

· 论 著 ·

静脉 3D 融合技术辅助评估 DAVF 引流静脉是否兼具脑静脉回流功能

付 强 李欢欢 陈迎春 林爱龙 宋雪倩 马廉亭

【摘要】目的 探讨静脉 3D 融合技术在确定硬脑膜动静脉瘘(DAVF)的引流静脉是否兼具脑静脉回流功能中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2021 年 9 月至 2023 年 3 月收治的 6 例伴有皮层静脉引流的 DAVF 的临床资料。行 DSA 后,在后处理工作站用“3D 双血管融合技术”进行病变引流静脉与正常脑静脉 3D 融合,分别标记白、蓝色区别,通过血管融合技术可以看到两者有无共同的通路,以确定病变回流静脉是否存在具有正常引流功能。**结果** 6 例均获得良好的静脉 3D 融合影像,双血管融合影像可以清晰看到病变引流静脉(白色)与正常脑回流静脉(蓝色)相重叠,存在共同的通路,即兼具正常脑静脉回流的功能。6 例均获得治愈性栓塞,术后复查造影示兼具正常回流功能引流静脉均获得保护,术后未发生颅内出血及脑梗塞等并发症,症状缓解或消失。术后 3~6 月随访 DSA 未见 DAVF 复发。**结论** 应用静脉 3D 融合技术可帮助判断 DAVF 引流静脉是否兼具正常脑静脉回流的功能,术中对这类静脉保护可减少手术并发症。

【关键词】 硬脑膜动静脉瘘;引流静脉;脑静脉回流功能;影像融合技术;静脉 3D-DSA

【文章编号】 1009-153X(2024)03-0144-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 739.41

Application of 3D venous fusion technology to determine whether the drainage vein of DAVF simultaneously has normal cerebral venous reflux

FU Qiang^{1,2}, LI Huan-huan¹, CHEN Ying-chun¹, LIN Ai-long¹, SONG Xue-qiang³, MA Lian-ting³. 1. Department of Neurosurgery, The Third People's Hospital of Hubei Province, Jiangnan University, Wuhan 430032, China; 2. Department of Neurosurgery, Gucheng People's Hospital, Xiangyang 441700, China; 3. Department of Neurosurgery, General Hospital of Central Theater Command, Wuhan 430070, China

【Abstract】Objective To investigate the application value of 3D venous fusion technology in determining whether the drainage vein of dural arteriovenous fistula (DAVF) associated with cortical venous drainage simultaneously has normal cerebral venous reflux. **Methods** The clinical data of 6 patients with DAVF associated with cortical venous drainage who admitted to our hospital from September 2021 to March 2023 were retrospectively analyzed. The "3D dual vessel fusion technology" was used in the post-processing workstation to perform 3D fusion of fistula drainage veins and normal cerebral veins using DSA data, marked with white and blue to distinguish them, and the two type vessels could be clearly observed by the fusion images to determine if they had a common path, thereby determining whether the drainage vein had normal cerebral venous reflux. **Results** Good 3D fusion images were obtained in all 6 cases, and the dual vessel fusion images clearly showed that the drainage vein (white) overlapped with the normal cerebral venous reflex (blue) and had a common path, indicating that it had normal cerebral venous reflux. All 6 patients had curative embolization, and postoperative angiography showed that the normal reflux was preserved. No intracranial hemorrhage, or cerebral infarction occurred after surgery, and the symptoms were relieved or disappeared. The DSA follow-up 3~6 months after surgery did not show recurrence of DAVF. **Conclusions** The 3D venous fusion technology can help determine whether the drainage vein of DAVF associated with cortical venous drainage also has normal cerebral venous reflux. Protecting these veins during surgery can reduce surgical complications.

