

经桡动脉入路行神经介入诊疗的研究进展

朱孟彩¹, 朱小雷², 孙 静³, 梁 玉^{4*}

¹兰山区中医院神经内科, 山东 临沂

²义堂中心卫生院神经内科, 山东 临沂

³兰陵县人民医院康复医学科, 山东 临沂

⁴山东第二医科大学附属临沂市人民医院神经内科三病区, 山东 临沂

收稿日期: 2025年10月27日; 录用日期: 2025年11月19日; 发布日期: 2025年12月1日

摘 要

经桡动脉入路(transradial approach, TRA)是神经介入治疗中一种全新的通路, 并随着医疗环境的改变和患者要求的日益提高逐渐展现出其特有的优势。近些年人们的关注点越来越多地转向TRA, 相关研究也已完成或正在进行。本文就经桡动脉入路行神经介入治疗的发展历史、学习难度、患者选择、不同疾病的运用以及并发症等方面进行归纳综述。

关键词

经桡动脉入路, 卒中, 神经介入治疗, 临床疗效

Research Progress on Neurointerventional Diagnosis and Therapy via the Transradial Approach

Mengcai Zhu¹, Xiaolei Zhu², Jing Sun³, Yu Liang^{4*}

¹Department of Neurology, Lanshan District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Linyi Shandong

²Department of Neurology, Yitang Central Health Center, Linyi Shandong

³Department of Rehabilitation Medicine, Lanling County People's Hospital, Linyi Shandong

⁴Department of Neurology, Linyi People's Hospital Affiliated to Shandong Second Medical University, Linyi Shandong

Received: October 27, 2025; accepted: November 19, 2025; published: December 1, 2025

Abstract

The transradial approach (TRA) is a relatively new access route in neurointerventional therapy,

*通讯作者。

文章引用: 朱孟彩, 朱小雷, 孙静, 梁玉. 经桡动脉入路行神经介入诊疗的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 269-278. DOI: 10.12677/acm.2025.15123407

which is increasingly demonstrating its unique advantages due to evolving clinical environments and rising patient expectations. In recent years, focus has progressively shifted towards TRA, with numerous related studies completed or currently underway. This article provides a comprehensive review of the history, learning curve, patient selection, application in various diseases, and complications of neurointerventional procedures performed via the transradial approach.

Keywords

Transradial Approach, Stroke, Neurointervention, Clinical Efficacy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脑血管病凭借其高发病率和高不良预后率成为每一个国家或地区都头疼的医疗安全问题。同时其也带来沉重的经济负担和财政压力。而对于脑血管病的诊疗中处于关键地位的就是借助数字减影学血管造影系统从而实现脑血管病诊断及治疗的神经介入技术。而其最主要的步骤就是经皮行动脉穿刺并置入动脉鞘,这也是后续所有操作的基础[1]。神经介入的传统入路为股动脉入路(transfemoral approach, TFA),其具有穿刺难度低,技术发展历史悠久且成熟以及器械选择更丰富等优点。而随着技术的进步以及患者要求的不断提高,一种全新的入路选择——桡动脉入路(transradial approach, TRA)进入了人们的视野。

早在上世纪 90 年代,就已经有杂志对 TRA 在冠状动脉介入领域的诊疗进行了相关的报道[2]。之后的日子里,TRA 的安全性和有效性不断被大量的前瞻性随机临床试验及荟萃研究所证实[3]-[6]。并且 TRA 逐渐被包括美国心脏病学会、欧洲心脏病学会等权威机构推荐为冠脉介入的首选入路方式[7][8]。而与冠脉介入诊疗中的蓬勃发展不同,TRA 在神经诊疗中的发展存在着明显的滞后。在 1997 年由 Cowling 等人首次对 TRA 行神经介入诊疗进行了报道。而随后的相关研究多为回顾性的观察类研究,并且也未得到大面积的推广和广泛认同。近些年随着介入技术的发展、神经介入器械的进步,以及医疗环境的改变和患者要求的提高,TRA 受到更多临床介入医生的关注并且在神经介入领域的应用也逐渐增加。2022 年,多项经桡动脉行神经介入诊疗中国专家共识[1][9]的发布,为 TRA 在神经介入诊疗中提供了标准化的指导,并且连续两年世界卒中大会均展示了关于 TRA 在神经介入诊疗领域的积极结果[10],极大地推广了其临床上的应用。本文将从 TRA 的解剖学特点及优劣势、在神经介入诊疗中的有效性和安全性以及学习曲线等方面进行综述。

2. TRA 的解剖学特点

桡动脉起源于肘窝,大约在桡骨颈的水平,从肱动脉分出后,向着桡骨外侧向下走行于前臂的桡侧,并与尺动脉一并作为肱动脉的两个终支。桡动脉在起始部附近发出桡侧反动脉,并参与构成肘关节动脉网;而在腕部则发出腕掌支和玩背支,是腕部动脉网的重要组成部分。同时在桡动脉转入手背前发出掌浅支,与尺动脉的终支吻合形成掌浅弓,供济手掌的大部分区域;同时桡动脉的终末段发出的拇主要动脉是掌深弓的重要分支,主要负责供应拇指相应血弓。同时需要警惕部分患者的桡动脉存在解剖变异的情况发生,比较常见的有桡动脉高位起源于腋动脉或肱动脉中段或者是桡动脉在走行中形成环状或襻状

