

後頭蓋窩の静脈解剖

Venous anatomy of the posterior fossa

石黒友也

Tomoya Ishiguro

大阪市立総合医療センター 脳血管内治療科

Department of Neurointervention, Osaka City General Hospital

Key word: posterior fossa vein, brainstem, cerebellum

【はじめに】

後頭蓋窩の静脈はテント上と比べて狭い空間に密集しており、さらに様々な variation を認めるため、血管撮影の読影には慣れを要する。血管撮影における後頭蓋窩の静脈解剖は1960年代後半から詳細な検討がなされたが、その際に立体撮影は非常に有用な方法であった。3D rotational angiography や cone beam CT での撮像が可能となった現在においても立体撮影による血管撮影は有用な診断方法であり、後頭蓋窩の静脈を読影する際には正常解剖を理解した上で立体視を用いればより詳細な検討が可能となる。

【後頭蓋窩の静脈の分類】^{4, 6, 7)}

後頭蓋窩の静脈の分類は様々なものがあるが、発生学的な観点から流出路に応じて1) Galenic (superior) draining group, 2) petrosal (anterior) draining group, 3) tentorial (posterior) draining group の3つに分類されることが多い。Galenic draining group は中脳背側と小脳上面を、petrosal draining group は脳幹、小脳前面および外側面を、tentorial draining group は小脳下面を還流しており、これは発生学的にみれば Galenic draining group は中脳蓋 (tectum of midbrain) と古小脳 (paleocerebellum) を、petrosal draining group は脳幹、小脳脚、原小脳 (archicerebellum)、第4脳室脈絡叢を、tentorial draining group は新小脳 (neocerebellum) を還流していることになる。各groupの還流域は厳密に決まったものではなく、お互いに交通を認める。Galenic と petrosal draining group では brachial vein や superior hemispheric tributary が、petrosal と tentorial draining group では superior および inferior hemispheric tributary や supratonsillar tributary が、Galenic と tentorial draining group では superior hemispheric tributary や supraculminate vein, declival vein がその役割を担う。

本稿では正常解剖が理解しやすいように上記の分類ではなく、脳幹静脈と小脳静脈とに分けて解説する。

【脳幹静脈の発生】 (Fig. 1A,B)^{4,5)}

中枢神経系の原基である神経管 (neural tube) は胎生4週の終わり頃までに形成される。この頃には頭側はすでに前脳 (prosencephalon)、中脳 (mesencephalon)、菱脳 (rhombencephalon) の3つの一次脳胞 (primary brain vesicles) に分かれており、胎生5週になると菱脳は橋屈 (pontine flexure) によって後脳 (metencephalon) と髄脳 (myelencephalon) に分かれ、さらに前脳も終脳 (telencephalon) と間脳 (diencephalon) に分かれるため、中脳を加えて5つの二次脳胞 (secondary brain vesicles) が形成される。胎生4-5週頃にはこれらの表面に primitive vascular loop (meningeal meshwork) が形成され、そこからの拡散によって外側から酸素や栄養分が神経管に供給されるようになる。

Primitive vascular loopからの血流は神経管の表面を横走するprimitive transverse (pia-arachnoid) veinによって還流される。これは神経管の背外側面から外側に向かい、将来の静脈洞となるanterior, middle, posterior dural plexusの基部を通って、原始脳の静脈還流を担うprimary head sinusへ流入している。Anterior dural plexusは終脳、間脳、中脳を、middleおよびposterior dural plexusは後脳と髄脳をそれぞれ還流している。胎生5週頃になり大脳半球や小脳原基(cerebellar primordia)が発達し始め、また耳胞が大きくなるにつれて、発生の初期段階では迷走神経の内側を走行していたprimary head sinusが、その位置を迷走神経の外側へ移行するlateral migrationを認めるようになる。Primary head sinusのlateral migrationに伴ってdural plexusも外側へ移動するため、primitive transverse veinは引き伸ばされて、その多くは退縮する。後脳・髄脳レベルでは三叉神経、迷走神経、舌下神経に沿ったprimitive transverse veinが残る(それぞれtrigeminal, vagal, hypoglossal veinに相当)、迷走神経の基部にはventral myelencephalic veinが、三叉神経の基部にはventral metencephalic veinが確認できるようになる。胎生6週以降にventral myelencephalic veinとventral metencephalic veinは脳底動脈の両側を並走するように縦方向に吻合していき、ventral longitudinal veinが形成される(secondary longitudinal anastomosis)。これは頭側では中脳のprimitive transverse veinであるventral mesencephalic veinと、尾側では脊髄のventral longitudinal vein (将来のanterior spinal vein)と吻合するようになる。Ventral metencephalic veinとventral mesencephalic veinの縦方向の吻合は最終的にlateral pontomesencephalic veinとなる。胎生11週頃になるとventral mesencephalic veinは頭側でdeep telencephalic vein, ventral diencephalic veinとの間に縦方向の吻合を認めるようになり basal vein of Rosenthal (BVR)が形成され始める。左右のventral longitudinal veinは縦方向の吻合だけではなく、お互いの間に横方向の吻合を認めるようになる。両者が癒合することで最終的にmedian anterior pontomesencephalic veinやmedian anterior medullary veinとなる。橋・延髄レベルで脳神経に沿って走行するtransverse veinは小脳前面からの静脈と合流してpetrosal veinとなり superior petrosal sinus (SPS)へ流入するようになる。

【脳幹静脈の正常解剖】 1,2,3,6,7)

脳幹静脈は脳幹内部の静脈 (intrinsic system)と表面の静脈 (extrinsic system)とに分けられる。

1. 脳幹内部の静脈 (Fig.2)

脳幹内部の静脈は常に背側から腹側に向かって走行して脳幹表面の静脈へ流入している。還流域によってanterior, lateral, posterior groupに分類され、anterior groupはさらにanteromedial, anterolateral groupに分かれる。これらの静脈は動脈と血流方向は逆であるが、よく似た走行をとり、橋のレベルではanteromedial groupは paramedian arteryと、anterolateral およびlateral groupはcircumferential arteryから分岐して脳幹に入る穿通枝と似た走行をとる。第4脳室底のsubependymal veinは延髄上部では主にposterior groupからvein of the inferior cerebellar peduncleを介してmedian posterior medullary veinへ還流され、一部はlateral groupからlateral medullary veinへ還流される。一方、橋では第4脳室底から橋表面まで走行する principal transpontine veinによって還流される。Principal transpontine veinには橋の正中を腹側に向かって走行するanterior transpontine vein (anterior groupに属する)と橋の前方外側に向かって走行するlateral transpontine vein (lateral groupに属する)とがある。小脳の深部白質静脈はvein of the lateral recess of the fourth ventricleとprecentral cerebellar veinが還流しているが、第4脳室の外側縁に収束してsubependymal veinへ流入したものの一部はanteriorおよびlateral transpontine veinによって還流される。脳幹内部の静脈は横方向だけではなく縦方向にも吻合を認める。橋被蓋と中脳被蓋 (tegmentum of pons and midbrain)を縦走し、lateral pineal veinを介してガレン大静脈へ流入する静脈がlongitudinal intratrigeminal veinである。

2. 脳幹表面の静脈 (Fig.3A-F) (Table.1)

脳幹表面の静脈は走行方向によりlongitudinal veinとtransverse veinとに分けられる。Longitudinal veinは頭側ではBVRと、尾側では脊髄の静脈と連続している。Transverse veinは各longitudinal veinを横方向につないでいる。脳幹表面の静脈の多くはpetrosal veinへ還流されるが、海綿静脈洞の後方、inferior petrosal sinus (IPS)、S状静脈洞、marginal sinusへのbridging vein (emissary vein)を認めることがある。

2-A. Longitudinal veins

Longitudinal veinは走行部位によってventral midline, ventral anterolateral, lateral, dorsalに分けると理解しやすい。これらの多くはtransverse veinを介して互いに交通を認める。

2-A-1. Ventral midline

2-A-1-a) Median anterior pontomesencephalic vein

中脳と橋の腹側正中を走行する静脈で、anterior またはlateral perforated substanceから始まって視床下部の底面を後内側方向に走行し、脚間窩 (interpeduncular fossa)の天井 (roof)に至る (hypothalamic or roof segment)。その後、脚間窩の底部を尾側へ走行し (mesencephalic or interpeduncular segment)、次いで橋の腹側正中を下行する (pontine segment)。頭側では脚間窩でpeduncular veinの内側端やposterior communicating veinの外側端と、尾側では橋延髄移行部でmedian anterior medullary veinやvein of the pontomedullary sulcusとつながる。Pontine segmentではdisconnectionを認めることが多く、lateral anterior pontomesencephalic veinやtranspontine veinを介して頭尾側と交通する。血管撮影の側面像でmedian anterior pontomesencephalic veinは視交叉槽 (chiasmatic cistern)や脚間槽 (interpeduncular cistern)の天井および中脳、橋の前縁を示している。Median anterior pontomesencephalic veinから腹側に向かって海綿静脈洞の後方やIPSの移行部へのbridging veinを認めることがある。

2-A-1-b) Median anterior medullary vein

延髄の腹側正中にあるanterior median fissureに沿って走行し、頭側ではmedian anterior pontomesencephalic veinやvein of the pontomedullary sulcusと、尾側ではmedian anterior spinal veinとつながる。Median anterior medullary veinから腹側に向かってIPS、S状静脈洞、marginal sinusといった頸静脈孔周囲の静脈洞へのbridging veinを認めることがある。

