

股前外侧穿支皮瓣术前CT血管成像扫描及重建方案研究

张婷婷, 钟朝辉, 张奥博, 程晓悦, 王振常

Study on Preoperative CT Angiography Scanning and Reconstruction Plan for Anterolateral Thigh Perforator Flap

ZHANG Tingting, ZHONG Chaohui, ZHANG Aobo, CHENG Xiaoyue, and WANG Zhenchang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2024.156>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

两段式对比剂注射结合团注跟踪技术在肺动脉CTA检查中的应用研究

Study of Two-stage Injection of Contrast Agent in Combination with Bolus Tracking Technique in Computed Tomography Pulmonary Angiography
CT理论与应用研究. 2023, 32(4): 531-538

个性化造影剂注射方案在提升肺动脉CTA生物应用安全性的价值研究

Study on the Value of Individualized Contrast Agent Injection Scheme in Improving the Biosafety of Pulmonary Artery CTA
CT理论与应用研究. 2021, 30(6): 777-783

多期双流团注技术在冠脉CTA中评价右心室功能的应用

Application of Multi-stage Double-flow Mass Injection Technique in Evaluating Right Ventricular Function in Coronary CTA
CT理论与应用研究. 2020, 29(2): 229-240

基于KARL 3D迭代重建算法双低检查技术在支气管动脉成像中的临床价值

Clinical Value of Double Low Examination Technique Based on KARL 3D Iterative Reconstruction Algorithm in Bronchial Artery Imaging
CT理论与应用研究. 2021, 30(6): 753-760

低管电压结合迭代重建在下肢动脉CT血管成像中的临床应用

Clinical Application of Low Tube Voltage Combined with Iterative Reconstruction in Lower Extremity Arterial CTA
CT理论与应用研究. 2020, 29(1): 55-60

双低剂量联合迭代重建在不同BMI患者CTA的应用

Low Contrast Dose and Low Tube Voltage Combined with Adaptive Iterative Reconstruction in Abdominal CT Angiography in Patients with Different BMI

CT理论与应用研究. 2019, 28(1): 73-79



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

张婷婷, 钟朝辉, 张奥博, 等. 股前外侧穿支皮瓣术前 CT 血管成像扫描及重建方案研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(6): 661-668. DOI:10.15953/j.ctta.2024.156.

ZHANG T T, ZHONG C H, ZHANG A B, et al. Study on Preoperative CT Angiography Scanning and Reconstruction Plan for Anterolateral Thigh Perforator Flap[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(6): 661-668. DOI:10.15953/j.ctta.2024.156. (in Chinese).

股前外侧穿支皮瓣术前 CT 血管成像扫描及重建方案研究

张婷婷^a, 钟朝辉^a, 张奥博^b, 程晓悦^a, 王振常^{a✉}

首都医科大学附属北京友谊医院 a) 放射科; b) 耳鼻喉科, 北京 100050

摘要: 目的: 股前外侧皮瓣是一种用于头颈部缺损重建的多功能骨干皮瓣, 其穿支血管的位置、走向和来源评估对制定合理的手术计划中至关重要。小视野 (Small FOV) 技术可以缩小重建视野, 增加图像分辨率, 提升对穿支血管显示的空间分辨率; 双阶段造影剂注射法增强末梢血管的充盈压力; 多平面重建 (MPR) 对感兴趣区域进行冠状位重组, 观察旋股外动脉远端各皮支血管分布; 曲面重建 (CPR) 生成穿支血管的曲面图像, 将穿支血管曲面路径与旋股外动脉主干容积成像图像融合, 确定穿支血管的位置及其走行。本研究旨在通过各种计算机断层血管造影 (CTA) 扫描和后处理技术提高皮瓣穿支血管的可视化。方法: 研究组为我院耳鼻喉头颈外科于 2018 年 1 月至 2021 年 8 月对 13 例头颈部肿瘤术后缺损患者行皮瓣术前 CTA 改进扫描方案。对照组选取首都医科大学附属北京友谊医院放射科 2020 年 9 月至 2023 年 4 月, 为进行双下肢动脉 CT 非能谱血管成像检查的 13 例患者, 股动脉及其分支血管无明显病变。对两组血管成像质量进行主观评价, 并对旋股外动脉的对比噪声比 (CNR) 和信噪比 (SNR) 进行客观评价。结果: 研究组 SNR 较对照组稍高, 但两组差别无统计学意义。研究组 CNR 均值为 18.25 ± 7.38 , 对照组 CNR 均值为 7.26 ± 2.64 , 研究组 CNR 明显高于对照组, 两组差别有统计学意义。研究组与对照组图像质量主观评价无差异。研究组术前行 CTA 上检测到的穿支血管 100% 在手术中得到证实。结论: 多种技术综合应用增加皮支血管与周围组织的对比, 获得满意的 CT 图像质量, 提高图像分析的准确性, 给临床医生分析供血血管的位置、走行和来源提供了更好的技术支持。

