

海綿静脈洞：発生と解剖

Cavernous sinus: embryology and anatomy

石切生喜病院 脳神経外科

三橋 豊

Ishikiri-Seiki Hospital, Department of Neurosurgery

Yutaka Mitsuhashi

Key word: cavernous sinus, venous anatomy, embryology

はじめに

Dural venous sinusは2葉のdura (dura propriaとperiosteal dura) の間に存在するvenous channelで一般に脳組織、頭蓋骨の静脈灌流を担う。cavernous sinus (CS)は頭蓋底に位置し眼窩、鼻咽頭と近接、交通しており脳、頭蓋骨のみならず発生学的起源の異なるこれらの全ての静脈灌流に関与する特殊なdural venous sinusである。

1, CS の発生 (Padget 1957) 図1

胎生早期には将来のpial-layerに形成されたprimitive capillary plexusは後のsubarachnoid spaceの無数のvenous channelを介して更に表層の後のdural spaceに形成されるembryonic dural plexusに灌流する。このdural plexus 是对応する脳領域によって3つに分けられる。すなわち前脳、中脳を灌流するanterior dural plexus, 後脳を灌流するmiddle dural plexus, 髄脳を灌流するposterior dural plexusである。これらのdural plexusは3つのterminal vein (anterior, middle, posterior dural stem) を介して原始脳腹外側に長軸方向に左右一対存在するprimary head-sinus に灌流する。Primary head-sinus の尾側は直接anterior cardinal veinへと連続しcommon cardinal veinを通じて原始心臓へと灌流する。Primary head-sinus は脳のみならず眼や咽頭もprimitive maxillary vein, dorsal pharyngeal veinを介して灌流する。背側でのdural plexusの長軸方向の吻合(将来の矢状洞、横静脈洞、S静脈洞)が発達するにつれてanterior dural stem, middle dural stemを介したdural plexus とprimary head-sinusの間の交通は退縮し、Primary head-sinusも特にmiddle dural stemとposterior dural stemの間でotic capsuleとfacial nerveに挟まれるようにして退縮する。吻側に残ったtrigeminal nerveの内側に存在するprimary head-sinus の一部は当初担っていた脳の静脈灌流の役割を一旦失う。頭蓋骨の発達に伴い、pro-otic sinus (middle dural stemのremnant) は内外側への分枝を発達させる。頭蓋底軟骨性骨の静脈灌流を担うために内側に発達した分枝から将来のCSの一部とinferior petrosal sinus (IPS) の吻側が形成される。外側の分枝は膜性頭蓋の灌流を担い将来のmiddle meningeal vein (MMV)となる。Pial layer, dural layerでの静脈吻合の発達、脳の肥大に伴い当初、両layerを交通していた無数のshort venous channelは数を減らし、各脳領域に数本のelongated, augmented vein に収束し、これはpia-arachnoidal vein (後のbridging vein) と呼ばれる。終脳腹外側の灌流を担っていたpia-arachnoidal vein (telencephalic vein)の dural endはembryonic tentorial sinus と呼ばれ当初は横静脈洞 (anterior dural plexusとmiddle dural plexusの吻合によって形成される) に灌流するが、大脳半球の発達に伴い腹内側へmigrationを起こし胎生後期、または出生後にCSと吻合する。後脳(後の小脳と橋)腹側の静脈灌流を担うpia-arachnoidal vein であるventral metencephalic veinのdural endは将来のsuperior petrosal sinusとなり当初は横静脈洞S静脈洞移行部 (middle dural plexusとposterior dural plexusの吻合によって形成) に灌流するが、embryonic tentorial sinusと同様に胎生後期、または出生後に

内側でのCS との吻合を発達させる。当初primitive maxillary vein (後のEmissary vein of the foramen rotundum), dorsal pharyngeal vein (後のEmissary vein of the foramen ovale)は鼻咽頭の血流をprimary head sinus へ (afferent) 灌流していたがexternal jugular system (ventral pharyngeal veinとの吻合)の発達に伴い血流の方向を変えCSからpterygoid plexusへ (efferent) 灌流するようになる。胎生期のprimitive supraorbital vein, primitive maxillary vein よりsuperior ophthalmic vein (SOV), inferior ophthalmic veinが発達する。Primitive maxillary veinのstemから将来のSOVの近位部が形成される。