2-A-2. Ventral anterolateral

2-A-2-a) Lateral anterior pontomesencephalic vein

Lateral anterior pontomesencephalic veinは中脳大脳脚の前面から橋腹側の前外側面を走行する静脈で、median anterior pontomesencephalic veinとは相補的な関係である。橋下部を走行することはほとんどなく、内側に向かってmedian anterior pontomesencephalic veinに合流するか、transverse pontine veinとつながりpetrosal veinへ流入する。Median anterior pontomesencephalic veinと同様に腹側に向かって海綿静脈洞の後方やIPSの移行部へのbridging veinを認めることがある。

2-A-2-b) Pre-olivary vein (lateral anterior medullary vein)

延髄の錐体外側で上方ではオリーブとの間のanterolateral (pre-olivary) sulcusに沿って走行し、頭側ではvein of the pontomedullary sulcusと交通する。オリーブより尾側で認めることは少なく、median anterior medullary veinやretro-olivary veinに合流する。これらの静脈とはオリーブより尾側のレベル以外でもtransmedullary veinを介して多数の交通をもつ。Median anterior medullary veinと同様に腹側に向かって頸静脈孔周囲の静脈洞 (IPS、S状静脈洞、marginal sinus)へのbridging veinを認めることがある。

2-A-3. Lateral

2-A-3-a) Lateral pontomesencephalic vein (lateral mesencephalic vein) : Galenic draining group

大脳脚と中脳被蓋の境界にあるlateral mesencephalic sulcus に沿って走行し、頭側ではBVRの third segmentと、尾側ではbrachial tributary of the petrosal veinと交通する。すなわちlateral pontomesencephalic veinはテント上のBVRとテント下のpetrosal veinとを連絡しており、これが発達している場合はanastomotic lateral mesencephalic veinと呼ばれる。Anastomotic lateral pontomesencephalic veinは走行部位によって3つのsegmentに分けられ、テント上で視床後部(膝状体)の下面を中脳の外側面に向って水平に走行する部分がsupratentorial segment, lateral mesencephalic sulcusに沿って縦方向に走行する部分がmesencephalic segment, そして中小脳脚の上面から前面にかけて外側下方に向かって走行する部分がinfratentorial segmentとなる。Lateral pontomesencephalic veinはintercollicular veinを介して quadrigeminal veinと交通を認めることがある。

2-A-3-b) Lateral pontine vein (vein of the middle cerebellar peduncle) : Petrosal draining group

橋と中小脳脚との間にあるlateral pontine sulcusに沿って走行する静脈で、中小脳脚からの静脈の他に尾側からlateral medullary veinやretro-olivary veinを受けて、頭側でpetrosal veinに流入している。また尾側ではvein of the pontomedullary sulcusとも交通する。

2-A-3-c) Retro-olivary vein

オリブ核の後方にあるretro-olivary sulcusに沿って走行する静脈で、頭側に向って直接もしくはvein of the pontomedullary sulcusを介してlateral pontine veinへ流入する。尾側ではその後方を平行に走行しているlateral medullary veinとtransverse medullary veinを介して交通する。また前方を平行に走行しているpre-olivary veinとも多数の交通を認める。血管撮影の正面像でretro-olivary veinは延髄の外側縁を示している。

2-A-3-d) Lateral medullary vein (vein of the restiform eminence)

Retro-olivary veinの後方でこれと平行に、posterolateral sulcusに沿って走行している静脈で、頭側で直接またはvein of the pontomedullary sulcusを介してlateral pontine veinへ流入する。Transverse medullary veinを介して前方ではretro-olivary veinと、後方ではvein of the inferior cerebellar peduncleと交通する。Lateral medullary veinは第4脳室下半部のsubependymal veinを一部還流している。Lateral medullary veinから腹側に向かって頸静脈孔周囲の静脈洞(IPS, S状静脈洞, marginal sinus)へのbridging veinを認めることがある。またpreおよびretro-olivary veinと1本の共通幹を形成してlateral pontine veinへ流入することがあり、この共通幹が迷走神経に併走して頸静脈孔周囲の静脈洞へ向かう場合はinferior petrosal vein (vagal vein)と呼ばれる。

2-A-4. Dorsal

2-A-4-a) Quadrigeminal vein (tectal vein)

上丘からのmedian superior collicular veinと下丘からのmedian inferior collicular vein, そして上丘と下丘の間を走行するintercollicular veinがそれぞれ合流して1本のquadrigeminal veinとなる。Quadrigeminal veinは後上方へ走行してprecentral cerebellar veinのanterior culminateもしくはterminal segmentに流入する。Collicular veinはlateral pontomesencephalic veinや松果体を還流するpineal veinと交通をもつことがある。

2-A-4-b) Vein of the inferior cerebellar peduncle (vein of the restiform body)

延髄の背外側で、第4脳室下半部の外側縁の下方をこれと平行に走行する静脈である。頭側ではlateral medullary veinとつながり、尾側では門(obex)の下方で左右が合流して、1本のmedian pos-

terior medullary veinとなる。下小脳脚 (=索状体: restiform body)からの静脈だけでなく、第4脳室脈絡叢からのchoroidal veinや第4脳室底下半部のsubependymal veinなども受ける。

2-A-4-c) Median posterior medullary vein

延髄の背側正中のposterior median sulcusに沿って走行する1本の静脈で、頭側では門の下方で左右のvein of the inferior cerebellar peduncleと、尾側ではmedian posterior spinal veinと連続している。

2-B. Transverse veins

2-B-a) Peduncular vein (interpeduncular vein) : Galenic draining group

中脳の大脳脚前面を走行する静脈で、posterior perforated substanceを通り脚間窩に出てきた視床下部からの静脈やinferior thalamic vein、中脳内部からの静脈 (anterior group)を受ける。内側ではposterior communicating veinやmedian anterior pontomesencephalic veinと、外側ではBVRのsecond segmentと交通をもつ。また腹側に向かって海綿静脈洞の後方やIPSの移行部へのbridging veinを認めることがある。

稀に脚間窩や中脳からの静脈が中脳周囲を後上方に向かってガレン大静脈に流入することがあり、posterior mesencephalic veinと呼ばれる。Posterior mesencephalic veinはBVRのthird segmentとsecond segmentのdisconnectionと考えることが出来るが、BVRが別に存在していることもあり、その場合はaccessory basal veinとも呼ばれる。

2-B-b) Posterior communicating vein

脚間槽内を横走る静脈で、左右のpeduncular veinやmedian anterior pontomesencephalic veinと交通をもつ。Peduncular veinと同様に後有孔質を通して脚間窩へ出てきた静脈が流入する。

2-B-c) Vein of the pontomesencephalic sulcus

Pontomesencephalic sulcusに沿って走行する静脈であるが、sulcusの全長にわたって走行することは稀で、多くはmedianおよびlateral anterior pontomesencephalic veinを横方向につないでいる。外側でlateral pontomesencephalic veinと交通を認めることもある。血管撮影で同定できることは稀である。

2-B-d) Transverse pontine vein : Petrosal draining group

橋の腹側で網状の小静脈を集めて横走り、外側でpetrosal veinへ流入している。Medianおよびlateral anterior pontomesencephalic veinをpetrosal veinやlateral pontomesencephalic veinにつないでいる。左右それぞれ2-3本存在し、頭側からsuperior, middle, inferior transverse pontine veinとなり、middle transverse pontine veinが最も発達している。血管撮影の正面像でtransverse pontine veinは橋腹側面の形態を示している。Transverse pontine veinから腹側に向かって海綿静脈洞の後方やIPSの移行部へ向かうbridging veinを認めることがある。

2-B-e) Vein of the pontomedullary sulcus

橋と延髄の腹側でその移行部にあたるpontomedullary sulcusに沿って走行する静脈で、橋と延髄のlongitudinal veinと交通する。腹側に向かって頸静脈孔周囲の静脈洞 (IPS, S状静脈洞, marginal sinus)へのbridging veinを認めることがある。

2-B-f) Transverse medullary vein

延髄の腹側および外側面を横走る静脈であるが、median anterior medullary veinとlateral medullary veinをつなぐような長い走行をとることは稀で、錐体やオリーブの表面のみにそれぞれ1-2本ずつ認めることが多い。錐体の表面ではtransverse pontine veinと同様に頭側からsuperior,

middle, inferior transmedullary veinとなり, middle transmedullary veinが最も発達している。Transverse medullary veinからも腹側へ向かってS状静脈洞やmarginal sinusへのbridging veinを認めることがある。

【小脳静脈の発生】(Fig.4) ^{4,5)}

小脳は後脳の翼板 (alar plate)に起源をもち, 胎生6週の終わり頃より形成が始まる。菱脳腔 (将来の第4脳室)を背側から見ると橋屈のところでも広がった菱形をしており, それを取り囲む翼板の背側縁が菱脳唇 (rhombic lip)である。胎生6週の終わり頃に後脳の菱脳唇が肥厚して左右1対の小脳原基 (cerebellar primordia)となり, 胎生8週までに正中で癒合して第4脳室の頭側を覆う単一の小脳原基となる。小脳原基は胎生12週以後に背側方向へ発達していき, 垂鈴型を呈する。この段階で小脳はposterolateral fissureによって頭側部と尾側部とに分けられ, 尾側部は片葉小節葉 (flocculonodular lobe)で, 原小脳 (archicerebellum)にあたる。頭側部は正中が小脳虫部 (vermis)で, 左右に小脳半球 (cerebellar hemisphere)を認める。小脳虫部と半球部は発達とともに横方向に多数の小脳溝 (cerebellar fissure)ができ, 胎生12週頃にはprimary fissureを認めるようになる。Primary fissureにより小脳は頭側の前葉と, 尾側の後葉とに分けられ, 前葉は古小脳 (paleocerebellum)に, 後葉は新小脳 (neocerebellum)にあたる。