关键词: 多平面重建; 曲面重建; 穿支动脉; 小 FOV 技术; 双阶段造影剂注射法

DOI:10.15953/j.ctta.2024.156 中图分类号: R814 文献标识码: A

自 1984 年股外侧皮瓣用于头颈肿瘤术后修复以来, 穿支皮瓣 (anterolateral thigh, ALT) 技术在修复外科领域日益受到关注。其优势在于能提供面积较大的皮瓣、筋膜、肌肉和直径适宜的长血管蒂, 便于血管吻合。穿支皮瓣移植要求获得纤薄、柔韧且血管丰富的皮瓣, 并在移植后保留皮瓣组织的神经支配、血管化和肌肉功能。在术中, 术者需将穿支皮瓣与周围皮肤完全分离, 仅保留供血大动脉的一个或两个穿支滋养动脉。然而, 由于穿支血管的解剖结构存在个体差异, 术前准确定位可靠的穿支血管对手术的安全规划至关重要。

皮瓣血管的术前影像学评估是预测个体血管解剖特征、优化术后皮瓣功能和提高手术成功率的关键手段。目前, 主要有几种成像方法可用于术前评估, 包括超声、数字减影血管造影、计算机断层血管造影 (computed tomography angiography, CTA) 和磁共振血管造影。超声由于无法提供三维立体图像, 且评估结果依赖于操作者的经验, 因此应用受限^[1-2]; 数字减影血管造影属于有创检查, 同样存在局限性; 磁共振血管造影因扫描时间较长, 日常用于皮瓣血管评估的应用较少。相比之下, CTA 具有成像速度快、薄层扫描、空间分辨率高等优势, 能够直观地显示血管走向及其与其他解剖结构的关系, 在显示穿支血管方面具有明显优势^[3-4]。

随着 CT 设备的更新、扫描技术的优化以及图像后处理技术的精进, 目前已有多种方法用来提高对穿支皮瓣血管的显示能力。小视野 (small field of view, Small FOV) 技术可以缩小重建范围,

收稿日期: 2024-07-29。

基金项目: 首都卫生发展科研专项重点攻关项目 (基于超高分辨力 CT 的耳科影像学新体系创建及应用 (首发 2022-1-1111))。

增加图像分辨率;造影剂注射方案也会影响血管显示效果;CTA 的后处理技术如多平面重建 (multi planar reformation, MPR) 和曲面重建 (curved multi planar reformation, CPR), 能够进一步提高血管显示质量。

本研究综合应用能谱 CT 技术、小视野 (small FOV) 技术、改进造影剂注射方案、及 CTA 图像后处理等技术, 旨在增强穿支血管与周围组织的对比度。比较 CTA 所获得的穿支血管信息 (包括位置、走向及起源) 与术中皮瓣区域的实际情况, 并设立对照组, 探讨显示穿支血管的最佳 CTA 扫描和重建方案, 以期为临床皮瓣移植手术提供有效的参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取首都医科大学附属北京友谊医院耳鼻喉头颈外科 2018 年 1 月至 2021 年 8 月收治的 13 例患者。患者中, 男性 11 例, 女性 2 例, 年龄范围为 41~78 岁, 平均年龄为 (58 ± 11) 岁。所有患者术前均完成旋股外侧动脉 (lateral circumflex femoral artery, LCFA) CTA 扫描。

纳入标准: 头颈部肿瘤广泛切除后, 导致复杂组织缺陷, 需进行组织修复或肌肉功能重建的患者。排除标准: ① 因肾功能衰竭或对造影剂有不良反应而未行术前 CTA 的患者; ② 因外周血管疾病而不适合行穿支皮瓣手术的患者; ③ 术中数据收集不完整的患者。

