doi:10.11659/jjssx.01E021061

·综 述·

颞叶底部的静脉分布及手术意义

裴家生,王守森 (中国人民解放军联勤保障部队第900医院神经外科,福建 福州 350025)

[摘 要] 颞叶底部静脉分布复杂,其解剖及临床相关研究均较为零散,偶尔承担着重要引流作用的一些静脉结构在不同的文献中称谓各异(如蝶岩窦、蝶岩静脉等),这使得该部位的静脉识别和术中静脉损伤的风险评估较为困难。本文通过对相关文献进行学习,从解剖、影像、手术入路以及静脉性并发症等方面对颞叶底部静脉进行系统阐述,以期为临床工作提供参考。

[关键词] 颞叶底部;静脉;解剖;手术

[中图分类号] R322.1+23 [文献标识码] A [收稿日期] 2021-01-15

Distribution of veins at the temporal base and its surgical significance

PEI Jia-sheng, WANG Shou-sen (Department of Neurosurgery, 900th Hospital of the Chinese People's Liberation Army Joint Logistics Support Force, Fuzhou Fujian 350025, China)

Abstract: Objective The distribution of veins at the temporal base are complex, and the correlational anatomical and clinical studies are sporadic. Some veins that occasionally play an important role in drainage are variously named in literatures (sphenopetrosal sinus/vein, etc), which makes it difficult to identify veins in this area and to assess the risk of intraoperative vein injury. In this paper, the relevant literature were reviewed and systematically analyzed in terms of anatomy, imaging, surgical approach and venous complications of the veins at the temporal base, so as to provide reference for the clinical work.

Keywords: temporal base; vein; anatomy; surgery

颞叶底部静脉分布复杂,经此部位手术时,外科医师较为熟悉并严格保护的是大脑中浅静脉(superficial middle cerebral vein, SMCV)、Labbé静脉,但对于其他的静脉结构认识较少,术前的静脉评估不充分可能会给手术带来一定的难度及风险。大多数情况下,牺牲影响手术进程的术区小静脉或硬脑膜静脉窦,可以明显降低手术难度,且不一定会带来明显并发症[1]。然而,通过前期临床工作中对该区域静脉的观察与研究,我们逐渐认识到需要对颞叶底部静脉损伤予以关注。对于部分患者来说,如手术侧半球表面Trolard静脉和Labbé静脉同时缺如,而同侧SMCV由颞底硬脑膜间引流入后方横窦时,若未在术前静脉成像检查中充分认识到颞底硬脑膜内的静脉窦承担着重要引流作用,损伤了这个在以往手术中看似不重要的静脉结构,

[基金项目] 福建医科大学科技创新联合资金项目(2019Y9045)

[通信作者] 王守森,E-mail:wshsen@126.com

[40] Du JP, Fan Y, Wu QN, et al. Accuracy of pedicle screw insertion among 3 image-guided navigation systems: systematic review and Meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2018, 109: 24-30. doi: 10.1016/j.wneu.2017.07.154.

[41] Scarone P, Vincenzo G, Distefano D, et al. Use of the Airo mobile intraoperative CT system versus the O-arm for transpedicular screw fixationin the thoracic and lumbar spine: a retrospective cohort study of 263 patients[J]. J Neurosurg Spine, 2018, 29(4): 397-406. doi: 10.3171/2018.1.SPINE17927.

[42] Richter PH, Gebhard F, Salameh M, et al. Feasibility of laser-guided percutaneous pedicle screw placement in the lumbar spine using a hybrid-OR[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2017, 12(5): 873-879. doi: 10.1007/s11548-017-1529-1.

[43] Li Z, Wang Y, Xu Y, et al. Efficacy analysis of percutaneous pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with kyphosis[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 53. doi: 10.1186/s13018-020-1583-1.

[44] Zhao Q, Zhang H, Hao D, et al. Complications of percutaneous pedicle screw fixation in treating thoracolumbar and lumbar fracture[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(29): e11560. doi: 10.1097/MD.0000000000011560.

[45] Tannous O, Jazini E, Weir TB, et al. Facet joint violation during percutaneous pedicle screw placement: a comparison of two techniques[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2017, 42(15): 1189-1194. doi: 10.1097/BRS.0000000000002001.

