

多层螺旋 CT 血管造影在脑血管疾病诊断中的研究进展

张云需

济南市第三人民医院，山东省济南市，250101；

摘要：多层螺旋 CT 血管造影（MSCTA）因无创、高空间分辨率、成像迅速等特点，在诊断脑血管疾病方面起着重要作用，本文系统梳理近年 MSCTA 技术迭代历程，就诊断颅内动脉瘤、脑动静脉畸形、急性缺血性卒中及隐源性脑血管病中的发展进行简要阐述，探究扩大扫描范围、人工智能辅助诊断等新技术在其中的应用，分析现阶段存在的问题并对其发展趋势进行探讨，以期为脑血管疾病的诊断提供影像学参考。

关键词：多层螺旋 CT 血管造影；脑血管疾病；诊断效能；技术创新；临床应用

DOI：10.69979/3029-2808.26.01.069

脑血管疾病具有高发病率、高致残率及高死亡率的特点，尽早明确诊断是优化治疗、改善治疗预后的关键。数字减影血管造影（DSA）虽然一直被视为金标准，但是由于创伤性、风险性及高费用等因素限制了临床广泛应用^[1]。多层螺旋 CT 血管造影（MSCTA）作为一种无创检查手段，通过探测器排数增加及后处理算法改良等，其扫描速度、成像空间及诊断效能均有显著提升^[2]。近年来随着扩大扫描范围、人工智能辅助分析等新技术的应用，使得 MSCTA 诊断脑血管疾病的的应用越来越广泛，诊断效能不断提升。本文基于近年国内外研究成果，综述 MSCTA 技术进展及其在脑血管疾病诊断中的临床应用价值。

1 MSCTA 技术原理与发展演进

1.1 核心成像原理

MSCTA 是依据 X 射线衰减的原理及计算机重建技术，经静脉注射对比剂后，在相应血管的峰值浓度期进行容积扫描，探测器收集衰减的信号并转换为数字信息，经多平面重建（MPR）、容积再现（VR）、最大密度投影（MIP）等后处理技术重建三维血管影像，显示脑血管结构及其病变^[3]。其特点是探测器阵列容积扫描速度很快，可避免运动所致的误差，图像具有较高的空间分辨率。

1.2 技术迭代历程

MSCTA 的发展以探测器排数升级为核心脉络：从早期 4 排、16 排，发展到目前的 64 排以上，Z 轴覆盖宽度、扫描速度越来越快，64 排 MSCT 的空间分辨率达 $0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ ，对颅内细小动脉分支、血管壁结

构显示较好^[4]；而且管球旋转速度达 0.25–0.5 秒/周，配合对比剂智能跟踪技术，扫描覆盖整个脑血管，扫描速度达到亚秒级，对于急诊患者是一个非常重要的时间窗。近几年来图像后处理技术发展迅速，使用深度学习技术，实现精准的血管分割，避免骨质伪影干扰，提高微小病变检测能力^[5]。

2 MSCTA 在主要脑血管疾病中的诊断进展

2.1 颅内动脉瘤

颅内动脉瘤破裂是蛛网膜下腔出血的首要原因，首次破裂死亡率达 30%–40%，需尽早发现^[6]。传统 DSA 虽能精准显示瘤体特征，但有创，不适宜作为筛选手段。MSCTA 无创，对动脉瘤诊断敏感性和特异性均较高，可作为诊断和筛选的首选手段。

目前相关研究发现 MSCTA 对 $\geq 3\text{mm}$ 动脉瘤的检出率与 DSA 相当， $\geq 5\text{mm}$ 的动脉瘤的检出灵敏度为 98% 以上^[7]，通过 VR 技术三维重建能够清晰显示动脉瘤的位置、形态、瘤颈宽度与载瘤动脉、颅底骨结构关系等，为介入栓塞或手术夹闭方案制定提供精准解剖参考^[8]。而 $< 3\text{mm}$ 的小直径动脉瘤，在采用优化扫描参数（如薄层扫描 0.5mm 以下）、迭代重建算法的基础上，其检出率比常规方法高 15%–20%，避免漏诊^[9]。

2.2 脑动静脉畸形（AVM）

脑动静脉畸形是一种常见的脑血管畸形，其供血动脉、畸形血管团及引流静脉的精准显示直接影响治疗决策。MSCTA 通过容积数据采集与多模式重建，可完整呈现 AVM 的血管构筑特征^[10]。

