

经桡动脉入路在神经介入诊疗中的研究进展

石鹏 马永刚 李克 吕伟波 陈伟 张奇 王超

滨州医学院附属医院神经介入外科, 滨州 256603

通信作者: 王超, Email: chaowang_0628@163.com

【摘要】 近年来,随着神经介入技术的发展,经桡动脉入路(TRA)已经可以满足绝大多数神经介入诊疗的需求。相比于经股动脉入路(TFA),TRA可显著降低穿刺部位并发症的发生率、缩短住院时间、提高患者满意度。但受限于学习曲线长、缺乏专用的导管通路体系、动脉直径小以及存在特定的血管入路相关并发症等原因,TRA发展较为缓慢,国内外相关研究仍处于起步阶段。故本文围绕桡动脉解剖、优势及局限性、入路方式等方面进行总结,同时探讨TRA在神经介入诊疗中的安全性及可行性,以期临床介入医师提供参考和帮助。

【关键词】 经桡动脉入路; 神经介入诊疗; 并发症

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20230223-00097

Recent advance in transradial approach in neurointerventional diagnosis and treatment

Shi Peng, Ma Yonggang, Li Ke, Lyu Weibo, Chen Wei, Zhang Qi, Wang Chao

Department of Neurointerventional Surgery, Affiliated Hospital of Binzhou Medical University, Binzhou 256603, China

Corresponding author: Wang Chao, Email: chaowang_0628@163.com

【Abstract】 In recent years, with the development of neurointerventional techniques, transradial approach (TRA) has been able to meet most needs of neurointerventional procedures. Compared with transfemoral approach (TFA), TRA can obviously reduce access-site complications, shorten hospital stays and improve patient satisfaction. However, due to the long learning curve, lack of radial-specific catheters, small artery diameter and specific vascular access-site complications, TRA development is relatively slow, and relevant domestic and foreign studies are still at initial stage. Therefore, this article mainly focuses on the anatomy, advantages and limitations, approaches of radial artery, and discuss the safety and feasibility of TRA in neurointerventional diagnosis and treatment, in order to provide more references for neurointerventionalists.

【Key words】 Transradial approach; Neurointerventional procedure; Complication

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20230223-00097

神经介入治疗以其微创、恢复快等优点,已然成为脑血管疾病重要的诊疗技术之一。因股动脉管径较粗、易于穿刺定位、可兼容各种大尺寸通路导管,经股动脉入路(transfemoral approach, TFA)多年以来一直是神经介入治疗的首选入路。但主动脉弓解剖不良或髂股动脉闭塞性疾病等情况可能会限制其使用,加之腹膜后血肿、股动脉夹层及假性动脉瘤等潜在的并发症不容忽视,故临床上仍需寻找另一种安全、高效的入路^[1]。近年来,随着神经介入技术和导管通路体系的革新,经桡动脉入路(transradial approach, TRA)已经可以满足绝大多数神经介入诊疗的需求。相比于TFA,TRA可显著降低穿刺部位并发症、缩短患者住院时间、提高患者满意度,因而获得广泛关注^[2]。但其同样存在学习曲线长、缺乏专用的导管通路体系、动脉直径小等不足,故在神经介入治疗中发展较为缓慢,国内外相关研究仍处于起步阶段^[3]。本文通过系统性回顾现有文献,从桡动脉(RA)解

剖、优势及局限性、入路方式等方面进行总结,同时探讨TRA在神经介入诊疗中的安全性、可行性、并发症的管理及预防,以期临床介入医师提供参考和帮助。

一、RA解剖特点

RA是肱动脉的终支之一,起源于肘窝处肱二头肌肌腱内侧,并沿桡骨颈前方下行,先经肱桡肌与旋前圆肌之间,继而位于桡侧腕屈肌与肱桡肌之间,在桡骨茎突处发出掌浅支与尺动脉末端吻合,形成掌浅弓。RA远端斜过拇长展肌和拇短伸肌腱深面由手掌侧转向手背侧进入鼻烟窝,穿第1掌骨间隙入手掌深部与尺动脉深支吻合,形成掌深弓^[4]。掌浅弓和掌深弓可保证RA或尺动脉任一动脉血流受阻或闭塞时,手部供血不受影响。但同时应注意两者在不同种族和个体中的差异,如完整的掌浅弓在亚洲人群中更常见,而完整的掌深弓则在白种人中普遍存在^[5];80%以上的人掌浅弓是



完整的,而至少 90%~95% 的人掌深弓是完整的^[6]。

各类文献中报道的 RA 直径不尽相同,但列举了许多相关预测因子,包括年龄、性别、基础疾病(高血压、糖尿病)、种族等。Wahood 等^[7]回顾性分析了多个国家的 71 项相关研究,发现成年人、成年人+儿童 RA 直径分别为 (2.70 ± 0.15) mm、 (2.62 ± 0.15) mm,成年男性、成年女性 RA 直径分别为 (2.68 ± 0.24) mm、 (2.27 ± 0.27) mm,成年伴高血压病患者 RA 直径为 (2.72 ± 0.37) mm,而成年伴糖尿病患者 RA 直径为 (2.44 ± 0.10) mm,提示成人、男性、高血压病以及非糖尿病患者可能与较大的 RA 直径相关。另外,Yoo 等^[8]研究发现西方和亚洲个体的 RA 直径分别为 (3.67 ± 0.8) mm、 (2.63 ± 0.35) mm。上述研究虽可提示不同患者 RA 直径的倾向,但对于特定患者使用超声测量 RA 直径显然更具指导意义。