对照组选取首都医科大学附属北京友谊医院放射科 2020 年 9 月至 2023 年 4 月进行双下肢动脉 CT 非能谱血管成像检查的 13 例患者。对照组中, 男性 12 例, 女性 1 例, 年龄为 37~73 岁, 平均年龄为 (59 ± 10) 岁。影像检查结果显示股动脉及其分支血管无明显病变。

本研究方案已通过首都医科大学北京友谊医院伦理委员会批准 (2022-P2-149-01)。所有患者均签署书面知情同意书。

1.2 研究方法

(1) 研究组。采用 GE revolution 宽体探测器 CT 扫描仪, 并使用宝石能谱技术 (gemstone spectral imaging, GSI)。扫描参数: 转速 0.5 s/r, 自动毫安调节, 螺距 0.992:1, 重建算法 ASIR-V 50%。扫描范围为自肾动脉上极至足尖。扫描前, 在患者双腿表面以髂嵴线中点为中心使用金属标记线标记穿支血管位置。

造影剂注射方案。使用碘海醇或碘伏 (350 mgI/mL) 按 0.8 mL/kg 注射, 流速为 5 mL/s。随后注射 50 mL 生理盐水 (70%) 与造影剂 (30%) 的混合物, 流速为 4 mL/s。

重建方法。扫描后, 以单腿为中心重建小视野数据, 并将其传输至后处理工作站 (ADW 4.7, GE)。提取 50 keV 单能图像进行图像重组, 采用曲面重建技术 (CPR) 与容积重建技术 (volumetric reconstruction, VR)。在三维工作站载入数据后, 首先去除骨骼结构, 并完成股动脉及旋股外动脉主干的容积成像沿旋股外动脉主干方向进行冠状位多平面重组 (MPR), 层厚 2 mm, 层间隔 1 mm, 观察旋股外动脉远端各皮支血管分布。

手动识别穿支血管路径, 勾画穿支血管长轴以获得曲面图像, 追踪至可见的穿支终点。在轴位图像标记并定位穿肌点, 最后将穿支血管曲面图像与旋股外动脉主干容积成像图像融合, 确定穿支血管穿肌点与体表金属定位线的相对位置 (图 1)。

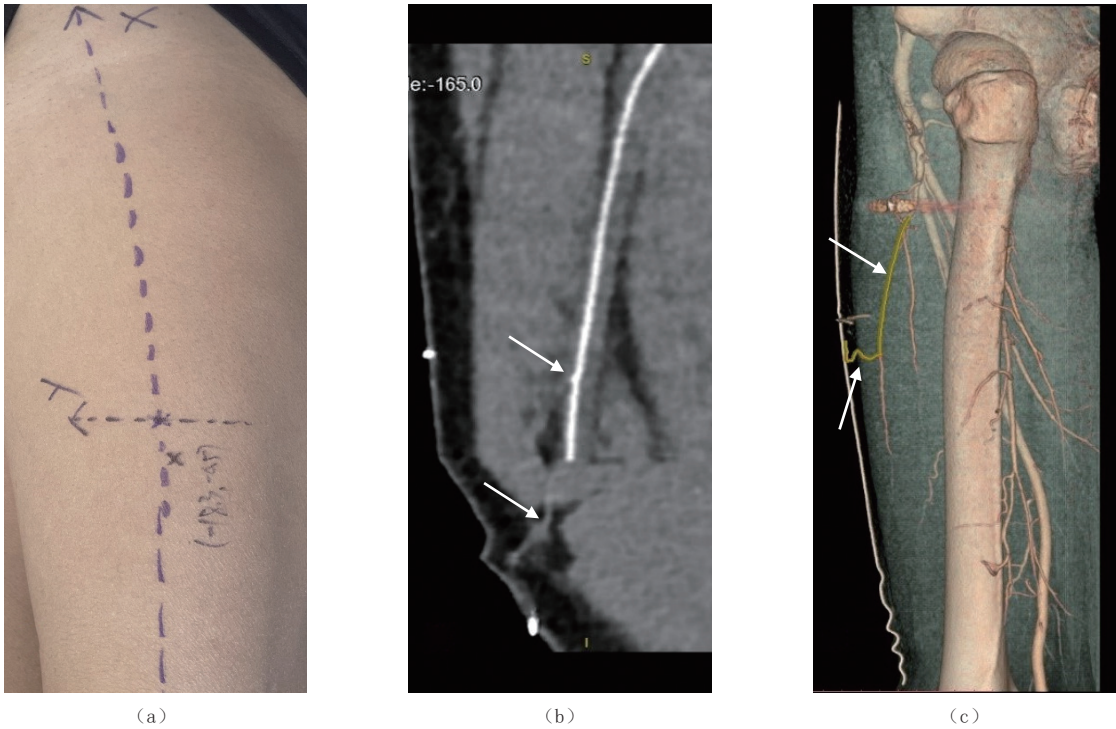
术中对照。研究组在术中将 CTA 标记的穿支体表位置与实际情况进行对比, 评估 CTA 对穿支位置、路线及起源的准确性。

