

Supratentorial venous system

東海大学 脳神経外科

キッティポン スィーワッタナクン

はじめに

テント上の静脈システムの範囲の定義は様々な考えがあるが、ここでは上矢状洞、横静脈洞、海綿静脈洞およびガレン大静脈に流出する静脈のシステムについて解説する。なお、発生学の背景は最小限にし、臨床医がより馴染みやすい構成で述べる。

静脈の理解には動脈と異なるアプローチが必要であり、なぜなら動脈で見られるsegmentの概念や、神経と伴走する性質がないからである。一般的には表層の静脈と深部と分類されており、前者は大腦灰白質、表層の髄質静脈の還流を受ける。後者は深部白質、上衣下静脈の血流を受ける。後述するbasal vein of Rosenthalは深部の静脈として分類されることも多いが、上記の還流領域を考えると表在の静脈の一部（ただし、一部深部の静脈系からの還流も受ける）と考えるほうが自然である。

以下にそれぞれのシステムについて述べるが、一つの区域の静脈の支流(tributaries)および別のシステムへの吻合を考えると効率よく学習でき、実臨床に役立つ知識が得られやすいと思われる。(Fig 1,2,3)

上矢状洞(SSS)

上矢状洞はforamen caecumからの静脈からの連続と言われているが、成人ではこのforamen caecumは線維化して、実際の静脈血が流れているケースはまれにしか報告がない(Fig 4)。SSSのおおよそcoronal sutureまでの前方では低形成になることがしばしばみられ、その場合superior frontal veinが本来のSSSに並走し、左右合流し、SSSを形成する(Fig 5)。SSSに入る静脈はvein of LabbeやSMCVの発達によって、その規模や数が左右される。Bridging veinの合流部付近に板間静脈(diploic vein)や導出静脈(emissary vein)に流出することがあり(Fig 1)、症例によっては著明な静脈還流を担うことがあり、開頭手術の場合などは注意が必要である。一部には対側に流出する例も存在する。

SSSと関連のある代表的なemissary veinは頭頂部の傍正中位にあるparietal emissary vein、後頭骨の正中に位置し、直接SSSからemissary veinが出るoccipital emissary veinがある。(Fig 5) その他にはvein of foramen caecumがあるが、成書では鼻粘膜からの静脈血を頭蓋内へ受けるルートとされているが、我々の自験例ではvein of foramen caecumは頭蓋内の静脈を鼻粘膜の静脈へ頭蓋内の静脈血を導出させる役割であることが観察されたため、一種のemissary channelと言える。(Fig 4)

SSSに流入する静脈は発生初期にはsuperior cerebral veinsのgroup(anastomotic vein of Trolard)が流入するが、その発達の程度はsuperficial middle cerebral vein(SMCV)やvein of Labbéと相補的なものであり、これらのcortical veinの血栓症が起きた場合にその欠損の診断が困難なことがある。

SSSに関連する静脈のvariations

上述のemissary veinとの連絡や前方の低形成以外にfalx内に静脈のchannelとして認められるfalcine sinusが2.1%で認められる報告がある。Falx内には様々な静脈のchannelがprimitive falx cerebriのsagittal plexusとしての遺残が残っていることがあるが、straight sinusと相補的に存在するfalcine sinusはgalenic systemからSSSへ流れる静脈路として臨床的にも重要である。(Fig 6)

また、SSSの形成の過程でSSS内のseptationが存在したり、bridging veinがSSSに合流する前に硬膜内を走行するという構造などを意識する必要がある。

横静脈洞

TributariesとしてはSSSのsuperior cerebral veinsのgroupに対し、inferior cerebral veinsが流入するが、この流入はlateral tentorial sinusとなり、我々がみる側頭葉内側や底面の静脈が横静脈洞に流入する形となる。さらに、横静脈洞内側部中心に小脳の静脈が流入する。この合流部の構造のためにこの付近の硬膜動静脈瘻の治療時にシャントの範囲は塞栓の標的を正確に読影する必要がある。

