

下錐体静脈洞尾側端の解剖学的バリエーションについて

大阪市立大学大学院 医学研究科 脳神経外科

三橋 豊、川上 太一郎、西尾 明正

下錐体静脈洞 (inferior petrosal sinus: IPS) は同側のcavernous sinusの後方部分とjugular bulb (JB) またはinternal jugular vein (IJV)を連絡する硬膜静脈洞である。IPSはその走行中に周囲静脈と多数の吻合を持つが、主たるものはvertebral venous plexus (VVP)との吻合である。jugular foramen (JF)近傍に存在するVVPとIJVを交通する静脈はhypoglossal canalを介してIJVまたはIPSとmarginal sinusを交通するanterior condylar vein、後頭骨と環椎の間でIJVまたはIPSとoccipital cavernous sinusを交通するlateral condylar vein、condylar canal を介してsigmoid sinusとoccipital cavernous sinusとを交通するposterior condylar veinなどが知られている¹⁾ (Fig 1)。

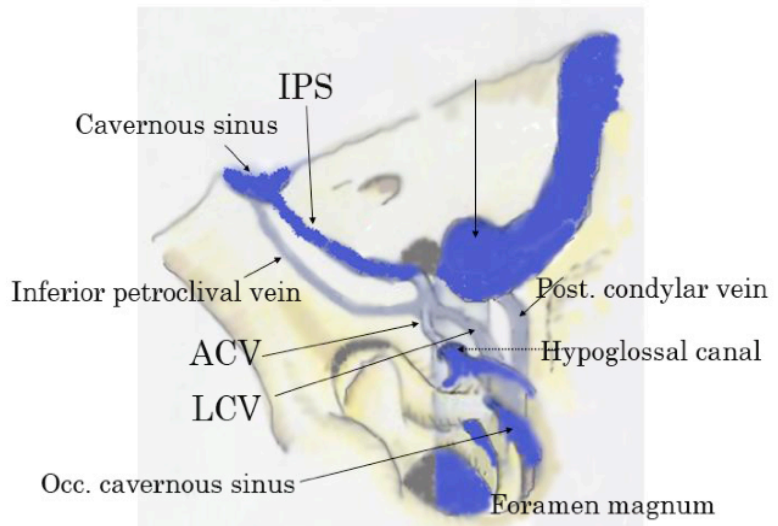


Figure 1 Venous system around the jugular foramen

IPSはCavernous sinus dural AVFに対する経静脈的塞栓術を行う際や、下垂体腺腫の診断の為の海綿静脈洞サンプリングを行う際の到達路として重要である。IPSのIJVへの流入部の解剖学的、形態学的な詳しい把握はこれら診断、治療手技を安全、効果的に行う為に不可欠であると考えられる。

1968年にShiuら²⁾が海綿静脈洞サンプリングの際に行った選択的静脈撮影を検討し、IPSのIJVへの流入部のバリエーションをVVPとの吻合様式に主眼をおいて4型に分類し、その後Millerら^{3,4)}によって再検討がなされている (Fig. 2) が2次元の検討であり立体的構築の把握は困難であり、またIPSのIJVへの流入部の高位については述べられていない。近年、頭蓋外低位でIJVに合流するIPSのバリエーションの報告を散発的に認める⁵⁻⁸⁾が非常に興味深い。IJVを介してIPSにカテーテルを導入する場合に、その流入部の形態的なバリエーションを把握することは重要である。