小脳の発生は大脳よりも遅く, さらに小脳静脈の発達は小脳溝に次いで起こるため, 胎生11週以後に徐々に発達し, その数は胎生18週頃より急速に増える。小脳原基の上面, すなわちprimary fissureより頭側部分はdorsal mesencephalic veinによって還流される。Dorsal mesencephalic veinの前方部分にあたる小脳虫部上面の静脈は, 中脳蓋の静脈とともに胎生11週頃まではprimitive tentorial sinusへ流入している。その後, これらの静脈は直静脈洞と交通をもつようになり, 最終的にガレン大静脈へ流入するようになる。小脳虫部の前葉にあたる小舌 (lingula)と中心小葉 (central lobule)を還流する静脈がprecentral cerebellar veinに, 山頂 (culmen)を還流するものがsuperior vermian veinとなる。小脳が発達するにつれてdorsal mesencephalic veinは後方で静脈洞交会の周囲のprimitive tentorial sinusへ流入するようになる。その後, 後方部分 (将来のsuperior hemispheric vein)は前方との交通を失って外側方向へ走行して横静脈洞やSPSへ流入するようになる。

小脳原基の下面, すなわちprimary fissureより尾側部分はdorsal metencephalic veinによって還流される。胎生11週頃に第4脳室脈絡叢から後方に向かって走行してprimitive tentorial sinusへ流入する静脈 (posterior choroidal vein)を認めるようになる。Posterior choroidal veinは走行の途中で, primary fissureより尾側部分の静脈を受ける。またposterior choroidal veinとは別に小脳半球からprimitive tentorial sinusへと向かう静脈 (将来のinferior hemispheric vein)を同じ頃に認めるようになる。小脳の発達に伴ってposterior choroidal veinは脈絡叢の流出静脈としての役割をlateral choroidal veinに移行して退縮していく。胎生14週頃にはdorsal metencephalic veinから左右1対のlongitudinal paravermian vein (将来のinferior vermian vein)や小脳半球のtransverse veinが形成される。Longitudinal paravermian veinは小脳虫部の後葉を還流しながら後方へ向かって走行し, 静脈洞交会やその周囲の静脈洞へ流入していく。Transverse veinは小脳半球の発達に伴って小脳溝からの静脈を数多く受け, 前方部分ではpetrosal veinへ流入するようになる。小脳半球の上面と下面との間に位置するgreat horizontal fissureに沿って走行するtransverse veinがvein of the great horizontal fissureとなる。

小脳原基の前面はventral metencephalic veinによって還流される。胎生11週頃には片葉小節葉からの静脈はSPSへ流入している。胎生14週頃になるとposterior choroidal veinの代わりに第4脳室脈絡叢の流出静脈として発達したlateral choroidal veinがposterolateral fissureを外側に向かって走行し, 小脳前面からの静脈とともに錐体骨後面の硬膜内で片葉小節葉からの静脈と合流してpetrosal veinを形成する。Petrosal veinはこの時点では完全に硬膜内を走行しているが, 後に小脳前面からの静脈や脳幹からのtransverse veinとくも膜下腔で合流する。Lateral choroidal veinは胎生14週以後

に片葉小節葉や小脳扁桃, 歯状核, 小脳半球の静脈を受けて, 最終的にvein of the lateral recess of the fourth ventricleとなる.

【小脳静脈の正常解剖】 (Fig.5A-F) (Table.2) ^{2,3,6,7)}

小脳表面の静脈は走行が少し複雑となっているが脳幹表面の静脈と同様に, 小脳溝に直角に縦走するlongitudinal veinと小脳溝に沿って平行に走行するtransverse veinから成り立っている. 小脳静脈の分類は様々なものがあり, 脳表静脈系 (superficial venous system)と深部静脈系 (deep venous system)に分けると, precentral cerebellar veinとvein of the lateral recess of the fourth ventricleが深部静脈系で, それ以外が脳表静脈系となる. しかし発生学的な観点からみて, 還流部位による分類の方がその正常解剖を理解しやすい. これは小脳テントと面する小脳上面 (primary fissureより頭側)を還流するsuperior group, 後頭蓋窩の円蓋部と面する小脳下面 (primary fissureより尾側)を還流するinferior group, 錐体骨後面と面して片葉小節葉を含めた小脳前面を還流するanterior groupに分けられる. 還流部位と流出路による分類との関係を見ると, superior groupは前方のものがGalenic draining groupで後方および側方のものがtentorial draining groupとなり, inferior groupはtentorial draining groupに, anterior groupはpetrosal draining groupとなる.

1. Superior group

1-a) Precentral cerebellar vein (vein of the cerebellomesencephalic fissure) : Galenic draining group

Precentral cerebellar veinは小脳虫部の小舌 (lingula)と中心小葉 (central lobule)との間にあるprecentral cerebellar fissure内から山頂 (culmen)の前方をガレン大静脈に向かって上行する1本の静脈である. 上小脳脚を還流しているbrachial tributary of the precentral cerebellar vein (vein of the superior cerebellar peduncle)がprecentral cerebellar fissureの深部外側から後上方に向かって上小脳脚を横切りながら内側に走行し, fissureの中心部で左右が合流してprecentral cerebellar veinとなる. 次いでfissure内をそのまま前上方へ走行し (fissural segment (first segment)), 下丘の下縁と中心小葉の上縁の間 (colliculocentral level)で後上方へ向きを変え, 山頂の前方を上行する (anterior culminate segment (second segment)). その後, 四丘体槽 (quadrigeminal cistern)内を後上方に走行してガレン大静脈へ流入する (terminal segment (third segment)). Precentral cerebellar veinのbrachial tributaryは中小脳脚の上方を還流しているbrachial tributary of the petrosal vein (pontotrigeminal vein)と交通をもつ. Fissural segmentとcolliculocentral segmentの間は前方凸のカーブを描きcolliculocentral angleと呼ばれ, その頂点がcolliculocentral pointである. 血管撮影の側面像でこれらはそれぞれ第4脳室蓋の上半部である上髄帆 (superior medullary velum)および中脳水道の下端を間接的に示している.

Precentral cerebellar veinに流入する静脈にはbrachial tributaryの他にparenchymal tributary, superior hemispheric tributary, quadrigeminal veinなどがある. Parenchymal tributaryの数は様々であるが, 小脳の深部白質である髄体やその内部にある歯状核からの静脈や小舌, 中心小葉からの静脈がbrachial tributaryに合流する. また小脳半球の上面の静脈の一部はprecentral cerebellar veinのsuperior hemispheric tributaryとして内側前方に走行して, precentral cerebellar fissure内で合流する. Precentral cerebellar vein, superior vermian vein, vein of the great horizontal fissureそれぞれのsuperior hemispheric tributaryおよびsuperior hemispheric veinはお互いに交通している. Quadrigeminal veinは脳幹静脈の正常解剖2-A-4-a)を参照.

Precentral cerebellar veinは1本の静脈だが, 左右のbrachial tributaryがprecentral cerebellar fissure内ではなくfissureから出た後に合流した場合には血管撮影の正面像で対をなすように描出され, split precentral cerebellar veinと呼ばれる. またprecentral cerebellar veinとsuperior vermian veinが合流して共通幹を形成する場合はsuperior cerebellar veinと呼ばれる.

1-b) Superior vermian vein : Galenic draining group

小脳虫部の上面とそれに近接する小脳半球内側面の静脈は左右のsuperior vermian veinによって還流される。小脳虫部の山頂 (culmen)上面の正中を前方に向かって走行するsupraculminate veinは、頂上部を超えた後にintraculminate fissure内を走行するintraculminate veinと中心小葉と山頂との間のpostcentral fissure内を走行するpreculminate veinを受けてsuperior vermian veinとなり、四丘体槽内をガレン大静脈へ向かって後上方に走行する。Superior vermian veinとprecentral cerebellar veinが合流して共通幹を形成する場合はsuperior cerebellar veinと呼ばれる。Supraculminate veinは走行の途中でsuperior hemispheric tributaryを受ける。Supraculminate veinよりもsuperior hemispheric tributaryが優位となると、山頂の外側に位置する小脳半球の四角小葉 (quadrangular lobe)の表面を内側前方に向かって蛇行しながら走行し、小脳半球の前縁で下方へ向きを変えて、precentral cerebellar fissure内で山頂からの静脈を受けてsuperior vermian veinとなる。この場合はsuperior vermian veinもprecentral cerebellar fissure内を走行するようになるため、血管撮影の側面像でprecentral cerebellar veinとsuperior vermian veinは重なって描出される。上述の通りsuperior vermian vein, precentral cerebellar vein, vein of the great horizontal fissureのsuperior hemispheric tributary とsuperior hemispheric veinはお互いに交通を認める。またsupraculminate veinが後方でdeclival veinと交通をもつと、superior vermian veinは前方ではガレン大静脈に、後方では静脈洞交会に向かうようになる。

