

• 指南与共识 •

神经介入通路建立专家共识

中国医师协会神经介入专业委员会

摘要: 神经介入通路既是开放手术的入路,也是介入手术的基础,更是保证良好术野和保障手术成功的关键。自神经介入技术应用以来,如何选择最佳入路及快速建立个体化的介入通路,一直是神经介入医师需要面对的富有挑战性的工作。随着介入治疗理念、技术和器材的不断革新,神经介入涵盖的疾病谱在逐步扩大,对通路建立的要求也越来越高。通路建立在冠状动脉介入领域已有了最高等级的循证医学证据,而在神经介入领域中仍然处于起步阶段。中国医师协会神经介入专业委员会组织有关专家共同撰写共识,旨在为神经介入通路的建立提供参考和建议。

关键词: 血管内操作; 脑血管障碍; 血管通路装置; 共识

doi: 10.3969/j.issn.1672-5921.2023.07.010

Expert consensus on the establishment of neurointerventional pathway Chinese Federation of Interventional Clinical Neurosciences (CFITN)

Corresponding author: Chen Zuoquan, Department of Neurosurgery, Shanghai Tenth People's Hospital, Shanghai 200072, China, Email: chenzy-tongji@163.com; Zhao Zhenwei, Department of Neurosurgery, the Second Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710032, China, Email: zzwzc@sina.com

Abstract: Neurointerventional pathway is not only the approach of open surgery, but also the basis of interventional surgery. It is also the key to ensure a good surgical field and the success of surgery. How to choose the best approach and to quickly establish individualized pathway have been a challenging task for physicians. With the continuous innovation of concept, technology and equipment, the spectrum of diseases covered by neurointervention is gradually expanding, and the requirement of pathway construction is becoming higher and higher. Pathway establishment has achieved the highest level of evidence-based medical evidence in coronary artery intervention, while it is still in its infancy in neurointervention. Chinese Federation of Interventional Clinical Neurosciences organized experienced experts to write this consensus, aiming to provide guidance for the establishment of neurointerventional pathway.

Key words: Endovascular procedures; Cerebrovascular disorders; Vascular access devices; Consensus

神经介入通路既是开放手术的入路,也是介入手术的基础,更是保证良好术野,保障手术成功的关键。自神经介入技术应用以来,如何选择最佳入路及快速建立个体化的介入通路,一直是神经介入医师需要面对的富有挑战性的工作。随着介入治疗理念、技术和器材的不断革新,神经介入涵盖的疾病谱在逐步扩大,对通路建立的要求越来越高,有关介入手术入路和通路建立技术的报道也日益增加。中国医师

协会神经介入专业委员会组织有关专家,结合实际操作经验和文献研究报道,反复讨论并达成以下共识,旨在为神经介入通路的建立提供参考和建议。

1 通路建立器材及常用技术

1.1 通路建立器材

1.1.1 短鞘: 短鞘长度一般 ≤ 10 cm,按照应用部位不同分为股动脉鞘及桡动脉鞘。成人患者常用的短鞘长度为 10 cm,患儿常用的短鞘长度为 7 cm。经股动脉入路的儿童脑血管造影,一般选择内径 4 F 的短鞘,配以直径 4 F 的单弯造影导管。成人脑血管造影一般选择内径 5 F 的短鞘,配以直径 5 F 的血管造影导管^[1]。行介入治疗时,成人患者通常选用内径 6 F 或 8 F 短鞘;患儿通常选择内径 4 F 或 5 F 短鞘,必要时可采用内径 6 F 短鞘,尽量避免选择内径 8 F 短鞘,配

基金项目: 北京市医院管理中心“登峰”人才计划资助项目 (DFL20220702)

通信作者: 陈左权, 200072 上海市第十人民医院神经外科, Email: chenzy-tongji@163.com; 赵振伟, 710032 西安, 空军军医大学第二附属医院神经外科, Email: zzwzc@sina.com

以相应的导引导管完成通路建立。对于血管入路复杂的成人患者,若需要采用中间导管高到位时,也可选择内径 8 F 的短鞘,配以直径 8 F 的导引导管。成人经桡动脉入路(transradial access, TRA)造影一般选用 4 F 或 5 F 的桡动脉鞘^[2],而行介入治疗时参照中国人群的桡动脉直径,最好选用 7 F 以下的桡动脉薄壁鞘^[3]。

1.1.2 长鞘:与短鞘相比,长鞘可提供更强的支撑力,常用的长鞘长度为 40、70、90、100 cm,在经股动脉入路的神经介入治疗中较为常用的长度为 90 cm。一般按照操作目的不同选用不同直径和长度的长鞘。例如行经股动脉单纯造影时,若股动脉或髂动脉比较迂曲,可以选择长度为 40~60 cm 的长鞘以便于操控造影导管。对于颈动脉病变则可选用长度为 70~90 cm 的长鞘。长鞘既能作为输送导管,也可作为导引导管使用。当作为输送导管使用时,6 F 指的是其内径;当作为导引导管使用时,8 F 则是指其外径。对于病变位置较高者,可选择长度为 90 cm 甚至 100 cm 的 6 F 或 7 F 长鞘^[4]。必要时配合不同长度的中间导管以完成通路建立。

1.1.3 导引导管:导引导管是指采用编织技术和聚四氟乙烯(polytetrafluoroethylene, PTFE)等特殊涂层材料制成的导管,在导引导管的支撑下可以将微导管等介入器械顺利导入治疗靶点。常用的导引导管长度为 90 cm 和 100 cm。根据治疗策略的不同选用不同长度和直径(外径)的导引导管。对于后循环动脉瘤合并椎动脉较细患儿和成人患者,行单一微导管单纯栓塞时可采用直径为 5 F 的导引导管,若需采用双微导管则选用直径为 6 F 的导引导管。当行颈动脉病变介入治疗时,则选择长 90 cm 的 8 F 导引导管作为中间导管的导引和支撑导管。此外,还有一种常用于急性缺血性卒中机械取栓术或慢性颈动脉闭塞介入再通血运重建术的特殊类型的导引导管,即球囊导引导管,其可通过对导管头端球囊的充盈达到临时阻断血流的目的。

1.1.4 远端通路导管:远端通路导管的设计既要兼顾其在近端管腔的支撑性,还要保证其在远端管腔的顺应性,以尽可能地将远端导引导管高到位,从而为微导管及介入器材的到位提供有效支撑。该类导管适用于颈动脉或椎动脉迂曲程度不严重患者的介入治疗,其代表产品为 Envoy DA(强生公司,美国)^[5]。

1.1.5 中间导管:中间导管是一类远端部分具有较长的柔软段,顺应性极高,通过性好,但近端缺乏有效支撑的导管。其长度为 105~155 cm,管径为 5~6 F,在多种场景下,可与远端通路导管、导引导管等互相交替使用,且通常需要与长鞘或导引导管配合使用。其优点为可以到达颅内更远部位,如前循环可以到达大脑前动脉或大脑中动脉;后循环可以到达基底动脉^[6]。总体而言,中间导管可到达血管部位远于长鞘,长鞘可到达血管部位远于导引导管。

推荐意见: (1) 对于常规神经介入手术,建议首选短鞘+导引导管的通路建立组合; (2) 对于通路血管明显迂曲的患者,可选择长鞘以获得更好的支撑性能; (3) 远端通路导

管和中间导管作为导引导管的必要补充,在复杂病例中可以替代导引导管和(或)搭配长鞘、导引导管使用,尤其在治疗颅内病变时建议使用。

1.2 通路建立技术

1.2.1 短鞘置换技术:神经介入操作过程中有时需进行不同直径短鞘的置换,通常指将直径较小的短鞘更换为直径较大的短鞘,以便于顺利置入较大直径的导引导管。具体操作流程建议为:回抽原短鞘的侧管以防止鞘内残留血栓;将原短鞘的配套导丝或头端“J”型预塑形的导丝引入原短鞘的扩张器内,将扩张器插入原短鞘内(插入深度不应超过原短鞘头端,建议扩张器插入深度为其长度一半即可,以避免因扩张器头端出鞘而引起动脉夹层等副损伤);透视下将导丝导入髂动脉、腹主动脉,压迫穿刺点股动脉的近心端,拔出短鞘与扩张器后沿导丝置入更大直径的动脉鞘(拟置入的短鞘及扩张器预先以生理盐水冲洗,锁止短鞘侧管后置入配套的扩张器并锁定)。

1.2.2 短鞘置换长鞘技术:短鞘拔出过程的操作同短鞘置换技术,不同的是该技术置入的导丝为 0.035 英寸(1 英寸=2.54 cm)的导丝(长度为 150 cm):透视下将导丝置于降主动脉水平,拔出短鞘与扩张器后沿导丝置入同等内径或更大内径的长鞘(拟置入的长鞘及扩张器需先行生理盐水冲洗,锁止长鞘侧管后再置入配套的扩张器并锁定)。

1.2.3 导引导管直接到位技术:常用的导引导管带有预塑形的头端,在 0.035 英寸导丝的导引下多数可以直接超选至弓上靶血管,在路径图指引下使头端准确到达入径部位并形成有效的支撑(前循环最远可接近岩骨段,后循环最远可达椎动脉 V2 段末端)。在对导引导管头端塑形再改进后,也可实现 II 型及部分 III 型主动脉弓导引导管直接到位。导引导管到位困难时,换用加硬导丝或使用双导丝以增加支撑力,可以有效帮助导引导管顺利到位。

1.2.4 同轴到位技术:对于 II 型以上的主动脉弓,使用导引导管(8 F)或长鞘(6 F)直接超选弓上血管往往比较困难或无法实现,需要借助造影导管同轴进行弓上血管的超选。具体操作的关键步骤如下:在 0.035 英寸的超滑导丝(长度为 150 cm)和长造影导管[西蒙-2(Penumbra,美国)、VTK(Cordis,美国)]或多功能导管(Cordis,美国)的导引下,将导引导管或长鞘引入主动脉弓并回撤导丝,以造影导管超选弓上靶血管开口,将导丝引入靶血管远端,再将造影导管送入弓上靶血管,在导丝及造影导管的支撑下将导引导管或长鞘引入弓上靶血管,完成通路建立。如果要到达更高位置,在导引导管或长鞘到位后,可在内部引入中间导管。

1.2.5 长交换技术:长交换技术主要用于 II 型及以上的主动脉弓的通路建立。通常采用造影导管,在导丝的引导下超选弓上靶血管,将长交换导丝(长度为 260 cm)尽量超选至较远位置,首选颈外动脉粗大分支,固定导丝后撤出造影导管,再沿导丝置入导引导管或长鞘,必要时也可使用加硬加长的交换导丝或内衬造影导管以获得更强的支撑效果。