[46] Lu J, Chen W, Liu H, et al. Does pedicle screw fixation assisted by o-arm navigation perform better than fluoroscopy-guided technique in thoracolumbar fractures in percutaneous surgery? A retrospective cohort study[J]. Clin Spine Surg, 2020, 33(6): 247-253. doi: 10.1097/BSD.0000000000000942.

(编辑:魏 源)

会引起严重的并发症,甚至导致患者死亡。因此,外科医生应掌握颞叶底部静脉的解剖及影像学特征,对患者静脉进行分析,提高静脉保护技术,以减少静脉性并发症的发生[2]。本文现就相关研究进展进行综述,以期为临床工作提供参考。

1 颞叶底部相关静脉的解剖研究

颞叶底部的静脉主要属于大脑浅静脉的蝶骨嵴组及小脑幕组,包括颞叶外侧面绕到颞叶底面的静脉以及起始于颞叶底面的颞下静脉。小脑幕组在每侧大脑半球的静脉干数量为 2 ~9 条,以 5 条(27%)和 4 条(22%)居多;由于静脉干在进入横窦、岩上窦(superior petrosal sinus,SPS)等静脉窦之前往往会出现合并,因此,静脉窦的桥静脉开口数量通常较静脉干的数量少,一般为 1 ~3 个[3]。

颞叶底面的桥静脉汇入横窦之前,经常粘连在颅中窝底的硬脑膜或小脑幕上。其中,大脑外侧面皮层静脉的桥静脉在进入横窦之前,通常向内侧沿颞叶底面进入小脑幕窦(tentorial sinus,TS),在汇入横窦末端之前,此静脉在小脑幕内走行约 1 cm。颞叶底面的前部主要由颞外侧裂静脉引流,汇入大脑中浅静脉。颞下静脉的外侧组由前、中、后颞底静脉组成,正常情况下,左侧前、中颞底静脉引流的区域主要由 1 条沿着颞叶底面长轴向后走行的粗大长干引流,汇入 TS,右侧颞底静脉汇入靠近横窦内侧的 TS,最终均注入横窦;颞下静脉的内侧组沿颞叶内侧缘走行,包括沟回静脉、海马前静脉、颞叶内静脉等,引流入基底静脉[4]。这些分布于颞叶底面的静脉通常都会以极其细小的分支互相吻合,支间吻合很普遍。

一般来说,经颞叶底面的侧方手术入路中,偏外侧的颞底桥静脉是手术暴露和手术风险的主要影响因素,除了关注颞底桥静脉注入点位置和形态外,其他需要重点关注的静脉结构主要有 SMCV、Labbé 静脉、TS、SPS、蝶岩窦(sphenopetrosal sinus,SphPS)。

1.1 SMCV

SMCV 起自大脑外侧裂表面,为 1 条或 1 组静脉,主要向前下方注入蝶顶窦或直接注入海绵窦,收集外侧裂周围以及脑岛盖区域的小属支静脉。Shibao 等[5]对 48 例经 Kawase 入路手术患者的 SMCV 引流方式进行研究,结果显示:12.5%(6/48)为蝶基底型 SMCV(注入翼静脉丛),18.8%(9/49)为蝶岩型(注入横窦等后方静脉窦),这两种引流方式因引流静脉(窦)位于颞底,会对颞叶底面的手术牵开形成阻碍,需要改良术式。

脑静脉管壁薄,缺乏弹性,无瓣膜,在血流被阻断时,血液可发生逆流,导致侧支循环扩张、开通。脑静脉回流的侧支循环主要靠皮层静脉端—端吻合,但是除了 Trolard 静脉(上吻合静脉)和 Labbé 静脉外,这种端—端吻合在生理情况下是极其微弱的,术中损伤大的吻合静脉常会导致静脉回流障碍[6]。SMCV 可以通过 Trolard 静脉、Labbé 静脉分别与上矢状窦、横窦相交通,但单侧半球上、下吻合静脉缺如以及同时缺如的情况都可存在,在同时缺如的情况下,若同侧 SMCV 受损,必将导致严重的并发症[7]。