二、TRA 的优势及局限性

1. 优势:首先,从解剖上来看,RA 走形表浅,易于触及,局部出血可及时识别并压迫止血,因此 TRA 几乎不会引发严重的出血性并发症^[9]。其次,RA 周围无重要神经和血管,有效减少了神经损伤和动静脉瘘的可能^[10]。最后,由于手部的双重血供,即使发生桡动脉闭塞(radial artery occlusion, RAO),也不易发生缺血事件^[11]。

存在以下临床特征的患者从 TRA 中获益更高:(1)肥胖患者。(2)正在接受或术后需抗血小板或抗凝治疗,出血风险较大的患者。(3)妊娠期、儿童以及其他应尽量避免腹部、盆腔等辐射暴露的患者。(4)高龄、早期对活动需求较高的患者(包括脊髓病变、良性前列腺增生、遗传性或获得性血栓形成等)。(5)存在复杂主动脉弓解剖结构(如牛型、Ⅱ型或Ⅲ型弓)的患者。(6)存在主动脉或股动脉粥样硬化疾病的患者。(7)急性后循环脑血管病患者。

2. 局限性:(1)陡峭的学习曲线:TRA 需要 30~50 例诊断性脑血管造影后方可达到技术熟练^[12]。(2)较小的 RA 直径:不仅使得穿刺更具挑战性,还限制了大尺寸通路导管的使用^[13]。(3)缺乏专用的 TRA 导管通路体系:因 Simmons 系列导管长度有限且头端形态与弓上血管开口夹角不匹配,经右侧桡动脉入路(right radial approach, RRA)置管左侧颈总动脉和左侧椎动脉难度往往较大^[12]。(4)特定的血管解剖变异或异常:如高位 RA、锁骨下动脉严重迂曲、迷走右锁骨下动脉等,是导致 TRA 失败的另一重要原因^[3]。

三、入路方式

TRA 按照侧别可分为 RRA 和左侧桡动脉入路(left radial approach, LRA),按照穿刺部位又可分为近端和远端桡动脉入路(distal transradial artery approach, dTRA)。术者可根据病变位置或特定的解剖学限制,灵活选择,得以拓宽 TRA 的适用范围。目前在神经介入手术应用较多的入路方式为 RRA、近端 TRA, LRA 以及 dTRA 应用较少,但在心脏介入领域已有成熟经验,并显示出不同的优势以及适用性,现总结如下。

1. LRA:有关 LRA 益处的证据多来源于介入心脏学的文献。首先,对大多数人来说, LRA 可保留惯用手,减少日

常活动对腕关节部位的限制,利于穿刺部位愈合。其次,由于血管解剖结构的侧异性,采用 LRA 将更加安全、高效。各种临床试验表明, RRA 较 LRA 解剖路径中血管解剖变异较多。Norgaz 等^[14]发现右侧锁骨下动脉弯曲的发生率是左侧锁骨下动脉弯曲的 3 倍。迷走右锁骨下动脉是常见的先天性主动脉弓解剖变异,发生率为 0.4%~2.0%^[15]。上述解剖异常可致 RRA 导管操作困难、透视时间延长及辐射剂量增加。一项囊括 1 467 例患者行冠状动脉造影术的队列研究显示, LRA 组(732 例)较 RRA 组(735 例)的透视时间(149 s vs. 168 s, $P=0.025$)和辐射剂量面积乘积(10.7 Gy·cm² vs. 12.1 Gy·cm², $P=0.004$)显著降低^[16]。另一项比较 LRA 和 RRA 用于冠脉介入治疗的研究亦报道 LRA 可能与更低的辐射暴露相关^[17]。另外,最近两项心脏介入研究发现,与 RRA 相比, LRA 因严重的主动脉钙化和血管迂曲所致的脑卒中风险更低。这是因为血管迂曲多见于右侧,术者需长时间操作导管以克服复杂的解剖路径,过程中极易损伤血管内皮或致动脉粥样硬化斑块脱落,从而引发脑栓塞^[18-19]。此外, LRA 从左侧锁骨下动脉-主动脉弓-升主动脉弓的解剖路径与导管操作和 TFA 相似,且与 RRA 从右锁骨下动脉-无名动脉-主动脉弓-降主动脉处塑形导管相比,该路径导管弯曲少,支撑力好。同时,血管分支处成角大,导管过渡更为平顺,在主动脉瓣处成袢也更简单。最后, LRA 进入同侧椎动脉相对容易且无需弓上塑形 Simmons 导管,尤其适用于左侧椎动脉优势或病灶局限于左侧椎动脉需行血管内干预的病例。