【Key words】 Dural arteriovenous fistula; Drainage vein; 3D venous fusion technology; Normal cerebral venous reflux

硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistula, DAVF)即硬脑膜动脉与硬脑膜静脉窦、硬脑膜静脉

或皮层静脉之间的异常连接^[1],占颅内动静脉畸形的 10%~15%^[2]。根据定义,DAVF 位于硬脑膜,多位于静脉窦壁上或紧邻静脉窦周围。DAVF 治疗成功的关键在于对其血管构筑的充分评估。3D-DSA 或 4D-DSA 可显示 DAVF 的血管构筑(供血动脉、瘘口及引流静脉),但无法确定其引流静脉是否兼具脑静脉回流功能^[4]。血管造影时,DAVF 的静脉引流与正常静脉回流不在同一时期显影,通常病变引流静脉

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2024.03.004

作者单位:430032 武汉,江汉大学附属湖北省第三人民医院神经外科(付 强、李欢欢、陈迎春、林爱龙);441700 湖北,谷城县人民医院神经外科(付 强);430070 武汉,中部战区总医院神经外科(宋雪倩、马廉亭)

显影时期早于正常脑静脉回流。静脉3D融合技术是指血管造影时通过控制X线延迟时间分别获取病变引流静脉3D-DSA及正常脑静脉3D-DSA,通过DSA机后处理系统将二者进行三维融合,再通过三维旋转,可多角度观察二者有无共同的引流通路。本文探讨此技术在确定DAVF引流静脉是否兼具脑静脉回流功能中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析2021年9月至2023年3月收治的6例伴有皮层静脉引流的DAVF(Borden分型Ⅱ~Ⅲ型)的临床资料,其中男性3例,女性3例;年龄48~69岁。6例病人的临床资料见表1。

1.2 图像采集 在局麻下,采用经股动脉入路,5F造影管进行脑血管造影,采用非离子碘化造影剂(300 mg/ml),然后用压力注射器(150 psi)将其注射到双侧颈外动脉、颈内动脉和椎动脉,依次获得2D-DSA影像。对于病变的供血动脉进行三维血管造影,根据不同的供血动脉调整剂量至最佳显影,时间延迟2 s(由于DAVF高流速,延迟2 s即可清晰显示病变静脉),获得病变静脉3D-DSA影像。对正常颈内动脉或椎动脉进行三维血管造影,延迟时间10 s,获得正常脑静脉3D-DSA影像,然后使用Syngo X-workplace VD20B重建。

1.3 影像融合 利用三维工作站将病变及正常静脉的三维影像进行双容积重建。用“Inspace-3D3D-

Fusion”软件对重建好的两支血管双容积数据进行处理。软件会利用两次采集获得的颅骨影像进行自动分析校正,使得双血管三维影像达到解剖上完全吻合。对双血管三维图像的显示可以进行“三维表面重建”或“透明重建”获得三维血管融合图像。

1.4 治疗方法 所有病人均在全麻下行血管内治疗。根据影像资料明确病变血管构筑,选择合适的入路,其中3例经动脉入路栓塞。将6F Guiding置于颅内动脉起始部,在路图指引下将微导管(Marathon)在微导丝指引下送入病变接近瘘口处,单用Onyx-18胶栓塞,避免胶逃逸致颅内动脉系统栓塞。海绵窦型DAVF经静脉入路栓塞,经股静脉入路,其中1例将微导管(Echelon-10)在微导丝引导下经颈外静脉面静脉眼上静脉送至海绵窦,弹簧圈联合Onyx-18胶栓塞;2例将微导管(Echelon-10)在微导丝引导下经岩下窦送至海绵窦,弹簧圈联合Onyx-18胶栓塞。

2 结果

2.1 静脉3D融合技术的检查结果 6例均成功实现血管融合。病变回流静脉以白色显示,正常脑组织回流静脉以蓝色显示,通过血管融合技术可以看到两者有无共同的通路,以确定病变回流静脉是否存在具有正常引流功能。双血管融合影像清晰显示病变引流静脉(白色)与正常脑静脉(蓝色)相重叠,存在共同的通路,兼具正常脑静脉回流的功能。一张

表1 6例伴有皮层静脉引流的DAVF的临床资料
Table 1 Clinical data of 6 patients with DAVF accompanied by cortical venous drainage