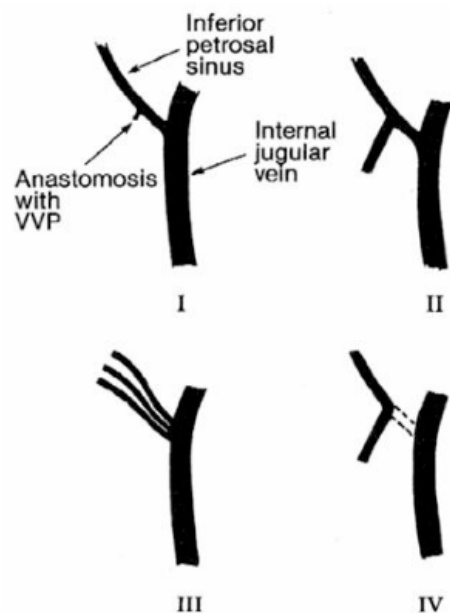


Figure 2 Miller DL et al AJNR 1993

3次元的回転静脈撮影 (3DRV) を用いた検討⁹⁾

我々は、3次元的回転静脈撮影 (3D rotational venography: 3DRV) を用いてIPSのIJVへの流入部の形態学的なバリエーションについて特にその高位に主眼をおいて検討を行った。3DRVは、in vivo での静脈系の立体構造の把握に優れた検査方法である¹⁰⁾。

2003年の5月から2005年の5月までの約25ヶ月間に63症例 (男26, 女37, 年齢20-78歳, 平均56.5歳)、83側 (右46, 左37) に対し、種々の頭蓋内疾患の術前評価を目的として行った3DRVを用いてIPSのJBまたはIJVへの流入部の形態について検討を行った。

検討の結果、IPSのJBまたは IJVへの流入部には一定の高位が認められ、IPSとVVPとの吻合様式はその高位に関連すると考えられた。その高位に主眼をおいて流入様式を下記に示す6型に分類した (Fig. 3)。

Type A: IPSがJBに流入する。(1/83, 1.2%)

Type B: IPSが舌下神経管頭蓋外開口部近傍でIJVに流入する。(29/83, 34.9%)

Type C: IPSが頭蓋外低位でIJVに流入する。(31/83, 37.3%)

Type D: IPSの下端が静脈叢を形成し、複数のIJVへの流入路を持つ。(5/83, 6.0%)

Type E: IPSがIJVには合流せず直接VVPへ灌流する。(3/83, 3.6%)

Type F: IPSが認められなかったもの。(14/83, 16.9%)

IPSがjugular bulb に直接流入するType Aは従来普遍的な形態と考えられていたがきわめて低頻度であり、IPSが頭蓋外でIJVに合流するType B, Cが高頻度に認められた。特に従来稀と考えられていた頭蓋外の低位でIJVに合流するvariationが高頻度に認められたことは特筆に値するのではないかと思われた。