2. dTRA:近年来,随着介入技术以及设备不断更新改良, dTRA 受到广泛关注,其相对于传统 TRA 的优势也得以显现:(1)dTRA 较 TRA 动脉闭塞率更低,手部缺血事件更少。由于掌浅弓起源接近鼻咽窝位置,即使远端 RA 损伤或血栓形成,近端 RA 仍能保持顺向血流^[20]。Eid-Lidt 等^[21]研究发现,与常规 TRA 组相比, dTRA 组 24 h 和 30 d 桡动脉近端闭塞率显著降低(24 h: 8.4% vs. 0.7%, $OR=12.8$, 95%CI: 1.6~100.0, $P=0.002$; 30 d: 5.6% vs. 0.7%, $OR=8.2$, 95%CI: 1.0~67.2, $P=0.019$)。 (2)dTRA 较 TRA 术后压迫时间明显缩短,出血性并发症发生率更低。dTRA 走形表浅且直径较小,加之附近骨性结构更多,更易压迫止血且无需限制腕关节。Koutouzis 等^[22]发现 dTRA 术后止血时间较 TRA 明显缩短 $[(568\pm 462)$ s vs. (841 ± 574) s, $P=0.002$]。同时,压迫时不会阻塞静脉,可有效避免手部充血及骨筋膜室综合征的发生。 (3)dTRA 可保留近端 RA,使其仍作为旁路移植的供血血管使用。 (4)dTRA 时医患舒适度明显提高。从术者角度,左侧 dTRA 允许患者手臂放置在腹股沟处或腹部,既能避免术者向前俯身操作导管,亦可保持术者与辐射源之间的安全距离。从患者角度,右侧 dTRA 可使患者手臂呈休息位,无需翻转手腕。 (5)当发生 RAO 时,可经 dTRA 逆行再通闭塞的 RA 或完成动静脉瘘的再成形术^[23]。

四、TRA 并发症及解决建议

1. 桡动脉痉挛:桡动脉痉挛(radial artery spasm, RAS)是 TRA 常见并发症之一,报道的发生率为 4%~20%,该差异可归因于预防性血管舒张解痉药物的选择、剂量以及穿刺技术

熟练度不同^[11]。RAS 可表现为手术开始时 RA 穿刺困难或手术后期推动或回撤鞘管时受阻及前臂疼痛。

RA 血管平滑肌 α -1 受体呈高分布,在疼痛和焦虑情况下,儿茶酚胺分泌增多致使动脉收缩痉挛,增加穿刺 RA 以及随后动脉鞘和导管插入的难度,反之亦会加重 RAS,二者之间相互作用是导致 TRA 失败的重要原因之一^[13]。

RAS 的发生率可能受到多种因素影响,如 RA 解剖变异或迂曲、小 RA[女性、儿童、低体质量指数(BMI)和糖尿病患者]、鞘管外径偏大、反复穿刺、焦虑或紧张等^[3]。

以下方法可预防 RAS:(1)术前常规行超声评估 RA 直径及超声引导下穿刺。(2)置入或移除鞘管前应立刻注入“鸡尾酒”溶液预防血管痉挛和舒张血管。然而,对于理想的“鸡尾酒”溶液尚未达成共识。2018 年美国心脏协会(AHA)发布的一份科学声明中,钙通道阻滞剂(维拉帕米 2.5~5.0 mg、地尔硫卓 2.5~5.0 mg 或尼卡地平 250~500 μ g)和硝酸甘油(100~200 μ g)可有效减少 RAS^[24]。另外,术前局部予以维拉帕米-硝酸甘油-利多卡因凝胶亦可显著增加 RA 的直径,减少穿刺疼痛^[25]。(3)清醒的患者可予以适当的镇静和镇痛。(4)使用合适的亲水鞘。例如,23 cm 的亲水鞘长度能覆盖整个 RA,可减少导管对血管壁的重复摩擦,进而降低 RAS。若术中发生 RAS 可采取按压前臂并适当热敷、加深镇静或诱导全麻以及额外推注血管扩张药物等措施缓解痉挛^[26]。

2. RAO:RAO 是 TRA 另一常见并发症,发生率为 1%~10%^[27]。因手掌为双重血供,RAO 通常无临床症状,但仍应尽量避免,原因如下:首先,RAO 排除了未来使用 RA 作为“搭桥血管”的可能,例如冠状动脉搭桥术、颅外-颅内搭桥术或血液透析动静脉瘘^[28]。其次,RAO 将增加再次行 TRA 的难度。一项针对 106 例多次经同侧 RA 行神经介入治疗的患者进行的单中心研究显示,手术成功率为 94.3%(100/106),其中 6 例失败患者中有 5 例是因 RAO 所致^[29]。若 TRA 术中发现 RAO 的病例可转换其他入路或使用 dTRA 行球囊逆向再通,但额外的手术亦将增加并发症(如夹层或血肿)发生风险^[30]。最后,有症状的 RAO 可表现为手部运动功能障碍(0.26%~0.49%)及感觉异常(1.52%~1.61%)、穿刺或闭塞部位疼痛(6.67%~7.77%),极少数进展为手部严重缺血^[31]。

改良 Allen 试验和 Barbeau 试验是评估手部循环通畅性的常规方法。近期多项心脏介入病学文献表明,改良 Allen 试验异常或 Barbeau 试验波形为 D 型,可识别逆行侧支充盈的闭塞 RA,但不能预测不良结局,亦不增加手部缺血风险^[24,32]。相对于常规的评估试验,Narsinh 等^[33]更建议使用超声检查以直观显示 RA 直径和发育情况,进而提高 RAO 检出率。

女性、高龄、高 BMI 等患者特征以及鞘管/RA 直径值>1、围术期内抗凝不足、压迫止血时间延长以及止血过程中动脉未保持通畅等手术相关因素均与 RAO 风险增加有关^[11]。