(2) 对照组。使用同样的 CT 扫描仪。扫描参数: 转速 0.5 s/r, 自动毫安调节, 螺距 0.992:1, 重建算法 ASIR-V 50%。扫描范围与研究组一致。造影剂注射方案为两阶段: 第 1 阶段注射碘海醇或碘伏 (350 mgI/mL), 剂量 0.8 mL/kg, 流速 5 mL/s。第 2 阶段注射 40 mL 生理盐水, 流速 4 mL/s。

重建方法。扫描后将数据传至后处理工作站 (ADW 4.7, GE), 进行容积成像并去除骨骼结构, 完

成股动脉及旋股外动脉主干的容积成像。

主观评价。由两位医师独立分析旋股外动脉的影像，医师甲从业 20 年的副主任医师；医师乙从业 10 年的主治医师。两者在不知分组及彼此评分的情况下，分别使用 3 分制标准对图像质量进行评分。3 分：图像对比度高，血管边缘锐利，远端分支清晰；2 分：图像对比度一般，血管边缘模糊，远端分支显示一般；1 分：图像对比度差，血管边缘粗糙，远端分支显示不佳。



注：(a) 体表定位，(b) 曲面重建显示穿支血管走形（起止点未显示），(c) 曲面路径与容积重建融合，体现皮支血管走形。
虚线箭头为旋股外动脉降支主干，实线箭头为 keguan 穿支动脉。

图 1 三维重建定位主要方法
Fig.1 Primary Methods of 3D Reconstruction and Localization

客观评价。在旋股外动脉及周围肌肉组织区域勾画感兴趣区 (ROI)，测量 CT 值及标准差，得出图像噪声。对相邻层面测量 3 次，取平均值。肌肉组织的 ROI 面积为 $(100 \pm 10) \text{ mm}^2$ 。血管 ROI 面积为管腔的 2/3。计算旋股外动脉的信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR) 对比噪声比 (CNR)。

旋股外动脉SNR = 旋股外动脉CT值/旋股外动脉噪声，(1)

旋股外动脉CNR = (旋股外动脉CT值 - 肌肉CT值)/肌肉噪声。(2)

1.3 统计方法

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据处理与分析。对病例组与对照组 SNR 及 CNR 的差异进行 Shapiro-Wilk 检验，结果显示数据符合正态分布，并通过方差齐性检验。

用独立样本 *t* 检验比较病例组与对照组 SNR 及 CNR 的差异，以 $P < 0.05$ 表示有统计学意义。病例组与对照组主观评分分布不符合正态分布，采用 Mann-Whitney U 检验比较两组间主观评分的差异，以 $P < 0.05$ 表示有统计学意义。

2 结果

研究组 SNR 较对照组稍高，但两组差别无统计学意义。研究组 CNR 均值为 18.25 ± 7.38 ，对照

组 CNR 均值为 7.26 ± 2.64 , 将研究组与对照组的 CNR 进行独立样本 t 检验, 结果研究组 CNR 明显高于对照组, 两组差别有统计学意义 (表 1)。

表 1 研究组及对照组图像客观评价
Table 1 Objective evaluation of image quality in study and control groups

客观评价	组别		统计检验	
	研究组 (13 例)	对照组 (13 例)	t	P
SNR (均值 $\pm$ 标准差)	3.98 ± 1.43	3.67 ± 1.93	0.464	0.647
CNR (均值 $\pm$ 标准差)	18.25 ± 7.38	7.26 ± 2.64	5.063	0.000

分别对研究组及对照组图像进行主观评分, 结果显示: 研究组 1 分的 3 例, 2 分的 4 例, 3 分的 6 例; 对照组 1 分的 7 例, 2 分的 2 例, 3 分的 4 例。采用 Mann-Whitney U 检验比较研究组与对照组主观评价的差异, 结果两组差别无统计学意义 (表 2)。