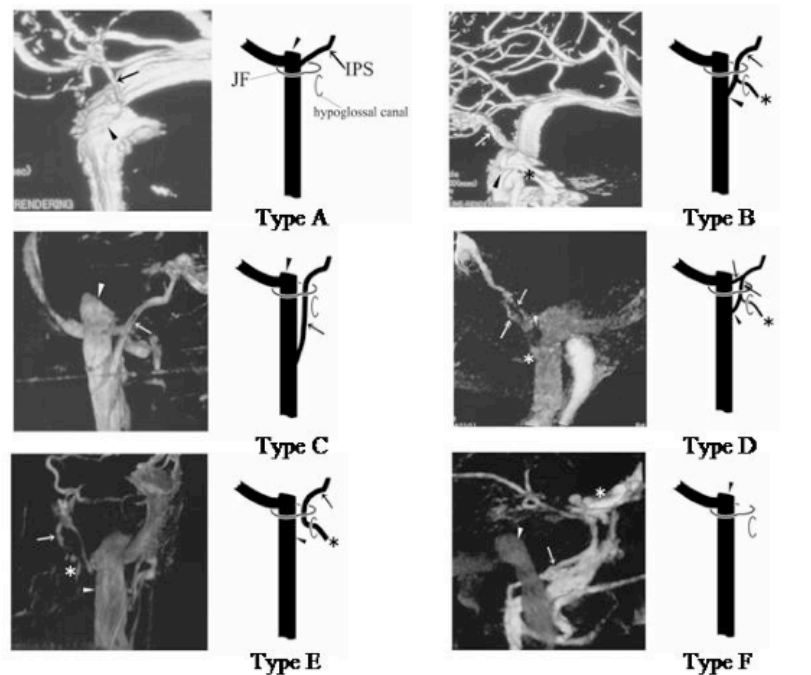
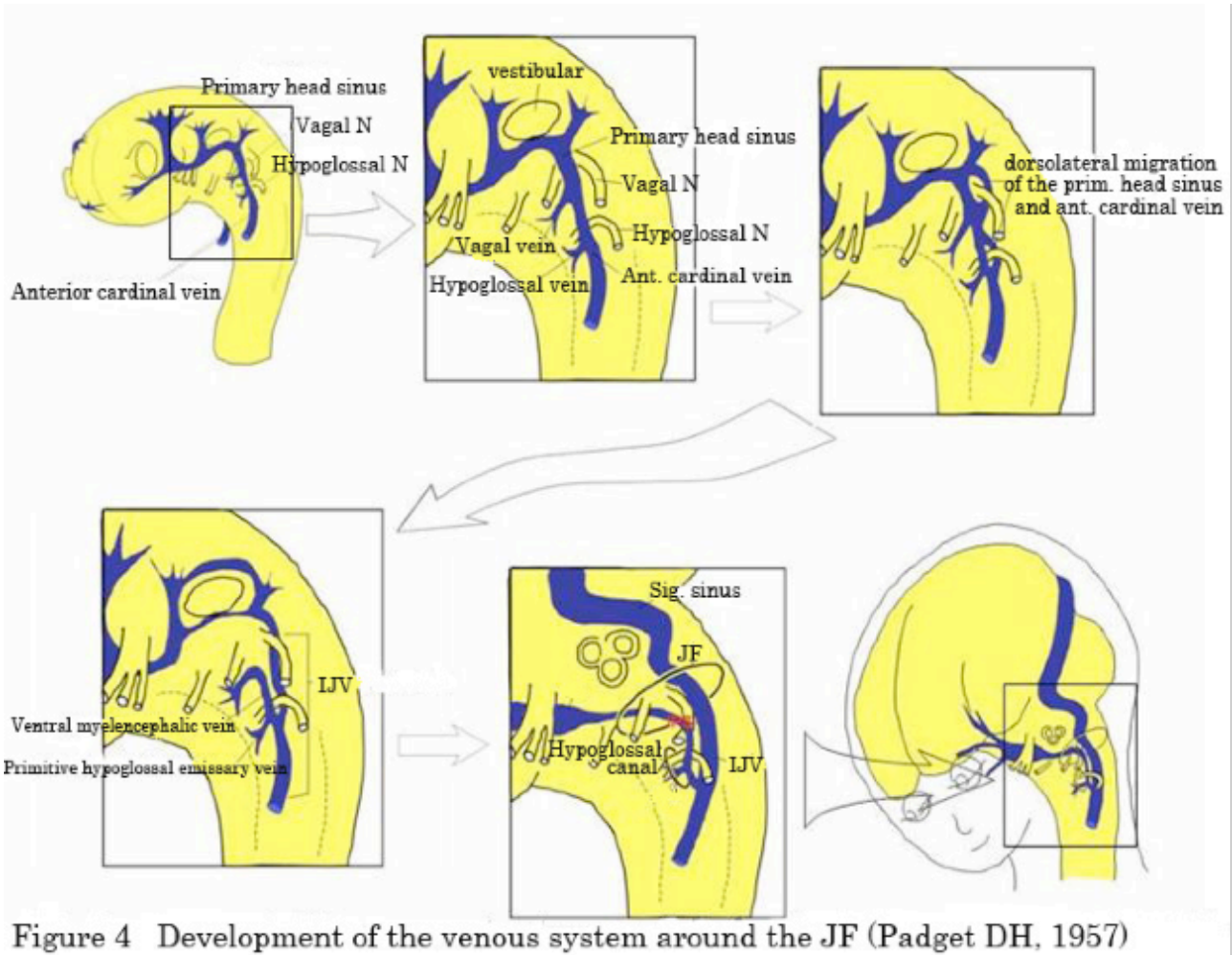