病例	性别	年龄(岁)	症状	诊断	供血动脉	引流静脉	治疗方式	治疗结果
病例1	女	48	头晕	蝶顶窦区DAVF	脑膜中动脉	皮层静脉回流入上矢状窦	脑膜中动脉Onyx胶栓塞	治愈性栓塞
病例2	男	63	眼球突出,球结膜充血	海绵窦型DAVF	脑膜中动脉,颈内动脉脑膜垂体干	眼上静脉	经面静脉、眼上静脉至海绵窦弹簧圈+Onyx胶栓塞	治愈性栓塞
病例3	女	56	无症状	侧窦型DAVF	脑膜中动脉、枕动脉	枕部皮层静脉回流	脑膜中动脉Onyx胶栓塞	治愈性栓塞
病例4	男	54	眼球突出,球结膜充血	海绵窦型DAVF	脑膜中动脉	眼上静脉-海绵间窦至对侧海绵窦	岩下窦至海绵窦弹簧圈+Onyx胶	治愈性栓塞
病例5	男	69	耳鸣	侧窦型DAVF	脑膜中动脉、枕动脉	皮层静脉	脑膜中动脉Onyx胶栓塞	治愈性栓塞
病例6	女	60	眼球突出,球结膜充血	海绵窦型DAVF	脑膜中动脉	眼上静脉	岩下窦至海绵窦弹簧圈+Onyx胶栓塞	治愈性栓塞

注:DAVF. 硬脑膜动静脉瘘

融合图像可以清楚地显示出 DAVF 的瘘口、供血动脉、引流静脉及兼具正常引流静脉的功能。

2.2 治疗结果 6 例均获得治愈性栓塞,术后复查造影示兼具正常回流功能引流静脉均获得保护,术后未发生颅内出血及脑梗塞等并发症,症状缓解或消失。术后 3~6 月随访 DSA 未见 DAVF 复发。

2.3 典型病例 48 岁女性,因间断性头晕 1 周入院,DSA 示 DAVF(蝶顶窦型),由脑膜中动脉供血,主要经大脑半球皮层静脉向上矢状窦回流,其静脉-静脉融合图像见图 1,两者相交汇的静脉即具有正常回流功能的静脉。经脑膜中动脉行 Onyx-18 胶栓塞,术后复查造影动静脉瘘获得治愈性栓塞,术后 3 个月复查全脑血管造影未见复发。

3 讨论

随着医学影像设备数字化的进步与普及,多模态医学影像融合已成为未来医学影像的发展方向。

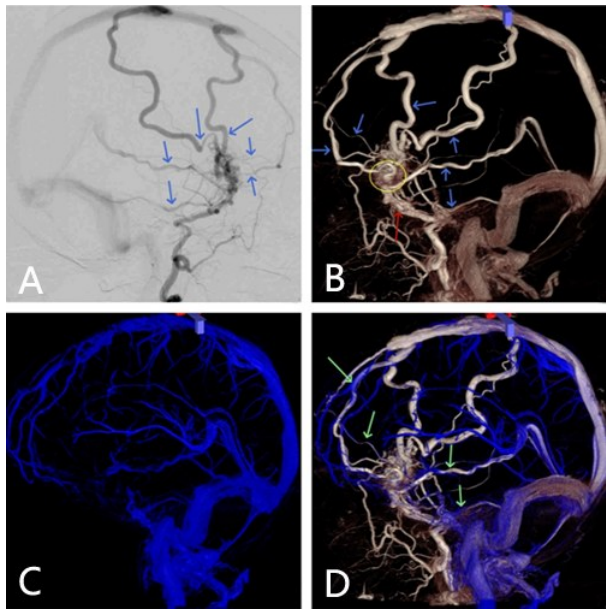


图 1 右侧蝶顶窦区硬脑膜动静脉瘘的静脉融合图像
A. 2D-DSA 示右侧蝶顶窦区硬脑膜动静脉瘘,蓝色↑示引流静脉;
B. 静脉期 3D-DSA,红色↑示供血动脉,黄色圆圈内为瘘口,蓝色↑示引流静脉;C. 正常脑静脉;D. 正常脑静脉与引流静脉融合影像显示两者相重叠的部分,绿色↑示部分引流静脉具有正常脑静脉回流功能

Figure 1 Venous fusion images of a patient with dura mater arteriovenous fistula in the right sphenoid sinus area
A: 2D-DSA shows a dura arteriovenous fistula in the right sphenoid sinus area, with blue arrow indicating the drainage vein. B: Venous images of 3D-DSA shows the feeding artery (red arrow indicating), the fistula orifice (yellow circle indicating), and the drainage vein (blue arrow indicating). C: DSA shows the normal cerebral vein. D: Venous fusion images show the overlapping part of the drainage vein with the normal cerebral vein reflux (green arrow indicating).