降低 RAO 风险的措施包括:(1)避免反复穿刺、使用合适的鞘管及导管以减少内皮损伤。(2)术中足量肝素抗凝($\geq 5\ 000$ IU)以及适当缩短压迫止血时间(≤ 15 min)^[33]。(3)通畅止血是指既对血管施加足够的压力以避免出血,又能保证持续的顺向血流的技术,可有效降低 RAO 风险并推荐常规使

用^[4]。(4)止血时压迫同侧 RA,可代偿性增加 RA 血流,是最简单有效预防 RAO 的方法^[21]。

3. RA 穿孔及前臂血肿:RA 穿孔极为罕见,发生率仅为 0.1%,但若不及时干预可致前臂血肿甚至筋膜室综合征^[13]。通常因用力操作或无意间将导丝推进细小 RA 侧支或导管尖端“切割”动脉壁导致^[11,26]。风险因素包括:女性、身材矮小、过度抗凝以及用力操作导丝等^[34]。

如术中导丝或导管推进困难、患者出现前臂疼痛、血管迷走神经反应且术中造影发现 RA 周围造影剂外渗,则高度提示穿孔的可能,应立即停止手术并在穿刺部位压迫止血,对于经验丰富的术者可小心将导管通过并覆盖穿孔部位使之作为内部止血装置,并在手术完成时封闭穿孔部位^[13]。

4. 假性动脉瘤及动静脉瘘:相比于 TFA,TRA 中动静脉瘘和假性动脉瘤形成的病例报道较为少见,报道的发生率为 0.03%,均可经超声技术确诊^[35]。超声指导下压迫 10 min,弹性绷带压迫 2 h 可使假性动脉瘤消失。若效果欠佳,则可在超声引导下向瘤体内注射凝血酶。在感染、压迫性手部缺血或非手术治疗失败的罕见情况下,需行手术治疗^[36]。动静脉瘘治疗措施包括:延长止血器压迫时间、介入放置覆膜支架或手术修复^[26]。

五、TRA 在神经介入治疗中的应用

1989 年 TRA 首次由 Campeau^[37]引入并报道了 100 例 TRA 冠状动脉造影术。1993 年 Kiemeneij 和 Laarman^[38]首次经 TRA 行冠脉介入治疗。后续研究陆续证实了 TRA 在心脏介入领域的优势。借鉴 TRA 在心脏介入的先进经验,2000 年 Matsumoto 等^[39]首次将 TRA 应用于诊断性脑血管造影术中,开启了 TRA 在神经介入领域的新纪元。近年来,随着导管的革新、经验的成熟以及技术的灵活应用,TRA 不仅经常应用于诊断性脑血管造影术中,也逐渐在各种神经介入治疗中有效开展,包括颈动脉支架置入术(carotid artery stenting, CAS)、颅内动脉瘤栓塞、机械性取栓(mechanical thrombectomy, MT)和其他领域等。部分文献报道了其较高的成功率(95.23%)以及较低的并发症发生率(2.90%),并支持从 TFA 向 TRA 的转变^[40]。

1. 颈动脉狭窄:CAS 是治疗颈动脉狭窄重要的方法,多以 TFA 实施。最近研究表明,TRA 可作为 CAS 的另一种入路选择。一项囊括 7 项经 TRA 行 CAS 的 Meta 分析显示,723 例患者中共 657 例(90.8%)获得手术成功^[41]。文献中报道 TRA 失败的原因多与颈总动脉起始处成角锐利有关,尤其是 RRA 到位左侧颈总动脉(非牛型弓)^[42]。Folmar 等^[43]报道了 42 例患者经 TRA 行 CAS 结果,总体手术成功率为 83%(35/42),7 例患者因导管支撑不足而失败,其中右侧 CAS 成功率为 97%(28/29),而左侧 CAS 成功率仅为 54%(7/13)。其他研究也报道了相同的成功率^[42]。相比之下,RRA 可直接到位右侧颈内动脉(牛型弓)以及左侧颈内动脉,其血管分支近端也可提供足够稳定的支撑。Gao 等^[44]纳入右侧颈内动脉狭窄合并 III 型弓(30 例)和左侧颈动脉狭窄合并牛型弓(28 例)的患者并分别经 TRA 和 TFA 行 CAS,结果表明,TRA 组较 TFA 组成功率更高(100% vs. 90%),透视时间更短[(8.6 $\pm$ 0.87)

min vs. (11.4±1.25) min], 术后 TRA 组的残余狭窄率亦低于 TFA 组 (11.2%±6.03% vs. 12.4%±6.3%), 2 组均未出现并发症。上述研究提示 TRA 在Ⅲ型和牛型弓患者中可能具有解剖优势,若术前评估需超选左侧颈内动脉时,可考虑 LRA 以提高导管到位成功率。

