脳静脈還流障害を回避する手術戦略

坂田 勝巳, 川崎 隆, 間中 浩
加藤 依子, 山田 幸子

Surgical Strategy for Preventing Venous Brain Injury

Katsumi SAKATA, M.D., Takashi KAWASAKI, M.D., Hiroshi MANAKA, M.D., Yoriko KATO, M.D.,
and Sachiko YAMADA, M.D.

*Department of Neurosurgery, Yokohama City University Medical Center, Yokohama, Kanagawa,
Japan*

Summary: The only way to prevent venous brain injury is to meticulously preserve the veins. In every surgical approach, there are various bridging veins blocking access to the subarachnoid space. It is necessary to understand venous anatomy, such as frontal bridging veins for the interhemispheric approach, sylvian veins for the pterional approach, and temporal bridging veins for the subtemporal approach. High-quality cerebral angiography is necessary for adequate preoperative evaluation of venous anatomy.

With the advent of new-generation CT scanning, 3D-CT angiograms using 64 slice scanners offer an alternative means of preoperative evaluation of the venous system. Indeed, CT venogram might be superior to conventional cerebral angiography in obtaining 3D anatomical information before surgery. Meticulous microsurgical technique is essential to preserve the venous structure during surgery, as are the appropriate use of high magnification and good illumination, moist operative field, careful dissection and minimized retraction.

Vein preservation must be a critical part of surgical strategy, and perhaps the most important point in vein preservation is to keep the importance of those veins in mind at all times. To learn several techniques of vein preservation aids in the surgical strategy, and keeps the skills of the surgeon polished.

Key words:

- cerebral vein
- venous brain injury
- surgical approach
- microsurgical technique
- 3DCTA

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 38: 12-17, 2010

はじめに

脳神経外科手術における静脈性脳損傷の問題は以前より注目されていたが⁴⁾⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾²³⁾, 脳静脈解剖の多様性, 手術手技の多様性, 重篤な合併症の1つである点などから科学的に論じることが困難とされていた。実際, その脳損傷が静

脈切離によるものか, 脳ベラなどによる牽引障害なのか, 厳密に区別することは難しい。昨今の未破裂脳動脈瘤手術, 特に静脈温存, 軟膜温存にまで配慮した手術手技など顕微鏡下脳神経外科手術は確実に進化している²¹⁾。今こそ脳静脈還流障害をもう一度見直す時期であることに疑う余地はない。

Fig. 1 Drainage patterns of superficial sylvian vein. **A:** Cavernous type, **B:** Sphenobasal type, **C:** Sphenopetrosal type, **D:** Cortical type (Trolard)

A	B
C	D

すべての静脈を温存することが究極の静脈性脳損傷の回避法であることはいうまでもない。しかし、現実には温存困難な場面に遭遇することもあり、目の前の静脈を切離してもよいかどうかの答えをくれる人はいないのが現実である。

われわれが最低限できることは何か。孫子の言葉を借りると、“敵(静脈解剖、手術解剖)を知り、己(手術技量、知識)を知れば、百戦危うからず”，少なくとも静脈解剖に精通し、術前の綿密な評価を行い、適切な到達法を選択し、microsurgical technique を駆使し、静脈温存に努めることである。本稿では最低限知っておくべき静脈解剖、術前評価、手技上のポイントにつき解説する。

静脈系の解剖(テント上)

血管障害に対する脳神経外科手術の多くはくも膜下腔または硬膜下腔を経由する。頭蓋底部を経由する場合、どこからアプローチするにせよ架橋静脈に対する配慮が必須である。

半球間裂到達法など前方からの手術の場合、前頭葉架橋静脈が問題となる。特に架橋静脈が前頭蓋底近傍で、上矢状洞に流入する場合は温存が難しい。この場合、安井らの方法²⁶⁾により、大脳鎌を前頭蓋底付着部で切離することで硬膜とともに架橋静脈を上方に移動することができ、静脈