国内外研究表明，MSCTA 能清晰识别 AVM 的核心结

构,对供血动脉的显示符合率达92%,引流静脉显示符合率达89%^[11]。在AVM分级评价中,MSCTA可通过畸形血管团体积、判断引流静脉是否曲张等指标,为Spetzler-Martin分级提供量化依据,指导治疗。对于运动伪影,MSCTA较MRA影响小,钙质沉积显示更清楚,对于AVM患者诊断鉴别效果更好,避免误诊。

2.3 急性缺血性卒中

急性缺血性卒中救治“时间就是大脑”,血管闭塞部位、血栓量是实施静脉溶栓或机械取栓的前提,MSCTA凭借扫描速度快的优势是评价卒中急症的首选^[12]。

传统MSCTA范围以主动脉弓水平,不能检出心源性血栓。最新研究证实,扩大扫描范围(延伸至气管分叉下方6cm)的MSCTA可将血栓检出率提高5倍,左心耳和升主动脉区血栓检出率是标准范围的5.7倍,增加检查时间仅为1分钟,没有增加辐射剂量与造影剂用量^[13]。对于隐源性卒中的诊断具有划时代的意义,让30%不明原因卒中患者找到卒中原因,明确给予抗凝药物指征。同时MSCTA可以同时显示脑灌注成像(CTP),此外,MSCTA联合脑灌注成像(CTP)可实现一站式评估,同时显示血管闭塞、脑组织缺血半暗带与核心梗死区,为溶栓取栓适应证判断提供全面信息^[14]。

2.4 其他脑血管疾病

当MSCTA用于诊断脑血管狭窄时,可测量其狭窄程度,利用血管壁成像检查动脉硬化斑块(如钙化斑、软斑块),并评估脑卒中风险^[15]。对颅内静脉窦血栓形成,MSCTA能清晰显示血栓所致的静脉窦充盈缺损,利用其强化扫描的特点结合相应临床表现可早期诊断。此外,MSCTA用于脑血管术后随访可确认支架内狭窄程度,确定动脉瘤栓塞程度及AVM治疗后残存的血管团,有利于监测疗效、防止复发^[16]。

3 MSCTA诊断技术的创新突破

3.1 扫描方案优化

MSCTA的扩容扫描是现在的重要创新方向,除去急性缺血卒中,在脑血管筛查方面有潜在应用,可同时检测颈动脉、主动脉弓、颅内血管,提高一次成功率。低剂量扫描的发展规避了辐射风险,通过迭代重建算法在降低管电流的同时保障图像质量,将MSCTA扩容技术应用于高危人群的筛查和随访当中。

3.2 人工智能辅助诊断

AI技术为MSCTA的确诊带来了革命性进展。基于深度学习的AI自动分割算法可自动获取血管立体解剖,自动识别、定量分析动脉瘤、血管狭窄等病灶,与阅片诊断相比诊断耗时减低1/2以上。AI对急性梗死血管闭塞、血栓负荷计算缺血半暗带等急诊决策可在秒级时间内完成,其敏感度、特异度目前已达到资深放射科医生水平,有望在多中心训练下通过AI辅助诊断进一步提高敏感度、特异性,成为临床诊断的得力助手。

4 现存问题与未来展望

4.1 当前技术局限

尽管MSCTA取得了巨大发展,但仍存在着诸多不足:对微小血管(直径<0.5mm)与病变细节的显示能力不及DSA,存在复杂AVM及微小动脉瘤等漏诊情况;二是对比剂过敏及肾损伤风险限制了其在过敏及肾功能不全患者中的使用;三是检查不够规范,各医疗中心的扫描参数及后处理方式不一致,可重复性较差;四是AI辅助诊断系统依赖大量标注数据,对罕见病变的识别能力有待加强。

4.2 未来发展方向

未来的MSCTA技术会更加精准化、智能化、多模态融合化,在设备上,更精细的探查器(如256排、512排)可以进一步提供更高的空间分辨率、更快的扫描速度,提供更精细的亚毫米级的血管壁成像^[17];在技术上,低剂量、无对比剂扫描技术的突破可以进一步提供更多的适应症,减小检查危险性;在诊断上,AI技术可以提供从病变发现、病变诊断、预后判断的全程帮助,结合临床资料形成诊断模型;在应用上,MSCTA,MRI,PET-CT的多模态融合可以整合提供从解剖形态、组织的代谢功能信息,更全面的为脑血管疾病提供诊断及治疗依据,未来的检查规范化及诊断规范化可以促进技术的同质化,提高不同机构诊断的一致性^[18]。

