

经桡动脉入路神经介入诊疗中国专家共识

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 中国卒中学会神经介入分会

通信作者:刘建民,海军军医大学第一附属医院脑血管病中心,上海 200433, Email: chstroke@163.com; 缪中荣,首都医科大学附属北京天坛医院神经介入中心,北京 100070, Email: zhongrongm@163.com; 李佑祥,首都医科大学附属北京天坛医院神经介入中心,北京 100070, Email: liyouxiang@263.net; 施海彬,南京医科大学第一附属医院介入放射科,南京 210029, Email: shihb@vip.sina.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20220815-00404

经桡动脉入路(transradial access, TRA)是指以桡动脉为目标血管,穿刺置管建立血管内通路的方法。TRA 最早于 1989 年由 Campeau 等首次报道被应用于冠状动脉(以下简称冠脉)造影;1993 年, Kiemeneij 等成功实施 TRA 经皮冠脉介入治疗^[1]。因 TRA 具有更高的安全性,且患者在术后无需卧床制动,可以显著提高患者的舒适度、减少卧床相关并发症和护理工作量、缩短住院时间、降低住院费用^[2],其在冠脉介入诊疗领域的应用越来越广泛。2018 年,欧洲心脏病学会联合欧洲心胸外科协会(ESC/EACTS)推荐将 TRA 作为冠脉诊疗的首选入路^[3];2021 年,《美国心脏病学会/美国心脏协会/心血管造影和介入协会冠状动脉血运重建指南》也推荐将 TRA 用于急性冠脉综合征或稳定缺血性心脏病的血管内治疗中^[4]。

然而,TRA 在神经介入诊疗中的应用明显滞后于冠脉介入。1997 年, Cowling 等^[5]首先报道采用 TRA 行颈动脉造影的案例,并获得了高质量的血管成像,但是在很长一段时间内 TRA 仍作为经股动脉入路(transfemoral access, TFA)失败或操作困难时的备选方案。TRA 神经介入诊疗通常需要使用特殊导管和弓上成形技术超选弓上动脉,对术者而言,技术要求更高、学习曲线更长;同时,缺乏专用的 TRA 神经介入器械,以及长期临床实践应用 TFA 习惯难以改变等均限制了其在神经介入领域的广泛应用。近年来,随着 TRA 在神经介入诊疗应用中的循证医学证据不断积累,对该技术的认知也不断更新^[6-7];但国内目前尚缺乏 TRA 在神经介入诊疗中应用的共识性文章。因此,由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、中国卒中学会神经介入分会组织相关领域专家,对相关文献和循证医学证据进行检索、评价及综合分析,最终形成本共识,旨在为我国规范化开展 TRA 神经介入诊疗提供参考。

一、病例选择和术前评估

尽管 TRA 在冠脉介入诊疗领域具有诸多优势,但其在神经介入领域中的应用还存在许多挑战。是否选择 TRA 应综合评估以下因素。

(一)股动脉的评估

早期应用 TRA 行神经介入诊疗多为无法通过 TFA 建立手术通路者,主要包括双侧股动脉闭塞、双侧髂动脉闭塞、主动脉闭塞、主动脉支架置入术后等。这类情况是优先选择 TRA 的绝对适应证。

(二)桡动脉的评估

桡动脉直径过小和发育异常是导致 TRA 失败的重要原因^[6, 8-9]。因此,术前行桡动脉(包括尺动脉)超声检查对评估 TRA 的可行性及指导通路材料的选择具有一定的价值。脑血管造影通常可采用 4F 或 5F 造影管完成,而应用 5F 动脉鞘则通常需要桡动脉直径 ≥ 1.5 mm,大部分神经介入治疗需放置 6F 动脉鞘,以通过 6F 导管系统建立通路,建议桡动脉直径 ≥ 2.3 mm^[6]。0.088 英寸(2.24 mm)内径高性能长鞘的外径虽与普通 6F 动脉鞘相当,却提供了与 8F 导引导管相当的内腔,为 TRA 神经介入提供了大腔通路的解决方案^[10-12],但相对于 6F 普通桡动脉鞘,其对桡动脉的直径要求更高,建议桡动脉直

径 ≥ 2.5 mm 时使用。不使用动脉鞘管而在其他器械的辅助下直接将通路导管置入桡动脉建立通路,完成血管内操作被称为无鞘 TRA 技术,被认为是突破桡动脉直径限制的可选方法,但其在神经介入中的应用目前仅限于小样本和个案病例报道^[13],其可行性、安全性尚待评估。桡动脉祥的发生率约为 1%,可增加导丝导管通过的难度和血管穿孔的风险^[14]。文献报道的因桡动脉祥导致 TRA 失败的概率差异较大^[15-17],在实际操作中大部分合并桡动脉祥的患者可以完成 TRA 手术。

(三) 手掌血供代偿的评估

尽管手部血供具有桡动脉和尺动脉双供血的特点,但术后若发生桡动脉闭塞仍可能造成手部缺血。1929 年,Allen 提出通过评估掌浅弓及掌深弓间的代偿情况预测桡动脉闭塞后手部发生缺血的风险。2004 年提出的 Barbeau 试验,其原理与 Allen 试验相同,但使用指脉氧监测代替目测手掌颜色,使操作更便捷、评估更客观,目前认为,其较 Allen 试验更能反映手掌弓的侧支循环情况^[18-19]。但在实际应用中,多项研究提示上述评估试验均不能有效预测术后手部缺血的发生。一项纳入超过 4 000 例患者的随机对照试验(RCT)研究结果显示,无论术前 Allen 试验或 Barbeau 试验评估是否为阳性,术后手部症状性缺血的发生率均为 0^[20],提示手部供血网络可能存在动态调节机制。因此,应重新评估将 Allen 试验和 Barbeau 试验作为 TRA 术前常规评估手段的价值及必要性。

(四) 主动脉弓及弓上血管的评估

主动脉弓及弓上血管发育情况及迂曲程度是影响神经介入操作的重要因素,术前对弓上血管行无创影像学评估有助于制定 TFA 或 TRA 的决策。(1)椎-基底动脉病变通常适合采用 TRA,是大部分术者优先选择 TRA 的适应证^[21]。但对于部分椎动脉开口发出位置较低的患者,椎动脉与锁骨下动脉的夹角呈锐角,通过同侧桡动脉建立通路并不容易,可考虑通过对侧桡动脉建立通路或转为 TFA。(2)合并牛型主动脉弓(以下简称牛型弓)的左侧颈内动脉病变在采用 TFA 时超选非常困难,往往需要 Simmons 导管或 Mani 导管在弓上成形后才能成功超选左侧颈内动脉。而选择 TRA 则具有明显优势,通常无需弓上成形即可直接超选目标血管。因此,合并牛型弓的左侧颈内动脉病变是优先选择 TRA 的最佳适应证之一^[22]。(3)主动脉弓直径大、锁骨下动脉-无名动脉双向迂曲、左侧颈总动脉近端迂曲成祥等也是影响 TRA 成功率的重要因素^[8-9]。术者应结