2. 颅内动脉瘤:多项研究提示 TRA 可能是治疗各种颅内动脉瘤安全可行的入路选择,并可兼容不同的栓塞系统。一项囊括 62 例患者(64 例颅内动脉瘤)行 TRA 介入栓塞的回顾性分析中前循环动脉瘤 56 例(87.5%)、后循环动脉瘤 8 例(12.5%),栓塞治疗方式包括:弹簧圈栓塞(34 例)、球囊辅助弹簧圈栓塞(22 例)、支架辅助弹簧圈栓塞(6 例)、血流导向装置(flow diversion, FD)(2 例),2 例(3.1%)患者需转换为 TFA;4 例弹簧圈内血栓形成,需注射替罗非班;1 例术中动脉瘤破裂,无临床症状;未见入路相关并发症发生^[45]。另一项迄今为止最大的比较 TRA 和 TFA 行 FD 安全性的临床研究中纳入了 2 285 例颅内动脉瘤患者,134 例(5.84%)采用 TRA,2 151 例(94.14%)采用 TFA,TRA 组入路转换率为 8.63%(12 例),其入路相关并发症发生率和总体并发症发生率均较 TFA 组显著降低(0% vs. 2.48%, 95%CI: 2.40%~2.57%, $P=0.039$; 3.73% vs. 9.02%, 95%CI: 3.13%~4.28%, $P=0.035$)^[46]。Dibas 等^[47]对 682 例颅内动脉瘤进行倾向性匹配分析,结果显示,TRA(121 例)和 TFA(561 例)使用 Woven EndoBridge(WEB)装置治疗颅内动脉瘤效果相当,但 TRA 较 TFA 手术时间(72.0 min vs. 96.5 min, $P=0.006$)和透视时间(24.8 min vs. 28.2 min, $P=0.037$)均显著缩短。

3. 急性缺血性脑卒中:TFA 是急性缺血性脑卒中 MT 治疗的标准入路。据报道,约 5.1% 的患者因复杂的主动脉弓以及颈动脉解剖致使 TFA 实施困难,从而延迟再通时间,最终产生不良预后^[48]。在这种情况下,TRA 可能是安全有效的替代入路。Chen 等^[49]首次报道 18 例血管解剖不良的患者经 TRA 行前循环 MT,结果显示,TFA 组和 TRA 组在手术指标及临床结果方面无显著差异,包括:单次再通率(54.5% vs. 55.6%, $P=0.949$)、平均再通次数(1.9 vs. 1.7, $P=0.453$)、平均再灌注时间(61.9 min vs. 61.1 min, $P=0.920$)、血运重建率(脑梗死溶栓分级≥2b 级,87.9% vs. 88.9%, $P=1.000$)、预后良好率(改良 Rankin 量表评分≤2 分,39.4% vs. 33.3%, $P=0.669$)。其他研究亦提示 TRA 在特定的患者中(如Ⅱ型/Ⅲ型以及牛型主动脉弓)可能具有额外优势^[50]。另外,对于急性后循环闭塞患者,TRA 可能有助于缩短经皮穿刺至再灌注的时间。Maud 等^[51]首次报道 10 例因急性后循环闭塞经 TRA 行 MT 的患者,发现该入路较 TFA 组再通时间显著缩短[(63.9±56.7) min vs. (29.2±17.6) min, $P=0.080$],但未改善功能预后(改良 Rankin 量表评分≤2 分,40% vs. 40%)。Crockett 等^[52]将 22 例 TRA 病例与该中心前 3 年经 TFA(86 例)行后循环取栓的病例数据对比分析发现,2 组之间经皮穿刺至再通时间相似[24 (18, 40) min vs. 26 (19, 40) min]。另外,Liu 等^[53]研究证实,手术和透视时间、辐射剂量等指标可随 TRA 经验的成熟(>50 次置管)进一步降低,甚至优于 TFA。然而,目前有关 TRA 行后循环 MT 的研究多为小样本回顾性病例系列,未来仍需更多的前瞻性研究验证。

4. 其他:在缺血性脑血管病方面,TRA 还可应用于椎-基底动脉和锁骨下动脉狭窄的治疗,但均为个案报道。多项临床研究对经 TRA 行血管成形术和支架置入术治疗严重颅内椎-基底狭窄的可行性和安全性进行了分析,结果表明,技术成功率为 100%,无入路并发症发生^[54-55]。理论上,TRA 对于椎-基底动脉疾病具有独特优势,椎动脉起源于锁骨下动脉的解剖结构可为 TRA 提供直接、快速的路径并简化导管操作,成功率更高。但以下情况可使同侧 TRA 通路建立困难:(1)椎动脉开口较低,椎动脉起始段与锁骨下动脉成角锐利。(2)椎动脉开口较高,椎动脉起始段与锁骨下动脉水平段呈锐角。

Satti 等^[56]首次成功经 TRA 逆行再通治疗 2 例慢性锁骨下动脉和无名动脉狭窄或闭塞患者。随后,Fakih 等^[57]报道了 4 例锁骨下动脉盗血综合征患者经逆向 TRA 和顺向 TFA 联合入路行血管重建术治疗,其中 3 例获得手术成功,1 例因斑块严重钙化通路建立困难而失败,无围术期并发症发生。

在出血性脑血管病方面,Saal-Zapata 和 Rodríguez-Varela^[58]初步证实了 TRA 在颅内动静脉畸形等疾病的可行性和安全性,8 例患者经 TRA 行血管内治疗,包括 1 例动静脉瘘、3 例动静脉畸形、4 例颅内动脉瘤,均获得手术成功,无入路相关并发症。但相关报道尚有限且均为个案报道,未来仍需大量研究验证^[59]。