1.2.6 无导丝引导的 Sofia 中间导管推送技术:中间导管的出现为复杂迂曲及高到位通路的建立提供了可能。以 Sofia 导管(MicroVention 美国)为代表的中间导管,因其高度的顺应性和抗折性,可以在无导丝引导下推送至大脑中动脉等二级血管。所以,该无导丝引导的 Sofia 中间导管推送技术被称为 SNAKE 技术(德语: Sofia non-wire advancement technique)^[7]。

1.2.7 锚定技术:早期中间导管的通过性能欠佳,穿过颈内动脉眼动脉段存在一定的困难。但是即便通过性能较好的导管,也可能因为口径过大而在血管急弯部位出现“窗台效应”而无法到位。此时,可将取栓支架锚定于导管欲到位血管的远端(如颈内动脉颅内段或大脑中动脉),同轴送入中间导管,可以使取栓支架轻松到达靶血管区域^[8];使用球囊进行锚定也可以获得类似的效果^[9]。

1.2.8 球囊辅助通过技术:在经桡动脉行冠状动脉介入诊疗过程中,对于桡动脉明显迂曲、成袢或痉挛的患者,有研究者采用球囊辅助通过技术使导引导管顺利到位^[8]。该技术的要点:在 0.014 英寸微导丝的指引下,选择适宜大小的快速交换球囊(5 F 导引导管配合直径 1.5 mm 球囊,6 F 导引导管配合直径 2.0 mm 球囊,球囊长度为 15 mm 或 20 mm)适当突出于导引导管头端,给予 3~6 个标准大气压扩张球囊后可以整体推送辅助导引导管到位。

推荐意见:(1) 推荐在透视环境下进行动脉鞘的置换操作,并全程追踪导丝头端的位置;(2) 推荐常规采用导引导管直接到位技术建立通路,对于入路迂曲或弓型复杂者,可采用同轴到位技术和(或)长交换技术;特殊情况下可采用锚定技术或球囊辅助通过技术辅助中间导管到位。

2 经动脉途径通路建立

2.1 经股动脉通路建立

2.1.1 适应证及禁忌证:股动脉直径大、位置表浅、搏动明显^[10-11]。经股动脉建立通路具有快速、相对无痛、医师学习曲线快等优势,是目前神经介入的主要入路方式,绝大多数患者的神经介入操作均可经股动脉通路完成。

但是,股动脉入路也存在诸多禁忌证。例如,因关节疾病、端坐呼吸或脊柱畸形等导致无法平卧的患者;患有周围血管疾病(外周移植血管、血管成形术后、股动脉严重钙化、股动脉纤细、截肢、胸腹主动脉瘤、股动脉瘤、主动脉夹层或缩窄等)、腹股沟瘢痕或存在感染、股疝、严重出血倾向及马鞍栓塞等影响通路建立的情况^[12-16]。此外,肥胖患者在鞘管置入过程中的并发症发生率较高,也是股动脉穿刺的相对禁忌证^[17-18]。

2.1.2 操作规范:将股动脉鞘成功置入后,根据治疗需要选择不同外径的导引导管,并在 0.035 英寸超滑导丝指引下送至主动脉弓。对于 I 型或部分 II 型主动脉弓,可在导丝指引下经导引导管直接超选至弓上主要分支动脉。但是,需要注意的是全程须保证导丝头端处于 X 射线可视范围内。对于血管迂曲者,可在路径图辅助下将导丝送入颈外动脉分支或腋动脉以获得足够的支撑力。对于部分 II 型及以上主动脉

弓,可在导引导管内衬长度为 125 cm 的单弯型导管、VTK 导管或多功能导管,采用同轴到位技术辅助导引导管或长鞘到位,必要时可换用加硬导丝增加导引导管的支撑力。对于牛角弓等弓上血管变异,可先用西蒙导管或 Mani 导管(Cordis, 美国)超选至左侧颈总动脉,引入长度为 260 cm 的长交换或加硬长交换导丝,通过长交换或同轴长交换技术辅助导引导管到位。导引导管到位后可根据治疗的需要引入中间导管,在导丝辅助下进一步超选目标动脉。此外,对于牛型主动脉弓而言,经桡动脉建立通路可能比经股动脉建立通路更加高效^[4]。

2.1.3 并发症及处理:经股动脉入路诊疗的患者血管并发症发生率为 1%~9%,发生血管并发症将导致患者住院时间延长、医疗费用增加和病死率升高^[19-21]。经股动脉建立通路的患者发生血管并发症的危险因素包括女性、高龄、超重或体质量不足、未控制的高血压病、使用大口径动脉鞘、长时间置鞘以及使用抗凝剂等^[22]。常见的并发症包括局部出血、假性动脉瘤、动静脉瘘、腹膜后血肿、血管闭塞和分支损伤,以及感染、股神经损伤、夹层等。

局部出血是股动脉通路建立最常见的并发症。但是,文献报道的股动脉插管后血肿形成的发生率差异较大,血肿的定义不统一是导致该差异的主要原因,同时检测血肿的手段不同也会影响其检出率。局部出血需手术清除血肿者可导致住院时间延长^[19]。局部出血的表现包括穿刺部位轻微出血、瘀斑和血肿形成,通常可通过手动压迫来控制。局部出血较为严重的情况下,单纯手动压迫效果欠佳,可能需要延长压迫时间或使用压迫器械,必要时需中和肝素以及扩容或输注血液制品^[19]。对于出现血压不稳定的患者,需进一步评估以排除腹膜后出血或假性动脉瘤等情况。局部出血导致输血临床并不常见,其危险因素包括高龄、低体质量指数、女性以及伴随肾、脑、肺或外周血管疾病等^[23];需手术清除血肿者,多为使用了糖蛋白 IIb 或 IIIa 抑制剂、溶栓治疗和术后使用了肝素的患者^[24]。

股动脉通路建立相关假性动脉瘤的发生率为 1%~3%,最常见的原因为止血不彻底导致出血和动脉壁与周围组织间的假腔形成^[25]。假性动脉瘤的危险因素包括选择了直径较大的动脉鞘管、肥胖、无效的局部压迫、穿刺部位低(低于股动脉分叉水平)、左侧穿刺、血小板计数 $<200 \times 10^9/L$ ^[26]。发生假性动脉瘤患者最常见的体征为腹股沟搏动性肿块、听诊动脉双向杂音和触诊股动脉局部搏动性“震颤”。血管超声可以明确假性动脉瘤的异常通路、瘤体与瘤颈的大小以及瘤体内的血栓形成等结构及血流动力学特征。对于直径 2 cm 以下的假性动脉瘤,建议进行局部压迫观察和定期超声检测。较大假性动脉瘤(最大长径或宽径大于 3.0 cm)的治疗包括超声引导下加压、凝血酶注射、覆膜支架置入和手术修复^[25-27]。与假性动脉瘤相关的并发症包括破裂、继发于压迫的局部疼痛以及极少发生的远端栓塞。一项比较超声引导下加压与凝血酶注射(1 ml, 1 000 U)治疗股动脉假性动脉

瘤效果的前瞻性随机试验结果显示,所有经凝血酶注射治疗的股动脉假性动脉瘤均成功闭塞(15/15),而超声引导下加压的成功闭塞率为6/15^[28]。在一项纳入274例股动脉假性动脉瘤患者的前瞻性研究中,通过超声引导下注射凝血酶的一次性成功闭塞率达到97%,并且不受术后抗凝药物使用的影响^[29]。手术修复常仅用于第二次凝血酶注射闭塞失败、需要手术清除的大血肿、疑似感染的假性动脉瘤。

腹膜后出血是与股动脉通路建立相关的严重并发症,在所有经股动脉建立通路者中占比低于3%^[30]。腹膜后出血的首要危险因素为高位穿刺,特别是高于腹壁下动脉的穿刺,其他危险因素包括体质量指数偏低、女性、左侧穿刺、较大的鞘管尺寸以及同时使用糖蛋白Ⅱ、Ⅲa和Ⅲb抑制剂^[23, 25-27, 29-30]。有研究显示,使用比伐卢定与腹膜后出血风险较低相关^[31]。腹膜后出血的主要症状包括腹股沟疼痛、腹部饱胀感、严重的背部和下腹疼痛、股神经病变以及色素的快速下降。大多出现在手术后3h内,但有25%的患者于术后3h后出现症状^[32-34]。对于怀疑发生腹膜后出血的患者应立即行CT扫描,尽管大多数腹膜后出血患者可以通过保守治疗得到缓解,但仍有部分患者需要进行血管内或外科手术干预。

动静脉瘘在经股动脉通路建立中的发生率低于1%,指血管鞘插入部位出现了股动脉和静脉之间的异常沟通,血流从高压的动脉直接流入低压的静脉,导致异常分流^[35]。形成动静脉瘘的危险因素包括多次股动脉穿刺、穿刺部位低、鞘管尺寸大、女性和无效的压迫等^[35]。虽然动静脉瘘患者较少有临床症状,但在严重的情况下,患者会出现动脉高输出量心力衰竭、下肢水肿和静脉盗血综合征(动静脉短路)。多数流量较小的瘘口会自愈,仅需定期超声随访,而流量较大的动静脉瘘和有症状的动静脉瘘应行超声引导下压迫、手术结扎、血管内支架置入或弹簧圈栓塞等治疗^[35]。

推荐意见:(1)对于绝大多数神经介入治疗性手术,尤其是前循环病变,推荐经股动脉建立神经介入通路;(2)推荐首选导引导管经股动脉建立通路,通路血管迂曲时可使用长鞘和(或)配合中间导管或远端通路导管以提供更强的支撑;(3)经股动脉诊疗术后发生局部血肿时,推荐早期行下肢动脉超声检查。

2.2 TRA

2.2.1 适应证及禁忌证:TRA的适应证包括接受抗凝或抗血小板聚集治疗、肥胖、锁骨下动脉近心段和椎动脉严重迂曲、锁骨下动脉变异或主动脉弓严重扭曲变异(Ⅲ型牛角弓、头臂干和左颈总动脉呈小角度或平行形态,尤其朝向升主动脉或者降主动脉时)、股动脉粥样硬化斑块以及胸腹主动脉、髂股动脉重度狭窄或闭塞和因腰椎病变不能耐受卧床制动的等^[36-37]。

TRA的禁忌证:无明显桡动脉搏动者;已知血管闭塞性疾病,如雷诺病、Takayasu动脉炎或血栓闭塞性脉管炎;桡动脉闭塞者;近期右上肢或者上胸部外伤史;因血液透析存在