结构,因此如果不能及时准确判断桡动脉走行情况,就会增加穿刺难度甚至导致穿刺失败。手掌部供血主要由桡动脉和尺动脉来负责,除了主要分支相互交织供血外,桡动脉和尺动脉还会发出众多的侧支循环来供济手掌及手背部分,因此及时桡动脉因穿刺受损甚至闭塞,手部出现缺血坏死的概率依旧较低。在患者术前会使用 Allen 或 Barbeau 试验来验证患者的手部供血情况[11]进而为穿刺提供参考信息。同时目前有部分研究[12]表明术前的 Allen 或 Barbeau 试验不是必须的。同样一项随机对照试验[13]的结果显示,术前进行改良 Allen 试验和 Barbeau 试验,即使实验结果显示异常也不能有效预测不良事件同时也不会增加术后手部缺血风险。既往不推荐对桡/尺动脉畸形或闭塞的患者经桡动脉入路行神经介入诊疗,但是近期相关研究显示[14],可以通过选择合适的桡动脉鞘或者通过远端桡动脉来行神经介入手术。但是这就需要术前对患者手掌部血管行超声检查。相对于评估试验,有条件的中心在术前对手部血管行超声检查,不仅能够更加直观的反应桡动脉和尺动脉的血管状况和走行,还可以较准确地测量血管内径,从而选择尺寸更加合适的动脉鞘来行神经介入诊疗。

3. 入路的选择

神经介入首选入路方式为 TFA,而对于股动脉先天性发育畸形、股动脉闭塞、髂主动脉异常、特殊主动脉弓形(牛弓、III 型弓等)等存在解剖学异常或者是过度肥胖等原因无法长期卧床、对舒适性及隐私性要求较高以及孕妇等特殊患者来说,通过传统的 TFA 可能无法实现快速有效的再通。因此当遇到这种情况时,选择一种新的入路有可能会是更好的选择。

澳大利亚神经介入外科标准和指南委员会[15]因对于 TFA 来说 TRA 具有先天性的解剖学优势(大部分椎动脉的常规起点经桡动脉可以直接进入)而主张在后循环血栓切除术中使用一线经桡动脉入路。同时有一项小样本量的回顾性研究[16]认为,对于后循环大血管闭塞的患者来说,TRA 可以实现血管的快速再通。TRA 主要分为右侧 TRA、左侧 TRA 以及远端 TRA (distal transradial approach, dTRA)。介入医生应根据实际情况来选择不同的桡动脉入路方式。当右侧椎动脉优势且责任病变为后循环的椎-基底动脉,选择右侧 TRA 无需在主动脉弓成袢,可以更加快速的到达责任血管。而如果患者存在迷走右侧锁骨下动脉畸形,那么选择左侧桡动脉则可能更有利于器械更快到位进行治疗。左侧 TRA 的穿刺手法、进针角度以及患者左侧手掌的体位均与右侧 TRA 不同,因此可能会导致穿刺成功率下降以及桡动脉痉挛。根据临床经验,左侧 TRA 穿刺时可以将患者的手置于腹部而不是传统的患者躯体一侧进行穿刺,有利于增加患者及术者的舒适度[17]。

近年来, dTRA 随着 TRA 的发展备受人们的关注。远端桡动脉因其由桡动脉及掌深动脉双侧供血,因此即使穿刺后导致桡动脉痉挛、血流受阻,但依旧可以触及搏动[18],并且闭塞率更低,成功率越高。但是与近端桡动脉内径相比,远端桡动脉大概缩小了 20% [19],这也就增加了穿刺难度以及血管痉挛的可能。一项纳入不同人种的研究发现,同时有研究认为不同性别、不同人种中远端桡动脉的内径不尽相同,差异为 $(1.7 \pm 0.5) \sim (2.4 \pm 0.5) \text{ mm}$ [19]。一项回顾性研究指出, dTRA 的穿刺时间与 TRA 相比明显延长 $(4.69 \pm 1.53 \text{ vs } 3.82 \pm 1.17 \text{ min}, P < 0.05)$ 。另外一项前瞻性研究也证实,对于全脑血管造影来说, dTRA 与 TRA 相比, dTRA 的穿刺时间 $(P = 0.008)$ 明显延长且穿刺次数 $(P = 0.002)$ 明显增加,但是 dTRA 组的患者舒适度更高,相关并发症的发生率更低。因为造影机摆放、患者平躺时的体位以及术者的操作角度等原因,对于左侧 TRA 诊疗的患者来说,选择 dTRA 可以明显增加患者手部的舒适度,并且可以减少术者弯腰的角度并且减少手术曝光时间[20]。尽管 dTRA 的桡动脉闭塞率更低、患者舒适度更佳并且能够减少术中曝光时间,但是其穿刺难度更大且学习周期更长[18],并且缺乏相关前瞻性临床研究来证实其安全性和有效性。