を切離することなく広く半球間裂を開けることができる。

pterional approach を選択する場合は、superficial sylvian vein (以下 SSV) の解剖に精通する必要がある。SSV の流出経路は、sphenoparietal sinus または cavernous sinus に流入する cavernous type (**Fig. 1A**)、正円孔、卵円孔近傍から pterygoid plexus に流入する sphenobasal type (**Fig. 1B**)、中頭蓋窩硬膜を経由し lateral sinus に流入する sphenopetrosal type (**Fig. 1C**) に分類される¹⁵⁾。また、SSV は 1 本だけでなく、複数本併走することが多い。ときに、SSV の主な還流が vein of Trolard を介し上矢状洞に流入したり(**Fig. 1D**)、vein of Labbé を介して横静脈洞に流入する cortical type を認めることがある¹²⁾。

pterional approach において carotid cistern にアプローチする際、シルビウス裂深部で内頸動脈前面を横走する深部静脈に遭遇することがある(**Fig. 2**)。この静脈は多くの場合、deep sylvian vein が frontobasal vein や uncal vein などと合流し、cavernous sinus に流入する common vertical trunk である¹⁵⁾²⁴⁾。deep sylvian vein が後方の basal vein of Rosenthal に流入する場合は、シルビウス裂深部で横走する静脈をみることは少ない。術前の血管撮影静脈相である程度予想することはできる(**Fig. 3**)。特に内頸動脈瘤に対するクリッピング術を行う場合は注意を要する¹³⁾¹⁵⁾。

Fig. 2 Intraoperative photograph shows vein (common vertical trunk) crossing over the internal carotid artery via the right pterional approach.

subtemporal approach や petrosal approach などの外側到達法においては、vein of Labbé を代表とする側頭葉外側面、下面を還流する架橋静脈が重要である³⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾¹¹⁾。vein of Labbé は Labbé の原著において“grande veine anastomotique cerebrale posterieure”と記され、大脳後外側面を走行し、上矢状洞と横静脈洞を吻合する大静脈と定義されている⁷⁾。

側頭葉の静脈系はバリエーションが多く、vein of Labbé 以外の架橋静脈の重要性も指摘されている⁶⁾¹¹⁾¹⁶⁾。特に Sakata らは解剖学的検討の結果、側頭葉静脈還流パターンを5種類に分類し、そのうち55%の例で側頭葉下面の架橋静脈がTS junctionの前方に流入しており、側頭葉を圧排する際には特に注意を払う必要があるとしている¹¹⁾。

術前評価

静脈還流障害を回避するためには、術前の静脈解剖の評価は必須である。病変周囲の構造物の評価に加え、到達する過程で遭遇するであろう架橋静脈の解剖を分析したうえで、到達法を選択することも重要である。従来、脳静脈系の評価には脳血管撮影静脈相がgold standardとされている。しかし、近年マルチスライスCTの進歩により3DCTAにおける静脈系の解像度が向上し、CTを用いた術前評価の可能性が報告されている¹⁴⁾。

64列マルチスライスCTではスキャン時間が5秒と短く、1回の撮影で骨条件、動脈相、動静脈相の情報を得ることができる。動静脈相から動脈相をサブトラクションすることで純粋な静脈相画像を得ることができる。この情報を画像処理機器(Ziostation)の上に送り、画像処理を行い立体画像に再構成を行う。3種類の画像情報を独立した情報として抽出することで、再構成画像においてそれぞれの

Fig. 3 Venous phase of the CAG. The arrow indicates the common vertical trunk. The deep sylvian vein drains into the sphenoparietal sinus.

画像処理を独立して行うことができる。その結果、再構成画像において骨条件のみのCT値を自由に設定し透過度を調整することによって、術前シミュレーションが可能となった。その結果、asterionとtransverse-sigmoid junctionの位置関係などが、個々の症例で確認が容易にできるようになった(**Fig. 4A, B**)。また、前頭部架橋静脈、vein of Labbéなどの架橋静脈や静脈洞が本方法によって良好に描出され、脳血管撮影静脈相と比較しても、その立体構造が理解しやすい(**Fig. 4C, D**)。現段階としてはその解像度に限界があり、細い深部静脈や穿通枝の描出が困難な場合、脳血管撮影の情報が必要になることもある。しかし、多くの症例において脳表の架橋静脈や静脈洞の術前評価は本法で十分可能であると考えられる。ただし、本方法にしろ、脳血管撮影にしろ、すべての脈管系が描出されているわけではないことを理解しておく必要がある。術前画像では認めなかった静脈に術中遭遇することは十分に考えられることであり、実際には術中に処理の判断を迫られることもある。