同侧动静脉瘘者;右上肢淋巴水肿患者^[38-39]。

2.2.2 操作规范

2.2.2.1 术前评估:既往TRA建立前需通过Allen's试验和Barbeau试验(使用脉搏血氧测量和体积描记法)评估手部侧支循环状态。但是目前术前行侧支循环状态试验的必要性存在明显争议^[40]。有研究指出,由于手腕部存在动态性的侧支循环,Allen's试验和Barbeau试验并不能充分预测TRA术后出现手部缺血情况^[41]。但是,鉴于桡动脉闭塞可能导致手部缺血坏死等严重并发症,临床上并未放弃其在术前对侧支循环评估的部分应用。有研究表明,桡动脉直径较小与TRA术后桡动脉闭塞风险增加相关,因此建议术前通过超声评估桡动脉直径,将桡动脉直径<2mm作为TRA的相对禁忌证^[42]。一项前瞻性研究结果显示,穿刺前至少30min局部外用40mg利多卡因凝胶或30mg硝酸甘油软膏能够增加桡动脉直径,有助于TRA的建立^[43]。有研究指出,经桡动脉建立通路行诊断性造影时,桡动脉直径应至少大于4或5F短鞘外径;而经桡动脉建立通路行介入治疗时,桡动脉直径应至少大于5或6F短鞘外径^[38]。

2.2.2.2 导管选择:导管的选择取决于介入手术类型。行诊断性造影时通常使用5F西蒙-1或西蒙-2导管,通过导丝引导至主动脉弓后选择性超选靶血管,进行脑血管造影。大多数介入治疗中采用6F的导引导管在长度为125cm的超选导管及导丝的引导下进入靶血管;而7F薄壁鞘搭配7F导引导管可提供更大内腔的治疗通路。对于特定类型手术(如血流导向装置置入术),可不使用短鞘而直接使用0.088英寸的长鞘,并使用超选导管及硬导丝以增加通路系统的支撑力。导引导管到位后的介入治疗程序与股动脉入路相似。

目前研究报道的经桡动脉建立通路的3种常用导管组合:(1)6F桡动脉短鞘+6F Envoy DA导管(Codman Neuro, 美国)+125cm西蒙-2造影管+180cm 0.035英寸软头亲水导丝(Glidewire, 美国);(2)0.088英寸Infinity长鞘(Stryker, 美国)+125cm西蒙-2造影管+180cm 0.035英寸软头亲水导丝,适用于桡动脉直径≥2.5mm的患者;(3)将桡动脉鞘直接替换为中间导管,如0.072英寸Navien(Medtronic, 美国)+0.070英寸Sofia+0.060英寸Syphontrak(DePuy Synthes, 美国),适用于桡动脉直径<2.5mm的患者^[37]。亦有研究报道使用桡动脉专用的长鞘行介入治疗^[44]。

2.2.3 并发症及处理:多项研究表明,与经股动脉入路相比,TRA发生通路部位相关并发症的风险显著降低(均 $P < 0.05$)^[45-47]。但2022年澳大利亚的一项研究结果显示,TRA和经股动脉通路行脑血管造影术后出现1个以上无症状新发脑梗死病灶的患者比例分别为17.5%(18/103)和5.2%(5/97),差异有统计学意义($P = 0.007$)^[48]。TRA常见并发症包括桡动脉痉挛(可导致导管滞留和桡动脉外翻)、桡动脉闭塞(可引发手部缺血)和桡动脉穿破(可引发前臂血肿和筋膜室综合征)。罕见的并发症包括桡动脉假性动脉瘤、肉

芽肿或无菌性脓肿形成以及动静脉瘘形成。

2.2.3.1 桡动脉痉挛: 桡动脉是一根富含 α -1 受体的肌性动脉, 与其他血管相比更容易发生痉挛^[49]。桡动脉痉挛会导致血管腔直径显著减小, 通过使用生理盐水稀释的肝素、硝酸甘油和维拉帕米的“鸡尾酒”经动脉内给药可预防桡动脉痉挛, 该疗法能够诱导桡动脉快速和长时间舒张, 降低术中桡动脉痉挛的发生风险^[50-52]。术前外用维拉帕米-硝酸甘油-利多卡因联合凝胶也能显著扩张桡动脉, 并缓解穿刺时的疼痛^[53]。与不使用长度为 23 cm 亲水鞘比较, 使用长度为 23 cm 的亲水鞘也可以降低桡动脉痉挛的发生率 ($P < 0.01$), 其可保护桡动脉, 并减少导管对血管壁的重复摩擦^[54]。缓解动脉痉挛的方法包括前臂热敷、加深镇静或诱导全身麻醉, 并动脉内给予血管舒张剂^[55]。一项前瞻性随机对照研究表明, 与动脉内给予硝酸甘油和维拉帕米联合用药相比, 通过鞘内注射生理盐水 (10 ml/s, 共 10 ml) 诱导压力介导的血管舒张可使桡动脉管腔直径显著增加 [(0.85 ± 0.46) mm 比 (0.03 ± 0.24) mm, $P < 0.01$], 而引起血压下降的幅度更低 [处置前后血压差: (-3.8 ± 24.0) mmHg 比 (-31.6 ± 19.0) mmHg, $P < 0.01$]^[56]。另一项随机对照研究表明, 与舌下服用硝酸甘油相比, 将血压袖带加压维持在基线收缩压以上充气 5 min, 诱导血流介导的血管舒张, 桡动脉恢复搏动的时间类似 [中位时间: 7.0 (6.5, 9.0) min 比 8.0 (7.0, 9.0) min, $P > 0.05$] 且头痛 (0 比 40%, $P < 0.01$) 和血压降低 (3% 比 47%, $P < 0.01$) 的发生率更低^[57]。也有个别案例报道, 上述方法均无效时, 在麻醉师协助和超声引导下行桡神经或臂丛神经阻滞可作为一种补救性措施^[58-59]。

2.2.3.2 导管滞留: 严重的桡动脉痉挛加之过度的导管操作或扭结及桡动脉迂曲可导致导管滞留。对于锁骨下动脉严重迂曲患者, 要避免专注于头端成袢的操作而忽视导管近端过度旋转导致的打折扭结。若导管打折形成扭结未及时发现, 在下撤导管过程中易将扭结卡在腋动脉或肱动脉内, 造成严重并发症。导管中任何扭结均应通过反向旋转或在导管内引入导丝来缓慢而小心地解开。如尝试失败, 可将扭结的导管整体前推, 使头端部分进入主动脉弓, 经股动脉入路使用抓捕装置抓牢导管头端, 轻轻后拉解袢后再经桡动脉撤出。任何留置在动脉系统内的导管碎片均可能导致手部缺血、血栓形成或感染。

2.2.3.3 桡动脉外翻: 桡动脉外翻是由严重的桡动脉痉挛引起的极其罕见的并发症, 可能会影响导管和鞘的移除。当遇到严重的桡动脉痉挛时, 可使用镇痛、血管扩张剂加深镇静, 甚至行全身麻醉来处理。这些措施通常能够成功, 但绝不能强行拔出器械。预防和治疗桡动脉痉挛是防止桡动脉外翻的主要手段^[54, 60]。

2.2.3.4 桡动脉闭塞: 桡动脉闭塞是 TRA 常见的并发症, 手术医师常低估其发生率, 其术后 24 h 内发生率约为 7.7%, 由于其可自发性再通, 术后 1 个月后其发生率可下降至

5.5%^[61]。桡动脉闭塞与使用较大管径的鞘、较小管径的桡动脉和糖尿病史相关。研究显示, 17 例应用 6 F 长鞘行 TRA 介入治疗的患者, 治疗后 3 个月有 7 例患者发生桡动脉闭塞; 与常规桡动脉穿刺相比, 在掌浅支分支近段行桡动脉穿刺, 可以降低穿刺后 24 h 桡动脉闭塞发生率 (1.2% 比 8.8%; $OR = 7.4$, 95% CI : 1.6 ~ 34.3, $P = 0.003$)^[62]。

由于桡动脉和尺动脉在手掌部位形成交通支, 桡动脉闭塞后通常可经尺动脉末端侧支供血, 患者可无明显手部缺血症状。尽管如此, 仍应尽量避免桡动脉闭塞。因为, 首先, 桡动脉闭塞可影响桡动脉作为冠状动脉旁路移植术、颅外-颅内血管旁路移植术和血液透析动静脉瘘通路的实施与建立; 其次, 桡动脉闭塞将使后期同侧 TRA 介入治疗难以实施。一项纳入 106 例接受多次 TRA 神经介入手术患者的研究显示, 操作成功率为 94.3% (100/106), 6 例失败中的 5 例是由桡动脉闭塞所致^[63]。最后, 桡动脉闭塞的症状包括患者手部桡侧感觉异常 (发生率: 1.52% ~ 1.61%)、手部或手指运动功能减弱 (发生率: 0.26% ~ 0.49%)、穿刺或闭塞部位疼痛 (发生率: 6.67% ~ 7.77%), 部分患者的主诉症状可能是自限性的^[64], 但是目前尚无足够的随访数据来准确估计症状持续时间。此外, 在极少数情况下, 桡动脉闭塞可发展为手部严重缺血^[55]。对于桡动脉穿刺导致的损伤, 建议采用超声检测评估与随访。

2.2.3.5 桡动脉穿破: 桡动脉穿破是 TRA 罕见的并发症, 发生率为 0.1% ~ 1.0%, 其危险因素包括女性、高龄、身材矮小、高血压病、血管极度迂曲、过度抗凝、桡动脉解剖异常、导丝或导管操作不当等^[65-66]。当导丝推进遇到阻力或穿刺部位手术中出现疼痛时, 应怀疑桡动脉穿破。未及时发现和处理的桡动脉穿破可能会发展为前臂血肿和筋膜室综合征。

2.2.3.6 前臂血肿: 在桡动脉穿刺部位或前臂形成血肿是一种罕见的并发症。前臂血肿分为 4 级: 1 级 (局部、浅表) 为血肿直径 < 5 cm; 2 级 (中度肌肉浸润) 为血肿直径 < 10 cm; 3 级为血肿延伸至肘关节远端; 4 级为血肿延伸至肘关节近端; 发病率依次为 $\leq 5.0\%$ 、 $< 3.0\%$ 、 $< 2.0\%$ 、 $\leq 0.1\%$ 。前臂血肿的发生与桡动脉闭塞、严重的穿刺点出血、止血不当、桡动脉穿破、使用非涂层鞘以及女性有关^[67]。