Variations

横静脈洞の発達は左右差がよくみられ、torcularのSSSとの接合部は右が優位なことが多い。上述のようにinferior cerebral veinのgroupの静脈が横静脈洞に合流する部分で小脳テントにdural sinusを形成してから流入することがときにみられる。さらに頻度は高くないが、convexity側にもdural sinusという形態ととって横静脈洞に入ることもある。Okuderaはこの構造は発生時期の横静脈洞部の tumefaction (膨隆) に由来すると説明している。(Fig 7)

海綿静脈洞

海綿静脈洞はもともと脳の静脈血を排出するためのルートではなく、骨や眼窩内の静脈の流出路として機能している。発生の段階で脳静脈が合流し、脳静脈の流出路として利用されるようになるが、この段階の変化が不完全である場合、様々なvariationとして確認される。さらにuncal veinはbasal vein of Rosenthalに流入しない場合、SMCVを介する場合とそうでない場合があるが、海綿静脈洞に合流することがある。このuncal veinはdeep middle cerebral veinの支流を受け、cavernous sinusに流入する場合の前後方向の位置は様々であり、海綿静脈洞内の塞栓を行う場合は注意深い読影が必要である。

海綿静脈洞は上述のようにもともと脳の静脈流出路を受ける構造ではないため、眼窩の静脈、硬膜や骨の静脈も受ける。これは骨や硬膜由来の様々な静脈を受けるという意味でもある。Sphenoparietal sinusは多くの成書ではSMCVと同義語として使われているが、San Millanらによると実際にはSMCVとsphenoparietal sinusが伴走することがあっても交通することはないと述べている。Sphenoparietal sinusはsinus of the lesser sphenoid wingとも呼ばれ、この付近の骨や硬膜の静脈の受ける静脈構造であり、脳の静脈を受けるわけではない。しかし、開頭手術の外科的立場から両者を物理的に剥離できるわけではなく、SMCVとの合流部より心臓側では同一のものとみなす必要があるかもしれない。

脳底静脈 (Basal vein of Rosenthal, BVR)

BVRは深部にあるが、機能的には一部の深部静脈(choroidal vein, subependymal vein)の血流を受けることがあっても、superficial veinと考える方が自然である。BVRはもともと一本の静脈ではなく、telencephalic, diencephalic, mesencephalic veinなどが癒合し、できあがったものである。前方から1st, 2nd, 3rd segmentにわけられる。不完全な形成も多くみられ(Fig 8)、さらに終点はvein of Galenに流入せず本来の流出路を維持したままの形でprimitive tentorial sinusに入り、横静脈洞やSPSなどに流出するものもある。

BVR機能的に非常に重要な静脈である。なぜなら、BVRは深部静脈であるICV、cavernous sinus、後頭蓋窩の静脈と吻合と持っており、さらに左右の連絡もあるため、様々なシャント疾患の病態に関係することがしばしばあり、その存在に注意しないと治療の成否を左右するものになる。1st segmentではcavernous sinusとuncal veinで連絡を持つことがあり、DMCVなどが流入するルートでもあり、海綿静脈洞部のシャントの治療の際には注意が必要である。2nd segment以降が低形成の場合、流出路が制限され、海綿静脈洞からのシャントで脳出血などを起こすことがある。2nd segmentはdiencephalic segmentとも呼ばれ、重要な連絡路としてはsuperior petrosal sinusと連絡をもつlateral mesencephalic vein(LMCV)があり、後頭蓋窩へのcollateralの役割を果たしている。3rd segmentが低形成の場合LMCVを最終流出路として利用するvariationもある。3rd segmentにはanterior pontomesencephalic veinがあり、後頭蓋窩と連絡する。さらに3rd segmentがGalenに合流せず、tentorial sinusに入ることがある。主なtributariesと連絡をFig 3にまとめた。