1.2 Labbé 静脉

Labbé 静脉又称下吻合静脉,通常起自外侧裂中部,沿着颞叶外侧面向下后方在颞底注入横窦前部,是连接大脑中静脉与横窦之间最粗大的吻合静脉,其大部分位于颞后、颞中区(50%、44.7%),极少部分位于颞前区(5.3%),缺如率约 15%[7]。优势半球的 Labbé 静脉损伤会导致严重神经系统并发症,非优势半球的 Labbé 静脉损伤也会遗留人格及记忆障碍[1]。

对于侧方入路而言,Labbé 静脉进入硬脑膜的位置是影响颞叶牵开程度的主要因素,如果出现前位引流,颞叶牵开的程度将十分受限。Koperna 等[8]发现 73% 的 Labbé 静脉通过 TS 的 1 支连接横窦,这条静脉与小脑幕连接比较松,故颞叶较容易被牵开;另外 27% 的 Labbé 静脉通过紧贴侧颅底的两层硬脑膜间的腔隙到达横窦,只有将其从颅骨内板上分离出来才能达到牵开脑组织的目的。

1.3 TS

TS 是小脑幕两层硬脑膜之间的静脉(丛),由颞枕叶底面以及颞叶外侧面的多支桥静脉在引流入横窦或窦汇前汇聚而成,普遍存在于小脑幕中,主要分布在小脑幕的后部,负责幕上及幕下邻近脑实质区域的浅静脉引流,幕上颞底静脉主要汇向外侧方[9]。Sakata 等[10]发现,20 侧大脑半球中,50% 存在小脑幕组桥静脉,这些桥静脉组成了 TS,并最终引流入横窦,这其中 69% 是由中、后颞底静脉组成,另外 31% 则由颞叶外侧面下行的静脉组成。

1.4 SPS

SPS 是沿着岩骨嵴上表面走行的静脉通道,小而窄,前连海绵窦,约 85% 后接横窦—乙状窦交汇处(静脉窦角),约 15% 汇入静脉窦角之前的横窦,主要收集岩上静脉的静脉引流,约 30% 也接受颞底静脉、Labbé 静脉注入[10-11]。这些桥静脉直接注入 SPS 时,会限制颞底空间的手术暴露。在经颞底入路(如 Kawase 入路)中,经常要断开 SPS 以获取足够的手术暴露,若 SPS 承担幕上或幕下重要的静脉引流,直接结扎则可能导致静脉回流受阻,因此,术前的静脉评估具有重要意义,必要时应重新设计手术方案[12]。

1.5 SphPS

SphPS起自眶上裂下缘后方,走行于颅中窝底部的两层硬脑膜内,接纳SMCV的静脉血,沿颅中窝底、圆孔及卵圆孔的外侧向后走行,注入SPS、横窦、海绵窦后部,或注入卵圆孔、圆孔、棘孔等蝶骨导静脉、翼静脉丛(即"蝶基底窦"),出现率约25%。Rhoton[4]认为SphPS是蝶顶窦的一种变异型,既往一些文献中的描述与SphPS基本一致,但对其称谓不同,如颅中窝异常窦、外侧海绵窦、颅底窦等。多数SphPS(76%)部分或全部向颅内突起,表面覆盖着粗大的结缔组织纤维。汇入SphPS的桥静脉将颞叶固定于颅中窝硬脑膜上,使颞叶牵开程度受限。若SphPS为SMCV的优势引流静脉,则经颞下入路切开小脑幕时有可能出现静脉回流障碍[5]。

2 常用影像学检查方法和价值

2.1 大脑静脉系统成像方法

大脑静脉系统成像方法主要包括有创性的数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、无创性的电子计算机断层扫描静脉成像(computed tomography venography, CTV)以及磁共振静脉成像(magnetic resonance venography, MRV)。DSA静脉成像方法是采用全脑血管造影术,摄取到经颈内动脉的造影系列片的静脉相。CTV需要注射非离子型对比剂,扫描时间短(小于1 min),包括常规的骨减影CTV、双能量骨减影CTV以及CT数字减影静脉成像,目前多采用多排螺旋CT机行CTV,扫描技术常使用自动去骨的骨减影CTV技术,以避免颅底骨质影响颅底血管成像[4,13-14]。MRV常用方法有三维时间飞跃MR静脉成像法(three dimensional time of flight MRV,3D-TOF MRV)和需要造影剂的三维增强MR血管成像(three dimensional contrast enhanced MRV, 3D CE-MRV)。3D CE-MRV扫描时间较3D-TOF MRV长,但影像质量明显优于3D-TOF MRV。常规MRV或CTV断层影像通常可以充分显示大脑内侧面及外侧面的静脉,但对颅底静脉、TS等结构显示不佳。因此,分析颞叶底面的静脉结构一般需要特定的扫描序列,对于颅底静脉结构成像,建议采用增强的三维梯度回波序列T1加权成像[2]。