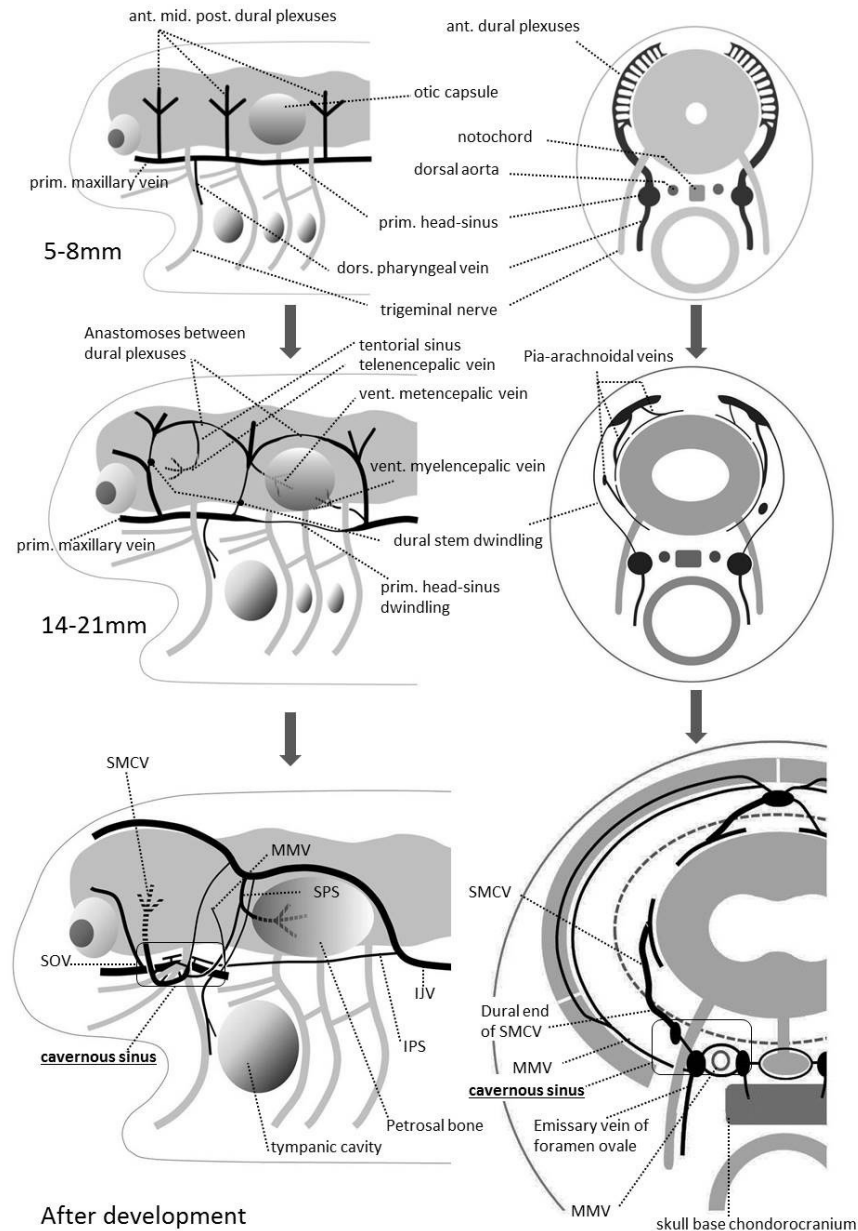


図1 Cavernous sinus 発達の模式図 (右:側面像、左:三叉神経レベルでの横断像)
Cavernous sinusは胎生期のprimary head sinus の吻側部とその内側に発達した頭蓋底軟骨性骨、下垂体の静脈、外側に2次的に吻合したpia-arachnoid veinのdural endによって形成される。

2, CSへの静脈灌流

2-1, 脳のCSへの静脈灌流

superficial middle cerebral vein (SMCV) (Tanoue 2006), uncal vein (Ide 2014), deep middle cerebral veinは直接、またはlaterocavernous sinus (Ruiz 1999)を介してCSに灌流する。Superior petrosal sinus (SPS)はcavernous sinusの後外側に灌流する。CSの後方部に脳幹から直接流入する静脈の存在が知られている (Matsushima 1983, Kiyosue 2008)。筆者の個人的な経験ではこのような静脈はDollero's canalより外側、すなわち内頸動脈より外側に流入する。これらは胎生期に形成されるpia-arachnoidal veinのdural endが2次的にCSに吻合したものと考えられる。