六、前景与展望

在心脏介入领域,已有大量研究证实 TRA 可有效降低手术入路相关的并发症及医疗费用,同时有效改善患者预后。因此,TRA 已成为冠状动脉介入诊疗的首选入路。神经介入诊疗中 TRA 同样被证实安全可行,且在选定的患者中表现更加突出。虽然 TRA 目前发展还存在一定限制,但相信随着介入技术和导管通路体系的革新,TRA 在神经介入诊疗中将获得更广泛的应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ghaith AK, El Naamani K, Muallem W, et al. Transradial versus transfemoral approaches in diagnostic and therapeutic neuroendovascular interventions: a meta-analysis of current literature [J]. World Neurosurg, 2022, 164: e694-e705. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.05.031.
- [2] Romano DG, Frauenfelder G, Tartaglione S, et al. Trans-radial approach: technical and clinical outcomes in neurovascular procedures[J]. CVIR Endovasc, 2020, 3(1): 58. DOI: 10.1186/s42155-020-00152-z.
- [3] Zalocar L, Doroszuk G, Goland J. Transradial approach and its variations for neurointerventional procedures: literature review[J]. Surg Neurol Int, 2020, 11: 248. DOI: 10.25259/SNI_366_2020.
- [4] Sgueglia GA, Lee BK, Cho BR, et al. Distal radial access: consensus report of the first korea-europe transradial intervention meeting[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2021, 14(8): 892-906. DOI: 10.1016/j.jcin.2021.02.033.
- [5] Zarzecki MP, Popieluszko P, Zayachkowski A, et al. The surgical

- anatomy of the superficial and deep palmar arches: a Meta-analysis[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2018, 71(11): 1577-1592. DOI: 10.1016/j.bjps.2018.08.014.
- [6] Brzezinski M, Luisetti T, London MJ. Radial artery cannulation: a comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations[J]. *Anesth Analg*, 2009, 109(6): 1763-1781. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181bbd416.
- [7] Wahood W, Ghazy S, Al-Abdulghani A, et al. Radial artery diameter: a comprehensive systematic review of anatomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(12): 1274-1278. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-018534.
- [8] Yoo BS, Lee SH, Ko JY, et al. Procedural outcomes of repeated transradial coronary procedure[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2003, 58(3): 301-304. DOI: 10.1002/ccd.10400.
- [9] Valgimigli M, Gagnor A, Calabró P, et al. Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes undergoing invasive management: a randomised multicentre trial[J]. *Lancet*, 2015, 385(9986): 2465-2476. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60292-6.
- [10] Patel P, Haussen DC, Nogueira RG, et al. The neuro radialist[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2020, 9(1): 75-86. DOI: 10.1016/j.iccl.2019.08.008.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Brunet MC, Chen SH, Peterson EC. Transradial access for neurointerventions: management of access challenges and complications[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(1): 82-86. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015145.
- [14] Norgaz T, Gorgulu S, Dagdelen S. A randomized study comparing the effectiveness of right and left radial approach for coronary angiography[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 80(2): 260-264. DOI: 10.1002/ccd.23463.
- [15] Majmundar N, Patel P, Gadhiya A, et al. Left distal radial access in patients with arteria lusoria: insights for cerebral angiography and interventions[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(12): 1231-1234. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016199.
- [16] Sciahbasi A, Romagnoli E, Burzotta F, et al. Transradial approach (left vs right) and procedural times during percutaneous coronary procedures: TALENT study[J]. *Am Heart J*, 2011, 161(1): 172-179. DOI: 10.1016/j.ahj.2010.10.003.
- [17] Dominici M, Diletti R, Milici C, et al. Operator exposure to x-ray in left and right radial access during percutaneous coronary procedures: OPERA randomised study[J]. *Heart*, 2013, 99(7): 480-484. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-302895.
- [18] Marchese N, Copetti M, Inchingolo V, et al. Cerebral infarcts after coronary angiography and percutaneous coronary intervention: a prospective propensity-score-adjusted comparison of right radial, left radial, and femoral approaches[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2020, 21(7): 882-887. DOI: 10.1016/j.carrev.2019.11.010.
- [19] Rashid M, Lawson C, Potts J, et al. Incidence, determinants, and outcomes of left and right radial access use in patients undergoing percutaneous coronary intervention in the united kingdom: a national perspective using the BCIS dataset[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(11): 1021-1033. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.01.252.
- [20] Liontou C, Kontopodis E, Oikonomidis N, et al. Distal radial access: a review article[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2020, 21(3): 412-416. DOI: 10.1016/j.carrev.2019.06.003.
- [21] 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.
- [22] Koutouzis M, Kontopodis E, Tassopoulos A, et al. Distal versus traditional radial approach for coronary angiography[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2019, 20(8): 678-680. DOI: 10.1016/j.carrev.2018.09.018.
- [23] 中国研究型医院学会介入神经病学专委会经桡动脉介入协作组. 经桡动脉或远端桡动脉入路行脑血管介入操作中国专家共识[J]. *中国脑血管病杂志*, 2023, 20(1): 63-72. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2023.01.010.
- Transradial Intervention Collaboration Group of Professional Committee of Interventional Neurology in Chinese Research Hospital Association. Expert consensus on the radial artery or distal radial artery approach for cerebrovascular intervention in China[J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2023, 20(1): 63-72. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2023.01.010.
- [24] Mason PJ, Shah B, Tamis-Holland JE, et al. An update on radial artery access and best practices for transradial coronary angiography and intervention in acute coronary syndrome: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2018, 11(9): e000035. DOI: 10.1161/HCV.0000000000000035.
- [25] 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*, 2021, 32: 100689. DOI: 10.1016/j.ijcha.2020.100689.
- [26] Sandoval Y, Bell MR, Gulati R. Transradial artery access complications[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2019, 12(11): e007386. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007386.
- [27] Kotowycz MA, Dzavík V. Radial artery patency after transradial catheterization[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2012, 5(1): 127-133. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.111.965871.
- [28] 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.
- Neurointerventional Professional Committee of Neurosurgeon Branch of Chinese Medical Doctor Association, Neurointerventional Professional Committee of Neurointerventionist Branch of Chinese Medical Doctor Association, Neurointerventional Professional Committee of



