

CT 技术诊断下肢动脉硬化闭塞症的应用进展

耿欣 宋其韬 肖世骞 周鑫 付琳琳

【摘要】 CT 血管成像技术(CTA)在下肢动脉硬化闭塞症诊断中的应用日益广泛。该技术相对于其他方法来说具有无创、简便等明显优势。数字减影血管造影以往被认为是诊断动脉硬化性疾病的唯一可靠方法,而目前 CTA 技术对这个老的“金标准”提出了挑战。多源 CT 的应用使全动脉树形结构的无创成像成为可能,该技术的优化令动脉硬化性疾病的诊断更加精准。对比剂的应用和仪器参数的优化,使 CTA 检查的照射剂量明显降低。今后,随着 CT 技术的快速发展,CTA 技术必将成为诊断下肢动脉硬化闭塞症的理想方法。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 血管造影术; 动脉硬化, 闭塞性; 诊断

Technology progress of computed tomography in the diagnosis for lower extremity arteriosclerosis obliterans Geng Xin, Song Qitao, Xiao Shiqian, Zhou Xin, Fu Linlin. Department of DSA, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China

Corresponding author: Song Qitao, Email: 15922234084@163.com

【Abstract】 Computed tomography angiography (CTA) is an increasingly attractive imaging modality for assessing lower extremity arteriosclerosis obliterans. This technique has obvious advantage because it is a non-invasive and simple and convenient method than other ways. Previously, digital subtraction angiography was the only established reliable imaging technique to quantify atherosclerotic disease; however, CTA may now challenge this old "gold standard". Multidetector computed tomography enables imaging of the entire arterial tree non-invasively. Optimal technical considerations for performing Multidetector CTA are essential for accurate diagnosis of atherosclerotic diseases. The essential issue of radiation dose reduction during the processing of CTA is solved by the optimization of contrast agent and instrument parameter. CTA will certainly be a perfect technique for the diagnosis of lower extremity arteriosclerosis obliterans along with the rapid progress of Computed tomography.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Angiography; Arteriosclerosis obliterans; Diagnosis

下肢动脉硬化闭塞症是动脉系统疾病中的常见病、多发病,是由于动脉粥样硬化所导致动脉狭窄、闭塞引起的下肢缺血性疾病,且病情较重。近年来,随着 CT 软硬件水平的大幅提高,各种 CT 检查方法和后处理软件层出不穷,CT 动脉血管成像(CT arterial angiography, CTA)在诊断下肢动脉硬化闭塞症中发挥出了良好的优势,有着较高的灵敏度和特异度,并逐渐成为动脉血管疾病诊断、治疗方案设计和疗效评估的重要影像学检查方法。笔者就 CT 诊断下肢动脉硬化闭塞症的技术方法和进展作一综述。

1 下肢动脉硬化闭塞症的诊断方法

闭塞性动脉硬化症的诊断方法很多,有彩超、磁共振血管成像、CT 增强、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、选择性血管造影术等,每种方法各有优缺点。有文献报道,60 岁以下人群发病率为 3%,60 岁以上发病率为 20%^[1]。早期诊断对于该病的治疗非常重要。一直以来,DSA 是血管检查的金标准,可清晰地显示动脉病变的形态、位置、血流状况及分支血管等细节,但其存在以下缺点:① DSA 为有创性检查;② 检查过程中,术者及患者均受到一定剂量的辐射;③ 手术中需反复给予造影剂,有潜在造影剂不良反应的可能;④ DSA 的二维成像对部分偏心型

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2015.06.014

作者单位: 300211, 天津市天津医院数字减影室

通信作者: 宋其韬(Email: 15922234084@163.com)

狭窄难以准确评估^[2]。而多层螺旋 CT 下肢动脉造影是非创伤性检查方法,且结果准确、操作相对简便^[3]。罗琳等^[4]对 57 例临床怀疑下肢动脉硬化闭塞症的患者行 64 层螺旋 CT 下肢血管造影,检查后所有病例均行多平面重组图像、CTA 容积再现和 CTA 最大密度投影重建,并对下肢动脉内斑块性质进行测量分析,发现 CTA 与 DSA 总一致率达 96.6%,其中中度狭窄、重度狭窄、闭塞的一致率分别是 93.0%、90.0%、92.9%,可见,64 层螺旋 CT 下肢血管成像可直观显示下肢动脉狭窄闭塞情况,确定狭窄处斑块性质,对治疗方案的选择具有重要意义。