因此不论是右侧桡动脉、左侧桡动脉或者是远端桡动脉,术中需要根据自身经验以及患者病情来选择最有利的入路,不可过于执着于某一种入路方式。

4. TRA 在神经介入诊疗中的优缺点

4.1. TRA 的优点

(1) 桡动脉位置表浅且相对固定,尤其是在腕部仅被皮肤和浅筋膜覆盖,易于触及、穿刺置管及术后的压迫止血。(2) 桡动脉具有丰富的侧支循环,同时人体前臂和手部由桡动脉和尺动脉双重供血,因此桡动脉损伤甚至闭塞一般不会出现手掌或前臂因缺血而坏死的情况[21]。(3) 桡动脉并发症少,严重并发症更少。一项关于纳入 17 项研究的关于并发症的荟萃研究[22]表示,TRA 的穿刺部位并发症的发生率仅为 1.8% (49/2767),而 TFA 的穿刺部位并发症的发生率为 3.2% (168/5222),TRA 显著小于 TFA,两组差异具有明显统计学意义(OR: 0.42; 95% CI: 0.25~0.68, $P < 0.001$, $I^2 = 31\%$)。另外一项荟萃研究[23]也表明,与 TFA 组相比,TRA 组出血并发症发生率明显下降,两组间差异具有统计学意义(2.0%比 7.8%; OR = 0.27, $P < 0.001$)。(4) 患者舒适度及隐私性更高。TRA 无需暴露患者隐私部位,穿刺点疼痛更轻,所需压迫止血时间更短,并且无需长时间的绝对卧床,患者的舒适性能够得到更好的保证[24]。(5) 住院时间更短,医疗成本更低。多项研究[25]-[27]均指出对 TRA 和 TFA 进行了广泛的探讨。与 TFA 相比,TRA 已被证明可减少住院时间、及住院总费用。一项纳入 926 例患者的回顾性研究[28]表明,与传统的 TFA 相比 TRA 的成本更低,尤其是在出现并发症的时候,TRA 的平均成本与 TFA 相比甚至可以降低 73% ($\$10,170 \pm 6320$ vs $\$2706 \pm 3806$)。

4.2. TRA 的缺点

(1) 与传统股动脉入路相比,桡动脉血管直径显著缩小,因此部分大口径导管无法通过。(2) 桡动脉管径细小穿刺难度较高,并且其血管平滑及含有丰富的含 α -1 肾上腺素能受体,多次穿刺会导致血管痉挛延缓手术进展严重者会导致入路更换或手术失败[29]。(3) 桡动脉存在解剖变异,会出现血管十分迂曲或者是桡动脉袢及锁骨下动脉袢等变异。(4) 虽然目前已上市部分经桡动脉入路专用器械,但可供选择的有限,比如目前普及率较高的 Simmons 系列的导管头端及长度和硬度等均服务于 TFA,用而与 TRA 不尽适配。(5) 学习难度大,学习曲线更长[30]。Tso [31]等对 5 名神经介入医生进行了观察研究,发现 5 名医生学习曲线相当,均需 25~50 例患者方可熟练进行全脑血管造影。Saiegh 等人研究发现[32] TFA 需要平均 55 例患者可以熟练掌握脑血管造影,而 TRA 则需要平均 78.6 例患者才可以熟练掌握脑血管造影。同时对比了两组的透视时间、手术时间以及造影剂的用量,证实操作熟练、经验丰富的术者可能能够从 TRA 中获益。并且 TRA 需要熟练的弓上成型技术,其与 TFA 不尽相同,因此熟练掌握 TFA 技术的术者可能更难熟练掌握 TRA 技术[1]。

5. TRA 在神经介入诊疗中的应用

5.1. 脑血管造影

全脑数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)具有较高的分辨率和准确性,是脑血管病诊断的金标准。DSA 的传统入路方式为股动脉入路,但是存在着并发症较多,患者需要较长的绝对卧床时间及舒适度差等固有弊端。而桡动脉入路则是一种全新的选择。一项连续纳入 500 例 DSA 患者的回顾性研究指出经桡动脉行 DSA 的成功率可以高达 96.2%。另外一项前瞻性研究将 TRA 与传统的股动脉入路进行了对比,证实了 TRA 行脑血管造影的成功率不弱于 TFA (97%:99%)。但是如果患者出现解剖学变异(桡动脉环、大直径的主动脉弓或者是双锁骨下无名动脉曲线等),则 TRA 行脑血管造影的难度就会增加。多项研究均指出,TRA 可以有效减少并发症的发生。一项研究纳入 233 例 TRA 行 DSA 的患者,TRA 组总体并发症发生率较低,围手术期仅 2 例患者出现症状性桡动脉痉挛,并且未出现医源性并发症

(如血管夹层、中风和出血)。另外一项研究指出的 TRA 组的并发症仅为 0.49%，远低于 TFA 组的 1.0%，且经桡动脉入路组的感染率也较低的同时，提出与传统 TFA 组众多严重并发症(腹股沟血肿、腹膜后血肿、假性动脉瘤)相比，TRA 极少出现严重的血管损伤、神经系统并发症等，因此从严重并发症的角度来说，TRA 是具有较明显优势的。