Deep venous system

脳実質の髄質静脈はsuperficial medullary veinとdeep medullary veinにわかれ、superficial medullary veinは主に脳回内の白質や半卵円中心の一部から始まり、superficial parenchymal veinに合流し、最終的には脳表のpial veinから流出する。それに対し、deep medullary veinは白質の大部分の静脈の流出を担い、求心性に走行し、脳室壁のsubependymal veinに合流する。深部静脈システム（deep venous system）はこれらのdeep medullary veinを受けると同時に脈絡叢、一部の基底核、視床の静脈の受けるシステムである。ほとんどがinternal cerebral vein(ICV)に流出するが、一部はbasal vein of Rosenthalを利用する。

Deep venous systemの特徴としては収束するシステムであると言える。すなわち、deep venous systemの静脈血は徐々に収束し、最終的にはvein of Galenに流入するが、他の静脈のシステムとのcollateralが乏しく、基本的には脳実質を介するcollateralであるため、他のシステムよりも流出路の閉塞によるvenous congestionによる障害が起こりやすい構造になっている。

ICVへのtributariesはFig 2に示す。Medial group (tributaries: septal vein, posterior septal vein, medial atrial vein, hippocampal veinとlateral group (tributaries: longitudinal vein of Schlesinger, anterior caudate vein, transverse caudate vein, thalamostriate vein, lateral atrial vein, inferior ventricular vein)にわけられる。これらのtributariesでわかるようにmedial groupは大腦半球の深部白質の静脈のみを受けるとに対し、lateral groupは大腦基底核や視床などからの血流も受ける。

さらにICVへの合流の部から3つに分けることができ、前方ではseptal vein, thalamostriate vein, anterior thalamic vein, superior choroidal veinがMonro孔で収束し、ICVの前方へ合流する。後方ではdirect lateral vein(昔のvenous angleというMonro孔を同定する際に鑑別が必要)、medial atrial vein, posterior longitudinal hippocampal veinが合流する。さらに、下方ではinferior ventricular vein, inferior choroidal vein, anterior longitudinal hippocampal veinが合流するが、これらの静脈は主にBVRに流出路を有する。

視床の静脈流出は視床の前方と上方内側(anterior thalamic vein, thalamostriate vein)はICVへ流出し、後方や下方(posterior thalamic vein, inferior thalamic vein)はBVRに流出するとされている。大腦基底核も同様に部位によってICVとBVRに流出する。

Venous collateral systems

Superficial venous systemの間の吻合

脳表静脈のドレナージはSSS(superior cerebral veins)、SMCV、横静脈洞 (inferior cerebral veins) は相補的に発達しているが、それぞれのシステムを連絡するanastomotic veinがあり、SSSとSMCVはanastomotic vein of Trolardで、SMCVと横静脈洞はanastomotic vein of Labbéで連絡が発達し、血管撮影などで確認できることがある。(Fig 1) 脳の静脈は弁構造を持たないため、それぞれのシステムに対する血流の向きは必要に応じて変わることができる。

脳底部での静脈の吻合

Basal vein of RosenthalはWillis動脈輪のように脳底部で輪のような形を形成しており、機能的にも静脈の左右の連絡がある。前方にはanterior communicating veinがあり、後方にはposterior communicating veinがある。(posterior communicating veinは後交通動脈とは異なり、前後の連絡ルートではなく、左右の静脈の連絡を形成している) (Fig 3)

Transcerebral veins

Superficial pial veinとsubependymal veinと連絡する連続的な髄質静脈の存在が知られており、これをtranscerebral veinと呼ぶ。通常このtranscerebral veinは正常な状態ではサイズが小さく、脳血管撮影で観察することはできないが、シャントなどの状態では確認できるがあり、側副血行となることがある。しか

し、機能的には急性閉塞などの側副血行路になるというよりは慢性的な静脈還流障害に伴い、発達する側副血行路と言えよう。特に深部の静脈の還流障害の場合は重要な側副路のひとつである。(Fig 9)