影响血管图像观察的最重要因素是血管管径大小,此前的静脉研究主要关注大脑表面较为粗大的静脉或静脉窦,而颅底的静脉一般较细小。邓雪飞等[13]对颅中窝脑静脉进行尸头解剖,并与临床影像学对比分析发现,以显微解剖观测到的脑静脉为标准,DSA、CTV和MRV的灵敏度分别为68%、50%和43%,均能观测到颞底较粗大的静脉,但3种影像学检测方法测得的最小直径是显微解剖测得最小直径的3~5倍,该研究也证实了这3种方法能用于分析较为粗大的颞底静脉,但对直径较小的静脉显示效果较差。对于这些细小静脉的精确显影,仍需要继续改进检查技术。

2.2 静脉血流动力学分析方法

MRV、CTV主要用于观察静脉的解剖结构,对静脉的血流动力学观测,可行超声检查或相位对比MRI(phase contrast MRI,PC-MRI)检查。超声检查的优点在于方便,能够连续动态观测血流动力学变化,但总体而言,脑静脉超声检查的灵敏性及准确性不高。PC-MRI技术是通过流体相位对比成像技术测量流体信息,最新的4维MRI也已逐步应用于临床[15]。PC-MRI对单根浅静脉或深静脉的血流分析较困难,但可对静脉窦内的血流变化进行可靠的可视化和定量化分析,比超声检查更能体现血流速度,有助于分析颞底静脉的引流功能,便于制定治疗方案[16]。

3 颞底常见病变中静脉的变化

大脑静脉间存在广泛吻合,病变可导致静脉引流路径发生变化。颞底动静脉畸形的DSA典型表现为动静脉异常分流,引流静脉扭曲扩张,提前显影于动脉期摄片上,病变远侧的脑动脉充盈不良或不充盈。脑膜瘤虽然是良性肿瘤,但可压迫或侵入静脉窦及静脉,引起受累静脉变窄或闭塞,侧支循环增强,优势引流途径发生改变[14,17-18]。Nagata等[17]对前床突脑膜瘤患者的SMCV引流进行分析发现,因为肿瘤的生长,SMCV引流发生显著改变,22侧SMCV静脉引流途径中,皮层静脉型占63.6%(14例),蝶底静脉型占27.3%(6例),而海绵窦型仅占9.1%(2例)。Adachi等[18]对岩斜区脑膜瘤的静脉引流进行分析,也发现了类似情况,影响到海绵窦或SPS内侧引流的脑膜瘤会使静脉血流改道,SMCV更多向颅中窝底的翼静脉丛引流,而更少向海绵窦引流。这些都提示,一些平常看似不重要的静脉反而可能担负着重要的引流作用,术前应详细分析,避免其在术中受到损伤。

4 颞底相关手术入路和静脉保护策略

4.1 常用的手术入路

经翼点入路和经颞下入路是对颞底静脉影响最大的两种手术入路,尤其以经颞下入路对颞底静脉的影响为甚。经颞下入路主要用于处理脑干侧方、环池周围、岩骨尖前后、小脑幕切迹等上中部岩斜区附近的病变。该手术入路可以良好地暴露颅后窝区域(如小脑桥脑角区、内听道以及脑干腹侧面等),由颞骨到小脑

桥脑角区的距离只有经颅后窝入路(如枕下乙状窦后入路)的一半,一般手术操作深度较浅时,手术的难度和风险也较小,故该入路与经颅后窝入路相比具有较高的安全性。手术中显露术野的重要步骤是抬起颞叶底面及切开小脑幕,通过切除部分岩骨来进一步增加颞底暴露范围,这些操作过程中直接面临的挑战就是分布在颞底的静脉。