1-c) Superior hemispheric vein : Tentorial draining group

Superior hemispheric veinは複数本認められ、小脳半球の上面を後下方に走行して、直接もしくはtentorial sinusを介して静脈洞交会や横静脈洞へ流入する。また小脳上面まで到達したinferior hemispheric veinと合流した後にtentorial sinusへ流入することもある。小脳半球の上面でも小脳虫部の前葉の周囲はprecentral cerebellar veinとsuperior vermian veinのsuperior hemispheric tributaryが還流しており、両者はともにガレン大静脈へ流入する。また側方ではvein of the great horizontal fissureのsuperior hemispheric tributaryが還流しており、これはpetrosal veinへ流入する。Superior hemispheric veinとこれらのsuperior hemispheric tributaryはお互いに交通を認める。

2. Inferior group

2-a) Inferior vermian vein : Tentorial draining group

小脳虫部の後葉とその周囲の小脳半球は左右のinferior vermian veinによって還流される。Inferior vermian veinは小脳扁桃 (cerebellar tonsil)の背側正中でsuperior retrotonsillar veinとinferior retrotonsillar veinが合流するところから始まり、小脳虫部外側のinferior paravermian sulcusに沿って後上方に走行し、直接またはtentorial sinusを介して静脈洞交会やその周囲の横静脈洞へ流入する。Transverse veinを介して小脳虫部を横切り、対側のinferior vermian veinに流入することもある。

Superior retrotonsillar veinはposterolateral fissureのsupratonsillar portionでmedial, apical, lateral supratonsillar tributaryが合流して始まる。小脳半球の内側面で小脳扁桃と二腹小葉 (biventral lobule)との間のretrotonsillar fissure内を内側下方に向かって走行した後に、後上方へと急激に向きを変え、小脳虫部の錐体 (pyramid)の前下面に沿って走行してinferior vermian veinへつながる。血管撮影の側面像でsuperior retrotonsillar veinとinferior vermian veinがなす彎曲部はcopular pointと呼ばれ、錐体の前下縁で小脳扁桃と二腹小葉との間のくぼみ (tonsillobiventral notch)を示している。またsuperior retrotonsillar veinはinferior retrotonsillar veinとともに小脳扁桃の後縁を示している。Medialおよびapical supratonsillar tributaryは小脳扁桃上端の内側面と頭頂面をそれぞれ還流しており、前方でvein of the lateral recess of the fourth ventricleのtransverse supratonsillar tributaryと交通をもつ。Lateral supratonsillar tributaryはvein of the lateral recess of the fourth ventricleのlateral supratonsillar tributaryと相補的な関係にあり、後

内側部が発達すればinferior vermian veinに、前外側部が発達すればvein of the lateral recess of the fourth ventricleに還流される。

Inferior retrotonsillar veinは二腹小葉の下面より始まり、内側上方へ向かって走行し、小脳扁桃の背側正中でsuperior retrotonsillar veinと合流してinferior vermian veinとなる。走行の途中で小脳扁桃の内側、外側、背側面からのmedial, lateral, posterior tonsillar tributaryだけでなく、二腹小葉からのbiventral tributaryも受けている。

Inferior vermian veinは他にsuprapyramidal vein, inferior hemispheric tributary, declival veinを受ける。Suprapyramidal veinは小脳虫部の錐体と隆起 (tubar)との間であるsuprapyramidal fissure内を後下方に走行し、fissureを出た後にinferior vermian veinに流入する。血管撮影の側面像でsuprapyramidal veinは錐体の後縁を、superior retrotonsillar veinは前縁を示している。Inferior hemispheric tributaryは1-2本認めることが多く、小脳半球の下面を内側に向かって横走してinferior vermian veinに流入する。Declival veinは山頂と山腹 (declive)の間にある小脳虫部のprimary fissure内を走行するvein of the primary fissureが、山腹の背側でそのままdeclival veinとなって後下方に走行して静脈洞交会の手前でinferior vermian veinに流入する。通常、左右に1本ずつであるが、時に複数本認めることがある。Declival veinが小脳虫部ではなく半球のprimary fissureから起始し、小脳の後端に向かって内側後方に走行する場合はparadeclival veinと呼ばれ、血管撮影の側面像でdeclival veinよりも水平に走行する。Declival veinは上述の通りsupraculminate veinと交通を認めることがある。

2-b) Inferior hemispheric vein : Tentorial draining group

小脳半球の下面の静脈で、複数本認められる。多くは後上方に走行して、直接もしくはtentorial sinusを介して横静脈洞へ流入するが、小脳上面まで到達してsuperior hemispheric veinと合流した後にtentorial sinusへ流入することもある。外側ではtentorial sinusを介してSPSへ流入することがあり、またvein of the great horizontal fissureのinferior hemispheric tributaryと交通を認める。Inferior hemispheric veinには小脳溝を横走する静脈 (transverse vein)もあり、これを介してinferior vermian veinへ流入することもある。

3. Anterior group

3-a) Vein of the great horizontal fissure (anterior hemispheric vein, vein of cerebellopontine fissure) : Petrosal draining group

小脳半球の上面と下面との間にあるgreat horizontal fissureの前半部を前内側に向かって走行する静脈で、走行の途中でsuperior hemispheric tributaryとinferior hemispheric tributaryを受ける。中小脳脚の前面に到達した後に、片葉の上方で他のpetrosal draining groupの静脈とともにpetrosal veinへ流入する。Great horizontal fissureの後半部の静脈は通常inferior hemispheric veinへ向かうが、稀にvein of the great horizontal fissureにつながることもある。その場合はvein of the great horizontal fissureがfissureの後半部から起始することになり、前外側向きに一旦走行し、小脳半球の外側縁を回りこんだ後に通常の走行となる。またvein of the great horizontal fissureが後方に向かって走行してinferior vermian veinや横静脈洞へ流入することもある。Great horizontal fissure周囲のhemispheric tributaryの何本かはvein of the great horizontal fissureではなく、直接anterior lateral marginal veinやSPS, IPS, 横静脈洞, S状静脈洞へ流入する

3-b) Anterior lateral marginal vein : Petrosal draining group

小脳半球の上面の前外側縁に沿ってpetrosal veinへ向かう静脈である。

3-c) Brachial vein (brachial tributary of the petrosal vein, pontotrigeminal vein) : Petrosal draining group

Brachial veinはprecentral cerebellar fissureの外側すなわち上小脳脚および中小脳脚上方の周囲を還流する静脈の総称である。Brachial veinのうち中小脳脚の上面から前面を外側下方に向かって走行してpetrosal veinへ合流するものがbrachial tributary of the petrosal veinで、petrosal draining groupに含まれる。一方、上小脳脚を横切りながら内側に向かって後上方に走行してprecentral cerebellar fissure内で左右が合流してprecentral cerebellar veinとなるものがbrachial tributary of the precentral cerebellar veinである。したがってbrachial veinによってpetrosal draining groupとGalenic draining groupとが交通をもつことになる。またbrachial tributary of the petrosal veinはlateral mesencephalic sulcusのレベルでlateral pontomesencephalic veinと交通をもつ。

3-d) Vein of the lateral recess of the fourth ventricle (vein of the posterolateral fissure, vein of the cerebellomedullary fissure) : Petrosal draining group

Vein of the lateral recess of the fourth ventricleは第4脳室のlateral recess内を走行するのではなく、その下方にあるposterolateral fissure内を走行する静脈である。Posterolateral fissureは小脳の前葉・後葉と片葉小節葉との間で、内側から外側に向かってnodulouvular, supratonsillar, peduncular, floccular portionの4つの部位に分けられる。Nodulouvular portionは小節 (nodule) と虫部垂 (uvula)との間にあるnodulouvular fissureの部分で、supratonsillar portionは小脳扁桃の上面に、peduncular portionは中小脳脚および第4脳室のlateral recessの下方にあたり、floccular portionは片葉の直下の部分である。第4脳室のlateral recessは中小脳脚の下方で第4脳室腔が外側前方に突き出した部分で、外側端はLuschka孔と呼ばれ、片葉の内側直下で小脳橋角槽に開いている。したがってposterolateral fissureのpeduncular portionはlateral recessの下方で、これと平行に認められる。

Vein of the lateral recess of the fourth ventricleはposterolateral fissureのsupratonsillar portionでtransverse supratonsillar tributaryとlateral supratonsillar tributaryが合流するところから始まり、peduncular portionを前外側に向かって下方に走行して小脳橋角部へ到達する (peduncular segment (first segment))。血管撮影でpeduncular segmentは第4脳室のlateral recessの下面の形態を間接的に示している。次いでfloccular portionを外側に向かって緩やかなカーブを描きながら走行する (floccular segment (second segment))。片葉の外側縁で上方内側に向きを変えて、その後、great horizontal fissureを走行して最終的にpetrosal veinに流入する (suprafloccular segment (third segment))。Peduncular segmentでは第4脳室脈絡叢からのchoroidal veinや第4脳室蓋の下半部である下髄帆 (inferior medullary velum)からのsubependymal vein、さらに小脳の深部白質である髄体やその内部にある歯状核からのdentate veinを受ける。Floccular segmentでは片葉からの静脈やinferior hemispheric tributaryを受ける。Peduncular segmentは一定の走行を示すのに対して、floccularおよびsuprafloccular segmentは様々なvariationを認める。そのためvein of the lateral recess of the fourth ventricleがvein of the great horizontal fissureのinferior hemispheric tributaryを介して片葉の背側で同静脈へ直接流入したり、floccular portionから小脳橋角槽を前外側に向かって下方に走行してIPSの下部やS状静脈洞の内側部、marginal sinusへ流入することもある。