文献：

1. Aoki R, Srivatanakul K, Hirayama A, A vein of the foramen caecum observed on angiography, *Eur J Ana* 21(4): 305-307, 2017
2. Hui Han & Wei Tao & Ming Zhang, The dural entrance of cerebral bridging veins into the superior sagittal sinus: an anatomical comparison between cadavers and digital subtraction angiography, *Neuroradiology* (2007) 49:169–175
3. John P. Kapp, Henry H. Schimidek, *The cerebral venous system and its disorders*, 1984, Grune&Stratton, Orlando, P. 131-134
4. Ruiz San Millan Diego, The sphenoparietal sinus of Breschet: Does it exist? An anatomic study, *AJNR* 25: 112-120, 2004
5. Ryu C W, Persistent Falcine Sinus: Is It Really Rare? *AJNR* 31:367–69, 2010
6. Salamon G, Huang Y.P., *Radiologic Anatomy of the Brain*, 1976, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, P. 210-261

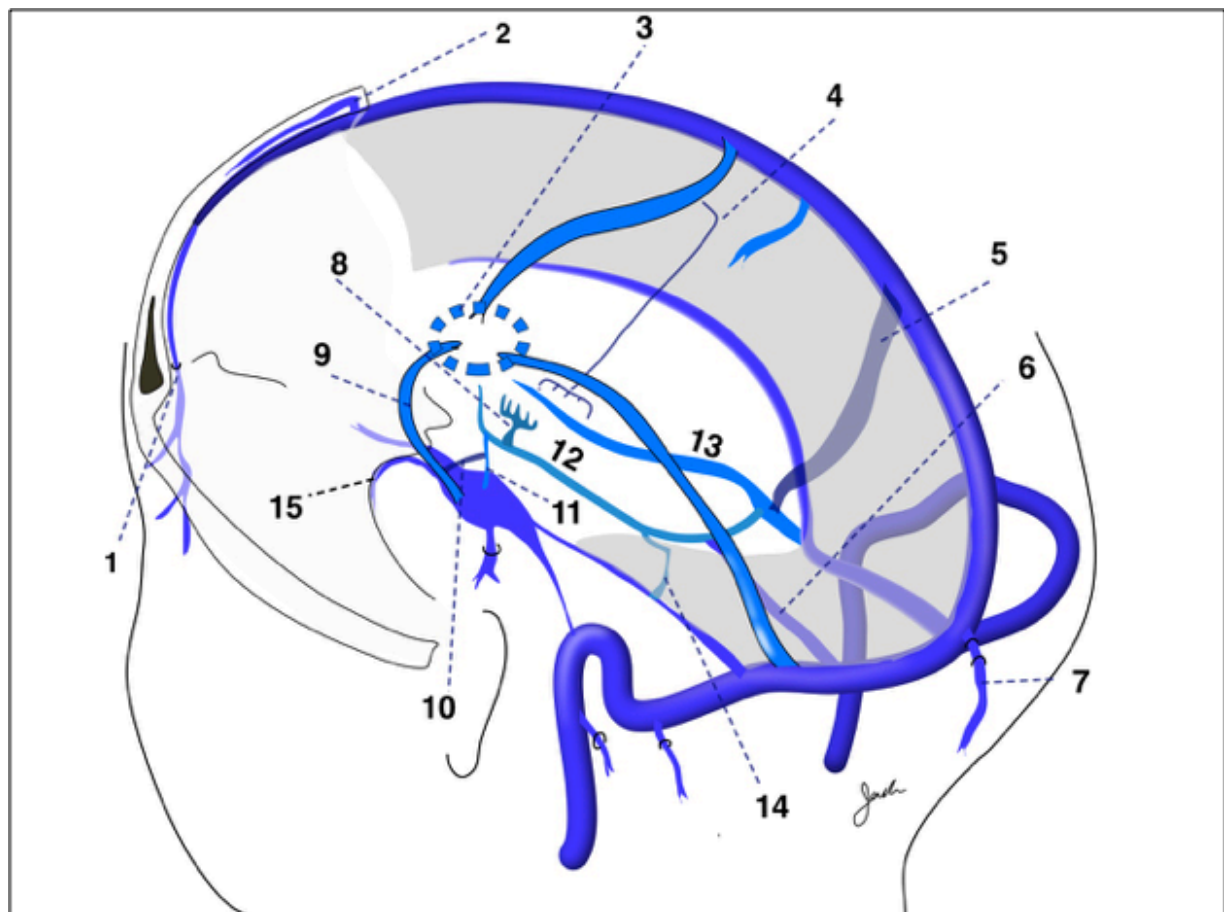


Fig. 1 Cranial venous system showing major variations and communication between each system. (1 Vein of the foramen caecum, 2 diploic(emissary) vein, 3 venous anastomosis between the superficial middle cerebral artery, the anastomotic vein of Labbe and Trolard, 4 transcerebral anastomosis, 5 Falcine sinus, 6 primitive tentorial sinus, 7 occipital emissary vein, 8 inferior striate vein, 9 superficial middle cerebral vein(SMCV), 10 inconstant anastomosis of SMCV and uncal vein, 11 uncal vein, 12 basal vein of Rosenthal, 13 internal cerebral vein, 14 lateral mesencephalic vein)

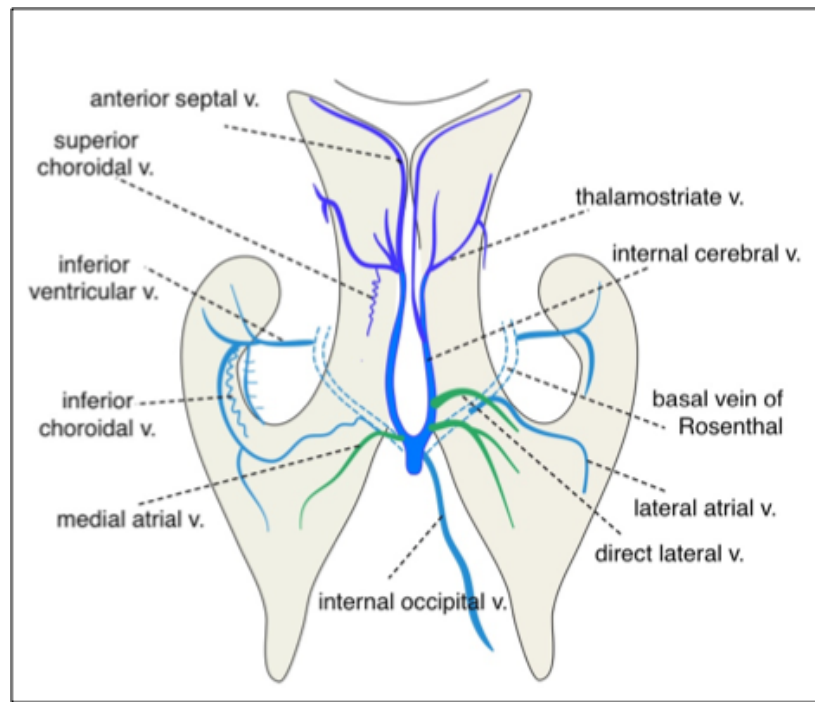


Fig. 2 Major tributaries of the internal cerebral vein. (Modified from reference 6)