4.2 颅底桥静脉保护技术

经颞下入路手术中,打开硬脑膜抬起颞叶底部时,应结合术前影像,仔细分辨颞叶底部的桥静脉分布,尽量减轻牵拉强度,避免桥静脉因张力过大而受损。在因桥静脉过短限制颞叶牵开时,可以小心地游离桥静脉,在不影响静脉回流的情况下,有效增加颞叶活动度,使深部病变得以良好暴露。一种游离方法是自桥静脉起始段开始游离,松解"蛛网膜袖套"的外口及内口,必要时切断颞叶表面与桥静脉干相连的细小静脉属支[19];另一种游离方法是自桥静脉汇入静脉窦处开始游离,将桥静脉远侧部的一部分从硬脑膜表面游离。如果有较大的桥静脉进入颅底硬脑膜,为避免解剖分离或者分离后牵拉脑组织损伤桥静脉,还可以在桥静脉进入硬脑膜的前方垂直切开硬脑膜,一直切至桥静脉终点内侧,再将硬脑膜从颅底剥开,将带有桥静脉的硬脑膜片连同颞叶一起抬起,该处硬脑膜均可以从颅骨内板上剥离开来[5]。

4.3 安全牺牲桥静脉的策略

牺牲管径较细小的桥静脉一般来说是安全的,但究竟安全与否,需要术中进行严格判断,不可仅凭术前影像下定论。对于如何在术中判断该静脉是否存在安全的侧支循环,可采用吲哚菁绿荧光血管造影法,手术中通过动脉瘤夹或双极电凝镊临时阻断桥静脉血流,显微镜下观察实时的血流动力学改变,血流停滞则没有侧支循环,若存在血流逆转则提示存在侧支循环[20]。如果术前影像发现有优势引流的桥静脉,而且会严重影响手术安全,建议采用分期手术[21]。一期手术中尽可能在靠近硬脑膜汇入点处结扎影响手术的桥静脉,待血流再分布并且侧支循环建立稳定后,再进行二期病变切除。静脉性并发症一般发生在术后 7 ~ 10 d,所以两期手术间隔一般为 2 周。通过分期手术的方式,侧支循环的开放可保证脑的血运,不会因为静脉回流障碍而加重脑组织牵拉损伤。

4.4 颞底重要静脉结构的保护策略

Labbé 静脉是术中必须保护的静脉,主要难点在于前置型 Labbé 静脉,术中可以在其前方或后方切除小块颞下回进行游离松解,或者直接换用改良翼点入路,以避免牵拉损伤[22]。

Elhammady 等[1]认为 SMCV 一旦离开了外侧裂,在进入蝶顶窦、蝶底窦或者海绵窦之前均可安全离断。但笔者认为,应警惕同侧半球上、下吻合静脉同时缺如的情况,在这种情况下进行离断,势必导致同侧静脉引流障碍,引起严重后果。Shibao 等[5]通过术前的 CTV 影像及术中所见,将 SMCV 分为 3 型:1 型为 SMCV 向海绵窦引流或者不存在 SMCV,2 型为向卵圆孔内侧、外侧引流(2a、2b 型),3 型为蝶岩型,其中 3 型又分为静脉型(3a 型)、静脉及静脉窦混合型(3b 型)和静脉窦型(3c 型)。除了 1 型、2a 型、3a 型采用标准 Kawase 入路,Shibao 等[5]另外改良出 3 种术式分别用于保护 2b、3b、3c 型 SMCV:对于 2b 型 SMCV,在前颞叶硬膜下看清静脉走行后,可于硬脑膜外、静脉的后方切开颞底的硬脑膜,切开时应避开脑膜中动脉;对于 3b 型 SMCV,于硬脑膜下确认静脉进入硬脑膜形成 SphPS 的部位后,可在此部位前方和 SphPS 的内侧切开硬脑膜;对于 3c 型 SMCV,通过周围结构以及导航或岩大神经监测确认岩尖的位置后,可在岩大神经的内侧、沿着岩尖边缘切开硬脑膜。通过这些方法,避免了牺牲 SMCV,48 例手术患者均无静脉并发症发生[5]。