合自身经验、患者意愿、TFA 和 TRA 操作相对难度等因素综合评估后作出决策。迷走锁骨下动脉的患者,采用常规 TRA 往往比较困难,有学者提出通过左侧 TRA 可以克服迷走锁骨下动脉带来的干扰^[23]。

对已经选择 TRA 的患者,在术中若遇到操作困难,应及时评估转换入路的必要性,以避免风险。通过术前评估提前预判 TRA 失败的风险可能有益。

推荐意见:(1)对于 TRA 的选择应综合股动脉和桡动脉条件、主动脉弓解剖结构以及术者的经验等。(2)Allen 试验或 Barbeau 试验对于预测桡动脉穿刺相关的手部缺血并发症的价值有限,其结果不影响 TRA 的决策。

二、桡动脉穿刺置鞘和穿刺点压迫

桡动脉穿刺的技术难度相对高于股动脉,穿刺失败是 TRA 失败的常见原因之一^[24]。冠脉介入在桡动脉穿刺和穿刺点压迫方面均获得了大量高级别循证医学证据,在 TRA 神经介入中值得借鉴。

(一) 桡动脉穿刺置鞘

常规行局部麻醉。穿刺前在患者手腕下垫放绷带卷使手掌略呈过伸位。穿刺点常选择在桡骨茎突以近 2~3 cm 处(为桡动脉搏动最明显处)。以 Seldinger 法穿刺,进针角度以 30~45°为宜,透壁穿刺法被证明较前壁穿刺更快捷^[25-26]。与股动脉穿刺相比,桡动脉直径更小,退针时应更加缓慢。研究证实,超声引导可显著提高桡动脉穿刺的成功率、缩短穿刺时间^[26]。有条件的中心可选择超声引导下进行穿刺。

置鞘成功后,给予肝素可降低桡动脉闭塞(radial artery occlusion, RAO)的风险,给予抗痉挛药物可降低桡动脉痉挛的风险^[27](所用药物俗称“鸡尾酒”:常用药物及剂量为硝酸甘油 200 μ g、维拉帕米 2.5~5.0 mg、肝素 50 U/kg 或 5 000 U)。

(二) 桡动脉压迫

桡动脉走行表浅易于压迫,研究提示使用压迫装置较手工压迫的压力更稳定,有利于止血^[28]。不同压迫装置的效果相当^[29-30],但均应使用通畅压迫法,即首先使用压迫装置完全阻断桡动脉血流再拔除鞘管,此时在手动压迫尺动脉的同时缓慢放松桡动脉压迫装置。通过指脉氧观察氧饱和度波形,当波形恢复正常时即提示桡动脉的前向血流已恢复,此时即为合适的压迫状态。来自冠脉介入的 RCT 研究提示,通畅压迫组术后 24 h 内及术后 30 d RAO 的发生率为 5% 和 1.8%,均显著低于传统压迫组(分别为 12% 和 7%;均 $P < 0.05$)^[31]。压迫时间是影响 RAO 的另一重要因素,以不超过 120 min 为

宜^[32]。减压后若穿刺点出血应缓慢加压至出血停止并重新计算压迫时间,应避免出血后过度加压增加 RAO 的风险。

(三) 穿刺部位的并发症

冠脉介入的相关研究证据显示,TRA 较 TFA 穿刺部位出血、血管并发症的发生率低^[33-35],30 d 内发生死亡、非致命性心肌梗死及卒中的风险下降。神经介入的相关对照研究也提示,TRA 脑血管造影术后穿刺部位并发症的发生率较低^[36]。尽管缺乏高级别的证据,但有关神经介入的回顾性研究和 Meta 分析均证实,TRA 穿刺部位并发症的发生率显著低于 TFA^[37-39]。

TRA 穿刺部位的并发症主要包括 RAO(0.8%~33%)^[6,40]、动静脉瘘(<0.4%)^[41]及桡动脉假性动脉瘤(0.03%)^[42]等,其中 RAO 最常见。研究表明,RAO 受多方面因素影响,主要包括患者因素、穿刺操作及术后压迫。患者因素包括年龄、女性、低体重、糖尿病、种族(南亚裔)及桡动脉穿刺史;操作因素包括反复不成功的桡动脉穿刺、鞘管/动脉直径比值>1、围手术期未使用抗凝药物或剂量不足;压迫因素包括压迫力度过大、压迫时间过长等^[43-44]。Rashid 等^[45]纳入 19 项研究行 Meta 分析,评估鞘管尺寸对 RAO 发生率的影响。结果发现,RAO 的风险随鞘管尺寸的增加而显著提高,使用 4F、5F、6F、7F 鞘管 RAO 的发生率分别为 0%、2%、11%、19.5%;提示尽可能选择小尺寸的鞘管可降低 RAO 的风险。充分的术中抗凝亦可预防 RAO 的发生,一项前瞻性研究显示,术中血管内使用普通肝素(50 U/kg 或 5 000 U)可使 RAO 的风险由 24% 降至 4.3% ($P < 0.05$)^[46]。此外,前文所述的采用通畅压迫止血法亦可有效降低 RAO 的风险^[31]。

(四) 常规 TRA 的替代方案

冠脉介入操作的经验提示,相对于常规 TRA,在鼻烟窝部穿刺远端桡动脉建立入路(简称远端 TRA, distal TRA, dTRA)可有效降低 RAO 的发生率,且可进一步减少出血并发症、缩短压迫时间、增加患者的舒适度^[47];而行左侧 TRA 时,选择 dTRA 可大大增加术者的舒适度^[48]。但相较于常规 TRA, dTRA 的穿刺时间长、成功率低、学习曲线长^[49]。有关 dTRA 应用于神经介入的对照研究不多,一项对比分析采用 dTRA(154 例)与常规 TRA(133 例)行脑血管造影的结果显示, dTRA 组的平均透视时间、平均放射剂量均显著增加,且 dTRA 组有增加并发症发生率(5.2%)的趋势(TRA 组为 1.5%, $P =$

0.168)^[50]。此外,在应用于神经介入时,还应考虑到 dTRA 穿刺点的桡动脉直径较 TRA 穿刺点处小 0.2~0.3 mm^[51],会进一步限制大尺寸通路导管的应用。

与桡动脉相比,尺动脉因走行位置较深、穿刺困难,通常不作为常规的动脉入路。但当采用 TRA 困难时,尺动脉是前臂动脉入路的另一选择。一项比较 TRA 与经尺动脉入路(transulnar access, TUA)冠脉介入的 RCT 研究结果显示,TRA 组(110 例)与 TUA 组(110 例)的复合主要终点事件(住院期间主要心血管事件、更换入路、住院期间手臂血管并发症和血管闭塞)的发生率无明显差异($P = 0.68$)^[52]。虽将 TUA 应用于神经介入的均为小样本病例报道,但初步显示该入路成功率高(无患者需转其他入路)、安全性好(无严重并发症)^[53-54]。上述结果提示,对于桡动脉发育细小、走行迂曲或痉挛等行 TRA 困难的患者,TUA 可以作为一种替代方案。