Figure 3 Anatomical variation of the caudal end of IPS

Inferior petrosal sinus の発生に関する考察

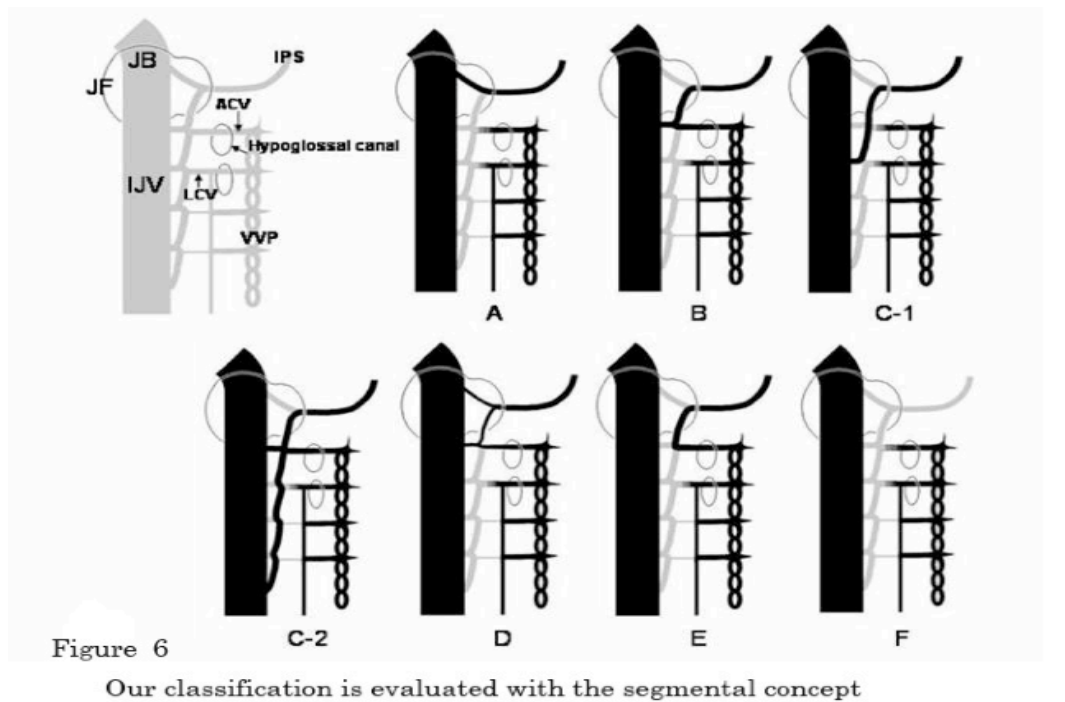
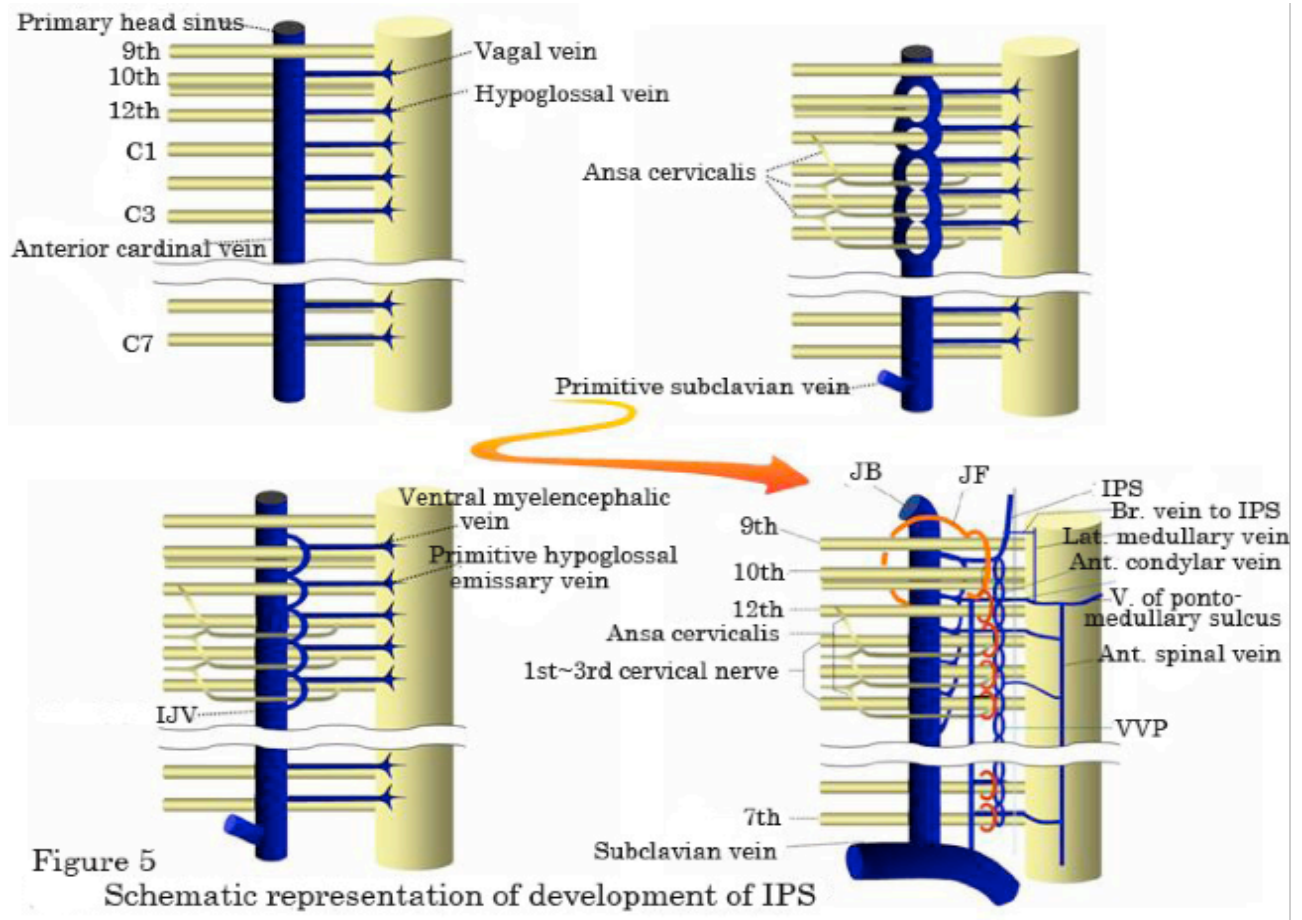
IPS近傍の静脈構造の発生については、Padget¹¹⁾の報告では、胎生早期に原始脳の内腹側に一对の primary head sinusが形成され原始脳の静脈灌流を担う。primary head sinusは後のIJVであるanterior cardinal veinへ連続している。各分節動脈間に一对ずつ形成されるpia-arachnoidal veinは当初primary head sinusとanterior cardinal vein (後のIJV) に直接流入している。primary head sinusとanterior cardinal veinは当初迷走神経より尾側の神経の内腹側を走行するが、妊娠第4週から6週にかけて迷走神経、副神経と舌下神経の周囲に静脈叢を形成しながらそれぞれの神経の外側に変位する。その際に迷走神経