小脑幕上及幕下的桥静脉分别于外侧及内侧进入小脑幕,损伤 TS 即相当于损伤了汇入其中的桥静脉,因此,术中切开小脑幕时需仔细辨认,尽可能避免损伤。如果术前影像显示或术中观察到粗大的桥静脉进入 SPS,而术中需要切断 SPS,应在桥静脉进入 SPS 处的前方切开,避免静脉回流受阻。

5 常见的颞叶静脉性并发症及处理策略

由于对术后颞叶静脉损伤所致并发症认识不足,而且大多数情况下其临床表现不典型,因此关于颞叶静脉性并发症的报道差异很大[23]。依据颞叶静脉性并发症发生时间以及严重性,可以分为 3 类:①急性失代偿性,即急性严重静脉性梗死,表现为术后早期受损引流静脉周围即出现出血性梗死,伴严重的脑水肿、中线结构移位,其主要处理方法有脑减压性手术、镇静降颅压等。②急性代偿性,即轻中度脑水肿,系非优势静脉引流通道受阻,或者有优势静脉引流通道受阻,但无术前脑水肿及术中过度脑牵拉,因而侧支循环代偿了静脉损伤。其治疗方法为给予脑保护以及缓解脑水肿等处理,无需手术。③慢性静脉功能不全,即静脉和静脉窦血栓形成,孤立性静脉血栓较罕见,一般是静脉及静脉窦血栓联合出现,早期仅表现为轻度脑水肿,易被忽视,但后期可能导致交通性脑积水。对于静脉窦血栓形成患者,早期开始抗凝治疗以避免血栓继续进展是治疗的关键,如果晚于术后第 2 天才开始低分子肝

素抗凝治疗,则不良预后率增加[22]。即使伴有颅内出血也不是抗凝治疗的禁忌证[24]。其他的治疗方法包括血管内介入溶栓、机械碎栓或联合治疗等。若伴中线结构偏移,必要时可行去骨瓣减压术。

术后静脉性并发症的发生,原因在于静脉回流不畅,如手术中优势引流通道、静脉窦损伤或阻断,长时间过度的脑牵拉导致侧支循环障碍等,值得注意并应尽可能避免。

6 展望

颞底静脉分布复杂多样,但随着解剖学研究的深入,结合虚拟现实技术、高分辨率脑静脉成像技术、血流动力学监测技术的快速发展,未来可更好地进行个性化术前静脉评估,合理制定手术计划,术中实时、精准应用颅底静脉保护技术,从而保障手术疗效,并降低术后静脉性并发症发生的风险。

[参考文献]

[1] Elhammady MS, Heros RC. Cerebral veins: to sacrifice or not to sacrifice, that is the question[J]. World Neurosurg, 2015, 83(3): 320-324. doi:10.1016/j.wneu.2013.06.003.

[2] Wangaryattawanich P, Chavali LS, Shah KB, et al. Contrast-enhanced reformatted MR images for preoperative assessment of the bridging veins of the skull base[J]. Radiographics, 2016, 36(1): 244-257. doi:10.1148/rg.2016150084.

[3] 王宝春,朱 珏,陆玉祥,等.大脑半球底面的静脉及其吻合[J].解剖学杂志,1982(Z1):60-65.

[4] Rhoton AL Jr. The cerebral veins[J]. Neurosurgery, 2002, 51(4 Suppl): S159-205.

[5] Shibao S, Toda M, Orii M, et al. Various patterns of the middle cerebral vein and preservation of venous drainage during the anterior transpetrosal approach[J]. J Neurosurg, 2016, 124(2): 432-439. doi:10.3171/2015.1.JNS141854.

[6] Oka K, Rhoton AL, Barry M, et al. Microsurgical anatomy of the superficial veins of cerebrum[J]. Neurosurgery, 1985, 17(5): 711-748. doi:10.1097/00006123-198511000-00003.

[7] 杨朋范,黄艺生,张小军,等.大脑浅静脉吻合静脉的数字减影血管造影观察及其临床意义[J].解剖学杂志,2009,32(5):673-676. doi:10.3969/j.issn.1001-1633.2009.05.027.