顕微鏡下手術からみた静脈温存のポイント

術野の静脈の走行を顕微鏡下によく観察することが重要である。局所ばかりに気を取られることなく、静脈の還流を方向や分枝をよく見極めることが肝要である。たとえばシルビウス静脈が複数本存在する場合、静脈と静脈の間で剥離面ができ、前頭葉組と側頭葉組に分けることができる場合もある。周囲をよくみて剥離面を決定する必要がある。

架橋静脈に関しては脳表面からもしくは硬膜面から剥離し、硬膜面と脳表のスペースを作り出すことが重要である¹¹⁾¹⁹⁾。硬膜内にvenous lakeを形成し、剥離が困難な場合は剥離にこだわらず静脈に沿って硬膜を切離し、硬膜ごと

Fig. 4 Imaging studies in patient with huge meningioma occupying the left posterior fossa. Asterisk indicates the point of Asterion. (modified from reference 14)

A: Skull image of 3DCTA from left posterior oblique view, **B:** Translucent image of 3DCTA shows anatomical relationship between the asterion and transverse-sigmoid junction. **C:** Lateral view of 3DCTA clearly shows the and its surrounding venous anatomy. **D:** Lateral view of the venous phase on the left CAG

A	B
C	D

Fig. 5 Intraoperative photo shows parts of sylvian vein running toward the temporal side adhered to the arachnoid membrane of the frontal side, which looks like crossing the sylvian fissure.

可動性を持たせることも重要なテクニックである¹⁾⁹⁾²⁰⁾。

通常、pterional approachでcarotid cistern近傍にアプローチする際は、シルビウス静脈の前頭葉側で剥離をすることが多い²⁵⁾。しかし、病変が脚間槽近傍に存在する場合、

Fig. 6 Schematic drawing shows vein running on the temporal lobe adhered to the arachnoid membrane of the frontal side. By dissecting the vein from the frontal side, we can separate the sylvian fissure without dividing the crossing vein. F; frontal lobe, T; temporal lobe, A; artery, V; vein

内頸動脈後方の空間を用いたほうが有利な場合が多く、以前はtemporal tipからの架橋静脈を切離して側頭葉前方の術野を確保する方法が報告されたが²⁾¹⁸⁾、最近ではシルビウス静脈の側頭葉側で剥離したり²²⁾、海綿静脈洞外側壁の硬膜半層を剥がす¹⁾ことで静脈を切離することなく、側頭葉の後方への可動性を得ることで術野を確保する方法も

Table 1 静脈温存に必要なポイント

- ・高倍率
- ・鋭的、鈍的な注意深い剥離
- ・適度な牽引と緊張
- ・術野を乾かさない
- ・くも膜層を意識する
- ・硬膜切開を工夫する
- ・静脈解剖の知識

報告されている。病変の位置によりどこのスペースが重要かを把握し、柔軟に対応し静脈剥離を行うことが重要である¹⁷⁾。

また、シルビウス裂を開放する際、一見前頭葉と側頭葉を静脈がシルビウス裂を横切るように走行している場合がある(**Fig. 5**)が、多くの場合、静脈が対側の脳表のくも膜または軟膜に癒着しているだけで、その部分を剥離することにより静脈を温存しつつシルビウス裂を分けることができる(**Fig. 6**)。あくまで静脈周囲のくも膜をよく剥離し、できるだけ静脈の走行と周囲構造物の解剖を確認したのち、どちらの脳表に付けるかを決定することが重要である。シルビウス裂を開けるコツは開けやすい部分から深部まで開け、中大脳動脈周囲のくも膜を十分に剥離し、深部の空間を確保したのちに、癒着の強い部分(通常 proximal sylvian fissure)を下から上に剥離することである²⁵⁾。動脈は必ずくも膜下腔を走行することを忘れないこともポイントである。軟膜の癒着の強い部分があった場合、無理な剥離をせず、周囲の術野をみて動脈の走行を確認し、剥離しやすい部分から開放していくことがもう1つのコツである。