の内側部を走行し髄脳腹側のpia-arachnoidal vein (vagal vein) の静脈灌流を受けていた部分は退縮せず ventral myelencephalic veinとなり、anterior cardinal veinに灌流するようになり、更に尾側の髄脳と脊髄頭側の静脈灌流を受け舌下神経に伴走していたpia-arachnoidal veinは primitive hypoglossal emissary vein (後のACV) となりventral myelencephalic veinに流入するようになる。妊娠第10週になるとprimary head sinusの頭側は退縮し、脳外背側の静脈灌流を担うdural plexusがその遠位部で二次的に吻合し、S状静脈洞が形成される。下錐体静脈洞はventral myelencephalic veinの中枢側が近位端となり、middle dural plexusから形成される遠位端と吻合して形成される。(Fig. 4)



これらの知見と今回の検討から頸静脈孔近傍の静脈構造の発達について考察を行った。舌下神経は第1-3頸神経と吻合を持ち頸神経わなを形成する。頸神経わなは通常はIJVに対して内側前方に位置するので、anterior cardinal veinの神経に対する外背側への変位は舌下神経に対してのみには留まらず、舌下神経に対しての外背側への変位に際して、もしくは引き続いて、頸神経わなに対しても外背側への変位が起こると考えられる。その際に上位頸髄のpia-arachnoidal vein (cervical intersegmental vein) 間にもventral myelencephalic veinとprimitive hypoglossal emissary veinの間に認められるような吻合が形成される可能性があると考え。すなわち各分節に形成されるpia-arachnoidal veinがprimary head sinus、anterior cardinal veinの神経根に対する外背側への変位に際して互いに吻合し、それによって形成された長軸方向の静脈路がIPSの下端部を形成する。頸部分節静脈はVVP、椎骨静脈、深頸静脈といった長軸方向の吻合が発達するためIJVとの交通は消退し、LCVなど頭側のものが遣りIPSと交通するのではないかと考える。この過程を模式図 (Fig. 5) に示した。この個々の静脈路の発達、退縮の程度で最終的なIPSのJB,

IJVへの流入の高位とVVPとの吻合の様式が決定されると推測する。この概念をもとに我々のclassificationをschemaにするとFigure 6のようになる。



3DCTVを用いた検討

そこで次にIPS尾側端のtypeは同一個体の左右ではどうなっているか？ということが疑問となった。例えばcavernous sinus DAVFの経静脈的塞栓の際に病側のIPSが閉塞している場合に健側のIPS尾側端のtypeから病側のtypeすなわちIJVへの流入部の高位を予測してcanulationに役立てることは出来ないかという事である。先述した3DRVを用いた検討は一侧の頸動脈撮影の静脈の検討であるため同一個体での両側IPSの検討は行えていない。また対側頸動脈や椎骨動脈領域からの静脈灌流は反映されないためtype Fの頻度に疑問が残った。そこで我々はMulti-detector CTを用いた3DCT venography (3DCTV)を用いて再検討を行った。

2008年の4月より2009年の3月までの1年間に脳腫瘍、脳血管障害の術前評価を目的に3DCTVを用いて頭蓋内静脈の評価を行った39例(男14、女25、年齢：20-75歳、平均50.2歳)、78側について検討を行った。海綿静脈洞部腫瘍、錐体斜台部などの腫瘍によって海綿静脈洞、下垂体静脈洞が浸潤をうけて両側のIPSの評価の出来ないものは除外した。IPS尾側端のvariationに関してはType A: 6/78 (7.6%)、Type B: 39/78 (50%)、Type C: 29/78 (37%)、Type D: 3/78 (3.8%)、Type E: 1/78 (1.2%)、Type F: 0/78 (0%) とやはりType BまたはType Cが多く認められ両方で87%を占めていた(図9)。一方IPSそのものが認められなかったもの、すなわちType Fはこの3DCTVを用いた検討では1例も認められず、いわゆるIPSのaplasiaはおそらくかなり頻度が低いものと考えられた。同一個体での左右差に関しては頻度の高いものから両側ともにType Bであったものが14/39 (36%) (図7)、両側ともにType Cであったものが8/39 (21%) (図8)、次いで右がType B、左がType Cであったものが6/39 (15%)であった。この3つのパターンで全体の70%が占められた。

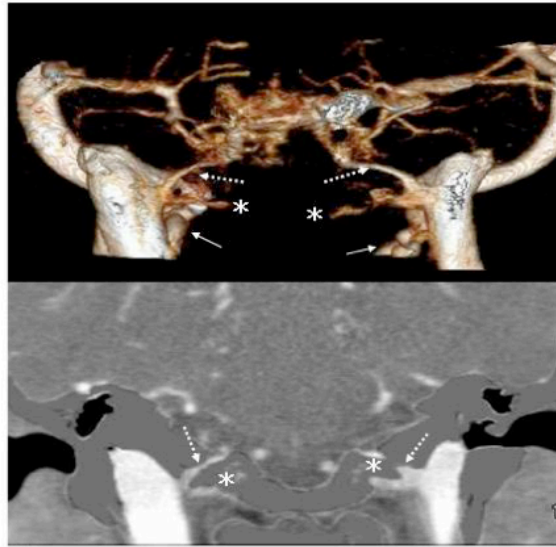


Figure 7 Representative case of bilateral type B
Dotted arrow: IPS, asterisk: ACV, arrow: occipital cavernous sinus