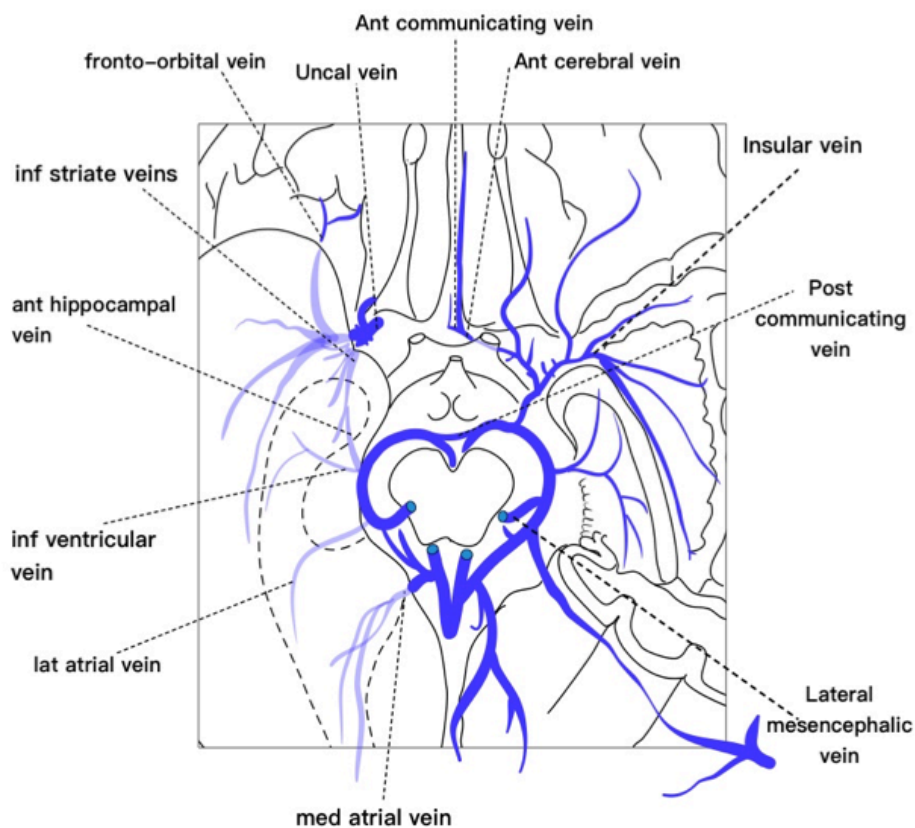


Fig. 3 The system of the basal vein of Rosenthal(BVR). On the right side the 1st and 2nd segment is absent. The insular veins drain into the uncal vein into the cavernous sinus. Note the important anastomotic channels through the anterior communicating vein, the posterior communicating vein and the lateral mesencephalic vein. The BVR shares common territories with the internal cerebral venous system thus function as potential anastomoses.(Modified from reference 6)

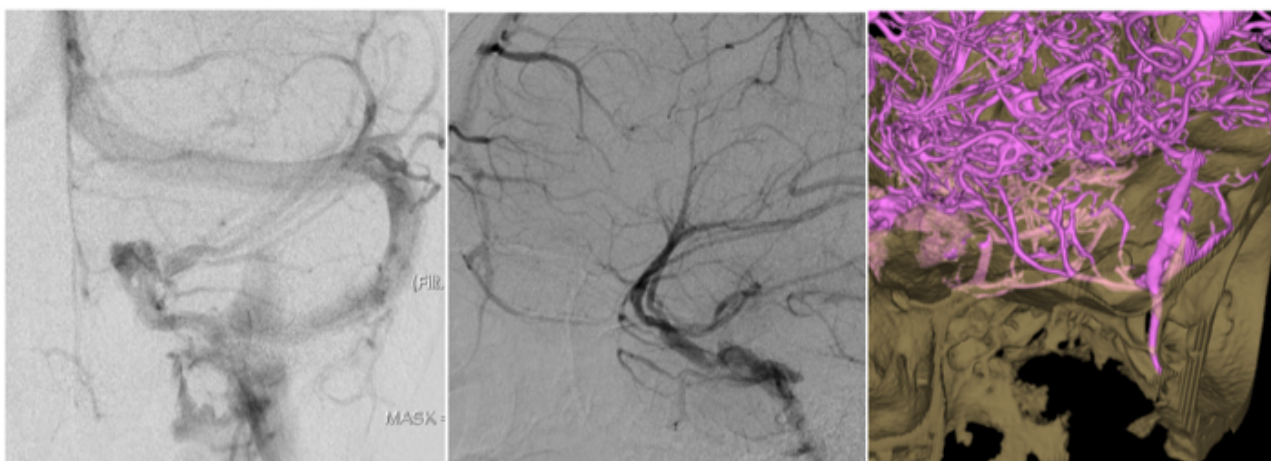


Fig. 4 A patient with a functioning vein of the foramen caecum. In this case, the vein drains the intracranial venous blood into the nasal cavity indicating that it functions as an emissary vein.