[8] Koperna T, Tschabitscher M, Knosp E. The termination of the vein of "Labbé" and its microsurgical significance[J]. Acta Neurochir (Wien), 1992, 118(3-4): 172-175. doi:10.1007/BF01401304.

[9] Muthukumar N, Palaniappan P. Tentorial venous sinuses: an anatomic study[J]. Neurosurgery, 1998, 42(2): 363-371. doi:10.1097/00006123-199802000-00097.

[10] Sakata K, Al-Mefty O, Yamamoto I. Venous consideration in petrosal approach: microsurgical anatomy of the temporal bridging vein[J]. Neurosurgery, 2000, 47(1): 153-160. doi:10.1097/00006123-200007000-00032.

[11] Avci E, Dagtekin A, Akture E, et al. Microsurgical anatomy of the vein of Labbé[J]. Surg Radiol Anat, 2011, 33(7): 569-573. doi:10.1007/s00276-011-0782-1.

[12] Mortazavi MM, Cox MA, Saker E, et al. The superior petrosal sinus: a review of anatomy, embryology, pathology, and neurosurgical relevance[J]. Neurosurg Rev, 2016, 41(3): 713-718. doi:10.1007/s10143-016-0785-9.

[13] 邓雪飞,陶 伟,朱友余,等.颅中窝脑静脉的显微解剖与影像学观察[J].中华解剖与临床杂志,2014,19(1):24-28. doi:10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2014.01.007.

[14] Seo H, Choi DS, Shin HS, et al. Bone subtraction 3D CT venography for the evaluation of cerebral veins and venous sinuses: imaging techniques, normal variations, and pathologic findings[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202(2): W169-W175. doi:10.2214/AJR.13.10985.

[15] Ansari SA, Schnell S, Carroll T, et al. Intracranial 4D flow MRI: toward individualized assessment of arteriovenous malformation hemodynamics and treatment-induced changes[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34(10): 1922-1928. doi:10.3174/ajnr.A3537.

[16] Florian S, Laure S, Constantin A, et al. In vivo analysis of physiological 3D blood flow of cerebral veins[J]. Eur Radiol, 2015, 25(8): 2371-2380. doi:10.1007/s00330-014-3587-x.

[17] Nagata T, Ishibashi K, Metwally H, et al. Analysis of venous drainage from sylvian veins in clinoidal meningiomas[J]. World Neurosurg, 2013, 79(1): 116-123. doi:10.1016/j.wneu.2011.05.022.

[18] Adachi K, Hayakawa M, Ishihara K, et al. Study of changing intracranial venous drainage patterns in petroclival meningioma[J]. World Neurosurg, 2016, 92: 339-348. doi:10.1016/j.wneu.2016.05.019.

[19] 吴欣洪,黄广龙,漆松涛,等.人脑桥静脉及蛛网膜的显微解剖研究[J].解剖学研究,2013,35(1):47-51. doi:10.3969/j.issn.1671-0770.2013.01.013.

[20] Ferroli P, Acerbi F, Tringali G, et al. Venous sacrifice in neurosurgery: new insights from venous indocyanine green videoangiography[J]. J Neurosurg, 2011, 115(1): 18-23. doi:10.3171/2011.3.JNS10620.

[21] Savardekar AR, Goto T, Nagata T, et al. Staged 'intentional' bridging vein ligation: a safe strategy in gaining wide access to skull base tumors[J]. Acta Neurochir (Wien), 2014, 156(4): 671-679. doi:10.1055/s-0034-1384019.

[22] Gessler F, Bruder M, Duetzmann S, et al. Risk factors governing the development of cerebral vein and dural sinus thrombosis after craniotomy in patients with intracranial tumors[J]. J Neurosurg, 2018, 128(2): 373-379. doi:10.3171/2016.11.JNS161871.

[23] Savardekar AR, Patra DP, Narayan V, et al. Incidence, pathophysiology and prevention strategies for cerebral venous complications after neurological surgery: a systematic review of literature[J]. World Neurosurgery, 2018, 119: 294-299. doi:10.1016/j.wneu.2018.06.231.

[24] Behrouzi R, Punter M. Diagnosis and management of cerebral venous thrombosis[J]. Clin Med (Lond), 2018, 18(1): 75-79. doi:10.7861/clinmedicine.18-1-75.

(编辑:魏 源)