推荐意见:RAO 是 TRA 的常见并发症,术中选择尽可能小的鞘管、常规使用肝素、术后采用通畅压迫法有利于降低 RAO 的风险。

三、TRA 在脑血管造影中的应用

脑血管造影是目前脑血管疾病诊断的金标准,可以通过经股动脉、桡动脉、尺动脉、肱动脉等入路完成。但采用 TRA 需经弓上大血管反向超选将导管置入颈部或颅内动脉,技术难度较大,是 TRA 在神经介入领域应用受限的重要原因。

(一) TRA 脑血管造影的技术要点

1. 路径图技术的应用:路径图技术于 1934 年由 Ziedses des Plantes 提出,并在上世纪 60 年代开始应用于神经介入,是目前神经介入的常规技术,可明显减少导管、导丝操作对血管的损伤。在 TRA 冠脉介入领域也有研究证实,在置鞘成功后进行桡动脉造影有助于减少出血性并发症、减少操作时间及降低 TRA 失败的风险^[24]。因此,桡动脉穿刺置鞘成功后,造影管应在路径图指引下由导丝带入肱动脉,并在直视下将导管进一步送至主动脉弓。

2. 导管成形:导管成形是使用复合头端的造影管,利用主动脉弓及弓上血管改变导管头端方向,反向进入弓上动脉的过程,是完成 TRA 脑血管造影的基本方法。结合 TFA 应对Ⅲ型主动脉弓的经验及主流术者的意见,Simmons 造影导管非常适合于 TRA 脑血管造影。Simmons 导管有多种成形方式,包括常用的降主动脉成形、升主动脉成形、主动脉瓣上成形、颈总动脉成形等,不同成形方式各有利弊,结合不同的血管条件均有其应用价值^[55]。根据

Simmons 造影导管头端形态及长度不同可将其分为 4 种型号,其中 I ~ III 型较常用于 TRA 脑血管造影,根据头端长度不同,在应用中也各有优势。通常头端越短越容易成形,但在进入主动脉弓上血管时越困难;而头端越长则弓上成形越困难,但有利于超选弓上动脉,应根据不同血管条件个体化选择。Simmons II 型导管适用于大部分血管条件的导管成形和弓上超选,又以降主动脉成形为最常用的成形方式。若 Simmons II 型导管头端无法进入降主动脉时,可使用猪尾导管将导丝送入降主动脉再交换 Simmons II 型导管到位后完成导管成形^[56]。有术者在实践中尝试采用其他类型的外周导管以克服血管解剖造成的操作困难;结合 TRA 神经介入特点设计的专用导管也已被逐渐试用于临床,但尚无相关报道,其优势尚待评估。

3. 弓上动脉超选:完成导管成形后可通过旋转导管使其头端进入弓上大血管(双侧颈总动脉、双侧锁骨下动脉)并完成造影。但对于颅内病变或需要单独评估颈部血管(颈内动脉、颈外动脉、椎动脉)时,应进行超选择造影。通常在颈总动脉或锁骨下动脉路径图下,将导丝超选至颅底,以提供足够的支撑力将造影管超选进入目标血管。换用加硬的导丝或更软的导管可使上述操作过程更加容易。

4. 学习曲线:相较于 TFA,TRA 具有更大的技术挑战,故学习周期往往更长。有研究表明,约 25 ~ 50 次 TRA 脑血管造影操作可能是必要的训练过程^[57-58]。

(二)TRA 脑血管造影的有效性

近年来,关于 TRA 与 TFA 脑血管造影的对照研究逐渐增多。一项纳入 980 例行脑血管造影患者的回顾性研究提示,右侧颈总动脉和右侧锁骨下动脉造影成功率在 TRA 组均高于 TFA 组,且 TRA 组成像质量更优;而左侧颈总和左侧锁骨下动脉造影的成功率和成像质量在两组均相当^[59]。尽管在多项对照研究中结果存在差异,但大多数研究提示,相较于 TFA,TRA 的操作时间更短或相当^[36, 60-62]、放射剂量更低^[61-62],而对比剂用量无明显差异^[60-63]。

新近的一项 RCT 研究纳入 80 例接受脑血管造影患者,采用非劣效设计(非劣界值为 10%),将患者随机分为 TRA 组(43 例)和 TFA 组(37 例),以置鞘成功和完成造影作为主要研究终点。结果显示,TRA 组主要终点成功率为 97.6%,TFA 组成功率为 97.3% ($RR = 1.003, 95\% CI: 0.93 \sim 1.08$),提示 TRA 脑血管造影成功率与 TFA 相当;在次要终点方面,与 TFA 相比,TRA 除平均透视时间较长(23.1 min 对比

13.4 min, $P = 0.001$)外,其他次要终点包括手术时间(52.1 min 对比 52.1 min, $P = 0.998$)、对比剂用量(91.6 ml 对比 85.9 ml, $P = 0.568$)、术后手术部位疼痛程度(视觉模拟评分为 13.3 分对比 20.4 分, $P = 0.105$)等差异均无统计学意义^[64]。

(三)TRA 脑血管造影的安全性

除穿刺部位并发症外,TRA 神经介入的并发症还包括路径相关的并发症和神经系统并发症。前者包括桡动脉痉挛(radial artery spasm, RAS)(4% ~ 20%)^[6, 65]、上肢的筋膜间隙综合征($< 0.01\%$)^[7]等,后者主要是围手术期卒中(0 ~ 0.8%)^[66-67]。

RAS 是导致 TRA 失败并转换其他入路的常见原因,文献报道其发生率约为 4% ~ 20%^[6, 65]。发生 RAS 时大多可通过导管鞘内注射抗痉挛药物缓解并完成手术。对于采用常规药物干预、镇静镇痛、温暖前臂等措施后仍难以缓解的 RAS,可能需要进行区域神经阻滞或全身麻醉。多项前瞻性研究提示,动脉内预防性给予解痉药可以降低 RAS 的风险^[68-70]。一项纳入 22 项 RCT 研究的 Meta 分析提示,200 μg 硝酸甘油联合 5 mg 维拉帕米的抗痉挛效果最为显著^[71];但在应用于神经介入手术尤其是全身麻醉手术时,应注意解痉药物导致的低血压风险,术中应加强血压监测。也有文献报道,选择合适的 TRA 器械,如亲水涂层导管鞘可能会降低 RAS 的风险^[72]。

脑血管造影造成神经系统并发症的发生率较低,目前尚缺乏 TRA 脑血管造影术后神经系统并发症风险的直接证据。前述多项回顾性及前瞻性研究均显示,TRA 组与 TFA 组均未发生严重的神经系统并发症^[36, 64]。

(四)TRA 脑血管造影的局限性

TRA 脑血管造影相关的研究相当匮乏,多为回顾性病例报道,唯一一项 RCT 研究仅纳入了单中心小宗病例,对于脑血管造影这一相对简单而安全的操作,样本量远不足以体现两种入路在安全性和有效性上的差异。需进一步开展大样本的多中心 RCT 研究以证实 TRA 脑血管造影的安全性和有效性。