对于无症状、非进展性的前臂血肿可保守治疗, 包括观察、患肢抬高和局部压迫。早期发现是处理前臂血肿的关键, 必要时可中和抗凝药物 (如使用鱼精蛋白)。1 级和 2 级的血肿可采用镇痛、附加压迫和局部冰敷治疗, 而 3 级和 4 级血肿则可采用血压袖带充气至低于基线收缩压 20 mmHg 持续压迫, 并每 15 分钟通过指脉氧监测放气 1 次。

血肿进展或引起神经血管损害时须进行紧急检查, 以确认桡动脉和尺动脉是否通畅, 评估指间血流灌注情况, 并测量筋膜室压力。前臂血肿较少发展为需要手术清除血肿的骨筋膜室综合征^[67]。

2.2.3.7 骨筋膜室综合征: 前臂骨筋膜室综合征是一种罕见但非常严重的 TRA 并发症, 其病因与前臂血肿相同, 有研

研究者将其判定为 5 级前臂水肿,其发生与女性合并低体质量指数相关^[68]。正常前臂筋膜室内压力为 <10 mmHg,若筋膜室压力升高大于 30 mmHg,可诊断为急性骨筋膜室综合征,其临床表现为桡动脉穿刺术后出现急性前臂肿胀、苍白和疼痛,进一步发展为肌肉和神经缺血,若不及时处理,可出现前臂的残疾和肌挛缩^[69]。

对于骨筋膜室综合征的预防手段包括术前通过超声检查评估手掌血流量,即分别测量尺动脉与桡动脉血流量,术中使用肝素抗凝,正确处理桡动脉迂曲和术中桡动脉痉挛,避免导丝或导管的暴力、错误操作,术后动态观察止血装置及穿刺的异常情况。

骨筋膜室综合征的处理方法包括在疼痛或肿胀部位给予低于基线收缩压 15~20 mmHg 的血压袖带压力,并通过指脉氧饱和度的监测了解指端皮肤颜色与血流灌注情况,每次持续 15 min,重复 2 次。在逆转抗凝或终止治疗时应维持血压于基线水平,严格控制血压,避免血压过高及过低。大多数病例保守治疗后可好转,但偶尔需要手术切开筋膜减压处理。

2.2.3.8 桡动脉假性动脉瘤:桡动脉假性动脉瘤是 TRA 术后相对罕见的并发症,发生率约为 0.03%^[70],临床表现为术后几天至几周穿刺点局部出现搏动性肿块伴疼痛,通常采用动脉彩色多普勒超声即可以确诊。桡动脉假性动脉瘤可能由过度抗凝、桡动脉异常穿破、多次穿刺和止血压迫不足引起,其治疗包括局部的加压或超声引导下压迫假性动脉瘤颈,或超声引导下局部注射凝血酶等,必要时可行手术治疗。

2.2.3.9 肉芽肿和无菌性脓肿形成:肉芽肿和无菌性脓肿是穿刺后罕见的并发症,是机体对保留于皮肤内的鞘膜涂层的反应引起的自限性疾病^[71],表现为术后 2~3 周内穿刺点附近形成的压痛性肿块,易被误诊为桡动脉假性动脉瘤,可通过多普勒超声检查鉴别诊断。对于无发热及白细胞增高的患者无需使用抗生素。急性肉芽肿在术后几周内可自行消退,慢性肉芽肿在术后几个月内可消退。操作医师应注意在置鞘前用湿纱布擦拭血管鞘,去除多余的亲水材料,以减少肉芽肿和无菌性脓肿形成。

2.2.3.10 动静脉瘘:由于桡动脉相伴的桡静脉较细,动静脉瘘的发生非常罕见,发生率 <0.03%^[55]。通常表现为穿刺点附近的肿块或可触及动静脉瘘特有的局部“震颤”听诊“杂音”,行多普勒超声检测可以确诊。治疗方法包括延长压迫时间,置入覆膜支架或手术修复。

推荐意见: (1) 推荐 TRA 作为神经介入治疗手术的入路选择,特别对于部分后循环病变可首选经桡动脉建立通路; (2) 推荐术前使用桡动脉超声对 TRA 进行评估; (3) 推荐首选导引导管搭配西蒙-2 导管同轴到位技术建立 TRA; (4) 推荐内衬 0.035 英寸超滑导丝回撤导管以避免导管打折。

2.3 经颈动脉通路建立

2.3.1 适应证:经颈动脉通路建立的适应证为经主动脉弓或解剖变异的股动脉入路无法建立稳定的血管通路,解剖变异的股动脉包括:牛型弓、II 型或 III 型弓、血管极度迂曲或严

重成角、颈总动脉成袢、颈总动脉开口狭窄、主动脉严重钙化等^[72]。

2.3.2 操作规范:通常在全身麻醉下进行。将患者头部向对侧旋转 10°~15°并保持伸直,可在肩膀下垫一个枕头或卷起来的毛巾以增加颈部的伸展度。可通过触诊或超声定位颈总动脉。理想情况下,颈总动脉穿刺点应在锁骨上缘上方 2~3 cm 处,大约在 C5~C6 水平。穿刺部位须与锁骨保持一定的距离,以避免进鞘角度过大及鞘扭曲打折,同时穿刺部位须远离颈动脉分叉处,以免血管扩张器直接进入颈内动脉或颈外动脉。

消毒铺单后,使用 21G 穿刺针以 45°单壁穿刺颈总动脉。穿刺针可以连接对比剂注射器,以便获得血管造影及其路图。将导丝插入颈总动脉后,在路图或透视引导下将导丝推进颈内动脉,然后放置 6 F 短鞘。短鞘不必完全插入,因为鞘的尖端不能超过颈内动脉颈段或与颈内动脉之间形成“锐角”。必要时动脉鞘的末端可保留在颈总动脉内,通过缝线将鞘固定于皮肤,并采用生理盐水持续冲洗后,将导管引入颈内动脉后再行血管内治疗。

血管内治疗结束后应中和肝素、拔除血管鞘,并于穿刺局部压迫止血 30 min。在鱼精蛋白过敏等情况下可延迟拔鞘,直到肝素效应消退(活化凝血时间 <150 s)。有研究报道,颈动脉穿刺点也可使用血管封堵器^[73],常用的血管封堵器有 Angio-Seal(St Jude Medical,美国)、StarClose(Abbott,美国)。对于术后需要持续肝素化的患者,通过股动脉通路行后续血管造影是合理的,以排除颈动脉夹层或假性动脉瘤^[74]。

2.3.3 并发症及处理:颈动脉穿刺的并发症包括穿刺点血肿(严重时压迫气道)、血管痉挛、穿刺点假性动脉瘤形成、动脉夹层及血栓形成等。

局部充分压迫止血能够降低并发症的发生概率^[73]。为了确保止血效果,在拔除动脉鞘之前应中和肝素,并进行至少 30 min 的手动按压或使用血管封堵器。术后可保留一段时间的气管插管以避免出现颈部血肿。根据患者情况于出院前可行颈动脉超声及颈动脉 CT 血管成像来评估有无隐匿性血管损伤或假性动脉瘤^[75]。

推荐意见: (1) 经股动脉难以建立稳定通路时可将经颈动脉入路作为替代方案,但须在全身麻醉及气管插管下进行; (2) 根据治疗需要可选择导引导管或中间导管建立经颈动脉入路; (3) 常规推荐采用手动压迫法止血,必要时可使用血管封堵装置。

2.4 经静脉通路建立

2.4.1 适应证

2.4.1.1 颈动脉海绵窦瘘(cavernous carotid fistula,CCF):CCF 可分为直接型 CCF 和间接型 CCF,直接型 CCF 指颈内动脉主干直接与海绵窦沟通;间接型 CCF 指颈内动脉的脑膜分支与海绵窦沟通。1968 年,Hamby^[76]首次报道了经静脉入路治疗 CCF。此后,Mullan^[77]通过立体定向经静脉穿刺使用如明胶海绵、氧化纤维素、棉花和磷青铜丝等致栓材料成

功闭塞 33 例 CCF, 无 1 例死亡或严重并发症发生, 其中 1 例采用经皮经颈静脉入路引导下将球囊通过岩下窦, 并在海绵窦内释放成功闭塞瘘口。Alexander 等^[78] 回顾分析了 4 个治疗中心于 1987 年 1 月至 2016 年 12 月期间治疗的 267 例 CCF 病例, 结果显示, 经静脉通路的瘘口闭塞率达 86.9% (232/267), 且使用弹簧圈栓塞较使用液体栓塞剂的并发症发生率更低(似然比: 0.070, $P < 0.01$)。在另一项纳入 135 例接受血管内治疗和检查的间接型 CCF 研究中, 均经静脉通路实施, 平均随访 (56.0 ± 4.3) 个月, 结果显示, 131 例(97%) 患者预后良好(改良 Rankin 量表评分 1~2 分), 手术相关的永久性并发症发生率为 2.3%, 无手术相关死亡发生^[79]。Bink 等^[80] 纳入 16 例(11 例直接型 CCF 5 例间接型 CCF) 行血管内治疗的 CCF 患者, 其中 9 例为经静脉入路, 5 例为经动脉入路, 2 例为采用动静脉联合入路, 所有患者行弹簧圈栓塞海绵窦瘘, 平均随访时间 4.4 年, 均未发现病变复发(海绵窦瘘口重新显影)。此外, 该研究认为, 在最终封闭瘘口之前对眼眶或皮质静脉引流部分进行填塞封堵较不进行填塞封堵似乎更加安全。Zenteno 等^[81] 于 2010 年首次报道了经静脉入路使用 Onyx 胶对直接型 CCF 进行海绵窦内栓塞封闭瘘口, 在注入栓塞胶的同时, 动脉内置入保护球囊以防止液态栓塞剂反流进入动脉系统。对于非海绵窦区的硬脑膜动静脉瘘, 当瘘的供血动脉细小迂曲无法提供良好的动脉通路、由颈动脉或椎动脉的分支或颅神经供血动脉直接参与供血、存在颅内危险吻合血管时, 经静脉通路栓塞可能是更佳的通路选择^[82-84]。需要注意的是, 经静脉入路行硬脑膜动静脉瘘栓塞时应选择合适的静脉窦或皮质静脉为瘘口的引流静脉通路, 避开参与正常引流的脑静脉, 以避免继发静脉源性梗死的发生, 同时应完全阻断该静脉通路以降低复发风险^[85]。