5 结论

多层次螺旋CT血管造影以其无创、快速、高分辨率等优点成为目前诊断脑血管疾病的主要手段,近年来不断通过扩大扫描范围、人工智能辅助诊断等手段提高其诊断效率,在对颅内动脉瘤、急性缺血性卒中、脑动静脉畸形等脑血管疾病的直观性方面起到无可替代

的作用。虽然在微小病变显示、规范化使用等方面还有诸多不足,但随着设备和技术的进步,我们有理由相信 MSCTA 有望实现从影像诊断向精准导航的跨越,不远的将来,对脑血管疾病的干预和预后提供更多的影像学支撑。

参考文献

- [1] 王永峰,王远星.数字减影血管造影和头颈部 CT 血管造影对颅内动脉瘤的诊断价值[J].实用医学影像杂志,2024,25(1):8-12.
- [2] 董夷宸.多层螺旋 CT 血管造影指导下导管溶栓治疗下肢动脉硬化闭塞症合并血栓形成的临床研究[D].山西:山西医科大学,2024.
- [3] 王家琪.多层螺旋 CT 血管造影三维重建技术对肺癌的诊断价值分析[J].医药前沿,2021,11(16):78-79.
- [4] 赵冬.256 排多层螺旋 CT 血管造影检查在颅内动脉瘤中的临床诊断应用价值[J].健康之友,2023(14):93-95.
- [5] 柴森.多层螺旋 CT 血管造影在颅内动脉瘤诊断中的应用价值[J].药店周刊,2021,30(2):75.
- [6] 周升成.多层螺旋 CT 血管成像三维重建技术诊断颅内动脉瘤的临床价值分析[J].基层医学论坛,2023,27(22):124-126.
- [7] 梁耘,莫健姣,杨静爱,等.颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与 MSCTA 评估冠脉狭窄程度的相关性及联合预测价值[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2024,22(5):67-69,73.
- [8] 霍莹莹,赵净杰,闫松.多层螺旋 CT 血管成像三维重建技术诊断颅内动脉瘤的临床价值[J].深圳中西医结合杂志,2023,33(7):55-58.
- [9] 李强,岳军艳,吴清武,等.多层螺旋 CT 扫描成像诊断颅内动脉瘤患者的影像学特征及其应用优越性[J].生物医学工程学进展,2021,42(4):208-210,207.
- [10] 朱鸿.螺旋 CT 血管造影在头部血管性疾病中的临床应用[J].世界最新医学信息文摘(连续型电子期刊),2024,24(33):245-249,255.
- [11] 王平.多层螺旋 CT 血管成像动态图像后处理对脑血管畸形病变的诊断价值[J].实用医技杂志,2023,30(1):28-31.
- [12] 林巧芳.多层螺旋 CT 与磁共振血管成像诊断缺血性脑卒中的临床价值[J].医疗装备,2024,37(7):77-80.
- [13] 蒋朝俊,周萍.磁共振血管成像与多层螺旋 CT 诊断缺血性脑卒中的诊断价值分析[J].影像研究与医学应用,2023,7(19):151-153.
- [14] 黄昌辉,吴英宁,王期昌,等.256 层螺旋 CT 脑灌注成像对早期脑梗塞的诊断价值研究[J].影像研究与医学应用,2021,5(1):39-40.
- [15] 吴水天,黄伟康,袁素馨,等.多层螺旋 CT 血管造影与颈动脉超声诊断急性脑梗死患者颈动脉狭窄的结果比较研究[J].中国医学装备,2021,18(6):75-78.
- [16] 阳飞.多层螺旋 CT 与 1.5T MRI 在主动脉夹层动脉瘤中的临床应用观察[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2021,19(7):83-86.
- [17] 刘和乾,陈志鹏,蔡晶,等.基于 MSCTA 显示的高密度血栓与腹主动脉瘤破裂相关[J].中国医学计算机成像杂志,2022,28(6):621-626.
- [18] 王文红.MSCTA 三维重建在颅内动脉瘤诊断中的应用价值[J].中国民康医学,2023,35(9):134-136.