推荐意见:(1)RAS 是影响 TRA 成功率的重要因素,置鞘成功后预防性给予抗痉挛药物可降低 RAS 风险。(2)为避免血管损伤,推荐在透视或路径图下使用导丝辅助导管超选。(3)采用 TRA 与 TFA 行脑血管造影的成功率和安全性相当,在适宜患者中采用 TRA 行脑血管造影是合理的。

四、TRA 在神经介入治疗中的应用

随着 TRA 脑血管造影经验的不断积累,其在神

经介入治疗中的应用也越来越多。大部分后循环病变采用同侧 TRA 建立通路不困难,而前循环病变常需借助 Simmons 造影导管辅助建立通路。交换技术常用于 TRA 通路建立中,但操作难度较高且有一定的风险。同轴技术更有助于 TRA 通路建立,本共识将特定器械组合建立通路的技术称为 R-DAS 技术(transradial telescoping catheter technique with a distal access catheter and Simmons catheter),即经桡动脉入路远端通路导管与 Simmons 导管同轴技术。具体操作方法为:使用 125 cm 的 Simmons II 型造影导管与远端通路导管(或中间导管和高性能长鞘)形成同轴系统,并在 Simmons 导管成功超选目标血管后利用 Simmons 导管及超选至远端的导丝的支撑将远端通路导管以同轴方式输送至目标位置的技术。目前国外已经上市的 Rist 经桡动脉导管系统的设计原理和操作方法与 R-DAS 技术相同,该导管已被应用于临床并取得较好的效果^[73]。

TRA 应用于神经介入治疗的临床研究证据大多为回顾性,可能存在较为明显的选择性偏倚,在获得更多高质量循证医学证据之前,应当审慎评估 TRA 在神经介入治疗中应用的获益和风险。

(一)颅内动脉瘤

TRA 在颅内动脉瘤血管内治疗中的临床应用不断增加。多项研究提示前循环和后循环动脉瘤、未破裂和急性破裂动脉瘤,均可采用 TRA 建立通路,并顺利实施不同术式的治疗,入路相关并发症和神经系统并发症的发生率均较低^[74-76]。

一项纳入 11 项研究的系统评价分析了采用 TRA 血流导向装置置入术治疗 290 例颅内动脉瘤(前循环 262 例、后循环 28 例)的疗效,其中 90.7% 的患者成功完成手术,无穿刺部位并发症,总并发症的发生率为 2.41%,提示 TRA 是 TFA 实施血流导向装置置入的可行替代入路^[38]。一项回顾性研究比较了 TRA(32 例)与 TFA(47 例)两种入路应用 Pipeline 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的安全性和有效性,显示术后颅内出血、症状性缺血性卒中、入路相关并发症等不良事件的发生率差异无统计学意义;但 TRA 组的总体并发症率更低(0% 对比 14.9%, $P=0.038$)、手术操作时间更短 $[(58.5 \pm 20.3) \text{ min}$ 对比 $(71.4 \pm 31.2) \text{ min}$, $P=0.018]$ ^[77]。其他回顾性对照研究也显示,与 TFA 相比,采用 TRA 治疗颅内动脉瘤手术时间差异无统计学意义、并发症发生率相当或更少、住院时间更短^[78-80]。

推荐意见:应用 TRA 与 TFA 实施颅内动脉瘤

血管内治疗的有效性和安全性相当,在适宜的患者中采用 TRA 是合理的。

(二)颈动脉狭窄

颈动脉支架成形术(carotid artery stenting,CAS)是治疗颈动脉狭窄的重要方法。目前,TFA 仍是 CAS 最常用的入路,近年来多项研究证实,TRA 是 CAS 另一种安全、有效的入路选择。Dahm 等^[81]采用 TRA 支架成形术成功治疗 17 例颈动脉狭窄患者,其中 4 例(左侧)合并牛型弓,13 例(右侧)合并 III 型主动脉,治疗时间为 $(48 \pm 18) \text{ min}$,无一例发生入路相关并发症。一项前瞻性研究纳入 42 例 TRA 行 CAS 治疗的患者(右侧 29 例,左侧 13 例)。发现行右侧 CAS 的成功率为 97% (28/29),左侧成功率为 54% (7/13),但左侧病变合并牛型弓的患者 CAS 成功率为 80% (4/5)^[22],该研究因此提前终止了非牛型弓左侧病变患者的入组。

2014 年以来数项 TRA 与 TFA 对照研究提供了头对头的研究数据。一项纳入 775 例患者的研究提示,TRA 组(101 例)和 TFA 组(674 例)的入路转换率分别为 4.9% 和 0% ($P<0.05$),住院期间主要心脑血管不良事件的发生率分别为 2% 和 3.6% ($P>0.05$)^[39]。一项来自中国对合并牛型弓的左侧颈动脉狭窄或 III 型主动脉弓的右侧颈动脉狭窄患者行 CAS 的研究提示,TRA 组(28 例)手术成功率为 100%,TFA(30 例)组为 90%,两组均未发生穿刺点或心脑血管并发症,但 TRA 组透视时间更短(8.6 min 对比 11.4 min, $P=0.001$)^[82]。多中心前瞻性登记研究 CREST-2 的一项亚组分析比较了采用 TRA(213 例)与 TFA(2130 例)实施 CAS 的安全性,结果显示,两组穿刺点并发症的发生率(0% 对比 1.1%)和围手术期卒中或病死率(3.3% 对比 2.4%)的差异均无统计学意义^[83]。

目前仅有 1 项 RCT 研究比较 TRA 与 TFA 两种入路行 CAS 的有效性和安全性,该研究将 260 例患者随机分为 TRA 组和 TFA 组。两组手术均成功;TRA 组的入路转换率高于 TFA 组(10% 对比 1.5%, $P<0.05$),住院时间短于 TFA 组(1.17 d 对比 1.25 d, $P<0.05$);平均手术时间和平均透视时间差异均无统计学意义(均 $P>0.05$);TRA 组和 TFA 组各有 1 例(0.8%)出现严重的入路并发症,主要心脑血管不良事件的发生率分别为 0.9% 和 0.8% ($P>0.05$)^[84]。

上述证据提示,经 TRA 和 TFA 行 CAS 的技术成功率相当,手术和透视时间、围手术期不良心血管事件和入路并发症的发生率差异均无统计学意义。

TRA 实施 CAS 是一种有效且安全的选择,尤其对于右侧颈动脉狭窄及合并牛型弓的左侧颈动脉狭窄患者。但受限于弓上成型的困难,TRA 实施 CAS 仍存在一定的入路转换率,应在术前谨慎评估患者的弓上血管条件是否适合选择 TRA。

推荐意见:采用 TRA 和 TFA 实施 CAS 的有效性和安全性相当,在适宜的颈动脉狭窄患者中采用 TRA 是合理的。

(三)急性缺血性卒中(acute ischemic stroke,AIS)