表 2 研究组及对照组图像主观评价
Table 2 Subjective image scoring for study and control groups

主观评价	组别		统计检验	
	研究组 (13 例)	对照组 (13 例)	Z	P
1 分	3	7	-1.316	0.188
2 分	4	2		
3 分	6	4		

研究组术前在 CTA 上检测到的穿支血管均在手术中得到了证实^[5]。所有病例的 CTA 与术中所见穿支坐标点距离均 $< 5\text{ mm}$ (表 3)。

表 3 CTA 测量与术中穿支血管对比
Table 3 Comparison of CTA measurements using intraoperative perforator vessels

患者	CTA 识别穿支数量/个	术中发现穿孔数量/个	CTA 与术中发现穿支坐标点距离/mm
1	1	2	1.1
2	2	3	1.1, 1.3
3	1	1	1.0
4	2	3	0.4, 0.4
5	2	2	0.6, 0.4
6	2	2	0.6, 0.1
7	2	2	0.9, 1.3
8	1	2	1.1
9	1	1	0.4
10	2	2	0.7, 0.6
11	2	2	0.7, 0.1
12	1	2	0.4
13	1	1	0.9

3 讨论

皮瓣供血区由于穿支血管损伤而引发的缺血坏死, 是股前外侧皮瓣手术的主要并发症之一^[6]。术前通过个性化血管分析制定合理的手术方案至关重要, 其中, 最关键的一步是准确预测皮瓣供血血管的位置、路径和来源。过去 20 多年来, 随着穿支皮瓣技术的提出和广泛应用, 外科医生愈发重视术前对皮瓣供血血管的检测, 以减少供区损伤并获得更好的治疗效果, 从而制定更加科学的手术计划。

计算机断层扫描血管造影(CTA)的临床应用日益精确和全面,在皮瓣外科术前设计中的作用也愈发重要。大量研究已经证实了 CTA 检查的精准性和有效性。田皞等^[6]研究表明,在准备游离股前外侧皮瓣时,通过术前 CTA 观察动脉走行可提高皮支血管识别的准确率,增加皮瓣制备的成功率,并减少供瓣区的创伤^[7]。Kuo 等^[8]和马振中^[9]的研究也证实,CTA 用于腹壁下深动脉穿支和股前外侧穿支手术的术前成像,能够改善手术结果并缩短手术时间。

在本研究中,我们详细标记并测量了髂嵴线的长度、降支进肌点的位置、皮瓣穿支血管的数量、直径、位置、类型、来源及皮瓣血管蒂的长度。通过 CTA 技术,医生可以在术前充分掌握旋股外侧血管系统的解剖结构,评估逆行股前外侧皮瓣的种类,并判断皮瓣切取的可行性,从而依据患者的具体血管情况制定个性化的手术方案。

本研究结合体表标记、曲面重组与容积重组技术,将穿支血管的三维结构投影到皮肤表面,形成二维图像。通常情况下,穿支血管包绕在皮下脂肪中,密度对比明显,路径清晰。然而,多数肿瘤患者由于体重减轻、脂肪减少,导致穿支血管与周围肌肉及筋膜的密度对比下降,显示困难。此外,大腿表面高度弯曲,需通过多个倾斜平面操控三维数据,使穿支血管穿肌点的显示更加复杂。旋股外动脉降支直径通常为 1~2 mm,增强后与周围肌肉对比不明显,而穿支血管在皮下脂肪中行走路径较为清晰。

我们利用最大密度投影技术定位皮下合适的穿支动脉,并通过曲面重组技术逆向追踪血管中轴线,连接不同平面的血管,展示降支动脉的完整路径及形态。最后,将重建路径融入腿部容积成像中,清晰显示降支及穿支血管与其他结构的关系。Markham 等^[10]的研究表明,曲面重组技术有助于术前确定心脏旁路移植的长度和轨迹,减少手术中的不确定性与风险,提升手术的准确性和成功率。

以往研究多通过 CTA 图像的虚拟参考线定位穿支,容易产生误差。由于 ALT 皮瓣通常从深筋膜下方采集,穿支血管穿入深筋膜的位置尤为关键。本研究通过在患者大腿表面贴敷钽线纱布,建立体表与 CTA 图像均可见的坐标系。扫描后,根据钽线标记的体表坐标并结合重建图像,精确确定深筋膜穿肌点的位置。在本研究中,术前 CTA 识别的 21 个穿肌点在手术中均得到验证,所有穿支坐标点与术中实际发现的距离均小于 5 mm(表 3)。