Transverse supratonsillar tributaryはnodulouvular fissureからの静脈、小節上面からの静脈、小脳扁桃内側面からの静脈などを受ける。またtransverse nodular veinやtransverse nodulouvular veinを介して対側のtransverse supratonsillar tributaryと交通する。後方ではinferior vermian veinのmedialおよびapical supratonsillar tributaryと交通をもつ。Lateral supratonsillar tributaryはinferior vermian veinのlateral supratonsillar tributaryと相補的な関係にあり、前外側部が発達すればvein of the lateral recess of the fourth ventricleに還流され、後内側部が発達すればinferior vermian veinに還流される。

参考文献

1. Duvernoy HM: Artery and veins of the brain stem: Human Brain Stem Vessels. Springer-Verlag, Berlin, 1999, 25-141
2. Lasjaunias P, Berenstein A, ter Brugge KG: Intracranial venous system: Surgical Neuroangiography, Vol. 1. Springer-Verlag, Berlin, 2001, 631-713
3. Lee C, Pennington MA, Kenny CM 3rd: MR evaluation of developmental venous anomalies: medullary venous anatomy of venous angiomas. AJNR Am J Neuroradiol 17: 61-70, 1996
4. Miquel MA, Mateu JND, Cusi V, et al: Embryogenesis of the veins of the posterior fossa: An overview: Surgery of the intracranial venous system. Springer-Verlag, Tokyo, 1996, 14-25
5. Padgett DH: The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. Contrib Embryol 36: 81-140, 1957
6. Rhoton AL Jr: The posterior fossa veins. Neurosurgery 47 (3 Suppl): S69-92, 2000
7. Salamon G, Huang YP: Veins of the posterior fossa: Radiologic anatomy of the Brain. Springer-Verlag, Berlin, 1976, 332-390

Table 1 : 脳幹表面の静脈

Longitudinal veins

1. Ventral midline
 - a) Median anterior pontomesencephalic vein
 - b) Median anterior medullary vein
2. Ventral anterolateral
 - a) Lateral anterior pontomesencephalic vein
 - b) Pre-olivary vein (lateral anterior medullary vein)
3. Lateral
 - a) Lateral pontomesencephalic vein (lateral mesencephalic vein)
 - b) Lateral pontine vein (vein of the middle cerebellar peduncle)
 - c) Retro-olivary vein
 - d) Lateral medullary vein (vein of the restiform eminence)
4. Dorsal
 - a) Quadrigeminal vein (tectal vein)
 - b) Vein of the inferior cerebellar peduncle (vein of the restiform body)
 - c) Median posterior medullary vein

Transverse veins

- a) Peduncular vein
- b) Posterior communicating vein
- c) Vein of the pontomesencephalic sulcus
- d) Transverse pontine vein
- e) Vein of the pontomedullary sulcus

Transverse medullary vein

Table 2 : 小脳静脈

1. Superior group
 - a) Precentral cerebellar vein
 - b) Superior vermian vein
 - c) Superior hemispheric vein
2. Inferior group
 - a) Inferior vermian vein
 - b) Inferior hemispheric vein
3. Anterior group
 - a) Vein of the great horizontal fissure
 - b) Anterior lateral marginal vein
 - c) Brachial vein (brachial tributary of the petrosal vein)
 - d) Vein of the lateral recess of the fourth ventricle

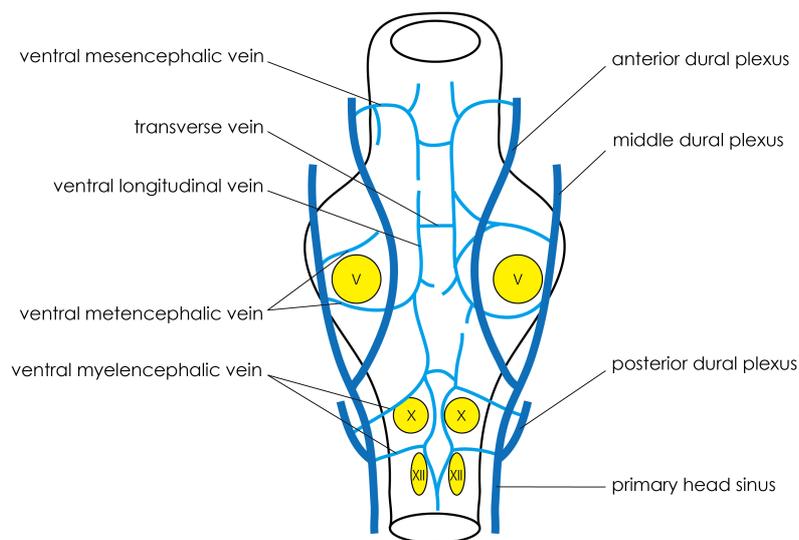
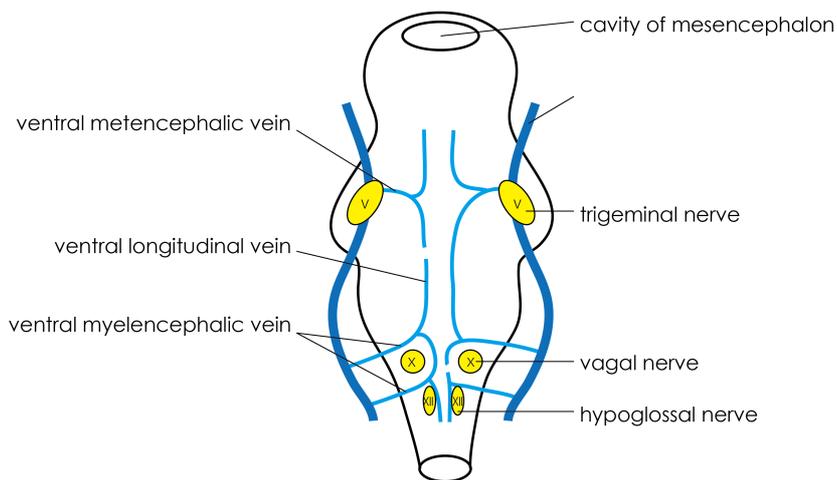


Fig.1: 脳幹静脈の発生. 中脳, 後脳, 髄脳を前面から見た図.

1A: 胎生5週の終わり頃 (crown rump length (CRL) 14mm). Primitive transverse veinの間に secondary longitudinal anastomosisを認める.

1B: 胎生6-7週頃 (CRL 18mm). 左右のlongitudinal veinの間にtransverse veinが形成される.

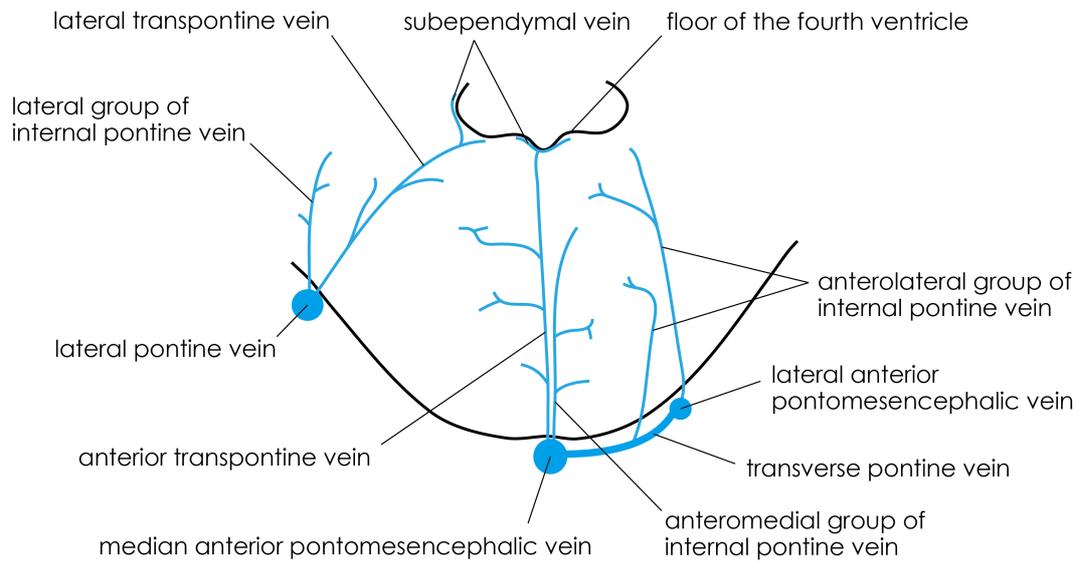


Fig.2: 脳幹内部の静脈. 橋中部のレベル.

Posterior groupに属するsubependymal veinはprincipal transpontine vein (anterior, lateral) によって脳幹表面の静脈へ還流される.