2.4.1.2 脑动静脉畸形: 早期的研究多数建议将静脉入路作为脑动静脉畸形的挽救性栓塞入路策略^[86-88]。Choudhri 等^[89] 回顾了既往文献报道的经静脉入路栓塞脑动静脉畸形患者, 并提出经静脉入路治疗脑动静脉畸形的标准: (1) 脑动静脉畸形直径 < 2 cm、发生过出血且缺乏合适的动脉途径; (2) 单一静脉回流, 外科手术难以切除或风险过大的脑动静脉畸形等。Chen 等^[90] 建议经静脉入路栓塞脑动静脉畸形的适应证为动静脉畸形病灶直径 < 3 cm、深部血管畸形外科手术风险高以及有脑动静脉畸形相关出血史等。总之, 体积较小、单一引流静脉、外科手术难以切除的深部脑血管畸形是目前大多数国内外经静脉入路栓塞脑动静脉畸形的主要入选标准。此外, 对于经静脉入路栓塞脑动静脉畸形的适应证范围仍在探索中, 如对于浅表功能区的脑动静脉畸形, 经动脉入路栓塞可能因动脉端反流而导致正常供血区域缺血, 进而引起严重神经功能并发症, 而在部分病例中采用经静脉入路则有可能使得栓塞胶弥散进入畸形血管团, 从而避免动脉端的过度弥散^[91]。

2.4.1.3 脑静脉(窦)血栓形成: Barnwell 等^[92] 早在 1991 年

就报道了 3 例血管内溶栓治疗脑静脉窦血栓的病例, 其中 2 例为经侧颈静脉直接穿刺置鞘, 而另 1 例为先行股静脉穿刺, 但在留管溶栓过程中发生感染, 从而改为经颈静脉穿刺置管溶栓。但是, 近年来经股静脉入路治疗脑静脉窦血栓更为普遍。一项纳入 185 例行机械取栓或合并溶栓的脑静脉窦血栓患者的系统回顾研究结果显示, 经股静脉入路者占 79% (146/185), 经颈静脉入路者占 20% (37/185), 仅有 1% (2/185) 直接经外科穿刺入路^[93]。

2.4.2 禁忌证: 静脉血管条件较差或存在皮质静脉回流异常的硬脑膜动静脉瘘; 直径较大 (> 3 cm)、存在多支静脉回流包括皮质静脉回流的脑动静脉畸形等。

2.4.3 操作规范

2.4.3.1 经股静脉通路建立: 在经股静脉通路行介入治疗前, 均应行双侧颈内动脉、颈外动脉及椎动脉的血管造影, 评估病变血管特征。对于间接型 CCF, 首选栓塞入路方法为股静脉-岩下窦入路。首先, 股静脉穿刺后将 6 F 血管鞘置入病变侧股静脉, 并于同侧或对侧股动脉穿刺后置入 5 F 或 6 F 鞘。6 F 导引导管经病变侧股静脉鞘插入颈内静脉, 为微导管和微导丝的置入提供支撑。将经持续加压的生理盐水冲洗的造影导管经股动脉鞘置入病变侧颈动脉, 用于栓塞过程中路图的获取、瘘口的观察以及实时血管造影监测。当需要更为稳定的下端支撑时, 可将更为坚硬的 5 F 单弯造影导管作为导引导管直接置于颈内静脉近岩下窦开口处, 为微导管、微导丝的超选或探查岩下窦提供更为稳定的支撑。

2.4.3.2 经颈静脉通路建立: 当存在微导管残留在静脉中的可能时, 可选择经颈静脉入路治疗脑动静脉畸形。在超声引导下穿刺目标侧颈内静脉, 并置入 6 F 或 8 F 血管短鞘, 同时经股动脉穿刺置入 6 F 血管短鞘, 将 6 F 导引导管置入病变侧的颈动脉, 用于术中造影监测畸形血管团及其回流静脉, 并行动脉端血流控制。将 6 F 或 8 F 导引导管或中间导管经颈静脉鞘置入颈内静脉或回流静脉窦内以接近主要的回流静脉。

2.4.3.3 经上肢静脉通路建立: 有研究报道了通过外周介入经上肢静脉建立通路, 与经股静脉、锁骨下静脉、颈静脉入路比较, 经上肢静脉入路的透视时间更短, 并发症发生率更低^[94-97]。近年来经上肢静脉入路开始应用于神经介入领域, 经上肢静脉入路行神经介入操作较经股静脉入路路径更短, 且不经心脏, 心律失常发生率更低; 与经颈静脉入路比较, 其严重血肿及气胸等并发症发生率更低。经上肢静脉入路联合单侧桡动脉及上肢静脉入路可以完成复杂的神经介入手术^[98-103]。

2.4.4 并发症及处理

2.4.4.1 岩下窦穿破: 岩下窦闭塞是静脉通路建立最常见的困难之一, 尽管多数情况下可通过反复尝试探查使导丝进入岩下窦, 但在硬导丝, 尤其是 0.035 英寸导丝的探查过程中仍面临着静脉穿破的风险; 尽管岩下窦主要位于硬膜外腔或至少部分被硬脑膜覆盖, 发生穿破的风险极低, 但是, 仍应

该警惕坚硬导丝对岩下窦的损伤引起出血或神经功能损害的风险^[104-105]。操作中应谨慎选择合适的器械并对岩下窦与周围结构组织的解剖关系有着充分的预习和理解,且在导丝探查闭塞段时,若遇阻力较大,操作应轻柔避免“暴力”。在动静脉瘘的栓塞过程中,应保持静脉流出道通畅,直至病灶被完全闭塞,并防止液态栓塞剂的过度反流引起缺血事件。

另外,对于确实无法实施岩下窦开通的病例,可通过其他入路如经眶上静脉、面静脉、眼上静脉等,或通过眶上裂直接穿刺海绵窦^[106-109],但穿刺出血可能导致眶壁或眶内结构如眼球的压迫,造成视神经的损伤^[106]。此外,经眶穿刺海绵窦时应注意避免刺穿颈内动脉,可采用超声及三维重建颅骨影像引导进行^[110]。若不慎穿刺入颈内动脉,可以采用球囊临时阻塞颈内动脉,以避免灾难性的出血事件发生。在栓塞过程中应注意脑-心反射,若患者出现心动过缓,应停止注射栓塞剂,必要时可通过给予阿托品滴注缓解。

2.4.4.2 静脉破裂:由于静脉壁较动脉壁厚、缺乏弹性且颅内静脉多迂曲,在经静脉入路超选和治疗过程中存在超选失败或静脉破裂出血的风险。Mendes 等^[111]报道了 41 例经静脉栓塞治疗的脑动静脉畸形病例,在操作过程中,有 1 例因微导管超选皮质回流静脉时穿破而发生蛛网膜下腔出血,但未造成明显的临床后遗症。Iosif 等^[112]报道了 1 例经静脉入路行脑血管畸形栓塞治疗的患者,术中引流静脉破裂,但是继续栓塞畸形血管团未引起明显临床表现的病例。国内也有相关报道,一项纳入 27 例经静脉入路治疗颅内动静脉畸形的回顾性研究结果显示,有 2 例因回流静脉超选失败而改行经动脉入路栓塞,有 3 例发生术中出血,其中 2 例与操作中畸形血管团内压力升高有关,1 例与静脉破裂有关^[113]。因此在经静脉入路行介入治疗过程中,一方面在术前应当充分研究回流静脉的三维解剖特点,另一方面,在术中操作时需要兼顾微导丝的操控性与柔软度,必要时对微导管适当塑形,或在回流静脉的近端使用顺应性球囊作为支撑,同时多角度路图或四维造影超选,以减少对回流静脉的牵拉和损伤。而一旦发生术中出血,应立即中止肝素化,实施动脉端与静脉端的血流控制,及时进行封堵或栓塞。

2.4.4.3 静脉穿刺相关并发症:与静脉穿刺相关的并发症还包括穿刺失败、邻近动脉或神经损伤、感染、血栓、气栓、术后血肿形成等^[114]。有研究报道,二维超声成像或多普勒超声的应用可以显著降低穿刺失败(1.8% 比 12.4%, $RR = 1.12$)或相关神经、血管损伤的并发症发生率(3.9% 比 13.5%, $RR = 0.29$)。同时可缩短穿刺时间(平均缩短 30.52 min),提高首次穿刺的成功率(78.7% 比 50.1%, $RR = 1.57$)^[115]。目前,在经静脉通路行神经介入手术中,超声辅助已广泛应用于经颈静脉、面静脉等穿刺的通路建立中^[106,116]。而对于常规的股静脉穿刺一般仍依赖于体表解剖标志的指引,但在一些解剖变异、局部手术或创伤影响等特殊情况下,超声仍可能有利于减少穿刺损伤及相关并发症的发生。对于经静脉通路中血栓、气栓的发生目前文献鲜有报道,可能与神

经介入手术中常规肝素化应用有关,但仍需警惕罕见医源性血栓或气栓导致肺或脑等部位发生的严重栓塞并发症,在术中需密切保持加压生理盐水的滴注,充分肝素化,拔除微导管或动脉鞘时防止空气进入,并在拔鞘后 24 h 以密闭敷料覆盖穿刺点,平卧保持局部穿刺皱褶处的闭合等^[117]。一旦出现相应症状,须及早完善检查并启动抗凝、下腔静脉过滤器置入以及溶栓治疗^[118]。

推荐意见:(1) 推荐经静脉途径作为 CCF、脑动静脉畸形、脑静脉(窦)血栓形成等病变的首选入路;(2) 推荐在超声或路径图指引下行静脉穿刺置管;(3) 推荐使用导引导管建立经静脉通路,必要时可选择中间导管。

随着神经介入理念和技术的不断革新,各诊疗中心对于入路的选择存在差异化理解,建立稳定的治疗通路有利于保障手术顺利完成。不同入路相辅相成,可以针对特定场景选择最优通路,也可以在首选通路遭遇困难时另辟蹊径。熟练掌握每个通路的优势、局限性、建立方法、技术细节和并发症处理,可有效提高神经介入手术效率 and 安全性。

执笔 杨斌(首都医科大学宣武医院);陈刘炜(上海市第十人民医院);卢昊(上海市第十人民医院);张桂运(上海市第一人民医院);张翔(上海市第十人民医院);方亦斌(上海市第四人民医院);陈左权(上海市第十人民医院)