能谱 CT 的能谱成像技术(gemstone spectral imaging, GSI)生成 40~140 keV 的 101 个单能量图像(monochromatic, Mono)。李英豪等^[11]的研究表明,在下肢动脉 CTA 检查中,最佳单能量图像较 64 排螺旋 CT 能显著提高对远端小血管的显示能力。选取低 keV 图像可以提高组织的对比噪声比(CNR),从而改善对穿支血管的显示效果。

在观察股外侧大腿的穿支血管时,既往研究通常在股外侧动脉充分充盈造影剂后进行显示。如果造影剂充盈不足,穿支血管的对比度会下降,影响后续的重建分析。反之,造影剂过量可能增加患者的肾脏负担。本研究采用双阶段造影剂注射法,首次注射用于充盈主要血管,随后注射生理盐水以增强皮瓣支血管的充盈压力,从而提高末梢血管的显示质量^[12-13]。

常规 CT 扫描视野较大,难以准确观察穿支血管的边缘结构,因此,显示穿支血管出肌点及其在皮下脂肪中的走行存在一定难度。李晶晶等^[14]的研究表明,相比常规视野,小视野扫描可减少因金属支架形成的硬化伪影像素体积,降低噪音对支架腔内影像的影响。王鑫宏等^[15]的研究表明,局部放大重建可以提高肺小结节诊断的准确性。叶国伟等^[16]研究也表明,小视野扫描技术能够更好地展示沟槽状胰腺炎的特征,从而更加细致地评估病灶及胰管的结构,提高诊断水平。本文研究发现,缩小重建视野(FOV)并进行局部放大重建,可以减小重建像素,提高穿支血管的空间分辨率。

4 结论

本研究结果显示,通过对病例组及对照组的信噪比(SNR)及对比噪声比(CNR)进行统计分析,发现病例组的 CNR 明显高于对照组,两组差异具有统计学意义,表明病例组的图像对比信噪比较度明显优于对照组。此外,研究还对两组图像进行了主观评价,采用 3 分制进行评价,结果显示病例

组的 1 分 3 例, 2 分 4 例, 3 分 6 例; 对照组的 1 分 7 例, 2 分 2 例, 3 分 4 例。这表明病例组在穿支血管显示的主观评价上, 获得高分的比例明显多于对照组。然而, 统计分析显示两组的 SNR 及主观评价差异无统计学意义, 我们认为这可能与研究样本量较少有关, 若能进一步扩大样本量进行验证, 可能会有更具意义的结果。

研究还表明, 病例组在术前通过 CTA 检测到的穿支血管均在手术中得到了证实, 且所有病例中 CTA 与术中所见穿肌点的坐标点距离均小于 5 mm, 说明此技术为实际手术提供足够的有效穿支血管信息。

综上所述, 多种技术的综合应用有效增强了皮支血管与周围组织的对比度, 获得了满意的 CT 图像质量, 提升了图像分析的准确性, 为临床医生提供了更可靠的技术支持, 有助于更好地分析供血血管的位置、走行和来源。