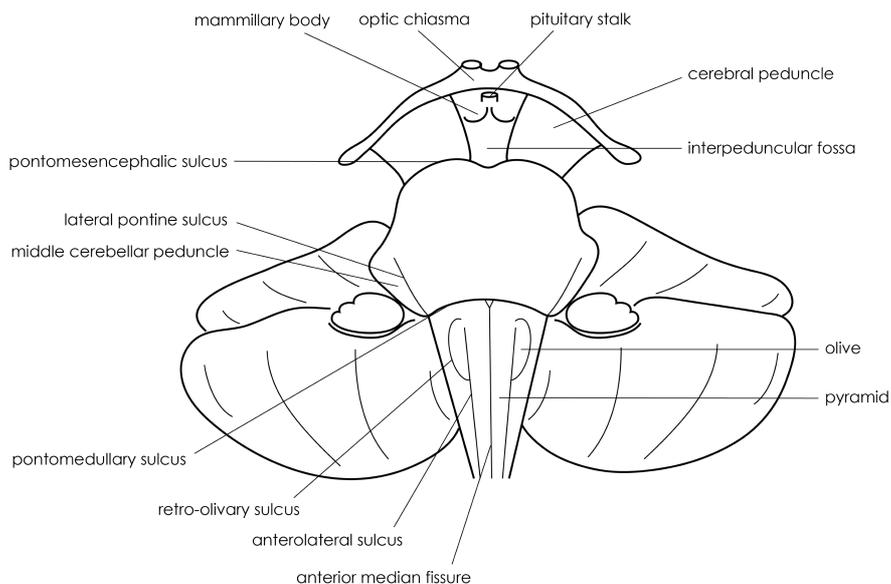
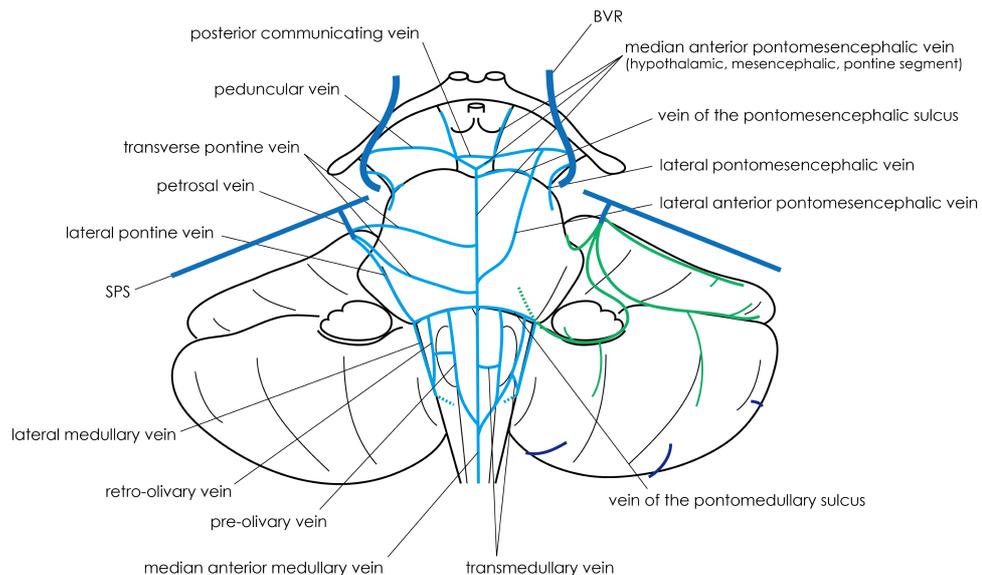
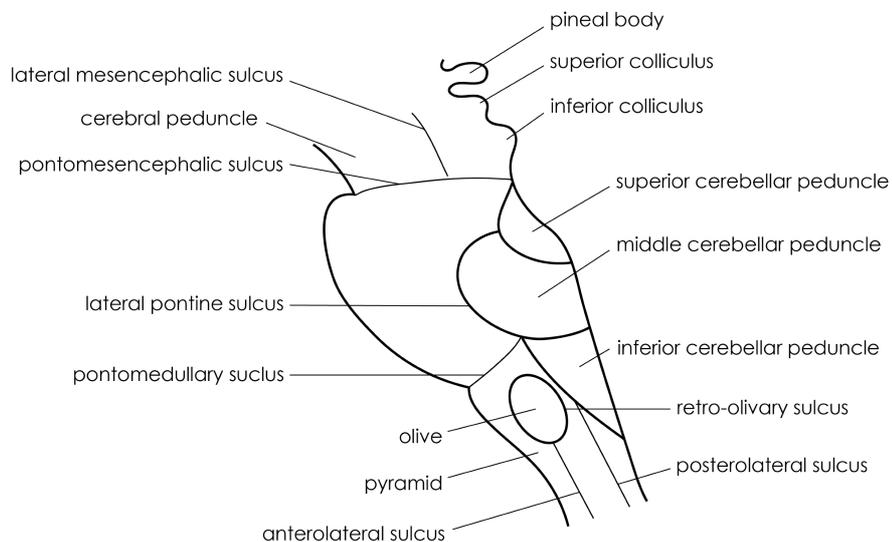


Fig.3: 脳幹表面の静脈.

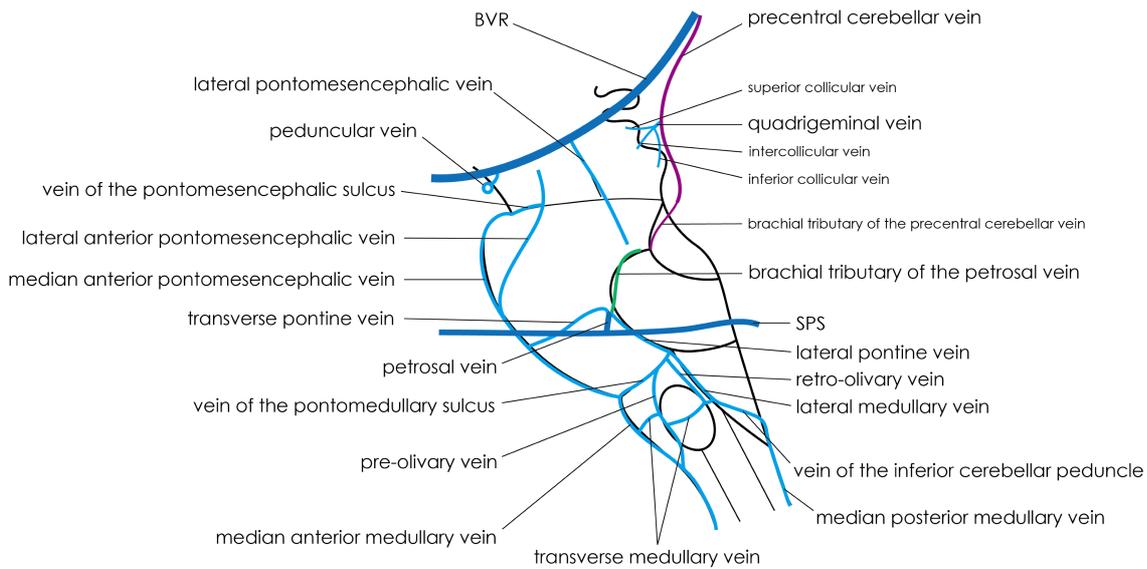
3A: 前面の正常解剖.



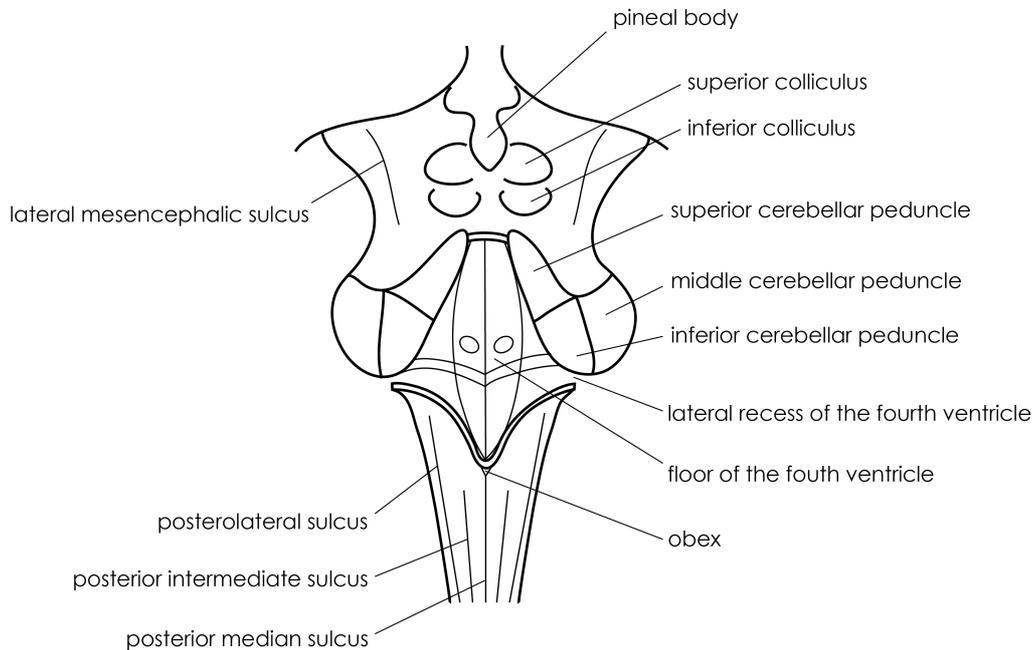
3B: 前面の静脈. BVRにはpeduncular veinとlateral pontomesencephalic veinが, petrosal veinにはtransverse pontine veinとlateral pontine veinが流入している.