2-2, 頭蓋骨のCSへの静脈灌流

頭蓋底部の軟骨性頭蓋はsinus of the lesser sphenoid wing, (Ruiz 2004) intercavernous sinus (Green 1957), basilar plexus (Tubs 2007), sinus of the dorsum sellae (Schnitzlein 1985)などを通じてCSの内側の静脈路に灌流される。胎生期(40-60mm)の時期に頭蓋骨の発達に伴って形成されるpro-otic sinusの内側への分枝から発達すると考えられる。頭蓋冠の膜性頭蓋骨はMMVを通じてCSの外側部(lateral wing of CS)へと灌流する。MMVはpro-otic sinusの外側への分枝として発達する。

2-3, 眼窩のCSへの静脈灌流

眼球を含めた眼窩内容物はSOVを介してCSに灌流される。SOVは三叉神経第1枝の下を通過して内頸動脈外側でCS前方に流入する (Spektor 1997)。この走行はSOVの起源であるprimitive maxillary veinの三叉神経第2枝に相当するsegmental veinとしての性格を反映しているものと考えられる。

2-4, 下垂体のCSへの静脈灌流

多数の下垂体静脈がintercavernous sinusを介してまたは直接CSの内側部に流入する(Green 1957)。おそらくはprimitive maxillary veinの分枝が起源と思われる。

2-5, CSの鼻咽頭との静脈交通

Lateral wing of the CS (Padget 1957)からemissary vein of the foramen ovale, rotundum, or vesaliusを介してpterygoid plexusへと導出する。これらのemissary veinは胎生期に鼻咽頭の血流をprimary head-sinusに灌流していたprimitive maxillary vein, dorsal pharyngeal veinが由来である。

3, CS内の静脈路の分類 図2

CSに交通する静脈はその静脈灌流の役割によってCSに流入する部分、様式に特徴があり、またその特徴は発生学的に合理的に説明できる。CSは発生学的起源の異なる静脈構造の複合体であり、発達の段階で吻合、退縮、併合といった形態学的な変化はあるものの胎生期の異なる静脈灌流の役割は発達後もCSを形成する各静脈路に反映されていると考える。すなわち内頸動脈の内側の静脈路 (medial venous axis) は主に頭蓋底軟骨性頭蓋の骨組織、下垂体の静脈灌流を担っている。この静脈路は発生学的にはpro-otic sinusのmedial tributaryのderivativeと考えられる。脳神経の外側の静脈路(lateral venous axis) すなわちlaterocavernous sinusとCSの後外側の部分はmiddle cerebral vein, SPS、脳幹よりのbridging veinを介して脳の静脈灌流を担っている。この静脈路は胎生期のpia-arachnoid veinのdural endから発達したものと考えられる。脳神経と内頸動脈の間の静脈路、卵円孔に繋がるCSの外側の部分 (intermediate venous axis)はSOV, MMVを通じてそれぞれ眼窩内容、頭蓋冠膜性骨の静脈灌流を担う。またmedial, lateral venous axisより内頸動脈腹側、背側の静脈路、脳神経の間の静脈路を介して脳、頭蓋底軟骨性骨、下垂体

の静脈灌流を受け、下錐体静脈洞、翼突静脈叢へと灌流する役割を担っている。この intermediate venous axisは胎生期のprimary head-sinusのderivativeと考えられる。このようなCSの中の各静脈路の機能を認識しておくことはCSに対するIVRを行う上で重要ではないかと考えられる。