指导专家(按姓氏拼音顺序排名) 陈铿(厦门大学附属中山医院);陈文伙(漳州市医院);陈左权(上海市第十人民医院);邓剑平(空军军医大学唐都医院);方亦斌(上海市第四人民医院);顾宇翔(复旦大学附属华山医院);管生(郑州大学第一附属医院);何旭英(南方医科大学珠江医院);洪波(上海市第一人民医院);江涛(安徽医科大学第一附属医院北区);焦力群(首都医科大学宣武医院);李敬伟(南京大学医学院附属鼓楼医院);毛国华(南昌大学第二附属医院);缪中荣(首都医科大学附属北京天坛医院);彭亚(常州市第一人民医院);任军(兰州大学第二医院);史怀璋(哈尔滨医科大学附属第一医院);宋冬雷(上海市冬雷脑科医院);万曙(浙江大学医学院附属浙江医院);王东海(山东大学齐鲁医院);徐翔(唐山工人医院);杨斌(首都医科大学宣武医院);喻博(中国医科大学附属盛京医院);喻孟强(中南大学湘雅二医院);张桂运(上海市第一人民医院);张品元(河北医科大学第三医院);张天(四川省人民医院);张翔(上海市第十人民医院);张云峰(南通大学附属医院);赵振伟(空军军医大学第二附属医院);朱刚(陆军军医大学第一附属医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参考文献

- [1] Osburn JW, Patel B, Levitt MR, et al. Transradial intraoperative cerebral angiography: a multicenter case series and technical report [J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(2): 170-175. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015207.
- [2] 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员

- 会 中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会, 中华医学会神经外科学分会神经介入专业委员会, 等. 经桡动脉入路神经介入诊疗中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2022, 38(10): 980-989. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20220815-00404.
- [3] Davies RE, Gilchrist IC. Thin-walled access sheath to hold a larger guide: new technology specifically for transradial access [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2017, 89(6): 1020-1021. DOI: 10.1002/ccd.27079.
- [4] Barros G, Bass DI, Osburn JW, et al. Left transradial access for cerebral angiography [J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(4): 427-430. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015386.
- [5] Srinivasan VM, Cotton PC, Burkhardt JK, et al. Distal access catheters for coaxial radial access for posterior circulation interventions [J]. World Neurosurg, 2021, 149: e1001-e1006. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.01.048.
- [6] Romano DG, Frauenfelder G, Napoletano R, et al. ADAPT with new Catalyst 5 reperfusion catheter for distal M2 ischemic stroke: preliminary experience [J]. World Neurosurg, 2020, 135: e650-e656. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.12.098.
- [7] Heit JJ, Wong JH, Mofaff AM, et al. Sofia intermediate catheter and the SNAKE technique: safety and efficacy of the Sofia catheter without guidewire or microcatheter construct [J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(4): 401-406. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013256.
- [8] Paul AR, Entezami P, Nourollahzadeh E, et al. Simultaneous revascularization of the occluded internal carotid artery using the Solitaire as a workhorse wire during acute ischemic stroke intervention [J]. Interv Neuroradiol, 2020, 26(2): 205-210. DOI: 10.1177/1591019919885253.
- [9] Fischer VE, Tavakoli S, Rodriguez P, et al. The Ricochet-Scepter technique: a balloon-assisted technique to achieve outflow access during Pipeline-assisted coil embolization of a near-giant internal carotid artery ophthalmic aneurysm [J]. World Neurosurg, 2021, 145: 51-56. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.09.005.
- [10] Grier D, Hartnell G. Percutaneous femoral artery puncture: practice and anatomy [J]. Br J Radiol, 1990, 63(752): 602-604. DOI: 10.1259/0007-1285-63-752-602.
- [11] Spector KS, Lawson WE. Optimizing safe femoral access during cardiac catheterization [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2001, 53(2): 209-212. DOI: 10.1002/ccd.1150.
- [12] Hildick-Smith DJ, Walsh JT, Lowe MD, et al. Transradial coronary angiography in patients with contraindications to the femoral approach: an analysis of 500 cases [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2004, 61(1): 60-66. DOI: 10.1002/ccd.10708.
- [13] Çelik Ö, Şahin AA, Güner A, et al. Clinical efficacy and safety of the pro-glide device as a suture-mediated closure in thoracic endovascular aortic repair in patients with previous groin intervention (from the PRODUCE-TEVAR trial) [J]. Vascular, 2021, 29(2): 237-243. DOI: 10.1177/1708538120949669.
- [14] Hildick-Smith DJ, Ludman PF, Lowe MD, et al. Comparison of radial versus brachial approaches for diagnostic coronary angiography when the femoral approach is contraindicated [J]. Am J Cardiol, 1998, 81(6): 770-772. DOI: 10.1016/s0002-9149(97)01013-8.
- [15] McIvor J, Rhymer JC. 245 transaxillary arteriograms in arteriopathic patients: success rate and complications [J]. Clin Radiol, 1992, 45(6): 390-394. DOI: 10.1016/s0009-9260(05)80997-3.
- [16] Rajebi H, Rajebi MR. Optimizing common femoral artery access [J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2015, 18(2): 76-81. DOI: 10.1053/j.tvir.2015.04.004.
- [17] McNulty PH, Ettinger SM, Field JM, et al. Cardiac catheterization in morbidly obese patients [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2002, 56(2): 174-177. DOI: 10.1002/ccd.10186.
- [18] Alimi Y, Hauguel A, Casbas L, et al. French guidelines for the management of ambulatory endovascular procedures for lower extremity peripheral artery disease [J]. Ann Vasc Surg, 2019, 59: 248-258. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.05.001.
- [19] Yatskar L, Selzer F, Feit F, et al. Access site hematoma requiring blood transfusion predicts mortality in patients undergoing percutaneous coronary intervention: data from the National Heart, Lung, and Blood Institute Dynamic Registry [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 69(7): 961-966. DOI: 10.1002/ccd.21087.
- [20] Kinnaird TD, Stabile E, Mintz GS, et al. Incidence, predictors, and prognostic implications of bleeding and blood transfusion following percutaneous coronary interventions [J]. Am J Cardiol, 2003, 92(8): 930-935. DOI: 10.1016/s0002-9149(03)00972-x.
- [21] Romaguera R, Wakabayashi K, Laynez-Carnicero A, et al. Association between bleeding severity and long-term mortality in patients experiencing vascular complications after percutaneous coronary intervention [J]. Am J Cardiol, 2012, 109(1): 75-81. DOI: 10.1016/j.amjcard.2011.08.007.
- [22] Irani F, Kumar S, Colyer WR, Jr. Common femoral artery access techniques: a review [J]. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2009, 10(7): 517-522. DOI: 10.2459/JCM.0b013e32832a1e00.
- [23] Ellis SG, Bhatt D, Kapadia S, et al. Correlates and outcomes of retroperitoneal hemorrhage complicating percutaneous coronary intervention [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2006, 67(4): 541-545. DOI: 10.1002/ccd.20671.
- [24] Waigand J, Uhlrich F, Gross CM, et al. Percutaneous treatment of pseudoaneurysms and arteriovenous fistulas after invasive vascular procedures [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 1999, 47(2): 157-164. DOI: 10.1002/(sici)1522-726x(199906)47:2<157::Aid-ccd5>3.0.Co;2-y.

- [25] Kronzon I. Diagnosis and treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysm: a review [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1997, 10(3): 236-245. DOI: 10.1016/s0894-7317(97)70061-0.
- [26] Ates M, Sahin S, Konuralp C, et al. Evaluation of risk factors associated with femoral pseudoaneurysms after cardiac catheterization [J]. *J Vasc Surg*, 2006, 43(3): 520-524. DOI: 10.1016/j.jvs.2005.11.009.
- [27] Popovic B, Freysz L, Chometon F, et al. Femoral pseudoaneurysms and current cardiac catheterization: evaluation of risk factors and treatment [J]. *Int J Cardiol*, 2010, 141(1): 75-80. DOI: 10.1016/j.ijcard.2008.11.111.
- [28] Lönn L, Ölmaker A, Geterud K, et al. Prospective randomized study comparing ultrasound-guided thrombin injection to compression in the treatment of femoral pseudoaneurysms [J]. *J Endovasc Ther*, 2004, 11(5): 570-576. DOI: 10.1583/03-1181.1
- [29] Schneider C, Malisius R, Küchler R, et al. A prospective study on ultrasound-guided percutaneous thrombin injection for treatment of iatrogenic post-catheterisation femoral pseudoaneurysms [J]. *Int J Cardiol*, 2009, 131(3): 356-361. DOI: 10.1016/j.ijcard.2007.10.052.
- [30] Stone PA, Campbell JE. Complications related to femoral artery access for transcatheter procedures [J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2012, 46(8): 617-623. DOI: 10.1177/1538574412457475.
- [31] Trimarchi S, Smith DE, Share D, et al. Retroperitoneal hematoma after percutaneous coronary intervention: prevalence, risk factors, management, outcomes, and predictors of mortality: a report from the BMC2 (Blue Cross Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium) registry [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2010, 3(8): 845-850. DOI: 10.1016/j.jcin.2010.05.013.
- [32] Frank JJ, Kamalakannan D, Kodenchery M, et al. Retroperitoneal hematoma in patients undergoing cardiac catheterization [J]. *J Interv Cardiol*, 2010, 23(6): 569-574. DOI: 10.1111/j.1540-8183.2010.00583.x.
- [33] Kent KC, Moscucci M, Mansour KA, et al. Retroperitoneal hematoma after cardiac catheterization: prevalence, risk factors and optimal management [J]. *J Vasc Surg*, 1994, 20(6): 905-910; discussion 910-913. DOI: 10.1016/0741-5214(94)90227-5.
- [34] Farouque HM, Tremmel JA, Raissi Shabari F, et al. Risk factors for the development of retroperitoneal hematoma after percutaneous coronary intervention in the era of glycoprotein IIb/IIIa inhibitors and vascular closure devices [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(3): 363-368. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.10.042.
- [35] Perings SM, Kelm M, Jax T, et al. A prospective study on incidence and risk factors of arteriovenous fistulae following transfemoral cardiac catheterization [J]. *Int J Cardiol*, 2003, 88(2/3): 223-228. DOI: 10.1016/s0167-5273(02)00400-x.
- [36] Eskioglu E, Burry MV, Mericle RA. Transradial approach for neuroendovascular surgery of intracranial vascular lesions [J]. *J Neurosurg*, 2004, 101(5): 767-769. DOI: 10.3171/jns.2004.101.5.0767.
- [37] Chen SH, Snelling BM, Shah SS, et al. Transradial approach for flow diversion treatment of cerebral aneurysms: a multicenter study [J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11(8): 796-800. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014620.
- [38] Almallouhi E, Leary J, Wessell J, et al. Fast-track incorporation of the transradial approach in endovascular neurointervention [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(2): 176-180. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015127.
- [39] Zussman BM, Tonetti DA, Stone J, et al. A prospective study of the transradial approach for diagnostic cerebral arteriography [J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11(10): 1045-1049. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014686.
- [40] Barbeau GR, Arsenault F, Dugas L, et al. Evaluation of the ulnopalmar arterial arches with pulse oximetry and plethysmography: comparison with the Allen's test in 1 010 patients [J]. *Am Heart J*, 2004, 147(3): 489-493. DOI: 10.1016/j.ahj.2003.10.038.
- [41] Bertrand OF, Carey PC, Gilchrist IC. Allen or no Allen: that is the question [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(18): 1842-1844. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.01.048.
- [42] Goldman DT, Bageac D, Mills A, et al. Transradial approach for neuroendovascular procedures: a single-center review of safety and feasibility [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(2): 313-318. DOI: 10.3174/ajnr.A6971.
- [43] Beyer AT, Ng R, Singh A, et al. Topical nitroglycerin and lidocaine to dilate the radial artery prior to transradial cardiac catheterization: a randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial: the PRE-DILATE study [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168(3): 2575-2578. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.03.048.
- [44] Hanaoka Y, Koyama JI, Ogiwara T, et al. Feasibility and safety of radial-first approach with a radial-specific neurointerventional guiding sheath for intracranial aneurysm coiling in the anterior circulation [J]. *World Neurosurg*, 2020, 142: e297-e306. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.06.205.
- [45] Jolly SS, Amlani S, Hamon M, et al. Radial versus femoral access for coronary angiography or intervention and the impact on major bleeding and ischemic events: a systematic review and Meta-analysis of randomized trials [J]. *Am Heart J*, 2009, 157(1): 132-140. DOI: 10.1016/j.ahj.2008.08.023.
- [46] Feldman DN, Swaminathan RV, Kaltenbach LA, et al. Adoption of radial access and comparison of outcomes to femoral access in percutaneous coronary intervention: an updated report from the national cardiovascular data registry (2007-2012) [J]. *Circulation*, 2013, 127(23): 2295-2306. DOI: 10.1161/circulationaha.112.000536.
- [47] Jolly SS, Yusuf S, Cairns J, et al. Radial versus femoral access for coronary angiography and intervention in patients