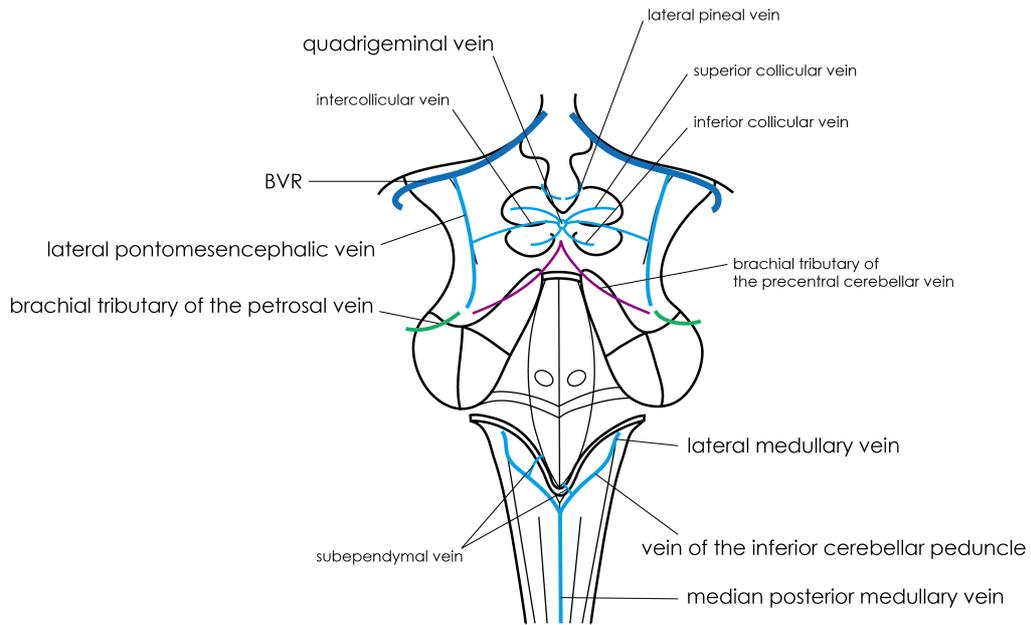
3C: 外側面の正常解剖



3D: 外側面の静脈。BVRにはpeduncular veinとlateral pontomesencephalic veinが, petrosal veinにはtransverse pontine vein, lateral pontine vein, brachial tributary of the petrosal veinが流入している。



3E: 後面の正常解剖。



3F: 後面の静脈. 各collicular veinは合流して1本のquadrigeminal veinとなる. また左右のvein of the inferior cerebellar peduncleは合流してmedian posterior medullary veinにつながる.

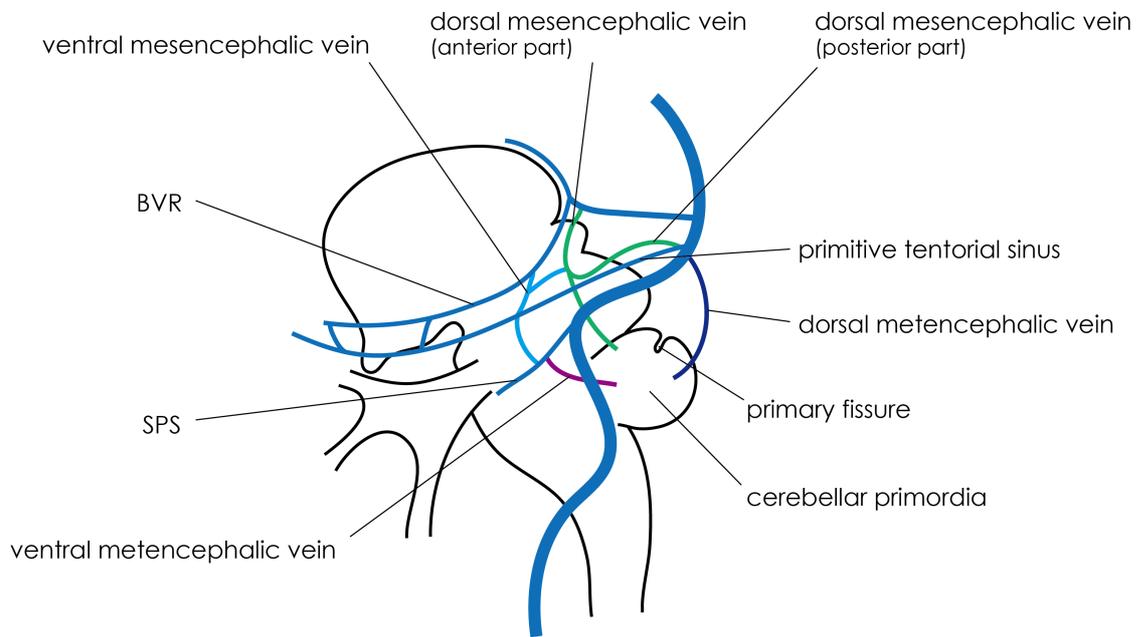


Fig.4: 小脳静脈の発生. 側面から見た図
 胎生13週頃 (CRL 80mm). 小脳原基の上面はdorsal mesencephalic vein, 下面はdorsal metencephalic vein, 前面はventral metencephalic veinによって還流される.

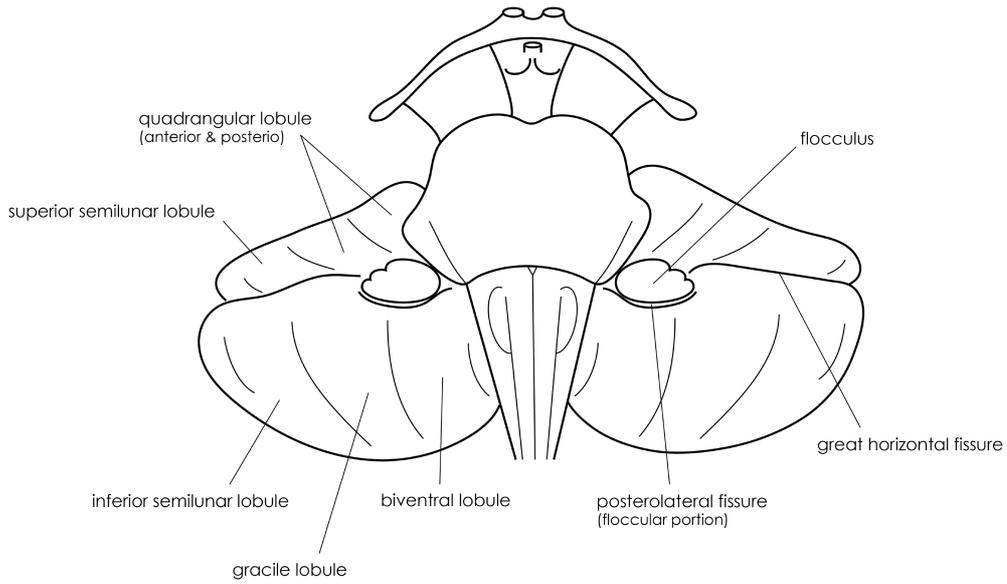
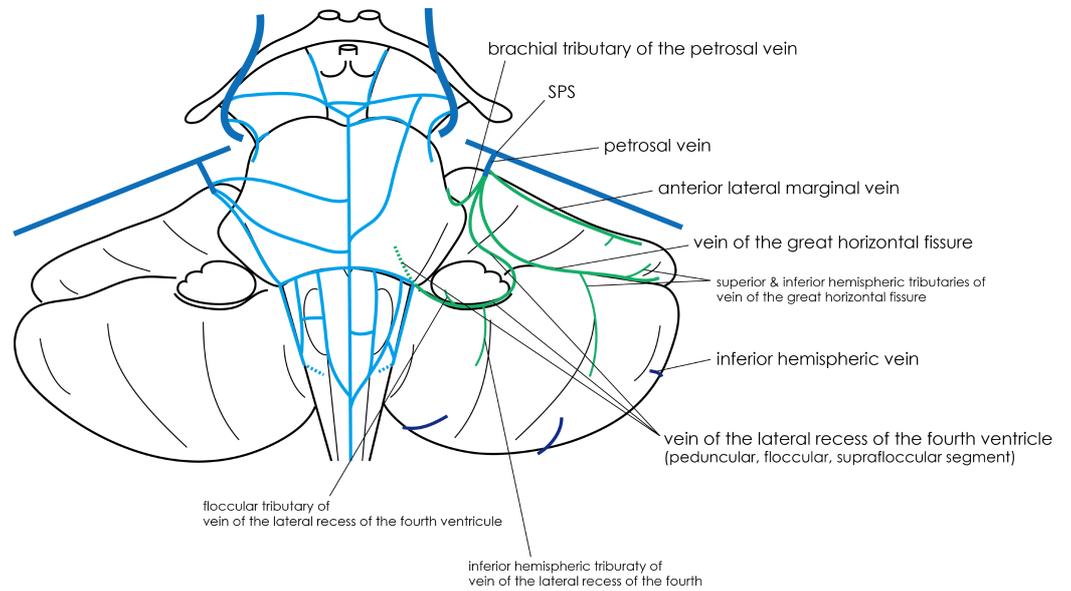
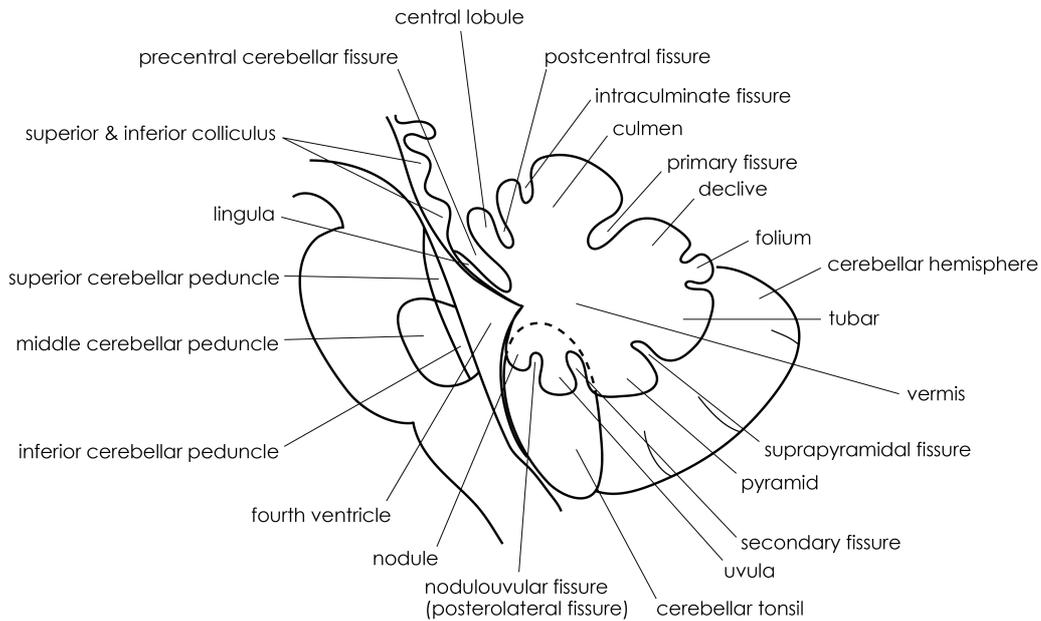