静脈温存の技術的なポイントを **Table 1** に示すが、これらは顕微鏡下脳神経外科手術の基本とまったく同じであり、特別なものではない。すべての静脈を温存するのが理想ではあるが、現実的には不可能な症例もある。個々の技術の習熟度や個々の症例の解剖によって温存の具合も変わってくる。ただし、架橋静脈を切離する場合でも分枝のある場合は側副路を少しでも残す工夫をすることが重要である。経験上、明らかに径の細い小静脈や明らかに側副路のある太い静脈を切離しても大きな合併症が生じる確率はむしろ低い。だからといって、合併症が絶対に生じないという保証はなく、現時点では目の前にある静脈を切離してよいかの問いに答えることはできない。指導医によっては静脈を切離して、時間を短縮しろと指導する方もいるはずである。確かに、静脈を温存にこだわるあまり道具の出し入れや脳の扱い方によって結果的に静脈を損傷するよりは、静脈を意図的に切離し、広い術野で手技を行うほうがよい場面もあるであろう。事実、手術の目的は静脈の温存

ではなく、病変の処理であることを忘れてはならない。静脈温存に固執するあまりいたずらに時間を浪費したり、逆に脳を傷つけたりしては本末転倒である。このあたりは指導医にとってこだわりとバランス感覚が要求され、“我慢”と“覚悟”が必要となるであろう。

静脈温存は明日につながる技術である。脳表の静脈を疎かにして、脳幹の穿通枝の剥離はできないし、動脈瘤のドームに癒着した動脈や脳動静脈奇形の剥離もできない。また、静脈温存を意識することにより、自然にくも膜を意識することになる。特に経験の少ない若い脳神経外科医にとって、顕微鏡下で脳表静脈の剥離を行うことから多くの基本技術を学ぶことができるものと確信する。本稿がこれから手術を学ぶ脳神経外科医にとって少しでも静脈に気を配るきっかけとなり、技術の向上に少しでもお役に立てることがあれば望外の喜びである。

結 語

静脈還流障害を回避する戦略について解説した。静脈温存とは戦略的概念の1つである。静脈解剖に精通し、静脈系を含めた術前手術解剖を綿密に評価し、静脈温存を心掛けた顕微鏡下手術を修練することが重要である。

文 献

- 1) Day JD, Gianotta SL, Fukushima T: Extradural temporopolar approach to lesions of the upper basilar artery and infrachiasmatic region. *J Neurosurg* 81: 230-235, 1994
- 2) Fujitsu K, Kuwabara T: Zygomatic approach for lesions in the interpeduncular cistern. *J Neurosurg* 62: 340-343, 1985
- 3) Guppy KH, Oritano TC, Reichman OH, *et al*: Venous drainage of the inferolateral temporal lobe in relationship to transtemporal/transtentorial approaches to the cranial base. *Neurosurgery* 41: 615-620, 1997
- 4) Kageyama Y, Fukuda K, Kobayashi S, *et al*: Cerebral vein disorder and postoperative brain damage associated with the pterional approach in aneurysmal surgery. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 32: 733-738, 1992
- 5) Kopperna TH, Tschabitscher M, Knosp E: The termination of the vein of “Labbé” and its microsurgical significance. *Acta Neurochir (Wien)* 118: 172-175, 1992
- 6) Krisht AF, Barrow DL, Al-Mefty O, *et al*: Venous anatomy of the vein of Labbé complex, in Hakuba A (ed): *Surgery of the Intracranial Venous System*. New York, Springer-Verlag, 1996, pp36-42
- 7) Labbé C: Note sur la circulation veineuse du cerveau et sur le mode de développement des corpuscules de Pacchioni. *Arch Physiol Norm Pathol* 11: 135-154, 1879
- 8) Malis LI: Surgical resection of tumors of the skull base, in Wilkins RH, Rengachary SS (eds): *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, 1985, vol 1, pp1011-1021
- 9) 中瀬裕之, 大西英之, 東保 肇, ほか: 頭蓋底部病変への approach における側頭葉先端部 Sylvian vein 温存法. *脳卒中の外科* 21: 191-194, 1993
- 10) 斉藤文男, 原岡 襄, 伊東 洋, ほか: Pterional approach