Fig. 5 A patient with atresia of the anterior part of the superior sagittal sinus with a prominent occipital emissary vein.



Fig. 6 A persistent falcine sinus in a patient with a superior sagittal sinus thrombosis. In this patient, the falcine sinus acts as a collateral draining the blood into the straight sinus.

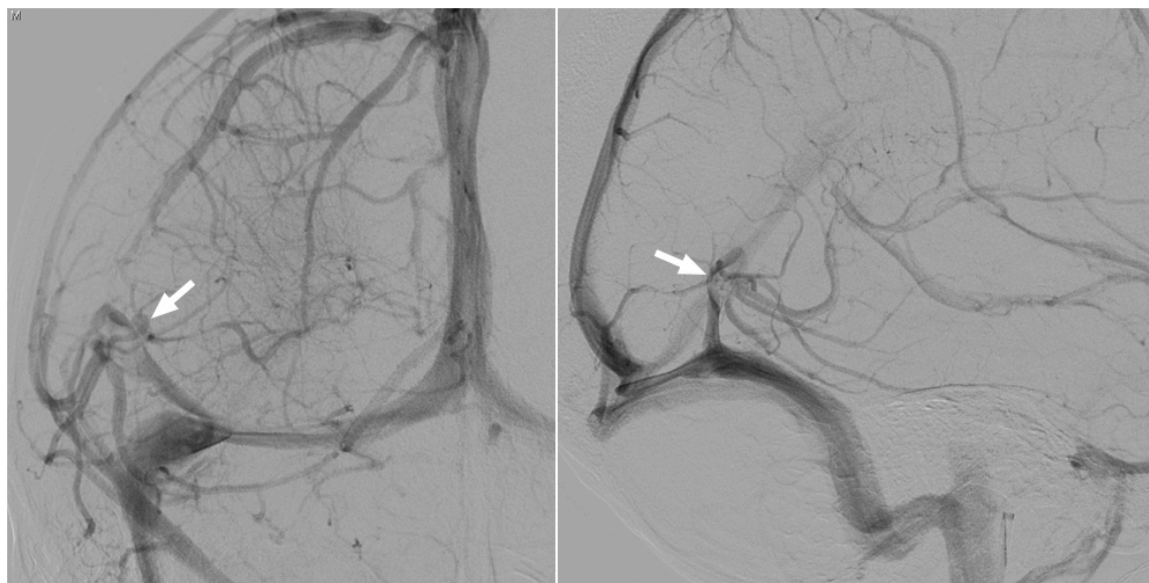


Fig. 7 The veins of the temporooccipital regions draining in to a dural sinus above the transverse sinus. The arrows show the point of the entrance to the dura. (Left: frontal view, Right: lateral view)

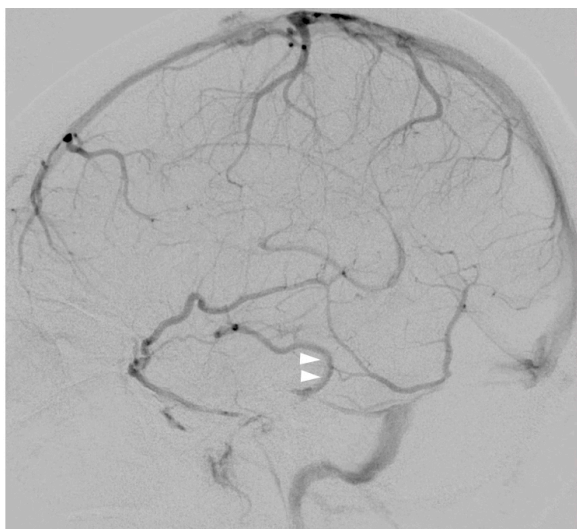


Fig. 8 Partial agenesis of the 3rd segment of the basal vein of the Rosenthal. The system drains through the lateral mesencephalic vein (arrow heads) connecting to the superior petrosal sinus.



Fig. 9 The transcerebral vein on the right side found in a patient with an occipital lobe arteriovenous malformation. This acts as a collateral venous drainage from the deep venous system to the superficial venous system.