- Neurosurgery Branch of Chinese Medical Association, et al. Expert consensus on the radial artery approach neurointerventional diagnosis and treatment in China[J]. Chin J Neurosurg, 2022, 38(10): 980-989. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20220815-00404.
- [29] 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.
- [30] Balaban Y, Elevli MG. It is both possible and safe to perform coronary angiography through the same radial artery, after retrograde recanalization of radial artery occlusion, following a previous coronary angiography[J]. J Interv Cardiol, 2018, 31(6): 957-963. DOI: 10.1111/joic.12524.
- [31] Ul Haq MA, Rashid M, Kwok CS, et al. Hand dysfunction after transradial artery catheterization for coronary procedures[J]. World J Cardiol, 2017, 9(7): 609-619. DOI: 10.4330/wjcv.9.7.609.
- [32] Valgimigli M, Campo G, Penzo C, et al. Transradial coronary catheterization and intervention across the whole spectrum of Allen test results[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63(18): 1833-1841. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.12.043.
- [33] Narsinh KH, Mirza MH, Caton MT Jr, et al. Radial artery access for neuroendovascular procedures: safety review and complications[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(12): 1132-1138. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017325.
- [34] Kanei Y, Kwan T, Nakra NC, et al. Transradial cardiac catheterization: a review of access site complications[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2011, 78(6): 840-846. DOI: 10.1002/ccd.22978.
- [35] 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.
- [36] 《经远端桡动脉行冠状动脉介入诊疗中国专家共识》专家组, 大拇指俱乐部. 经远端桡动脉行冠状动脉介入诊疗中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2020, 28(12): 667-674. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2020.12.002.
- Expert group of expert consensus on the distal radial artery approach for diagnosis and treatment of coronary intervention in China, Thumbs Club. Expert consensus on the distal radial artery approach for diagnosis and treatment of coronary intervention in China[J]. Chin J Interv Cardiol, 2020, 28(12): 667-674. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2020.12.002.
- [37] Campeau L. Percutaneous radial artery approach for coronary angiography[J]. Cathet Cardiovasc Diagn, 1989, 16(1): 3-7. DOI: 10.1002/ccd.1810160103.
- [38] Kiemeneij F, Laarman GJ. Percutaneous transradial artery approach for coronary stent implantation[J]. Cathet Cardiovasc Diagn, 1993, 30(2): 173-178. DOI: 10.1002/ccd.1810300220.
- [39] Matsumoto Y, Hokama M, Nagashima H, et al. Transradial approach for selective cerebral angiography: technical note[J]. Neurol Res, 2000, 22(6): 605-608. DOI: 10.1080/01616412.2000.11740727.
- [40] Joshi KC, Beer-Furlan A, Crowley RW, et al. Transradial approach for neurointerventions: a systematic review of the literature[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(9): 886-892. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015764.
- [41] Jaroengarmsamer T, Bhatia KD, Kortman H, et al. Procedural success with radial access for carotid artery stenting: systematic review and Meta-analysis[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(1): 87-93. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-014994.
- [42] Patel T, Shah S, Ranjan A, et al. Contralateral transradial approach for carotid artery stenting: a feasibility study[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2010, 75(2): 268-275. DOI: 10.1002/ccd.22159.
- [43] Folmar J, Sachar R, Mann T. Transradial approach for carotid artery stenting: a feasibility study[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 69(3): 355-361. DOI: 10.1002/ccd.21049.
- [44] Gao BL, Xu GQ, Wang ZL, et al. Transradial stenting for carotid stenosis in patients with bovine type and type III aortic arch: experience in 28 patients[J]. World Neurosurg, 2018, 111: e661-e667. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.138.
- [45] Chivot C, Bouzerar R, Yzet T. Transitioning to transradial access for cerebral aneurysm embolization[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(11): 1947-1953. DOI: 10.3174/ajnr.A6234.
- [46] Li Y, Chen SH, Spiotta AM, et al. Lower complication rates associated with transradial versus transfemoral flow diverting stent placement[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(1): 91-95. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-015992.
- [47] Dibas M, Adeeb N, Diestro J, et al. Transradial versus transfemoral access for embolization of intracranial aneurysms with the Woven EndoBridge device: a propensity score-matched study[J]. J Neurosurg, 2022: 1-8. DOI: 10.3171/2021.12.JNS212293.
- [48] Ribo M, Flores A, Rubiera M, et al. Difficult catheter access to the occluded vessel during endovascular treatment of acute ischemic stroke is associated with worse clinical outcome[J]. J Neurointerv Surg, 2013, 5 Suppl 1: i70-73. DOI: 10.1136/neurintsurg-2012-010438.
- [49] Chen SH, Snelling BM, Sur S, et al. Transradial versus transfemoral access for anterior circulation mechanical thrombectomy: comparison of technical and clinical outcomes[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(9): 874-878. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014485.
- [50] Phillips TJ, Crockett MT, Selkirk GD, et al. Transradial versus transfemoral access for anterior circulation mechanical thrombectomy: analysis of 375 consecutive cases[J]. Stroke Vasc Neurol, 2021, 6(2): 207-213. DOI: 10.1136/svn-2020-000624.
- [51] Maud A, Khatri R, Chaudhry M, et al. Transradial access results in faster skin puncture to reperfusion time than transfemoral access in posterior circulation mechanical thrombectomy[J]. J Vasc Interv Neurol, 2019, 10(3): 53-57.
- [52] Crockett MT, Selkirk GD, Chiu A, et al. First line transradial access for posterior circulation stroke intervention; initial 12-month experience at a high volume thrombectomy center[J]. J Clin Neurosci, 2020, 78: 194-197. DOI: 10.1016/j.jocn.2020.04.069.
- [53] Liu Y, Wen X, Bai J, et al. A single-center, randomized, controlled