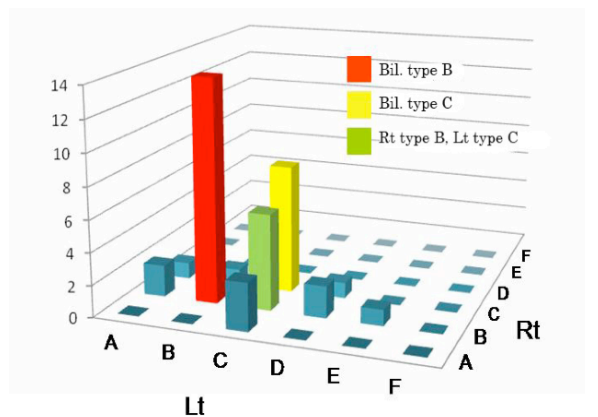


Figure 9 The incidence of bilateral types of caudal end of IPS

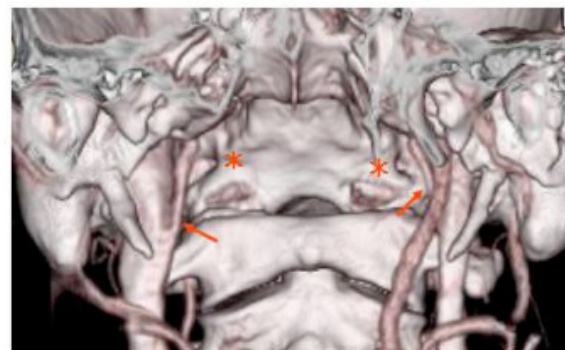


Figure 8 Representative case of bilateral type C
Arrow: IPS, asterisk: hypoglossal canal

症例呈示

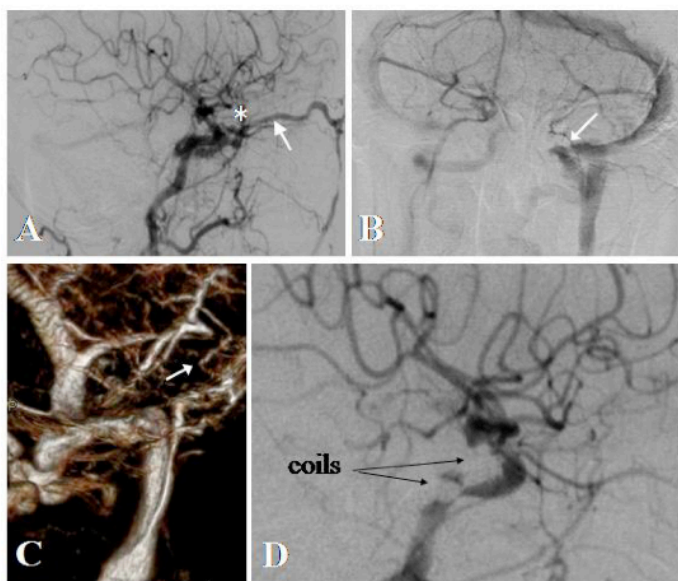


Figure 10 TVE via the IPS with extracranial low termination

67歳女性 拍動性の耳鳴、複視にて発症。MR angiographyにおいて左cavernous sinus内にarteriovenous shuntを疑う高信号を認めた。血管撮影を行うと左側にBarrow type Dのcavernous sinus DAVFを認めた。左cavernous sinusのIPSへのoutletは閉塞しており上眼静脈(図9A ↑)、シルビウス静脈(図9A*)へのvenous refluxを認めた。椎骨動脈撮影で両側のIPSが描出されこれらのIPSは頭蓋外低位でIJVに合流するType Cの灌流パターンを示した。(図9B ↓)病側のIPSはanastomotic lateral mesencephalic veinより直接IPSに流入するbridging veinを介して血流を受けていた(図9C ↑)。左内頸静脈経由で頭蓋外低位でIJVの内側壁を探り左IPSにcatheterizationを行いIPS頭側の閉塞部を突破してcavernous sinusにアプローチしshuntの存在するpostero-medial