TFA 是 AIS 血管内再通治疗最常用的入路^[85-89]。多项回顾性研究提示,在 TFA 失败^[90]或弓上血管解剖异常(主动脉弓复杂、颈动脉迂曲)^[91]的患者中,TRA 机械取栓可获得满意的血管再通率,且并发症的发生率低,可作为 AIS 患者的备选入路^[92]。

随着经验的不断积累,逐渐有术者主动选择 TRA 实施 AIS 血管内治疗,但研究间结果差异较大。Maud 等^[93]最早回顾性报道采用不同入路(TRA 组和 TFA 组各 10 例)实施机械取栓治疗后循环 AIS 患者的疗效,显示血管再通率、并发症发生率及临床预后相当;TRA 组的穿刺至血管再通时间为(29.2 ± 16.7)min,较 TFA 组的(63.9 ± 56.7)min 平均缩短了 35 min。差异虽无统计学意义($P=0.08$),但作者认为,对于后循环急性大血管闭塞,采用 TRA 有助于缩短血管再通时间。2019 年,Chen 等^[94]首次回顾性报道 TRA 与 TFA 取栓术治疗前循环大血管闭塞的研究结果。显示 TRA 组(18 例)与 TFA 组(33 例)的首次再通率(54.5% 对比 55.6%)、平均取栓次数(1.9 次对比 1.7 次)、穿刺至再通时间(61.9 min 对比 61.1 min)、最终再通率(87.9% 对比 88.9%)及预后良好率(改良 Rankin 量表评分为 0~2 分)(39.4% 对比 33.3%)的差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。2021 年,来自澳大利亚 Phillips 等^[95]的单中心对照研究结果的公布再次引发业界对 TRA 取栓的关注。该研究纳入 375 例接受机械取栓的前循环 AIS 取栓患者,TRA 组(130 例)的一次再通率、总血管再通率、CT 检查至血管再通时间等指标均与 TFA 组(245 例)相当,而 TRA 组与 TFA 组的穿刺点并发症发生率分别为 0% 和 6.5%;术后 3 个月随访显示预后良好率分别为 67.2% 和 57.9% ($P=0.093$),虽差异未达统计学意义,但提高了近 10%。该作者采用“CT 检查至血管再通时间”,而不是“穿刺成功至再通时间”,涵盖了穿刺置鞘的时间,更具有客观性。但来自美国 Siddiqui 等^[96]的单中心回顾性研究显示,在 202 例前循环和 20 例后循环 AIS 患者中,TFA 组(129 例)的

血管再通率(91.4% 对比 79.6%)、取栓次数[(1.8 ± 1.2)次对比(2.4 ± 1.6)次]、术后 3 个月的病死率(22.1% 对比 40.9%)及预后良好率(51.3% 对比 34.1%)等均优于 TRA 组(93 例)(均 $P<0.05$)。

目前,尽管已经有数项关于 TRA 取栓治疗 AIS 的 Meta 分析,但其纳入的研究重合度较高,最后的结论也均提示 TRA 取栓与 TFA 取栓效果无明显差异^[96-98]。最近的一项纳入 2019—2021 年发表的 6 项研究的 Meta 分析结果显示,TRA 组(347 例)与 TFA 组(598 例)的脑梗死溶栓(TICI)分级 ≥ 2b 级的血管再通率(87.6% 对比 92.1%)、一次再通率(48.8% 对比 54.0%)及穿刺至再通时间(87.2 min 对比 93.7 min)的差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。但 TRA 组的穿刺部位并发症发生率(0.6% 对比 6.0%, $P=0.003$)和出血转化率(4.6% 对比 7.9%, $P=0.001$)均低^[98]。这几项 Meta 分析为 TRA 取栓术治疗 AIS 提供了目前最高级别的证据,但其纳入的研究均为回顾性分析,相关结果有差异,尚需审慎解读。

推荐意见:在适宜的患者中行 TRA 取栓术是可行的,但其有效性和安全性仍存在较大争议,可作为备选方案。

(四)其他脑血管病

除颅内动脉瘤外,目前 TRA 在血管内治疗颅内动静脉畸形等其他出血性脑血管疾病中的应用研究尚有限^[99],其临床有效性和安全性仍有待进一步验证。

在缺血性脑血管病方面,相对于颈动脉狭窄,TRA 在血管内治疗椎动脉和锁骨下动脉狭窄中的应用更为广泛,但文献较为有限。在关于 TRA 椎-基底动脉支架成形术的多项回顾性报道中,手术成功率均为 100%,且均无发生血管并发症或死亡的病例^[100-101]。个案报道也证实,在锁骨下动脉和无名动脉慢性狭窄或闭塞的血管再通及重建术中应用 TRA 是可行的^[102]。

(五)TRA 神经介入治疗的局限性

缺乏专用的器械是限制 TRA 神经介入治疗开展的重要因素。目前使用常规器械 TRA 建立通路虽可完成手术,但存在通路建立耗时、系统支撑力不足、术中通路导管易打折等情况,亟待研发 TRA 神经介入的专用器械。

从研究层面来说,虽然目前 TRA 神经介入治疗的相关证据正在逐步增加,但大多为回顾性研究,存在患者选择、操作者经验等较多偏倚因素,在相应的 Meta 分析中也显示这些研究存在异质性较强的情

况,对这些证据尚需要审慎解读。

五、结语与展望

TRA 在冠脉介入诊疗中已被广泛应用,并被指南推荐为首选入路^[3-4]。根据中国大陆冠脉介入治疗注册数据显示,2020 年中国 TRA 冠脉介入应用率已达 96.37%。而 TRA 在神经介入领域的应用目前仍处于起步阶段,尚缺乏高质量和高等级的循证医学证据。随着 TRA 神经介入专用器械的研发、小型化神经介入器械的应用及临床经验和循证医学证据的积累,TRA 在神经介入诊疗中的应用亦将更趋完善和成熟。

声明 本共识不具备法律效力,仅供临床医生作为参考。

共同执笔 方亦斌(同济大学附属上海市第四人民医院)、李强(海军军医大学第一附属医院)、赵瑞(海军军医大学第一附属医院)

共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序)
曹毅(昆明医科大学第二附属医院)、柴尔青(甘肃省人民医院)、陈东(深圳市人民医院)、陈鑫璞(郑州大学第一附属医院)、程光森(珠海市人民医院)、戴琳孙(福建医科大学附属第一医院)、邓剑平(空军军医大学第二附属医院)、段传志(南方医科大学珠江医院)、范一木(天津市环湖医院)、方亦斌(同济大学附属上海市第四人民医院)、冯大勤(广西医科大学第一附属医院)、冯文峰(南方医科大学南方医院)、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)、郭庆东(空军军医大学第一附属医院)、何伟文(广州医科大学附属第二医院)、黄昌仁(西南医科大学附属医院)、焦力群(首都医科大学宣武医院)、李强(海军军医大学第一附属医院)、李秋平(复旦大学附属中山医院)、李佑祥(首都医科大学附属北京天坛医院)、李真保(皖南医学院第一附属医院)、李宗正(宁夏医科大学总医院)、梁传声(中国医科大学附属第一医院)、梁国标(解放军北部战区总医院)、刘圣(南京医科大学第一附属医院)、刘建民(海军军医大学第一附属医院)、刘磊(解放军总医院第一医学中心)、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)、任少华(山西省人民医院)、施海彬(南京医科大学第一附属医院)、史怀璋(哈尔滨医科大学附属第一医院)、孙军(温州市中心医院)、万曙(浙江医院)、万杰清(上海交通大学医学院附属仁济医院)、王大明(北京医院)、王东海(山东大学齐鲁医