Tso [31]等对 5 名神经介入医生进行了观察研究，发现 5 名医生学习曲线相当，均需 25~50 例患者方可熟练进行全脑血管造影。而 Saiegh [32]等则是对比了 TRA 组与 TFA 组的透视时间、手术时间以及造影剂的多少，结果证实没有手术经验医生，与 TFA 相比 TRA 行脑血管造影需要更多的手术量方可熟练掌握。同时 Wilkinson [33]等发现，TRA 的学习曲线是可以克服的。初期 TRA 操作的透视时间较长(5.0 min/血管)，但随着经验积累(约 60~100 例后)，时间可降至与 TF 相当(3.4 min/血管)，甚至更短。同时标准化的操作技术(如超声引导下穿刺、使用药物预防血管痉挛等)均可缩短学习曲线，提高成功率。

5.2. 机械取栓术

机械取栓术作为急性大血管闭塞缺血性卒中的一线治疗方案，其血管入路的选择对手术效率、并发症及患者预后具有重要影响。传统经股动脉入路(TFA)因血管管径较大、操作熟悉度高，长期以来是神经介入领域的标准选择，但近年来经桡动脉入路(TRA)凭借其独特优势逐渐受到关注。

1) 对于前循环行机械取栓术来说，一项纳入 13 项观察性研究和 1 项随机临床试验，总共纳入 4074 例患者的荟萃研究[34]表示，TRA 组和 TFA 组在成功再通率、手术时间、症状性颅内出血以及死亡率未观察到显著差异，但是 TRA 组的穿刺部位并发症发生率显著更低(OR = 0.57; 95% CI: 0.37~0.88; P = 0.01)。2024 年一项前循环、随机化、非劣效性研究[10]证实，与 TFA 相比，TRA 具有不劣于 TFA 的疗效及安全性。此外，一些研究[35]-[38]表明 TRA 可缩短手术时间、降低费用和缩短住院时间。并且相关经验进行了总结，如果病变为右侧的颈内动脉系统病变，那么 TRA 建立通路可以无需在主动脉弓上成袢而直接超选进入右侧的颈内动脉系统，从而实现血管的快速再通。如果病变部位为右侧颈内动脉系统时，则优先考虑 TFA 行机械取栓术。同时 TRA 取栓还受到患者血管的解剖结构的影响，当患者为特殊弓形、或桡动脉与弓上动脉的夹角过于大时，可能会使建立的通路支撑性不足而导致取栓器械无法到位。但是有相关研究[39]指出，对于存在牛型主动脉弓的左侧前循环大血管急性闭塞的患者，经右侧桡动脉入路能够建立更稳定的输送系统，从而缩短手术时间和更快的再通。一项单中心回顾性研究验证了这个观点，TRA 组与 TFA 组相比手术时间缩短(34.0 ± 15.6 min vs 58.1 ± 34.6 min)，两组间差异具有统计学意义(P = 0.01)；TRA 组总透视时间更短(13.8 ± 9.4 min vs TFA: 29.5 ± 18.0 min; P = 0.03)。3 个月的良好预后率两组间差异虽无统计学差异(P = 0.06)，但是 TRA 组 mRS 为 0~1 分占比更高(38.5% vs 7.69%)。但是经 TRA 行机械取栓术有一个无所逃避的问题就是桡动脉鞘的尺寸较小，所能容纳导管因尺寸问题所能提供的抽吸力有限。同时有些术者为了提高取栓成功率以及防止血栓逃逸而在术中使用球囊导引导管来辅助取栓，但是对于特殊弓形(III 型弓)的患者来说，即便采取无鞘技术来增加可能性，但是大部分时候器械依旧无法到位[40]。

2) 对于后循环行机械取栓术来说，一项纳入了 7 项关于急性后循环大血管闭塞性缺血性卒中研究的荟萃分析[41]指出，与传统股动脉入路相比，TRA 具有更高的血管再通率(98.69%患者实现了血管再通，52.16%患者实现了完全血管再通)和更短的手术时间(平均时间为 29.19 分钟)，并且显示出早期较好的良好预后率(56.84%)。一项为期 12 个月的前瞻性研究[42]指出，对于后循环大血管闭塞的患者 TRA 行机械取栓术具有更短的手术时间、更好的预后以及更低的并发症发生率。也正是因为既往研究的发表，澳大利亚神经介入外科标准和指南委员会最建议将 TRA 作为行后循环机械取栓术的一线入路选择。同时有一项小样本量的回顾性研究[16]指出，TRA 组的穿刺至血管再通时间明显短于经股动脉途径组(29.2 ± 17.6 :

63.9 ± 56.7 min), 经桡动脉途径为后循环急性栓塞闭塞的血管再通提供了一种安全、有效且更快的血管内途径。在 2024 年, 一项回顾性[43]研究指出, 对于后循环大血管闭塞行机械取栓术来说, TRA 组与 TFA 组在血管再通率、术后并发症以及预后方面无明显差异, 并且患者住院天数更短、穿刺点并发症更少, 并且该研究结果在中国研究型医院学会举办的中国介入神经病学大会 2024 暨第 20 届脑血管高峰论坛上进行了展示汇报。有研究[44]认为鉴于桡动脉入路相对于股动脉入路在 BAO 机械血栓切除术中的固有优势, 桡动脉入路应考虑作为首选方法。虽然经桡动脉入路的理论优势明显, 但关于后循环经不同入路行机械取栓术的研究多为小样本量的回顾性观察研究, 这就导致不管是临床研究本身还是事后的荟萃分析, 都更容易受到混杂因素的影响并削弱了得出明确因果结论的能力。但是据了解目前东部战区总医院朱武生教授正在开展一项多中心、前瞻性、随机化、非劣效性临床试验(RACE BAO)正在有序开展。希望有更多的研究能够取得理想的结果并且为后循环经桡动脉行机械取栓术提供级别更高的循证学依据。