- with acute coronary syndromes (RIVAL) : a randomised , parallel group , multicentre trial [J]. *Lancet* , 2011 , 377(9775) : 1409-1420. DOI: 10. 1016/s0140-6736(11) 60404-2.
- [48] Carraro do Nascimento V ,de Villiers L ,Hughes I ,et al. Transradial versus transfemoral arterial approach for cerebral angiography and the frequency of embolic events on diffusion weighted MRI [J]. *J Neurointerv Surg* ,2022 ,15 (7) : 723-727. DOI: 10. 1136/jnis-2022-019009.
- [49] He GW ,Yang CQ. Characteristics of adrenoceptors in the human radial artery: clinical implications [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg* ,1998 ,115(5) : 1136-1141. DOI: 10. 1016/s0022-5223(98) 70414-3.
- [50] Varenne O ,Jégou A ,Cohen R ,et al. Prevention of arterial spasm during percutaneous coronary interventions through radial artery: the SPASM study [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2006 ,68(2) : 231-235. DOI: 10. 1002/ccd. 20812.
- [51] He GW. Verapamil plus nitroglycerin solution maximally preserves endothelial function of the radial artery: comparison with papaverine solution [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg* , 1998 ,115 (6) : 1321-1327. DOI: 10. 1016/s0022-5223 (98) 70215-6.
- [52] Kiemeneij F ,Vajifdar BU ,Eccleshall SC ,et al. Evaluation of a spasmolytic cocktail to prevent radial artery spasm during coronary procedures [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2003 ,58(3) : 281-284. DOI: 10. 1002/ccd. 10445.
- [53] mikailiMirak S ,Talasaz AH ,Jenab Y ,et al. Novel combined topical gel of lidocaine-verapamil-nitroglycerin can dilate the radial artery and reduce radial pain during trans-radial angioplasty [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc* ,2020 ,32: 100689. DOI: 10. 1016/j. ijcha. 2020. 100689.
- [54] Luther E ,Chen SH ,McCarthy DJ ,et al. Implementation of a radial long sheath protocol for radial artery spasm reduces access site conversions in neurointerventions [J]. *J Neurointerv Surg* ,2021 ,13(6) : 547-551. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2020-016564.
- [55] Sandoval Y ,Bell MR ,Gulati R. Transradial artery access complications [J]. *Circ Cardiovasc Interv* ,2019 ,12(11) : e007386. DOI: 10. 1161/circinterventions. 119. 007386.
- [56] Collet C ,Corral JM ,Cavalcante R ,et al. Pressure-mediated versus pharmacologic treatment of radial artery spasm during cardiac catheterisation: a randomised pilot study [J]. *EuroIntervention* ,2017 ,12(18) : e2212-e2218. DOI: 10. 4244/eij-d-16-00868.
- [57] Ying L ,Xu K ,Gong X ,et al. Flow-mediated dilatation to relieve puncture-induced radial artery spasm: a pilot study [J]. *Cardiol J* ,2018 ,25 (1) : 1-6. DOI: 10. 5603/CJ. a2017. 0125.
- [58] Fitzgerald BM ,Babbal LA ,Bacomo FK ,et al. Regional to the rescue! Axillary brachial plexus nerve block facilitates removal of entrapped transradial catheter placed for cardiac catheterization [J]. *Reg Anesth Pain Med* ,2017 ,42(4) : 475-477. DOI: 10. 1097/aap. 0000000000000595.
- [59] Bhakta P ,Zaheer H. Ultrasound-guided radial nerve block to relieve cannulation-induced radial arterial spasm [J]. *Can J Anaesth* ,2017 ,64(12) : 1269-1270. DOI: 10. 1007/s12630-017-0945-6.
- [60] Dieter RS ,Akef A ,Wolff M. Eversion endarterectomy complicating radial artery access for left heart catheterization [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2003 ,58(4) : 478-480. DOI: 10. 1002/ccd. 10441.
- [61] Rashid M ,Kwok CS ,Pancholy S ,et al. Radial artery occlusion after transradial interventions: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Am Heart Assoc* ,2016 , 5(1) : e002686. DOI: 10. 1161/jaha. 115. 002686.
- [62] Eid-Lidt G ,Rivera Rodríguez A ,Jimenez Castellanos J ,et al. Distal radial artery approach to prevent radial artery occlusion trial [J]. *JACC Cardiovasc Interv* ,2021 ,14(4) : 378-385. DOI: 10. 1016/j. jcin. 2020. 10. 013.
- [63] Majmundar N ,Wilkinson DA ,Catapano JS ,et al. Reaccessing an occluded radial artery for neuroendovascular procedures: techniques and complication avoidance [J]. *J Neurointerv Surg* ,2021 ,13(10) : 942-945. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2020-016758.
- [64] Roy S ,Kabach M ,Patel DB ,et al. Radial artery access complications: prevention ,diagnosis and management [J]. *Cardiovasc Revasc Med* ,2022 ,40: 163-171. DOI: 10. 1016/j. carrev. 2021. 12. 007.
- [65] Goel S ,Cordeiro N ,Friedman M. Radial artery perforation complicating percutaneous coronary intervention [J]. *Cardiovasc Revasc Med* ,2019 ,20(11S) : 26-27. DOI: 10. 1016/j. carrev. 2019. 03. 013.
- [66] Calviño-Santos RA ,Vázquez-Rodríguez JM ,Salgado-Fernández J ,et al. Management of iatrogenic radial artery perforation [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2004 ,61(1) : 74-78. DOI: 10. 1002/ccd. 10698.
- [67] Bertrand OF. Acute forearm muscle swelling post transradial catheterization and compartment syndrome: prevention is better than treatment! [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* , 2010 ,75(3) : 366-368. DOI: 10. 1002/ccd. 22448.
- [68] Tizón-Marcos H ,Barbeau GR. Incidence of compartment syndrome of the arm in a large series of transradial approach for coronary procedures [J]. *J Interv Cardiol* , 2008 ,21 (5) : 380-384. DOI: 10. 1111/j. 1540-8183. 2008. 00361. x.
- [69] Lee YK ,Lee SH ,Kwon TY. Acute compartment syndrome of the forearm associated with transradial coronary intervention [J]. *J Hand Surg Eur Vol* ,2020 ,45(8) : 852-856. DOI: 10. 1177/1753193419899007.
- [70] Sanmartín M ,Cuevas D ,Goicolea J ,et al. Vascular complications associated with radial artery access for cardiac catheterization [J]. *Rev Esp Cardiol* ,2004 ,57(6) : 581-584. DOI: 10. 1157/13062925.
- [71] Saririan M ,Pyne CT. Sterile granuloma formation following