多模态影像融合的应用提高了诊断及治疗的精准性,如通过 CT/3D-DSA 融合影像判断颅内多发动脉瘤出血的血责任动脉瘤^[5],通过 3D-DSA/MRI、3D-DSA/MRA 融合影像指导手术治疗^[6],颅内动脉 3D-DSA 双血管融合判断 DAVF 瘘口位置及指导手术治疗^[7,8]。

血管内治疗是目前 DAVF 的首先治疗方法^[3],术前需要充分评估病变的血管构筑,尤其是对于引流静脉的处理及保护:如果不处理引流静脉,则可能造成疾病复发;如果过多堵塞引流静脉,则影响正常静脉回流,会造成静脉性出血或梗死。目前,缺乏准确评估引流静脉的有效方式。2D-DSA 可以清楚地显示病变动态的血流变化,但由于血管的重叠及干扰无法显示全部的血管构筑情况。3D-DSA 可显示病变的三维形态和空间关系,可以从任意角度对其进行观察,有效地排除血管重叠的干扰,但缺乏时间维度,对静脉早期、静脉晚期的图像无法显示。4D-DSA 具有 3D-DSA 的优点,并且可以按照不同的时间,显示不同的结构,例如早期显示动脉,中期显示瘘口,晚期显示静脉。

由于动静脉瘘引流静脉显影较正常静脉显影早,两者不在同一时间点显示,无法同时显示病变引流静脉及正常回流静脉。本文通过将 DAVF 的引流静脉 3D-DSA 与正常静脉回流 3D-DSA 进行融合,再根据融合影像判断 DAVF 的引流静脉是否兼具正常回流静脉的功能,结果显示,将病变引流静脉(白色标记)及正常脑组织回流静脉(蓝色标记)融合,可清楚直观显示病变引流静脉及正常回流静脉,可以判断 DAVF 的引流静脉是否兼具正常脑静脉回流的功能,如果白蓝两色标记重叠,则表示兼有两种功能;如果白蓝两标记色不重叠,则表示不兼具正常脑静脉回流的功能;如果是前者,则应尽量保留 DAVF 的功能引流静脉,术后不会影响正常脑静脉血回流,不会产生脑水肿、脑肿胀与导致相应神经功能损害表现。

总之,应用静脉 3D 融合技术判断 DAVF 的引流静脉是否兼具正常脑静脉回流功能是可行性的,融合图像为这类静脉的识别提供了客观依据。该技术可更好地了解病变的引流静脉,有助于减少手术并发症。但是要特别强调的是,对于没有正常脑静脉回流功能的引流静脉,也要注意保护,因为在 DAVF 的发生过程中,有一些异常引流的静脉,已经具备了引流脑静脉的功能,甚至是代偿发生而具备了这样的功能。

【伦理学声明】:本研究方案于 2021 年 9 月 20 日经谷城县人民医院医学伦理委员会审批,批号为 20210920。

【利益冲突声明】:本文不存在任何利益冲突。

【作者贡献声明】:付强撰写文章;李欢欢、宋雪倩收集病例资料;陈迎春负责影像后处理及静脉影像融合;林爱龙总结病例及分析;马廉亭修改文章。

【参考文献】

[1] AMINOFF MJ. Vascular anomalies in the intracranial dura mater [J]. Brain, 1973, 96: 601–612.

[2] LASJAUNIAS P, CHIU M, TER BRUGGE K, *et al.* Neurological manifestations of intracranial dural arteriovenous malformations [J]. J Neurosurg, 1986, 64: 724–730.

[3] CHUNG SJ, KIM JS, KIM JC, *et al.* Intracranial dural arteriovenous fistulas: analysis of 60 patients [J]. Cerebrovasc Dis, 2002, 13: 79–88.