5.3. 颅内动脉瘤

既往对于动脉瘤的治疗常规入路为 TFA, 而随着神经介入器械的发展, 尤其是 TRA 相关器械的问世, 使得经桡动脉入路治疗动脉瘤成为了可能。常规术式主要包括单纯弹簧圈填塞、支架辅助弹簧圈填塞、使用血流导向装置重建血流等方式。一项回顾性单中心观察性研究[45]表明, 由于弓上血管的解剖学结构, 使得 TRA 行动脉瘤治疗与传统 TFA 不尽相同, 但是 TRA 行动脉瘤治疗的安全性和有效性是能够得到保证的, 并且相关并发症明显减少。另外有研究[46]表示, 与 TFA 相比, TRA 行血管内治疗颅内动脉瘤同样安全、可行, 且围手术期患者舒适度明显改善。在一项多中心回顾性研究[47]中, 研究者使用倾向性评分匹配对 413 例患者的数据进行了分析, 研究者发现两组再通率差异无统计学意义。在相似的治疗效果下, TFA 组通路并发症的总发生率明显更高, 发生率为 15% (95% CI: 7.8%~25.3%), 而 TRA 组仅为 1.6% (95% CI: 0.3%~8.6%; $P = 0.02$)。研究者认为这些发现支持采用 TRA 来替代传统 TFA 行动脉瘤的血管内治疗。另外一项纳入 24 项研究的荟萃分析[48]指出, TRA 行动脉瘤血管内治疗的成功率高达 91.06%, 失败的大部分多是因桡动脉痉挛、颈动脉弯曲以及术前未进行血管造影以明确解剖变异导致的失败。并且该研究还表明, TRA 具有很高的安全性, 本研究中的 1193 例手术中仅报告了 25 例并发症。值得注意的是, 血栓形成、出血和穿刺部位并发症的发生率均低于 1%。目前相关研究大多为回顾性研究, 具有不可避免的局限性和较低级的循证学依据, 并且不同地区的器械种类和尺寸不尽相同, 这就导致不同术者的器械选择千差万别, 这也是 TRA 行动脉瘤血管内治疗无法大面积推广的原因。目前虽有 TRA 专用导引导管上市, 但是其安全性及有效性尚未得到有力证据, 因此, 经桡动脉治疗颅内动脉瘤依旧任重而道远。

5.4. 颈动脉支架

传统 TFA 行颈动脉支架植入术时, 因颈动脉与锁骨下动脉的解剖学结构, 两者之间产生的夹角导致颈动脉支架置入时所需要的导引导管或长鞘的走向处于相反的方向[49], 这就会使得整体传输系统的稳定性和安全性降低, 尤其是当介入器械质地较硬或抗折性及抗椭圆化较弱时, 严重的甚至会使保护伞及支架的移位, 从而导致手术的失败和血管的损伤。而 TRA 则可在一定程度上减少相应的风险。一项多中心前瞻性随机化研究[50]表明, 不管是 TRA 还是 TFA, 均可以高成功率的进行颈动脉支架植入术, 并且并发症均较低。但是必须值得注意的是 TRA 的入路转换率明显高于 TFA, 两者之间的差异具有统计学意义(10%: 1.5%, $P < 0.05$)。并且 TRA 的辐射剂量显著更高(195 [129~274]: 148 [102~237] Gy*cm², $P < 0.05$)。同时一项纳入 9 项研究, 7513 例颈动脉支架置入术患者的荟萃分析指出, 两组患者在支架置入成功率、穿刺点并发症、安全性指标以及住院时间方面差异均无统计学意义, 但是 TRA 的入路转换率也是明显增

加的。同时有研究表示[51] [52], 对于存在特殊弓形的患者(如牛弓), 与 TRA 相比 TFA 的手术时间会显著增加 $[(8.6 \pm 0.87):(11.4 \pm 1.25) \text{ min}]$, 同时成功率更高(100% vs. 90%)。安全性方面两组间差异无统计学意义。随着神经介入器械的进步, 6F 桡动脉鞘以及 7F 薄壁长鞘可以容纳大多数颈动脉支架, 使得经桡动脉行颈动脉支架置入成为可能。但是需要注意到是, 目前尚无较高级别的循证学依据来证实其安全性和有效性。因此对于经桡动脉行颈动脉支架置入术, 需要依靠术者经验并结合包括桡动脉直径、锁骨下动脉与颈动脉血管解剖、患者基本状态以及可接受曝光剂量等多种情况进行综合分析评估。