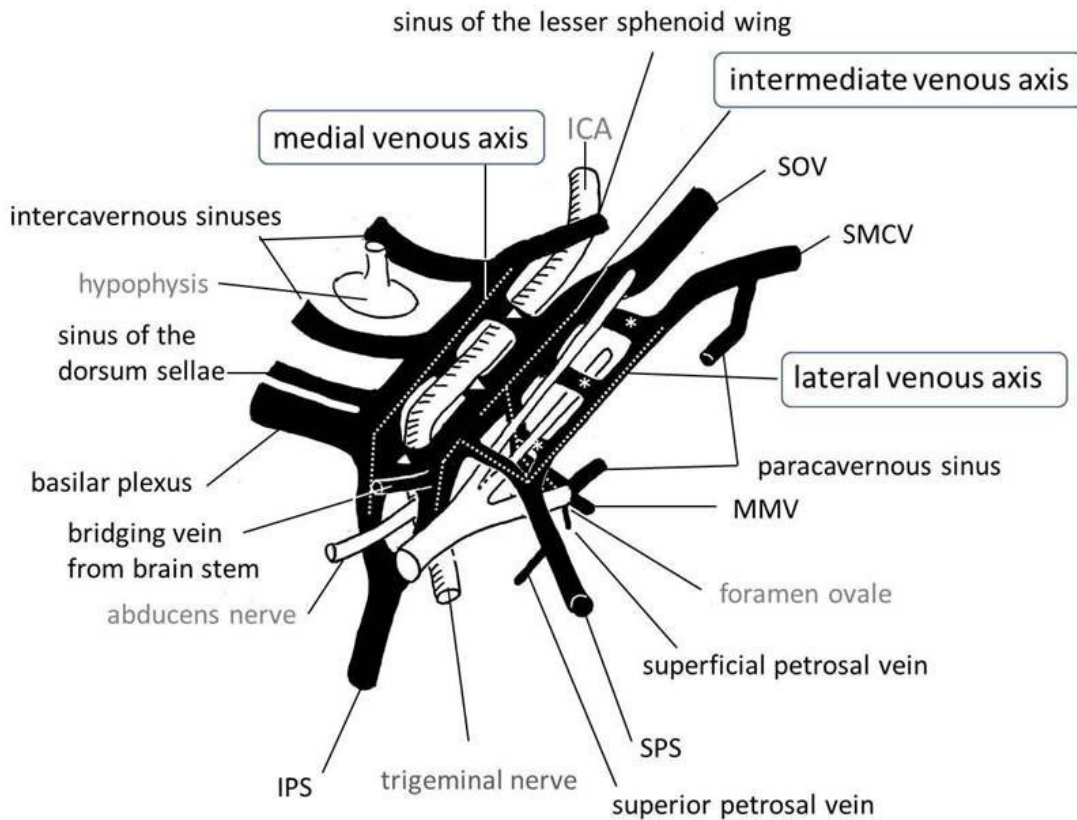


図2 cavernous sinus 周辺の静脈の概念図

内頸動脈の内側の静脈路 (medial venous axis) は頭蓋底軟骨性骨と下垂体の静脈灌流を担う。脳神経の外側の静脈路 (lateral venous axis) は架橋静脈を介して脳の静脈灌流を担う。SPSや脳幹からの架橋静脈の流入するCS後外側部もこのaxisに分類される。内頸動脈と脳神経の間の静脈路、(intermediate venous axis) はSOVを介して眼窩の静脈灌流を、MMVを介して頭蓋冠膜性骨の静脈灌流を担う。卵円孔に繋がる部分もintermediate venous axisに分類される。

まとめ

Cavernous sinusは発生学的に胎生早期に頭領域全て（脳、鼻咽頭、眼）の静脈灌流を担っていたprimary head-sinusの一部と、少し遅れて発達する頭蓋骨静脈灌流の為のosseous vein, 更に二次的な脳静脈(bridging vein)との吻合によって形成され、発達後もCSの各静脈路にその異なる役割は反映されている。

文献

- Green HT: The venous drainage of the human hypophysis cerebri. *Am J Anat* 100: 435-469, 1957
- Ide S, Kiyosue H, Tanoue S, et al: Anatomical variations in termination of the uncal vein and its clinical implications in cavernous sinus dural arteriovenous fistulas. *Neuroradiology* 56: 661-668, 2014
- Kiyosue H, Tanoue S, Sagara Y, et al: 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. 2008
- Matsushima T, Rhoton AL, Jr., de Oliveira E, et al: Microsurgical anatomy of the veins of the posterior fossa. *J Neurosurg* 59: 63-105, 1983
- Padget DH: The development of the cranial venous system in man, from the view point of comparative anatomy. *Contrib Embryol* 36: 81-140, 1957
- San Millán Ruíz D, Gailloud P, De Miquel Miquel MA, et al: The laterocavernous sinus: an anatomic study. *Anat Rec* 254: 7-12, 1999
- San Millán Ruíz D, Fasel JH, Rufenacht DA, et al: The sphenoparietal sinus of Breschet: does it exist? An anatomic study. *AJNR Am J Neuroradiol* 25: 112-120, 2004
- Spektor S, Piontek E, Umansky F: Orbital venous drainage into the anterior cavernous sinus space: microanatomic relationships. *Neurosurgery* 40:532-539, 1997
- Tanoue S, Kiyosue H, Okahara M, et al: Para-cavernous sinus venous structures: anatomic variations and pathologic conditions evaluated on fat-suppressed 3D fast gradient-echo MR images. *AJNR Am J Neuroradiol* 27: 1083-1089, 2006
- Tubbs RS, Hansasuta A, Loukas M, et al: The basilar venous plexus. *Clin Anat* 20:755-759, 2007