compartmentをコイル塞栓して治癒を得た(図9D ↑)。この症例では病変側海綿静脈洞のIPSへの出口が閉塞していたにも関わらず椎骨動脈撮影を行うことによって病変側のIPSがIPSに直接流入するbridging veinから描出され頭蓋外低位のIPSのIJVへの合流部を確認することが出来た。IPSに直接流入するbridging veinに関しては少ないながらも文献的報告があり¹²⁻¹⁴⁾、胎生期に髄脳周辺の静脈灌流を担うvagal veinのremnantとしてとらえることが出来る。

まとめ

- 1) IPSの尾側端の形態学的バリエーションには発生学的に分節の概念を用いて説明できる一定のパターンがある。
- 2) 高頻度に見られる形態はIPSが舌下神経管の高さでIJVに合流するType Bと更に頭蓋外低位でIJVに合流するType Cである。
- 3) 同一個体では左右のIPS尾側端の形態は似ていることが多い。
- 4) 今後の課題としては、IPSに直接灌流するbridging veinなどを含めたIPS主幹部や頭側の血管構築の究明が必要と思われる。

参考文献

- 1) Ronald D. Caruso· Arthur E. Rosenbaum· Ja Kwei Chang, et al. Craniocervical junction venous anatomy on enhanced MR Images: The suboccipital cavernous sinus. AJNR Am J Neuroradiol 1999;20:1127-1131.
- 2) Shiu PC, Hanafee WN, Wilson GH, et al. Cavernous sinus venography. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1968;104: 57-62.
- 3) Miller DL, Doppmann JL. Petrosal sinus sampling: technique and rationale (comments). Radiology 1991;178:37-47.
- 4) Miller DL, Doppman JL, Chang R. Anatomy of the junction of the inferior petrosal sinus and the internal jugular vein. AJNR Am J Neuroradiol 1993; 14:1075-83.

- 5) Ayeni SA, Ohata K, Tanaka K, et al. The microsurgical anatomy of the jugular foramen. *J Neurosurg* 1995;83:903-909.
- 6) Gailloud P, Fasel JH, Muster M, et al. Termination of the inferior petrosal sinus: an anatomical variant. *Clin Anat* 1997;10:92-96.
- 7) Benndorf G, Campi A. Aberrant inferior petrosal sinus: unusual transvenous approach to the cavernous sinus. *Neuroradiology* 2002;44:158-163.
- 8) Calzolari F. Unusual termination of the inferior petrosal sinus. *Neuroradiology* 2002;44:796-797.
- 9) Mitsuhashi Y, Nishio A, Kawahara S et al.: Morphologic Evaluation of the caudal end of the inferior petrosal sinus using 3D rotational venography. *AJNR* 28: 1179-84, 2007
- 10) Nishio A, Takami T, Ohata K, et al. Three-dimensional rotation venography using the digital subtraction angiography unit with a flat-panel detector: usefulness for the transtemporal/transtentorial approaches. *Neuroradiology*. 2004;46:876-882.
- 11) Padget DH. The development of the cranial venous system in man, from the view point of comparative anatomy. *Contrib Embryol* 1957;36:81-140.
- 12) Matsushima T, Rhoton AL, Jr., de Oliveira E, Peace D: Microsurgical anatomy of the veins of the posterior fossa. *J Neurosurg* 59:63-105, 1983
- 13) Rhoton AL, Jr.: The cerebellopontine angle and posterior fossa cranial nerves by the retrosigmoid approach. *Neurosurgery* 47:S93-129, 2000
- 14) 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. *Neuroradiology* 50:1013-23, 2008