6. 结论及未来展望

综上所述, 随着科学技术的发展和各种神经介入器械的问世, TRA 已逐渐应用于各种神经介入诊疗中, 其安全性和有效性也得到了充分的验证。并且 TRA 也从仅仅作为 TFA 失败的备选方案变成如今综合考虑下的首选入路和部分临床医生的心头好。但是其固有存在的穿刺难度较大、学习曲线较长等弊端以及推广力度欠佳, 可选用器械不足等客观条件依旧极大地限制了 TRA 的发展。因此我们也希望未来能够有更多的系统性的经桡动脉入路培训班的出现以及在国内外相关论坛上出现更多关于 TRA 的声音。同时也希望对于 TRA 专用器械(薄壁鞘、导引导管/抽吸导管以及取栓支架等)的研发能够尽可能加速并早日投入到临床使用。在大力推动经桡动脉神经介入诊疗的同时, 应该尽可能做到权衡利弊、综合考虑来选择合适的入路, 要坚决杜绝为经桡而经桡情况的发生。

参考文献

- [1] 刘锐, 代成波, 韩红星, 等. 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): 63-73.
- [2] Jolly, S.S., Amlani, S., Hamon, M., Yusuf, S. and Mehta, S.R. (2009) 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. *American Heart Journal*, **157**, 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2008.08.023>
- [3] Krittanawong, C., Uppalapati, L., Virk, H.U.H., Qadeer, Y.K., Irshad, U., Wang, Z., et al. (2024) Complications of Radial vs Femoral Access for Coronary Angiography and Intervention: What Do the Data Tell Us? *The American Journal of Medicine*, **137**, 483-489. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2024.02.022>
- [4] Valgimigli, M., Gagnor, A., Calabró, P., Frigoli, E., Leonardi, S., Zaro, T., et al. (2015) Radial versus Femoral Access in Patients with Acute Coronary Syndromes Undergoing Invasive Management: A Randomised Multicentre Trial. *The Lancet*, **385**, 2465-2476. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)60292-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)60292-6)
- [5] Hess, C.N., Peterson, E.D., Neely, M.L., Dai, D., Hillegass, W.B., Krucoff, M.W., et al. (2014) The Learning Curve for Transradial Percutaneous Coronary Intervention among Operators in the United States: A Study from the National Cardiovascular Data Registry. *Circulation*, **129**, 2277-2286. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.006356>
- [6] Jolly, S.S., Yusuf, S., Cairns, J., Niemelä, K., Xavier, D., Widimsky, P., et al. (2011) Radial versus Femoral Access for Coronary Angiography and Intervention in Patients with Acute Coronary Syndromes (RIVAL): A Randomised, Parallel Group, Multicentre Trial. *The Lancet*, **377**, 1409-1420. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)60404-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)60404-2)
- [7] Lawton, J.S., Tamis-Holland, J.E., Bangalore, S., et al. (2022) 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, **145**, e4-e17.
- [8] Neumann, F.J., Sousa-Uva, M., Ahlsson, A., et al. (2019) 2018 ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularization. *European Heart Journal*, **40**, 87-165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
- [9] 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.
- [10] Hernandez, D., Requena, M., Olivé-Gadea, M., de Dios, M., Gramegna, L.L., Muchada, M., et al. (2024) Radial versus Femoral Access for Mechanical Thrombectomy in Patients with Stroke: A Noninferiority Randomized Clinical Trial. *Stroke*, **55**, 840-848. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.124.046360>
- [11] Zalocar, L.A.D., Doroszuk, G. and Golland, J. (2020) Transradial Approach and Its Variations for Neurointerventional Procedures: Literature Review. *Surgical Neurology International*, **11**, Article 248.