[4] ZHANG M, YANG M, PAN L, *et al.* Application of 4D–DSA imaging to diagnosis and treatment of dural arteriovenous fistulas [J]. Chin J

Clin Neurosurg, 2020, 25(3): 129–133.

张 敏,杨 铭,潘 力,等. 4D–DSA 在硬脑膜动静脉瘘诊治中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2020, 25(3): 129–133.

[5] ZHAO YY, QIN J, QIN HL, *et al.* A new method to confirm the aneurysm responsible for hemorrhage in patients with multiple intracranial aneurysms after subarachnoid hemorrhage [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2021, 26(5): 321–323.

赵曰圆,秦 杰,秦海林,等. 判断颅内多发动脉瘤出血责任动脉瘤的新方法[J]. 中国临床神经外科杂志, 2021, 26(5): 321–323.

[6] DOBROCKY T, MATZINGER M, PIECHOWIAK EI, *et al.* Benefit of advanced 3D DSA and MRI/CT fusion in neurovascular pathology [J]. Clin Neuroradiol, 2023, 33(3): 669–676.

[7] RAZ E, SHAPIRO M, MIR O, *et al.* Arterial and venous 3D fusion AV–3D–DSA: a novel approach to cerebrovascular neuroimaging [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42(7): 1282–1284.

[8] CHOI JH, SHIN YS, KIM BS. Image fusion technique using flat panel detector rotational angiography for transvenous embolization of intracranial dural arteriovenous fistula [J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2023, 25(3): 253–259.

(2023–09–26 收稿, 2024–03–28 修回)

(上接第 143)

[22] LI MW, JIANG XF, NIU CS. Efficacy of and risk factors for percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia in elderly patients [J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(3): 280–284.

[23] MONTANO N, PAPACCI F, CIONI B, *et al.* The role of percutaneous balloon compression in the treatment of trigeminal neuralgia recurring after other surgical procedures [J]. Acta Neurol Belg, 2014, 114: 59–64.

[24] LIU P, ZHONG W, LIAO C, *et al.* Narrow foramen ovale and rotundum: a role in the etiology of trigeminal neuralgia [J]. J Craniofac Surg, 2016, 27(8): 2168–2170.

[25] CHENG M, WANG H, LI CH, *et al.* Role of 3D CT reconstruction measuring foramen oval on percutaneous radiofrequency thermocoagulation for trigeminal neuralgia [J]. Chin J Lab Diagn, 2018, 22(2): 197–199.

程 敏,王 涵,李朝辉,等. 颅底 3D CT 重建测量卵圆孔在三叉神经射频热凝术中的作用[J]. 中国实验诊断学, 2018, 22(2): 197–199.

[26] TEW JR JM, KELLER JT. The treatment of trigeminal neuralgia by percutaneous radiofrequency technique [J]. Neurosurgery, 1977, 24: 557–578.

[27] ICHIDA MC, DE ALMEIDA AN, DA NOBREGA JCM, *et al.* Sensory abnormalities and masticatory function after microvascular decompression or balloon compression for trigeminal neuralgia compared with carbamazepine and healthy controls [J]. J Neurosurg, 2015, 122(6): 1315–1323.

[28] CHEN J, LIN X, LV Z, *et al.* Use of a 3D–printed body surface percutaneous puncture guide plate in vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. PLoS One, 2022, 17(11): e0276930.

[29] WANG Y, SHI S, ZHENG Q, *et al.* Application of 3–dimensional printing technology combined with guide plates for thoracic spinal tuberculosis [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(6): e24636.

[30] TEXAKALIDIS P, XENOS D, TORA MS, *et al.* Comparative safety and efficacy of percutaneous approaches for the treatment of trigeminal neuralgia: a systematic review and meta–analysis [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2019, 182: 112–122.

[31] NETO NNM, DA SILVA MAIA JT, ROLIM DD, *et al.* Percutaneous balloon compression as treatment to trigeminal neuralgia: 14 years of experience in a single center [J]. Neurosurgery, 2017, 64 (CN_suppl_1): 256.

(2023–11–21 收稿, 2024–03–06 修回)