating vein (A-com v.) より posterior communicating vein (P-com v.) の方が太く、前者が 50% の症例でみられるのに対し、後者はほぼすべての症例で認められる。

また、Trolard 静脈輪の後方では、中脳を取り囲むように P-com v., peduncular v., BVR の 2nd/3rd segments, および great vein of Galen でハート形 (mesencephalic heart) が描かれ、こちらも側副路として重要である。

深部静脈は variation が少ないと前述したが、その中で脳底静脈は発生学的背景に基づいた形成不全や variation が多く、様々な病態において血行動態面で影響を及ぼしやすい点が特徴的とされる。

最も多いのが 1st segment と 2nd segment の間での形成不全であり、その場合には同側の uncal vein (UV) が発達し CS への導出路として機能することが多い。ただ、同側 UV も未発達の場合、A-com v. ⇒ 対側 UV ⇒ CS あるいは A-com v. ⇒ 対側 BVR ⇒ vein of Galen と流出する例も報告されている。また、CS dural AVF において BVR, deep MCV を遡って側頭葉に脳出血をきたした例も報告されている⁸⁾。

このようにどの segment の間で形成不全があるのか、UV は発達しているのか、deep MCV と SMCV の吻合は発達しているのかによって、静脈洞の閉塞や dural AVF での venous reflex に伴う、うっ血 (静脈性梗塞) や出血の発生部位が左右される。病態を考察する際、治療戦略を立てる際にその静脈還流の形態を知ることが肝要である。

③ 髄質静脈

その局在から表在性あるいは深部静脈系に分類されることが多いが、本章では別に記載する。発生としては germ cell layer から gray matter までの神経細胞移動 (neural migra-

tion) と強く関連し、髄質内の血流パターン (流出の方向) によって superficial group と deep group に分けられる⁴⁾。Superficial medullary vein と deep medullary vein はともに、大脳皮質下 1~2 cm のところから始まるが、前者は脳表の pial vein に後者は深部の subependymal vein に流入する。

脳梗塞や動静脈奇形、膠芽腫などで特徴的な拡張をし、前述のように静脈洞の閉塞や CS dural AVF に皮質逆流が合併した場合などに側副路としてはたらしき流出することがある。

文献

- 1) 藤本勝邦. 脳循環の形態. 川崎医会誌一般教. 2011; 37号.
- 2) 田上秀一. Anatomy of cerebral venous drainage with focusing on functional anatomy of tentorial sinus. Niche Neuro-Angiology Conference 2012.
- 3) 田上秀一, 清末一路. Development and variation of cavernous sinus. Niche Neuro-Angiology Conference 2010.
- 4) 小宮山雅樹. 脳脊髄血管の機能解剖 (詳細版). 大阪: メディカ出版; 2011.
- 5) 宮坂和男. 脳・脊髄血管造影マニュアル 第3版. 東京: 南江堂; 1997.
- 6) 宜保浩彦, 他. 臨床のための脳局所解剖学. 東京: 中外医学社; 2000.
- 7) 石黒友也, 小宮山雅樹. Understanding of the deep cerebral veins. Niche Neuro-Angiology Conference 2014.
- 8) 久保道也, 桑山直也. Functional anatomy of basal vein of Rosenthal. Niche Neuro-Angiology Conference 2009.

【吉川剛平, 石川達哉】