- https://doi.org/10.25259/sni_366_2020
- [12] 张涛, 于嘉, 方伟, 等. 中国神经介入穿刺建立专家共识[J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(9): 637-649.
- [13] Golamari, R. and Gilchrist, I.C. (2021) Collateral Circulation Testing of the Hand—Is It Relevant Now? A Narrative Review. *The American Journal of the Medical Sciences*, **361**, 702-710. <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.12.001>
- [14] Luther, E., Chen, S.H., McCarthy, D.J., Nada, A., Heath, R., Berry, K., *et al.* (2021) Implementation of a Radial Long Sheath Protocol for Radial Artery Spasm Reduces Access Site Conversions in Neurointerventions. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **13**, 547-551. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-016564>
- [15] Kayan, Y., Meyers, P.M., Prestigiacomo, C.J., Kan, P. and Fraser, J.F. (2019) Current Endovascular Strategies for Posterior Circulation Large Vessel Occlusion Stroke: Report of the Society of Neurointerventional Surgery Standards and Guidelines Committee. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **11**, 1055-1062. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-014873>
- [16] Maud, A., Khatri, R., Chaudhry, M., *et al.* (2019) Transradial Access Results in Faster Skin Puncture to Reperfusion Time than Transfemoral Access in Posterior Circulation Mechanical Thrombectomy. *Journal of Vascular and Interventional Neurology*, **10**, 53-57.
- [17] Luther, E., McCarthy, D., Silva, M., Nada, A., Strickland, A., Chen, S., *et al.* (2020) Bilateral Transradial Access for Complex Posterior Circulation Interventions. *World Neurosurgery*, **139**, 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.03.221>
- [18] Brunet, M., Chen, S.H., Sur, S., McCarthy, D.J., Snelling, B., Yavagal, D.R., *et al.* (2019) Distal Transradial Access in the Anatomical Snuffbox for Diagnostic Cerebral Angiography. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **11**, 710-713. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-014718>
- [19] Cao, G., Cai, H. and Cao, J. (2022) Advancement in Coronary Angiography or Percutaneous Coronary Intervention Using the Distal Transradial Artery Access in Acute Coronary Syndrome and Complex Coronary Artery Disease. *The Anatolian Journal of Cardiology*, **26**, 163-171. <https://doi.org/10.5152/anatoljcardiol.2021.933>
- [20] Hoffman, H., Bunch, K.M., Mikhailova, T., Cote, J.R., Kumar, A.A., Masoud, H.E., *et al.* (2022) Comparison of the Safety, Efficacy, and Procedural Characteristics Associated with Proximal and Distal Radial Access for Diagnostic Cerebral Angiography. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **31**, Article 106204. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106204>
- [21] Kwon, W.K., Yoon, W., Kwon, T., Kim, J.H., Jung, H., Ahn, J., *et al.* (2018) Transradial Access for Cerebrovascular Angiography: Evaluation of Palmar Collateral Circulation with Hand Angiography and Its Correlation with Allen Test. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **164**, 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2017.10.035>
- [22] Schartz, D., Akkipeddi, S.M.K., Ellens, N., Rahmani, R., Kohli, G.S., Bruckel, J., *et al.* (2022) Complications of Transradial versus Transfemoral Access for Neuroendovascular Procedures: A Meta-Analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **14**, 820-825. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-018032>
- [23] Zhou, W.J., Jin, X., Xu, C., *et al.* (2023) Trans-Radial versus Trans-Femoral Approach for Cerebral Angiography: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Wideochirurgia i inne techniki maloinwazyjne*, **18**, 235-243.
- [24] Stone, J.G., Zussman, B.M., Tonetti, D.A., Brown, M., Desai, S.M., Gross, B.A., *et al.* (2020) Transradial versus Transfemoral Approaches for Diagnostic Cerebral Angiography: A Prospective, Single-Center, Non-Inferiority Comparative Effectiveness Study. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **12**, 993-998. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-015642>
- [25] Chiarito, M., Cao, D., Nicolas, J., Roumeliotis, A., Power, D., Chandiramani, R., *et al.* (2021) Radial versus Femoral Access for Coronary Interventions: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **97**, 1387-1396. <https://doi.org/10.1002/ccd.29486>
- [26] 施超杰, 宋泽, 张小兵, 等. 经右侧桡动脉入路与右侧股动脉入路行全脑数字减影血管造影术的有效性及安全性[J]. 临床医学研究与实践, 2025, 10(31): 94-97.
- [27] Catapano, J.S., Ducruet, A.F., Koester, S.W., Cole, T.S., Baranoski, J.F., Rutledge, C., *et al.* (2021) Propensity-Adjusted Cost Analysis of Radial versus Femoral Access for Neuroendovascular Procedures. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **13**, 752-754. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-016728>
- [28] Atallah, E., El Naamani, K., Momin, A.A., Abbas, R., Jain, P., Hunt, A., *et al.* (2024) Transradial versus Transfemoral Access Routes for Diagnostic Cerebral Angiography: A Large Single-Center Comparative Cost-Analysis Study. *Journal of Neurosurgery*, **140**, 1328-1334. <https://doi.org/10.3171/2023.9.jns23941>
- [29] Brunet, M.C., Chen, S.H. and Peterson, E.C. (2020) Transradial Access for Neurointerventions: Management of Access Challenges and Complications. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **12**, 82-86. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-015145>
- [30] Patel, T., Shah, S., Pancholy, S., Deora, S., Prajapati, K., Coppola, J., *et al.* (2014) Working through Challenges of