- radial artery catheterization: too many cooks? [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2010 ,76 (6) : 907-908. DOI: 10. 1002/ccd. 22357.
- [72] Mokin M ,Snyder KV ,Levy EI ,et al. Direct carotid artery puncture access for endovascular treatment of acute ischemic stroke: technical aspects ,advantages ,and limitations [J]. *J Neurointerv Surg* 2015 ,7(2) : 108-113. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2013-011007.
- [73] Colombo E ,Rinaldo L ,Lanzino G. Direct carotid puncture in acute ischaemic stroke intervention [J]. *Stroke Vasc Neurol* 2020 ,5(1) : 71-79. DOI: 10. 1136/svn-2019-000260.
- [74] Sokolowski JD ,Mastorakos P ,Fisher J ,et al. Direct carotid puncture for neuroendovascular procedures [J]. *Acta Neurochir (Wien)* 2022 ,164(5) : 1293-1296. DOI: 10. 1007/s00701-022-05146-5.
- [75] Cord BJ ,Kodali S ,Strander S ,et al. Direct carotid puncture for mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke patients with prohibitive vascular access [J]. *J Neurosurg* , 2020 ,135(1) : 53-63. DOI: 10. 3171/2020. 5. JNS192737.
- [76] Hamby W. Carotid-cavernous fistula (pulsating exophthalmos) [J]. *GP* ,1968 ,37(1) : 92-94.
- [77] Mullan S. Treatment of carotid-cavernous fistulas by cavernous sinus occlusion [J]. *J Neurosurg* ,1979 ,50(2) : 131-144. DOI: 10. 3171/jns. 1979. 50. 2. 0131.
- [78] Alexander MD ,Halbach VV ,Hallam DK ,et al. Long-term outcomes of endovascular treatment of indirect carotid cavernous fistulae: superior efficacy ,safety ,and durability of transvenous coiling over other techniques [J]. *Neurosurgery* , 2019 ,85(1) : E94-E100. DOI: 10. 1093/neuros/nyy486.
- [79] Meyers PM ,Halbach VV ,Dowd CF ,et al. Dural carotid cavernous fistula: definitive endovascular management and long-term follow-up [J]. *Am J Ophthalmol* 2002 ,134(1) : 85-92. DOI: 10. 1016/s0002-9394(02) 01515-5.
- [80] Bink A ,Goller K ,Lüchtenberg M ,et al. Long-term outcome after coil embolization of cavernous sinus arteriovenous fistulas [J]. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010 , 31(7) : 1216-1221. DOI: 10. 3174/ajnr. A2040.
- [81] Zenteno M ,Santos-Franco J ,Rodríguez-Parra V ,et al. Management of direct carotid-cavernous sinus fistulas with the use of ethylene-vinyl alcohol (Onyx) only: preliminary results [J]. *J Neurosurg* ,2010 ,112(3) : 595-602. DOI: 10. 3171/2009. 6. Jns09440.
- [82] Baharvahdat H ,Ooi YC ,Kim WJ ,et al. Updates in the management of cranial dural arteriovenous fistula [J]. *Stroke Vasc Neurol* ,2020 ,5(1) : 50-58. DOI: 10. 1136/svn-2019-000269.
- [83] Natarajan SK ,Ghodke B ,Kim LJ ,et al. Multimodality treatment of intracranial dural arteriovenous fistulas in the Onyx era: a single center experience [J]. *World Neurosurg* ,2010 ,73(4) : 365-379. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2010. 01. 009.
- [84] Suzuki S ,Lee DW ,Jahan R ,et al. Transvenous treatment of spontaneous dural carotid-cavernous fistulas using a combination of detachable coils and Onyx [J]. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006 ,27(6) : 1346-1349.
- [85] McConnell KA ,Tjoumakaris SI ,Allen J ,et al. Neuroendovascular management of dural arteriovenous malformations [J]. *Neurosurg Clin N Am* 2009 ,20(4) : 431-439. DOI: 10. 1016/j. nec. 2009. 07. 014.
- [86] Fleischer LH ,Young WL ,Pile-Spellman J ,et al. Relationship of transcranial Doppler flow velocities and arteriovenous malformation feeding artery pressures [J]. *Stroke* ,1993 , 24(12) : 1897-1902. DOI: 10. 1161/01. str. 24. 12. 1897.
- [87] Nagasawa S ,Kawanishi M ,Kondoh S ,et al. Hemodynamic simulation study of cerebral arteriovenous malformations. Part 2. Effects of impaired autoregulation and induced hypotension [J]. *J Cereb Blood Flow Metab* ,1996 ,16(1) : 162-169. DOI: 10. 1097/00004647-199601000-00019.
- [88] Young WL ,Kader A ,Pile-Spellman J ,et al. Arteriovenous malformation draining vein physiology and determinants of transdural pressure gradients. The Columbia University AVM study project [J]. *Neurosurgery* ,1994 ,35(3) : 389-395; discussion 395-396. DOI: 10. 1227/00006123-199409000-00005.
- [89] Choudhri O ,Ivan ME ,Lawton MT. Transvenous approach to intracranial arteriovenous malformations: challenging the axioms of arteriovenous malformation therapy? [J]. *Neurosurgery* ,2015 ,77(4) : 644-651; discussion 652. DOI: 10. 1227/neu. 0000000000000869.
- [90] Chen CJ ,Norat P ,Ding D ,et al. Transvenous embolization of brain arteriovenous malformations: a review of techniques , indications ,and outcomes [J]. *Neurosurg Focus* ,2018 , 45(1) : E13. DOI: 10. 3171/2018. 3. Focus18113.
- [91] Viana DC ,de Castro-Afonso LH ,Nakiri GS ,et al. Extending the indications for transvenous approach embolization for superficial brain arteriovenous malformations [J]. *J Neurointerv Surg* 2017 ,9(11) : 1053-1059. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2017-013113.
- [92] Barnwell SL ,Higashida RT ,Halbach VV ,et al. Direct endovascular thrombolytic therapy for dural sinus thrombosis [J]. *Neurosurgery* ,1991 ,28(1) : 135-142. DOI: 10. 1097/00006123-199101000-00019.
- [93] Siddiqui FM ,Dandapat S ,Banerjee C ,et al. Mechanical thrombectomy in cerebral venous thrombosis: systematic review of 185 cases [J]. *Stroke* 2015 ,46(5) : 1263-1268. DOI: 10. 1161/strokeaha. 114. 007465.
- [94] Williams P ,Palmer S ,Judkins C ,et al. Left and right heart catheterisation via transradial and antecubital fossa vein access: a safe and effective approach [J]. *Heart Lung Circ* 2013 ,22: S141. DOI: 10. 1016/j. hlc. 2013. 05. 336.
- [95] Speiser B ,Pearson K ,Xie H ,et al. Compared to femoral venous access ,upper extremity right heart catheterization reduces time to ambulation: a single center experience [J]. *Catheter Cardiovasc Interv* ,2017 ,89(4) : 658-664. DOI:

10. 1002/ccd. 26573.
- [96] Roule V, Ailem S, Legallois D, et al. Antecubital vs femoral venous access for right heart catheterization: benefits of a flashback [J]. *Can J Cardiol*, 2015, 31 (12): 1497. e1-e6. DOI: 10. 1016/j. cjc. 2015. 04. 026.
- [97] Harwani N, Chukwu E, Alvarez M, et al. Comparison of brachial vein versus internal jugular vein approach for access to the right side of the heart with or without myocardial biopsy [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116 (5): 740-743. DOI: 10. 1016/j. amjcard. 2015. 05. 044.
- [98] Tan WN, Rajadurai A, Balakrishnan D. Endovascular treatment of cavernous sinus dural arteriovenous fistula via radial artery and median cubital vein [J]. *Neurointervention*, 2021, 16 (2): 194-198. DOI: 10. 5469/neuroint. 2021. 00157.
- [99] Ramos AD, Sundararajan S, Santillan A, et al. Single arm access venous sinus stenting (SAVeS) technique [J]. *Interv Neuroradiol*, 2020, 26 (4): 501-505. DOI: 10. 1177/1591019920920992.
- [100] Memon MZ, Nisar T, Gupta G, et al. Single arm access for combined transarterial and transvenous neurointerventional procedures [J]. *World Neurosurg*, 2021, 150: 121-126. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2021. 03. 123.
- [101] Fernandez JG, Martínez-Galdámez M, Arteaga MS, et al. Arm-only access for combined transarterial and transvenous neurointerventional procedures [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13 (1): 39-41. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2020-016540.
- [102] Babici D, Johansen PM, Carranza O, et al. Combined transradial and upper extremity transvenous accesses in the treatment of carotid-cavernous fistulae: two case reports and a literature review [J]. *Cureus*, 2022, 14 (4): e24094. DOI: 10. 7759/cureus. 24094.
- [103] Abecassis IJ, Saini V, Phillips TJ, et al. Upper extremity transvenous access for neuroendovascular procedures: an international multicenter case series [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13 (4): 357-362. DOI: 10. 1136/neurintsurg-2020-017102.
- [104] Oishi H, Arai H, Sato K, et al. Complications associated with transvenous embolisation of cavernous dural arteriovenous fistula [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1999, 141 (12): 1265-1271. DOI: 10. 1007/s007010050429.
- [105] Halbach VV, Higashida RT, Dowd CF, et al. Management of vascular perforations that occur during neurointerventional procedures [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1991, 12 (2): 319-327.
- [106] Alexandre AM, Visconti E, Lozupone E, et al. Embolization of dural arteriovenous fistula of the cavernous sinus through percutaneous ultrasound-guided puncture of the facial vein [J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 812. e13-e20. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2016. 12. 048.
- [107] Teng MM, Lirng JF, Chang T, et al. Embolization of carotid cavernous fistula by means of direct puncture through the superior orbital fissure [J]. *Radiology*, 1995, 194 (3): 705-711. DOI: 10. 1148/radiology. 194. 3. 7862966.
- [108] Workman MJ, Dion JE, Tong FC, et al. Treatment of trapped CCF by direct puncture of the cavernous sinus by infraocular trans-SOF approach. Case report and anatomical basis [J]. *Interv Neuroradiol*, 2002, 8 (3): 299-304. DOI: 10. 1177/159101990200800310.
- [109] Fioravanti A, Fiaschi P, Badaloni F, et al. Transcranial approach for surgical-combined-endovascular treatment of a cavernous dural arteriovenous fistula: the superficial sylvian vein route [J]. *J Neurosurg Sci*, 2020, 64 (4): 405-407. DOI: 10. 23736/s0390-5616. 19. 04748-9.
- [110] Liu A, Liu J, Qian Z, et al. Onyx embolization of cavernous sinus dural arteriovenous fistulas via direct transorbital puncture under the guidance of three-dimensional reconstructed skull image (reports of six cases) [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, 156 (5): 897-900. DOI: 10. 1007/s00701-014-2037-5.
- [111] Mendes GAC, Kalani MYS, Josif C, et al. Transvenous curative embolization of cerebral arteriovenous malformations: a prospective cohort study [J]. *Neurosurgery*, 2018, 83 (5): 957-964. DOI: 10. 1093/neuros/nyx581.
- [112] Josif C, Mendes GA, Saleme S, et al. Endovascular transvenous cure for ruptured brain arteriovenous malformations in complex cases with high Spetzler-Martin grades [J]. *J Neurosurg*, 2015, 122 (5): 1229-1238. DOI: 10. 3171/2014. 9. Jns141714.
- [113] He Y, Bai W, Xu B, et al. Perioperative complications of transvenous embolization of ruptured intracranial arteriovenous malformations [J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 873186. DOI: 10. 3389/fneur. 2022. 873186.
- [114] Parenti JJ, Mongardon N, Mégarbane B, et al. Intravascular complications of central venous catheterization by insertion site [J]. *N Engl J Med*, 2015, 373 (13): 1220-1229. DOI: 10. 1056/NEJMoa1500964.
- [115] Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, et al. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 1 (1): Cd006962. DOI: 10. 1002/14651858. CD006962. pub2.
- [116] He Y, Bai W, Li T, et al. Curative transvenous embolization for ruptured brain arteriovenous malformations: a single-center experience from China [J]. *World Neurosurg*, 2018, 116: e421-e428. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2018. 04. 223.
- [117] Bernard LA, Katzman A, Mathew DK, et al. Prevention of central venous catheter removal-associated air embolization [J]. *Am J Med*, 2018, 131 (3): e123. DOI: 10. 1016/j. amjmed. 2017. 10. 023.
- [118] Deitelzweig S, Jaff MR. Medical management of venous thromboembolic disease [J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2004, 7 (2): 63-67. DOI: 10. 1053/j. tvir. 2004. 02. 003.

(收稿日期: 2023-02-26)
(本文编辑: 肖倩倩)