本研究的局限在于样本量较小, 影响了统计分析的有效性, 未来需通过扩大样本量进一步验证研究结果。

参考文献

- [1] FENG S, MIN P, GRASSETTI L, et al. A prospective head-to-head comparison of color doppler ultrasound and computed tomographic angiography in the preoperative planning of lower extremity perforator flaps[J]. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2016, 137(1): 335-347. DOI:10.1097/PRS.0000000000001895.
- [2] 方利平. 彩色多普勒超声在以旋股外侧动脉斜支为蒂的股前外侧皮瓣定位中的应用[J]. *影像研究与医学应用* 2020, 4(12): 7-8.
FANG L P. Application of color doppler ultrasound in the localization of anterolateral femoral flap with oblique branch of lateral circumflex femoral artery[J]. *Journal of Imaging Research and Medical Applications*. 2020, 4(12): 7-8. (in Chinese).
- [3] 邓小林, 谢惠, 屈亚林, 等. 能谱 CT 最佳单能量成像在胃底静脉曲张出血内镜术前的应用价值[J]. *CT 理论与应用研究*, 2021, 30(5): 603-609. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.05.08.
DENG X L, XIE H, QU Y L, et al. The value of optimal monochromatic spectral CT imaging in gastric variceal bleeding before endoscopic treatment[J]. *CT Theory and Applications*, 2021, 30(5): 603-609. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.05.08. (in Chinese).
- [4] 臧奕恺, 李静, 陆秀良, 等. 能谱 CT 在糖尿病足部动脉成像中小血管的图像质量应用探究[J]. *CT 理论与应用研究 (中英文)*, 2025, 34(1) (待刊). DOI:10.15953/j.ctta.2024.130.
ZANG Y K, LI J, LU X L, et al. Comparison in localization of pancreatic insulinoma by the multiparameter of dual energy spectral CT imaging[J]. *CT Theory and Applications*, 2025, 34(1) (in Press). DOI:10.15953/j.ctta.2024.130. (in Chinese).
- [5] ZHANG A, DONG Y, YUAN S, et al. Preoperative perforator mapping of anterolateral thigh flaps using computed tomographic angiography and visual coordinate system for the reconstruction of head and neck defects[J]. *Ear, Nose, & Throat Journal*, 2022. DOI:10.1177/01455613221108367.
- [6] 田峰, 李赞, 喻建军, 等. CTA 并三维重建技术在指导游离股前外侧皮瓣制备中的应用[J]. *现代肿瘤医学*, 2016, 24(3): 375-379. DOI:10.3969/j.issn.1672-4992.2016.03.010.
TIAN H, LI Z, YU J J, et al. Application of CTA and 3D reconstruction technique in the preparation of the free lateral thigh skin flap[J]. *Journal of Modern Oncology*, 2016, 24(3): 375-379. DOI:10.3969/j.issn.1672-4992.2016.03.010. (in Chinese).
- [7] ROZEN W, RIBUFFO D, ATZENI M, STELLA D, et al. Current state of the art in perforator flap imaging with computed tomographic angiography[J]. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2009, 31(8). DOI:631-639. 10.1007/s00276-009-0484-0.
- [8] KUO L E, BIRD S H, LUBITZ C C, et al. Four-dimensional computed tomography (4D-CT) for preoperative parathyroid localization: A good study but are we using it[J]. *The American Journal of Surgery*, 2022, 223(4): 694-698. DOI:10.1016/j.amjsurg.2021.09.015.
- [9] 马振中. 64 排螺旋 CT 多平面及曲面重建在急性阑尾炎诊断中的价值[J]. *现代医用影像学*, 2021, 30(3): 400-403. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2021.03.002.
MA Z Z. The value of 64-slice spiral CT multiplanar and curved reconstruction in the diagnosis of acute appendicitis[J]. *Modern Medical Imageology*, 2021, 30(3): 400-403. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2021.03.002. (in Chinese).
- [10] MARKHAM J C, EDDLEMAN C S, UHRBROCK D, et al. Bending the curve: Preoperative determination of bypass graft length and trajectory with curved planar reformatted computed tomography angiography: Technical