院)、吴红星(新疆维吾尔自治区人民医院)、吴科学(西藏自治区人民医院)、吴鑫(烟台毓璜顶医院)、肖福顺(天津医科大学总医院)、谢晓东(四川大学华西医院)、许璟(浙江大学医学院附属第二医院)、许奕(海军军医大学第一附属医院)、杨华(贵州医科大学附属医院)、杨铭(解放军中部战区总医院)、杨鹏飞(海军军医大学第一附属医院)、杨新健(首都医科大学附属北京天坛医院)、张利勇(聊城市脑科医院)、张鑫(解放军东部战区总医院)、张扬(中国科学技术大学附属第一医院)、张占普(内蒙古医科大学附属医院)、赵开军(同济大学附属东方医院)、赵林(河北医科大学第二医院)、赵瑞(海军军医大学第一附属医院)、钟鸣(温州医科大学附属第一医院)、朱刚(陆军军医大学西南医院)、朱卿(苏州大学附属第二医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] Jabara R, Gadesam R, Pendyala L, et al. Ambulatory discharge after transradial coronary intervention: preliminary US single-center experience (same-day transRadial intervention and discharge evaluation, the STRIDE Study) [J]. *Am Heart J*, 2008, 156(6):1141-1146. DOI: 10.1016/j.ahj.2008.07.018.
- [3] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(2):87-165. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy394.
- [4] Writing Committee Members, Lawton JS, Tamis-Holland JE, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: a Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(2):e21-e129. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.09.006.
- [5] Cowling MG, Buckenham TM, Belli AM. The role of transradial diagnostic angiography [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 1997, 20(2):103-106. DOI: 10.1007/s002709900115.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Khan NR, Peterson J, Dornbos Iii D, et al. Predicting the degree of difficulty of the trans-radial approach in cerebral angiography [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13(6):552-558. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016448.
- [9] Luo N, Qi W, Tong W, et al. The effect of vascular morphology on selective left vertebral artery catheterization in right-sided radial artery cerebral angiography [J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 56:62-72. DOI: 10.1016/j.avsg.2018.08.112.
- [10] 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.
- [11] Peitz GW, Kura B, Johnson JN, et al. Transradial approach for deployment of a flow diverter for an intracranial aneurysm in a patient with a type-3 aortic arch [J]. *J Vasc Interv Neurol*, 2017,9(5):42-44.
- [12] Weinberg JH, Sweid A, Hassan A, et al. Early experience with a novel 088 long sheath in transradial neurointerventions [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021,202:106510. DOI: 10.1016/j.clineuro.2021.106510.
- [13] Dossani RH, Waqas M, Monteiro A, et al. Use of a sheathless 8-French balloon guide catheter (Walrus) through the radial artery for mechanical thrombectomy: technique and case series [J]. *J Neurointerv Surg*, 2022,14(5):neurintsurg-2021-017868. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017868.
- [14] Dossani RH, Waqas M, Tso MK, et al. Endovascular management of radial artery loop for neuroangiography: case series [J]. *Interv Neuroradiol*, 2021,27(4):566-570. DOI: 10.1177/1591019920982812.
- [15] Luther E, Burks J, Abecassis IJ, et al. Navigating radial artery loops in neurointerventions [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021,13(11):1027-1031. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016856.
- [16] Basavarajiah S, Brown A, Naganuma T, et al. Should technical and anatomical difficulties discourage operators from embarking on transradial access for percutaneous coronary intervention? [J]. *J Invasive Cardiol*, 2018,30(9):341-347.
- [17] Lo TS, Nolan J, Fountzopoulos E, et al. Radial artery anomaly and its influence on transradial coronary procedural outcome [J]. *Heart*, 2009,95(5):410-415. DOI: 10.1136/hrt.2008.150474.
- [18] 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.
- [19] 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 1010 patients [J]. *Am Heart J*, 2004,147(3):489-493. DOI: 10.1016/j.ahj.2003.10.038.
- [20] Valgimigli M, Frigoli E, Leonardi S, et al. Radial versus femoral access and bivalirudin versus unfractionated heparin in invasively managed patients with acute coronary syndrome (MATRIX): final 1-year results of a multicentre, randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2018,392(10150):835-848. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31714-8.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Zafirovska B, Antov S, Kostov J, et al. Benefit of routine preprocedural radial artery angiography in STEMI patients [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019,93(1):25-31. DOI: 10.1002/ccd.27711.
- [25] Pancholy SB, Sanghvi KA, Patel TM. Radial artery access technique evaluation trial: randomized comparison of Seldinger versus modified Seldinger technique for arterial access for transradial catheterization [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012,80(2):288-291. DOI: 10.1002/ccd.23445.
- [26] Seto AH, Roberts JS, Abu-Fadel MS, et al. Real-time ultrasound guidance facilitates transradial access: RAUST (Radial Artery access with Ultrasound Trial) [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2015,8(2):283-291. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.05.036.
- [27] Starke RM, Snelling B, Al-Mufti F, et al. Transarterial and transvenous access for neurointerventional surgery: report of the SNIS Standards and Guidelines Committee [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020,12(8):733-741. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015573.
- [28] Cubero JM, Lombardo J, Pedrosa C, et al. Radial compression guided by mean artery pressure versus standard compression with a pneumatic device (RACOMAP) [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2009,73(4):467-472. DOI: 10.1002/ccd.21900.
- [29] Fernandez RS, Lee A. Effects of methods used to achieve hemostasis on radial artery occlusion following percutaneous coronary procedures: a systematic review [J]. *JBIC Database System Rev Implement Rep*, 2017,15(3):738-764. DOI: 10.11124/JBISRIR-2016-002964.
- [30] Roberts JS, Niu J, Pastor-Cervantes JA. Comparison of hemostasis times with a kaolin-based hemostatic pad (quikclot radial) vs mechanical compression (TR Band) following transradial access: a pilot prospective study [J]. *J Invasive Cardiol*, 2017,29(10):328-334.
- [31] Pancholy S, Coppola J, Patel T, et al. Prevention of radial artery occlusion-patent hemostasis evaluation trial (PROPHET study): a randomized comparison of traditional versus patency documented hemostasis after transradial catheterization [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2008,72(3):335-340. DOI: 10.1002/ccd.21639.
- [32] Dangoisse V, Guédès A, Chenu P, et al. Usefulness of a gentle and short hemostasis using the transradial band device after transradial access for percutaneous coronary angiography and interventions to reduce the radial artery occlusion rate (from the prospective and randomized CRASOC I, II, and III studies) [J]. *Am J Cardiol*, 2017,120(3):374-379. DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.04.037.
- [33] Andò G, Capodanno D. Radial versus femoral access in invasively managed patients with acute coronary syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ann Intern Med*, 2015,163(12):932-940. DOI: 10.7326/M15-1277.
- [34] Ferrante G, Rao SV, Jüni P, et al. Radial versus femoral access for coronary interventions across the entire spectrum of patients with coronary artery disease: a meta-analysis of randomized trials [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016,9(14):1419-1434. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.04.014.
- [35] Valgimigli M, Gagnor A, Calabrò 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.
- [36] Stone JG, Zussman BM, Tonetti DA, et al. Transradial versus transfemoral approaches for diagnostic cerebral angiography: a prospective, single-center, non-inferiority comparative effectiveness study [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020,12(10):993-998. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015642.
- [37] Maciejewski D, Pieniążek P, Tekieli L, et al. Transradial approach for carotid artery stenting in a patient with severe peripheral arterial disease [J]. *Postepy Kardiologii Interwencyjnej*, 2014,10(1):47-49. DOI: 10.5114/pwki.2014.41469.
- [38] Son C, Tavakoli S, Mahadev V. Systematic review of transradial access for flow diversion of intracranial aneurysms [J]. *World Neurosurg*, 2021,151:6-11. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.04.012.
- [39] Mendiz OA, Fava C, Lev G, et al. Transradial versus transfemoral carotid artery stenting: a 16-year single-center experience [J]. *J Interv Cardiol*, 2016,29(6):588-593. DOI: 10.1111/joic.12342.
- [40] Kherad B, Köhncke C, Spillmann F, et al. Postprocedural radial artery occlusion rate using a sheathless guiding catheter for left ventricular endomyocardial biopsy performed by transradial approach [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2016,16(1):253.