- における静脈処理の問題点. 脳卒中の外科 26: 237-241, 1998
- 11) Sakata K, Al-Mefty O, Yamamoto I: Venous consideration in petrosal approach: Microsurgical anatomy of the temporal bridging vein. *Neurosurgery* 47: 153-161, 2000
 - 12) Sakata K, Yamamoto I, Sekino T: Preoperative angiographic examination of the sylvian drainage system: The rationale of intentional division of the bridging vein running off the temporal tip, in Hakuba A (ed): *Surgery of the Intracranial Venous System*. New York, Springer-Verlag, 1996, pp163-168
 - 13) 坂田勝巳：側頭葉の静脈系，三宅悦夫(編)：脳動脈瘤の手術：京都，金芳堂，1999, pp114-122
 - 14) 坂田勝巳，村田英俊，田邊 豊，ほか：脳腫瘍手術における新世代3DCTAを用いた術前シミュレーション，黒岩敏彦(編)：脳腫瘍の外科～合併症のない脳腫瘍の外科を目指して～，大阪，メディカ出版，2007, pp321-325
 - 15) 坂田勝巳，山本勇夫：頭蓋底手術のための静脈解剖，大畑建治(編)：顕微鏡手術のための脳神経外科解剖 XIII. 東京，サイメッド・パブリケーションズ，2001, pp87-96
 - 16) 坂田勝巳，山本勇夫，Al-Mefty O：Petrosal approachのための静脈解剖，顕微鏡下手術のための脳神経外科解剖 XII. 東京，サイメッド・パブリケーションズ，2000
 - 17) 坂田勝巳，菅野 洋，山本勇夫：静脈温存に基づく非侵襲的 Pterional approach: 静脈解剖と手術手技. *Video Journal of Japan Neurosurgery* 13(2), 2005
 - 18) Sano K: Temporo-polar approach to aneurysms of the basilar artery at and around the distal bifurcation: technical note. *Neurol Res* 2: 362-367, 1980
 - 19) Sugita K, Kobayashi S, Yokoo A: Preservation of large bridging veins during brain retraction. *J Neurosurg* 57: 856-858, 1982
 - 20) 田中雄一郎，小林茂昭，宜保浩彦，ほか：脳底動脈末梢部へのアプローチで広視野を得る手技. 脳卒中の外科 24: 11-17, 1996
 - 21) 谷川緑野：手術解剖の観点からみた軟膜温存を配慮したシルビウス裂，大脳半球間裂剥離のポイント，坂田勝巳(編)：顕微鏡下手術のための脳神経外科解剖 XX. 東京，サイメッド・パブリケーションズ，2008, pp63-70
 - 22) 谷川緑野，和田 始，石崎智章，ほか：Distal transsylvian approach の変法としての Anterior temporal approach—脳底動脈先端部動脈瘤に対して—，脳卒中の外科 26: 259-264, 1998
 - 23) Tsutsumi K, Shikawa Y, Sakai T, *et al*: Venous infarction following the interhemispheric approach in patient with acute subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 74: 715-719, 1991
 - 24) Wolf BS, Haung Y: The insula and deep middle cerebral venous drainage system: Normal anatomy and angiography. *AJR Am J Roentgenol* 90: 472-489, 1963
 - 25) Yasargil MG: *Microsurgery IVB*, New York, Thieme, 1996, pp36-50
 - 26) 安井信之，鈴木明文，佐山一郎，ほか：前交通動脈瘤に対する新しい手術アプローチ—Basal interhemispheric approach—，*Neurol Med Chir (Tokyo)* 27: 756-761, 1987