- note[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70: 327-331. DOI:10.1227/NEU.0b013e318232e119.
- [11] 李英豪, 彭新桂, 金晖, 等. 能谱 CT 最佳单能量图提高下肢动脉造影成像质量研究[J]. *介入放射学杂志*, 2016, (25): 997-1001. DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.11.017.
- LI Y H, PENG X G, JIN H, et al. The improvement of imaging quality of lower extremity angiography with optimal single energy image of spectral CT[J]. *Journal of Interventional Radiology*, 2016, (25): 997-1001. DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.11.017. (in Chinese).
- [12] 孔艳红, 钟朝辉, 张景东, 等. 生理盐水双段注射方法在头颈 CTA 成像检查中的应用研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2019, 18(18): 8-12. DOI:10.3969/j.issn.1671-4695.2019.18.032.
- KONG Y H, ZHONG C H, ZHANG J D, et al. Physiological saline double period of injection method in the application of head and neck CTA imaging studies[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2019, 18(18): 8-12. DOI:10.3969/j.issn.1671-4695.2019.18.032. (in Chinese).
- [13] 原媛, 钟朝辉, 王振常, 等. 单心动周期冠脉 CTA 的个体化三期扫描造影剂注射方案研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2019, 18(5): 97-101.
- YUAN Y, ZHONG Z H, WANG Z C, et al. Study on the application of individualized split-bolus of contrast medium injection protocol in coronary CT angiography[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2019, 18(5): 97-101. (in Chinese).
- [14] 李晶晶, 倪瑞玲, 刘文亚. 不同重组视野影响冠状动脉支架成像质量及支架内再狭窄的初步研究[J]. *临床放射学杂志*, 2015, 34(9): 211-216.
- LI J J, NI R L, LIU W T. A preliminary study of the influence of different reconstruction FOV for coronary stent imaging quality and ISR[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2015, 34(9): 211-216. (in Chinese).
- [15] 王鑫宏, 孙建忠, 胡婷婷, 等. 应用高分辨率 CT 局部放大重建提高肺部小结节结构精准诊断的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(2): 132-137.
- WANG X H, SUN J Z, HU T T, et al. Application of high-resolution CT local augmentation reconstruction to improve the accurate diagnosis of small pulmonary nodule structure[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2020, 54(2): 132-137. (in Chinese).
- [16] 叶国伟, 方旭, 许兵, 等. CT 小视野靶扫描技术在胰腺癌早期诊断中的应用价值[J]. *中华胰腺病杂志*, 2021, 21(1): 26-29. DOI:10.3760/cma.j.cn115667-20200720-00114.

Study on Preoperative CT Angiography Scanning and Reconstruction Plan for Anterolateral Thigh Perforator Flap

ZHANG Tingting^a, ZHONG Chaohui^a, ZHANG Aobo^b,
CHENG Xiaoyue^a, WANG Zhenchang^{a✉}

a).Department of Radiology; b).Department of Otolaryngology,
Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

Abstract: Objective: The anterolateral thigh (ALT) flap is a multifunctional diaphyseal flap used to reconstruct head and neck defects. The location, destination, and source of the perforator vessels are crucial for developing a reasonable surgical plan. The small FOV technique can narrow the reconstruction field, increase image resolution, and enhance the spatial resolution of perforator vessels. The two-stage contrast injection method enhances peripheral vessel filling pressure. Multiplanar reformation (MPR) allows coronal reconstruction of the area of interest permitting observation of the distribution of the distal perforator vessels of the lateral circumflex femoral artery. Curved multiplanar reformation (CPR) generates a curved image of the perforator vessels by integrating the curved path of the perforator vessels with the volume-rendering image of the lateral circumflex femoral artery to determine the location and course of the perforator vessels. This study was performed to improve perforator flap vessel visualization using various computed tomography angiography (CTA) scanning and post-processing techniques. Methods: The study group consisted of 13 patients with head and neck tumor defects who underwent improved preoperative CTA scanning between January 2018 and August 2021 at our hospital's Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery. The control group included 13 patients with no significant lesions in the femoral artery or its branches who underwent non-spectral CT angiography of the bilateral lower extremity arteries between September 2020 and April 2023 at the Radiology Department of Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University. Vascular imaging quality was

subjectively scored, and the contrast-to-noise ratios (CNR) and signal-to-noise ratios (SNR) of the lateral circumflex femoral artery were objectively evaluated. Results: While SNR in the intervention group was slightly higher than that in the control group, no significant difference was observed between the two groups. The average CNR in the study group was 18.25 ± 7.38 , while that in the control group was 7.26 ± 2.64 . The CNR in the study group was significantly higher than that in the control group, with a statistically significant difference between the two groups. No significant difference in subjective image quality scores was observed between the study and control groups. All perforator vessels detected on preoperative CTA in the study group were confirmed intraoperatively. Conclusions: Comprehensive application of multiple techniques increased the contrast between the perforator vessels and surrounding tissues, resulting in satisfactory CT image quality. These methods improve the accuracy of image analysis and provide better technical support for clinicians in analyzing the location, course, and source of blood vessels.

Keywords: multi-planar reconstruction (MPR); curved planar reconstruction (CPR); perforator artery; small FOV technique; two-stage contrast injection method



作者简介: 张婷婷, 女, 北京航空航天大学生物医学工程专业在读博士, 首都医科大学附属北京友谊医院放射科主管技师, 研究方向为图像三维重建, E-mail: tingting01981@hotmail.com; 王振常[✉], 男, 首都医科大学附属北京友谊医院放射科主任医师, 研究方向为影像医学与核医学, E-mail: cjr.wzhch@vip.163.com。