- DOI: 10.1186/s12872-016-0432-y.
- [41] Yoon W, Kwon WK, Choudhri O, et al. Complications following transradial cerebral angiography : an ultrasound follow-up study [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017,61(1):51-59. DOI: 10.3340/jkns.2017.0209.
 - [42] Palaparti R, Koduru GK, Palaparthi S, et al. Radial artery pseudoaneurysms treated by ultrasound-guided differential compression: an effective and simple method[J]. *Heart Views*, 2019,20(2):60-64. DOI: 10.4103/HEARTVIEWS.HEARTVIEWS_67_18.
 - [43] Bernat I, Aminian A, Pancholy S, et al. Best practices for the prevention of radial artery occlusion after transradial diagnostic angiography and intervention: an international consensus paper [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019,12(22):2235-2246. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.07.043.
 - [44] 杨胜利. "经桡动脉介入诊疗后桡动脉闭塞最佳预防国际共识"解读[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2020,12(1):1-4. DOI: 10.3969/j. issn. 1674-4055. 2020.01.01.
 - [45] 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.
 - [46] Spaulding C, Lefèvre T, Funck F, et al. Left radial approach for coronary angiography: results of a prospective study[J]. *Cathet Cardiovasc Diagn*, 1996,39(4):365-370. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0304(199612)39:4<365::AID-CCD8>3.0.CO;2-B.
 - [47] Sgueglia GA, Di Giorgio A, Gaspardone A, et al. Anatomic basis and physiological rationale of distal radial artery access for percutaneous coronary and endovascular procedures[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018,11(20):2113-2119. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.04.045.
 - [48] Gasparini GL, Garbo R, Gagnor A, et al. First prospective multicentre experience with left distal transradial approach for coronary chronic total occlusion interventions using a 7 Fr Glidesheath Slender[J]. *EuroIntervention*, 2019,15(1):126-128. DOI: 10.4244/EIJ-D-18-00648.
 - [49] 《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]. *中国介入性心脏病学杂志*, 2020,28(12):667-674. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2020.12.002.
 - [50] Hoffman H, Bunch KM, Mikhailova T, et al. Comparison of the safety, efficacy, and procedural characteristics associated with proximal and distal radial access for diagnostic cerebral angiography [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022,31(1):106204. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106204.
 - [51] Hadjivassiliou A, Cardarelli-Leite L, Jalal S, et al. Left distal transradial access (ldTRA): a comparative assessment of conventional and distal radial artery size [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2020,43(6):850-857. DOI: 10.1007/s00270-020-02485-7.
 - [52] Ranwa BL, Priti K. Transulnar versus transradial access as a default strategy for percutaneous coronary intervention[J]. *Heart Views*, 2019,20(4):152-157. DOI: 10.4103/HEARTVIEWS.HEARTVIEWS_96_18.
 - [53] Dossani RH, Waqas M, Tso MK, et al. Safety and feasibility of ulnar artery access for neuroangiography and neurointervention: a case series [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021,13(2):109-113. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016416.
 - [54] Manzoor MU, Almulhim IA, Alrashed AA, et al. Common ground, different path: ulnar artery access for interventional neurovascular procedures[J]. *Interv Neuroradiol*, 2022,28(4):463-468. DOI: 10.1177/15910199211040280.
 - [55] Hadley C, Srinivasan V, Burkhardt JK, et al. Forming the simmons catheter for cerebral angiography and neurointerventions via the transradial approach-techniques and operative videos[J]. *World Neurosurg*, 2021,147:e351-e353. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.12.054.
 - [56] Yan D, Zhu B, Li Q, et al. Application of pigtail catheter tailing combined with long-wire swapping technique in cerebral angiography via the right radial artery[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020,99(39):e22309. DOI: 10.1097/MD.00000000000022309.
 - [57] Zussman BM, Tonetti DA, Stone J, et al. Maturing institutional experience with the transradial approach for diagnostic cerebral arteriography: overcoming the learning curve[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019,11(12):1235-1238. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-014920.
 - [58] Tso MK, Rajah GB, Dossani RH, et al. Learning curves for transradial access versus transfemoral access in diagnostic cerebral angiography: a case series[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022,14(2):174-178. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017460.
 - [59] Ge B, Wei Y. Comparison of transfemoral cerebral angiography and transradial cerebral angiography following a shift in practice during four years at a single center in China[J]. *Med Sci Monit*, 2020,26:e921631. DOI: 10.12659/MSM.921631.
 - [60] Al Saiegh F, Sweid A, Chalouhi N, et al. Comparison of transradial vs transfemoral access in neurovascular fellowship training: overcoming the learning curve[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2021,21(1):E3-E7. DOI: 10.1093/ons/opab018.
 - [61] Sweid A, Das S, Weinberg JH, et al. Transradial approach for diagnostic cerebral angiograms in the elderly: a comparative observational study [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020,12(12):1235-1241. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016140.
 - [62] 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.
 - [63] Choi DH, Yoo CJ, Park CW, et al. Four French sheath-based transradial cerebral angiographies in the elderly: a single neurointerventionalist's experience[J]. *Interv Neuroradiol*, 2022:15910199221083102. DOI: 10.1177/15910199221083102. [published online ahead of print].
 - [64] Bhatia K, Guest W, Lee H, et al. Radial vs. femoral artery access for procedural success in diagnostic cerebral angiography : a randomized clinical trial[J]. *Clin Neuroradiol*, 2021,31(4):1083-1091. DOI: 10.1007/s00062-020-00984-1.
 - [65] Ho HH, Jafary FH, Ong PJ. Radial artery spasm during transradial cardiac catheterization and percutaneous coronary intervention: incidence, predisposing factors, prevention, and management[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2012,13(3):193-195. DOI: 10.1016/j.carrev.2011.11.003.
 - [66] Dzierwiez A, Siudak Z, Rakowski T, et al. Transradial access and the risk of periprocedural stroke [J]. *Am Heart J*, 2017,186:e5-e6. DOI: 10.1016/j.ahj.2017.01.014.
 - [67] Sirker A, Kwok CS, Kotronias R, et al. Influence of access site choice for cardiac catheterization on risk of adverse neurological events: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am Heart J*, 2016,181:107-119. DOI: 10.1016/j.ahj.2016.06.027.
 - [68] Rosencher J, Chaïb A, Barbou F, et al. How to limit radial artery spasm during percutaneous coronary interventions: the spasmolytic agents to avoid spasm during transradial percutaneous coronary interventions (SPASM3) study[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014,84(5):766-771. DOI: 10.1002/ccd.25163.
 - [69] Kiemenij 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.
 - [70] Chen CW, Lin CL, Lin TK, et al. A simple and effective regimen for prevention of radial artery spasm during coronary catheterization [J]. *Cardiology*, 2006,105(1):43-47. DOI: 10.1159/000089246.
 - [71] Kwok CS, Rashid M, Fraser D, et al. Intra-arterial vasodilators