- comparison of the transradial vs transfemoral approach for cerebral angiography: a learning curve analysis[J]. J Endovasc Ther, 2019, 26(5): 717-724. DOI: 10.1177/1526602819859285.
- [54] Gao F, Lo WJ, Sun X, et al. Selective use of transradial access for endovascular treatment of severe intracranial vertebrobasilar artery stenosis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 134: 116-121. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.04.015.
- [55] Maciejewski D, Tekieli Ł, Kablak-Ziembicka A, et al. Transradial approach for vertebral artery stenting[J]. Postepy Kardiologii Interwencyjnej, 2015, 11(1): 32-36. DOI: 10.5114/pwki.2015.49182.
- [56] Satti SR, Golwala SN, Vance AZ, et al. Subclavian steal: Endovascular treatment of total occlusions of the subclavian artery using a retrograde transradial subintimal approach[J]. Interv Neuroradiol, 2016, 22(3): 340-348. DOI: 10.1177/159101916628321.
- [57] Fakih R, Dandapat S, Mendez-Ruiz A, et al. Combined transradial and transfemoral approach with ostial vertebral balloon protection for the treatment of patients with subclavian steal syndrome[J]. Front Neurol, 2020, 11: 576383. DOI: 10.3389/fneur.2020.576383.
- [58] Saal-Zapata G, Rodríguez-Varela R. Initial experience using the transradial approach for endovascular treatment of vascular pathologies: safety and feasibility[J]. J Neurosci Rural Pract, 2022, 13(1): 123-128. DOI: 10.1055/s-0041-1742136.
- [59] Glauser G, Detchou DK, Choudhri O. Application of advanced technology during resection of posterior fossa arteriovenous malformations: 2 sister cases[J]. World Neurosurg, 2021, 146: 215-216. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.11.057.
- (收稿时间: 2023-02-23)
(本文编辑: 张玲)



· 读者·作者·编者 ·

本刊法定计量单位书写的规范化要求

根据《中华人民共和国法定计量单位》和《中华人民共和国法定计量单位使用方法》的规定,结合本刊文稿中常见的一些不妥情况,将计量单位的书写规范介绍如下。

1. 各种量和单位除在无数值的叙述性文字中可使用中文符号外,均应使用量和单位的国际符号,非物理量的单位(例如个、次、件等)用中文表示。
2. 单位名称与单位符号不能混用,如: $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{天}^{-1}$ 是混用形式,应改为 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。
3. 在一个组合的单位符号中,表示相除的斜线不应多于 1 条,如: $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 应改为 $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{min})$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。
4. 在一个组合单位中,表示相除的斜线和负数幂也不能混用,如: $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 的写法也是错误的,应改为 $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{min})$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。
5. 表示离心加速作用时,应以重力加速度(g)的倍数的形式表达,例如: $6\,000 \times g$ 离心 10 min, 或者在给出离心机转速的同时给出离心半径,例如: 离心半径 8 cm, 12 000 r/min 离心 5 min。
6. 在医学文稿中人体及动物体内的压力单位推荐使用 kPa, 暂可使用 mmHg 或 cmH_2O , 但是在文中首次出现时应标注出与法定压力单位(Pa)的换算关系,如 $1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$ 或 $1\text{ cmH}_2\text{O}=0.098\text{ kPa}$ 。
7. 时间表示方法均应采用 d、h、min、s, 而不能用天、小时、分钟、秒。但在描述第×天、第×小时、第×分钟时,不可用第×h、第×d、第×min。
8. 量的符号,一律用字母斜体表示,如吸光度(旧称光密度)的符号应写作英文字母大写 A (斜体),而不是 A (正体)。
9. 在书写含有单位符号的数据时,两者间应空半个字符的距离,如: 10.3cm、0.133kPa 等都不是规范化书写方式,正确的写法应该是 10.3 cm 和 0.133 kPa。
10. 不能把 ppm、pphm、ppb 等缩写词作为单位使用。
11. 文章中出现百分数时应注明是体积分数还是质量分数,或者转换为质量浓度。如: 体积分数为 0.02(或 2%)的二氧化硫; 质量分数为 0.05(或 5%)的硫酸。物质的量浓度: 单位为 mol/mL 或 mol/L。质量浓度: 单位为 g/L。