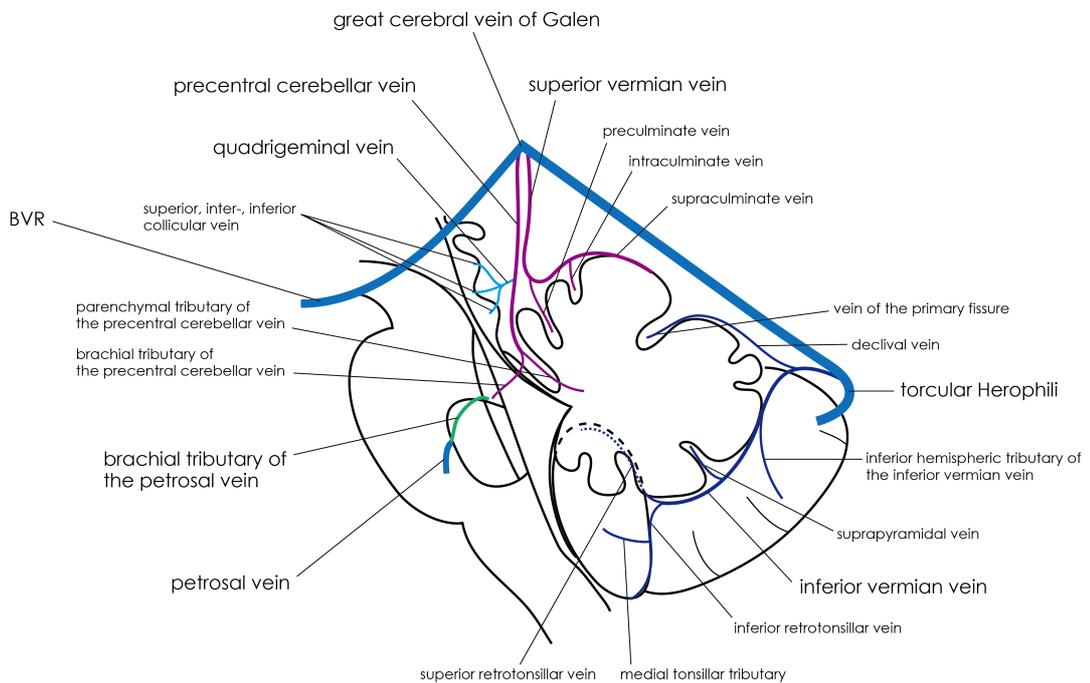
Fig.5: 小脳静脈
5A: 前面の正常解剖.



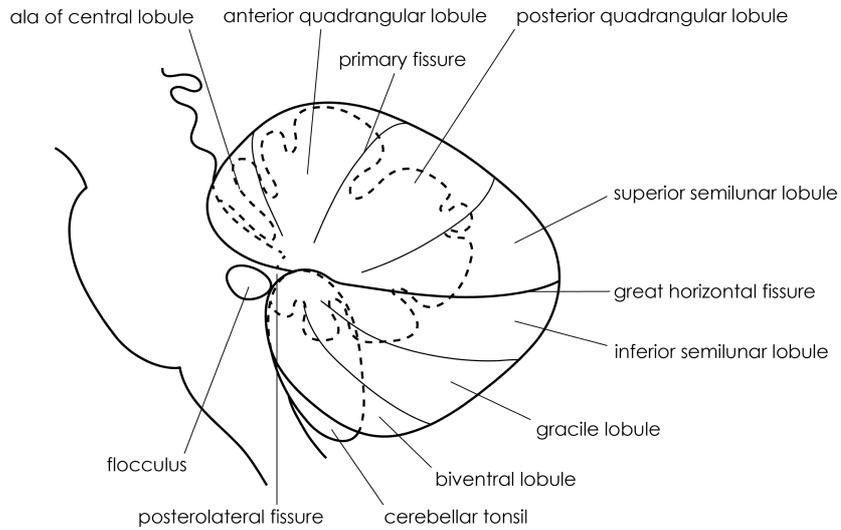
5B: 前面の静脈. Vein of the lateral recess of the fourth ventricle, vein of the great horizontal fissure, brachial tributary of the petrosal vein, anterior lateral marginal veinが petrosal veinへ流入している.



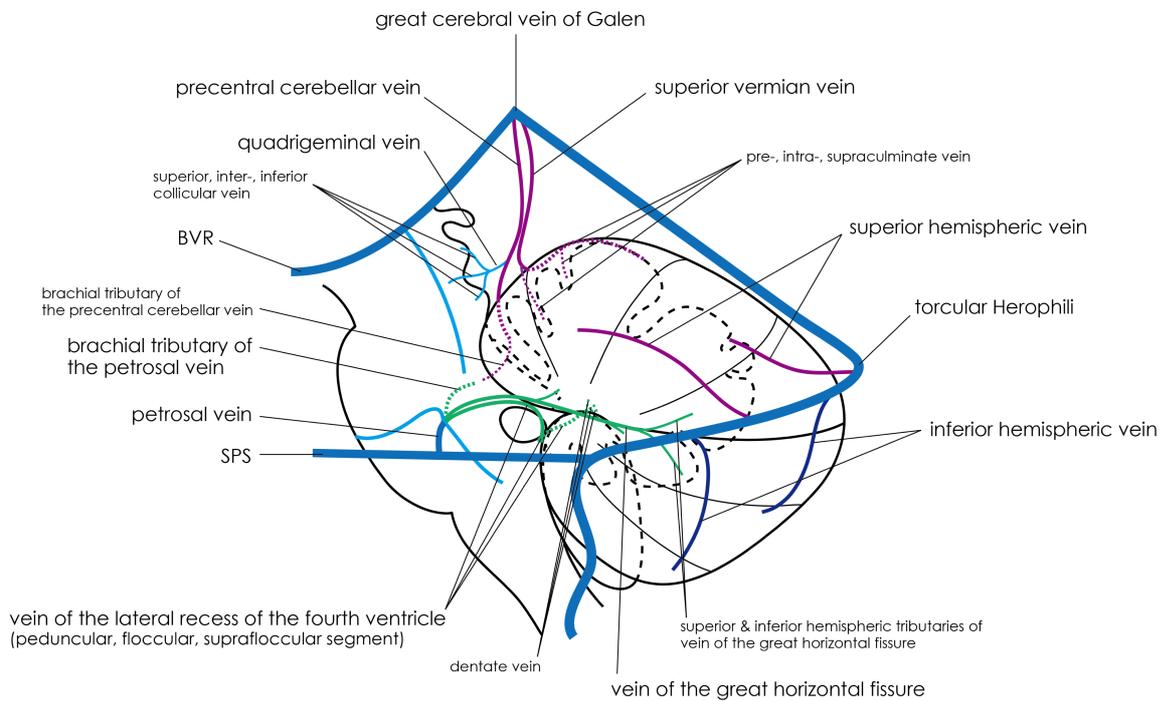
5C: 正中矢状面の正常解剖.



5D: 正中矢状面の静脈. ガレン大静脈へはprecentral cerebellar veinとsuperior vermian veinが, petrosal veinへはbrachial tributary of the petrosal veinが, 静脈洞交会へはinferior vermian veinが流入している.



5E: 外側面の正常解剖.



5F: 外側面の静脈. Superiorおよびinferior hemispheric veinは静脈洞交会や横静脈洞へ流入している. またvein of the lateral recess of the fourth ventricle, vein of the great horizontal fissure, brachial tributary of the petrosal veinはpetrosal veinへ, precentral cerebellar veinとsuperior vermian veinはガレン大静脈へ流入している.