- Subclavian, Innominate, and Aortic Arch Regions during Transradial Approach. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **84**, 224-235. <https://doi.org/10.1002/ccd.25418>
- [31] Tso, M.K., Rajah, G.B., Dossani, R.H., Meyer, M.J., McPheeters, M.J., Vakharia, K., *et al.* (2022) Learning Curves for Transradial Access versus Transfemoral Access in Diagnostic Cerebral Angiography: A Case Series. *Journal of Neuro-Interventional Surgery*, **14**, 174-178. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017460>
- [32] Al Saiegh, F., Sweid, A., Chalouhi, N., Philipp, L., Mouchtouris, N., Khanna, O., *et al.* (2021) Comparison of Transradial vs Transfemoral Access in Neurovascular Fellowship Training: Overcoming the Learning Curve. *Operative Neurosurgery*, **21**, E3-E7. <https://doi.org/10.1093/ons/opab018>
- [33] Wilkinson, D.A., Majmundar, N., Catapano, J.S., Fredrickson, V.L., Cavalcanti, D.D., Baranoski, J.F., *et al.* (2022) Transradial Cerebral Angiography Becomes More Efficient than Transfemoral Angiography: Lessons from 500 Consecutive Angiograms. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **14**, 397-402. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017391>
- [34] Aemaz, U.R.M., Ebaad, U.R.M., Rehman, A.U., *et al.* (2025) Efficacy and Safety of Transradial versus Transfemoral Access for Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Interventional Neuroradiology*, **2025**, Article 290549023.
- [35] Chen, S.H., Snelling, B.M., Sur, S., Shah, S.S., McCarthy, D.J., Luther, E., *et al.* (2019) Transradial versus Transfemoral Access for Anterior Circulation Mechanical Thrombectomy: Comparison of Technical and Clinical Outcomes. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **11**, 874-878. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2018-014485>
- [36] Khanna, O., Velagapudi, L., Das, S., Sweid, A., Mouchtouris, N., Al Saiegh, F., *et al.* (2021) A Comparison of Radial versus Femoral Artery Access for Acute Stroke Interventions. *Journal of Neurosurgery*, **135**, 727-732. <https://doi.org/10.3171/2020.7.jns201174>
- [37] Phillips, T.J., Crockett, M.T., Selkirk, G.D., Kabra, R., Chiu, A.H.Y., Singh, T., *et al.* (2021) Transradial versus Transfemoral Access for Anterior Circulation Mechanical Thrombectomy: Analysis of 375 Consecutive Cases. *Stroke and Vascular Neurology*, **6**, 207-213. <https://doi.org/10.1136/svn-2020-000624>
- [38] Almansi, A., Alqato, S., Yassin, M.N.A., Taher, L.H., Batarseh, S.F. and Nashwan, A.J. (2024) Transradial versus Transfemoral Artery Access in Mechanical Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **246**, Article 108585. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2024.108585>
- [39] Maud, A., Moreno, J.H., Sherif, F.G., Chaudry, M.R., Gupta, V., Khatri, R., *et al.* (2022) Transradial Access Results in Faster Recanalization in Left Anterior Circulation Stroke with Bovine Arch Anatomy. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology*, **2**, e243. <https://doi.org/10.1161/svin.121.000243>
- [40] Feler, J., Hagan, M.J., Shaaya, E., Anderson, M., Poggi, J., Chuck, C., *et al.* (2022) Safety of Sheathless Transradial Balloon Guide Catheter Placement for Acute Stroke Thrombectomy. *World Neurosurgery*, **165**, e235-e241. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.06.016>
- [41] Kobeissi, H., Ghazy, S., Liu, M., Adusumilli, G., Bilgin, C., Kadirvel, R., *et al.* (2022) Mechanical Thrombectomy via Transradial Approach for Posterior Circulation Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, **14**, e26589. <https://doi.org/10.7759/cureus.26589>
- [42] Crockett, M.T., Selkirk, G.D., Chiu, A.H.Y., Singh, T.P., McAuliffe, W. and Phillips, T.J. (2020) First Line Transradial Access for Posterior Circulation Stroke Intervention; Initial 12-Month Experience at a High Volume Thrombectomy Center. *Journal of Clinical Neuroscience*, **78**, 194-197. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.04.069>
- [43] 梁玉, 伊鑫, 王浩, 等. 急性后循环大血管闭塞经桡动脉入路与经股动脉入路行血管内治疗的效果分析[J]. 中国脑血管病杂志, 2024, 21(11): 759-766.
- [44] Oselkin, M., Satti, S., Sundararajan, S., Kung, D., Hurst, R. and Pukenas, B. (2017) Endovascular Treatment for Acute Basilar Thrombosis via a Transradial Approach. *Interventional Neuroradiology*, **24**, 64-69. <https://doi.org/10.1177/1591019917733709>
- [45] 叶建锋, 汪志忠, 艳方, 等. 经桡动脉入路介入治疗颅内动脉瘤的疗效[J]. 中国临床神经外科杂志, 2025, 30(5): 277-282.
- [46] 张超勇, 滑祥廷, 范奎, 等. 远端桡动脉路径 DSA 指导下弹簧圈栓塞介入治疗颅内动脉瘤疗效及安全性评价[J]. 转化医学杂志, 2024, 13(3): 431-433+450.
- [47] Horiuchi, K., Fuga, M., Tachi, R., Ishibashi, T., Aoki, K., Kato, N., *et al.* (2025) Safety and Efficacy of Transradial versus Transfemoral Access in Coil Embolization of Unruptured Intracranial Aneurysms: One-Year Outcomes from a Multicenter Propensity Score-Matched Cohort. *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 589. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03746-0>
- [48] Alkhars, H., Haq, W., Al-Tayeb, A. and Sigounas, D. (2022) Feasibility and Safety of Transradial Aneurysm Embolization:

-
- A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, **165**, e110-e127.
<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.05.112>
- [49] 温兴铸. 经右桡动脉入路与股动脉入路行颈动脉腔内介入诊治的随机对照研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 第二军医大学, 2017.
- [50] El Naamani, K., Khanna, O., Syal, A., Momin, A.A., Abbas, R., Amllay, A., *et al.* (2023) A Comparison of Outcomes between Transfemoral versus Transradial Access for Carotid Stenting. *Neurosurgery*, **93**, 445-452.
<https://doi.org/10.1227/neu.0000000000002437>
- [51] Burzotta, F., Nerla, R., Pirozzolo, G., Aurigemma, C., Niccoli, G., Leone, A.M., *et al.* (2015) Clinical and Procedural Impact of Aortic Arch Anatomic Variants in Carotid Stenting Procedures. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **86**, 480-489. <https://doi.org/10.1002/ccd.25947>
- [52] Gao, B.L., Xu, G.Q., Wang, Z.L., *et al.* (2018) Transradial Stenting for Carotid Stenosis in Patients with Bovine Type and Type III Aortic Arch: Experience in 28 Patients. *World Neurosurgery*, **111**, e661-e667.
<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.12.138>