- to prevent radial artery spasm: a systematic review and pooled analysis of clinical studies[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2015, 16(8):484-490. DOI: 10.1016/j.carrev.2015.08.008.
- [72] Pancholy SB, Patel GA, Shah SC, et al. Vascular complications of the wrist: prevention and management[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2020, 9(1):87-97. DOI: 10.1016/j.iccl.2019.08.002.
- [73] Abecassis IJ, Saini V, Crowley RW, et al. The Rist radial access system: a multicenter study of 152 patients[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(4):403-407. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017739.
- [74] 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.
- [75] Hanaoka Y, Koyama JI, Yamazaki D, et al. Transradial quadraxial system for coil embolization of distal anterior cerebral artery aneurysms: a radial-first center case series and literature review[J]. *J Neuroradiol*, 2022, 49(2):169-172. DOI: 10.1016/j.neurad.2021.09.002.
- [76] Kühn AL, Satti SR, Eden T, et al. Anatomic snuffbox (distal radial artery) and radial artery access for treatment of intracranial aneurysms with fda-approved flow diverters[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(3):487-492. DOI: 10.3174/ajnr.A6953.
- [77] Weinberg JH, Sweid A, Hammoud B, et al. A comparative study of transradial versus transfemoral approach for flow diversion[J]. *Neuroradiology*, 2021, 63(8):1335-1343. DOI: 10.1007/s00234-021-02672-4.
- [78] 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.
- [79] Khandelwal P, Majmundar N, Rodriguez GJ, et al. Dual-center study comparing transradial and transfemoral approaches for flow diversion treatment of intracranial aneurysms[J]. *Brain Circ*, 2021, 7(2):65-70. DOI: 10.4103/bc.bc_38_20.
- [80] Sweid A, Starke RM, Herial N, et al. Transradial approach for the treatment of brain aneurysms using flow diversion: feasibility, safety, and outcomes[J]. *J Neurosurg Sci*, 2019, 63(5):509-517. DOI: 10.23736/S0390-5616.19.04761-1.
- [81] Dahm JB, van Buuren F, Hansen C, et al. The concept of an anatomy related individual arterial access: lowering technical and clinical complications with transradial access in bovine- and type-III aortic arch carotid artery stenting[J]. *Vasa*, 2011, 40(6):468-473. DOI: 10.1024/0301-1526/a000150.
- [82] 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.
- [83] Erben Y, Meschia JF, Heck DV, et al. Safety of the transradial approach to carotid stenting[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022, 99(3):814-821. DOI: 10.1002/ccd.29912.
- [84] Ruzsa Z, Nemes B, Pintér L, et al. A randomised comparison of transradial and transfemoral approach for carotid artery stenting: RADCAR (RADial access for CARotid artery stenting) study[J]. *EuroIntervention*, 2014, 10(3):381-391. DOI: 10.4244/EIJV10I3A64.
- [85] Berkhemer OA, Fransen PS, Beumer D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(1):11-20. DOI: 10.1056/NEJMoa1411587.
- [86] Campbell BC, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(11):1009-1018. DOI: 10.1056/NEJMoa1414792.
- [87] Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(11):1019-1030. DOI: 10.1056/NEJMoa1414905.
- [88] Saver JL, Goyal M, Bonafe A, et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(24):2285-2295. DOI: 10.1056/NEJMoa1415061.
- [89] Jovin TG, Chamorro A, Cobo E, et al. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(24):2296-2306. DOI: 10.1056/NEJMoa1503780.
- [90] Haussen DC, Nogueira RG, DeSousa KG, et al. Transradial access in acute ischemic stroke intervention[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8(3):247-250. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011519.
- [91] Cho HW, Jun HS. Can transradial mechanical thrombectomy be an alternative in case of impossible transfemoral approach for mechanical thrombectomy? A single center's experience[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2021, 64(1):60-68. DOI: 10.3340/jkns.2020.0240.
- [92] Scoco AN, Addepalli A, Zhu S, et al. Trans-carotid and trans-radial access for mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2020, 12(6):e8875. DOI: 10.7759/cureus.8875.
- [93] 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.
- [94] 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.
- [95] 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.
- [96] Siddiqui AH, Waqas M, Neumaier J, et al. Radial first or patient first: a case series and meta-analysis of transradial versus transfemoral access for acute ischemic stroke intervention[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13(8):687-692. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-017225.
- [97] 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.
- [98] Shaban S, Rastogi A, Phuyal S, et al. The association of transradial access and transfemoral access with procedural outcomes in acute ischemic stroke patients receiving endovascular thrombectomy: a meta-analysis[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2022, 215:107209. DOI: 10.1016/j.clineuro.2022.107209.
- [99] 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.
- [100] Maciejewski D, Tekieli Ł, Kablak-Ziembicka A, et al. Transradial approach for vertebral artery stenting[J]. *Postępy Kardiol Interwencyjnej*, 2015, 11(1):32-36. DOI: 10.5114/pwki.2015.49182.
- [101] Yip HK, Youssef AA, Chang WN, et al. Feasibility and safety of transradial arterial approach for simultaneous right and left vertebral artery angiographic studies and stenting[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2007, 30(5):840-846. DOI: 10.1007/s00270-007-9051-4.
- [102] 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: 10.1177/15910199-16628321.

(收稿:2022-08-15)

(本文编辑:张学锋)