2 双源 CT 的应用

传统的螺旋 CT 造影均为单能量扫描,利用后处理软件基于 CT 值的变化进行去骨处理,效果不理想。双源 CT 扫描模式是一种新型的图像采集模式。双源 CT 拥有双球管探测器结构,在 CT 扫描中同时输出两种能量不同的 X 线,患者扫描 1 次即可进行双能量数据采集,CT 后处理技术能对检查的不同组织加以区分,根据不同组织对 X 线的衰减特性曲线获得组织特性图和对对比剂的分布图,因而得出不同组织的能量减影图像^[5]。双源 CT 的双能量去骨(dual-energy bone removal, DEBR)软件能较好地分辨钙化斑块、含碘对比剂与骨骼结构衰减差异,达到骨骼与血管的精确分离,实现精确自动去骨处理,且具有优化血管显示的功能,可完全自动化生成斑块和骨的能量减影图像^[6-7]。李道伟等^[8]对下肢动脉闭塞性病变患者进行双源 CT 扫描,扫描后将图像传至影像工作站进行图像后处理,获得最大密度投影图像和容积再现成像,随后两周内行 DSA 检查。以 DSA 诊断为参照,由两名有经验的放射科医师评价 DEBR CTA 图像的动脉血管分级及血管狭窄严重程度,通过统计学分析得出两种成像方法一致性较好,但对于邻近骨骼结构的血管,特别是管壁存在硬斑块时,由于部分容积效应的影响,DEBR CTA 不能完全分离出血管结构,提示该软件算法有待进一步完善。贾虹玉等^[9]应用双源 CT 扫描下肢动脉,在参数相同条件下设定两组不同的对比剂追踪层面,一组设在腹主动脉下缘,另一组设在腘动脉上,结果绝大多数都得到了满意的图像。

与传统的螺旋 CT 造影相比,双下肢直接法双源 CT 利用其双能量扫描、DEBR 等自身技术优势,结合优化的注射方案,对下肢血管成像具有操作简便、安全微创、对比剂用量低等优点,避免了骨骼影像的干扰,并有效减少了大血管汇合处的伪影干扰,同时两侧对比观察、诊断,结合二维重建图像及原始轴位图像,提高了诊断的准确率^[10-11]。

3 CT 能谱成像的应用

目前的 CT 能谱成像应用了仿宝石分子结构材料作为闪烁器,使得 X 射线发射速度高于传统 CT 的同时,余辉效应也大大降低,而且 80~140 kV 的高低电压可以瞬时切换,几乎在同角度同时获得两种能量 X 线的采样数据。根据这两种能量数据确定体素在 40~140 kV 能量范围内的衰减系数,进而得到 101 个单能量图像^[12-13]。上述改进大大增加了对比分辨率,而且能谱成像所产生的这 101 个单能量图像可为下肢动脉选择最佳噪声比,使下肢动脉血管获得更完美的影像。孙奕波等^[14]回顾性分析了 96 例临床拟诊为下肢动脉硬化闭塞症而需行下肢动脉 CTA 检查的患者,应用能谱成像技术重建水-碘分离图和 40~140 kV 共 101 个单能量图及质控图像(相当于 140 kV 的混合能量图像),同时系统会从这 101 个单能量图中默认选取 70 kV 图像以供进一步的重建参考。在单能量横断面图像上测量最佳噪声比。同时测量图像对比度、噪声值和平均 CT 值。利用质控图像、系统默认图像和最佳噪声比所得到的最佳单能量图像重建出多平面图像,并进行评分。其中利用最佳噪声比得到的单能量图像各节段得分均明显高于其他两种方法,系统默认图像的得分高于质控图像,同时其图像噪声也比其他两种方法高。

汪洁等^[15]通过体外实验探讨能谱成像技术血管成像的最佳单能量图像,结果发现 50 kV 及 55 kV 图像的噪声比高于其他单能量图像和混合能量图像,50 kV 及 55 kV 图像间差异无统计学意义。55 kV 图像的信噪比高于其他单能量图像和混合能量图像,与混合能量图像比较,55 kV 图像的噪声降低程度优于其他单能量图像,图像质量评分高于其他单能量图像和混合能量图像。说明 55 keV 图像是 CT 能谱成像血管成像的最佳单能量图像,图像质量优于 140 kV 混合能量图像。

4 多排螺旋 CT 及对比剂的应用

随着 64 排螺旋 CT 动脉成像的应用,大大提高了下肢血管 CTA 的成像质量,减少了对比剂的用量,明显提高了下肢动脉硬化闭塞症的诊断水平。高质量的下肢动脉 CTA 图像有赖于扫描时间窗的合理设定、造影剂和后处理方法的合理应用。

对比剂的流率和总量也会影响多排螺旋 CT 图像的质量,略低的对比剂流率有助于提高检查成功率。对比剂浓度对下肢动脉 CTA 的图像质量有着重要影响。对比剂的总量对于推进压力的维持非常重要,其决定了血管内的峰值。理论上,下肢动脉 CTA 的图像质量可以通过提高对比剂浓度和剂量来提高,但是仅仅增加对比剂浓度和剂量却会加大对对比剂肾病的风险^[16-17]。64 排螺旋 CT 的扫描速度快,可追踪造影剂的峰值,保证成像质量,而且无需要求峰值保持较长的时间范围,在对比剂用量为 80 ml 时,图像质量即可达到满足临床诊断的质量要求。有研究者对采用 100 ml 对比剂与 70 ml 对比剂加 50 ml 生理盐水得到的图像进行质量对比,发现二者并没有显著区别^[18]。因此推荐采用 70 ml 对比剂加 50 ml 生理盐水的使用方法。

铁萍等^[19]应用 128 层螺旋 CT 通过调节管电流的高低,将扫描条件分为高毫安组、优化组和低毫安组,同时根据《CT 高级临床应用推荐指南》推荐的对比剂剂量 120~140 ml 基础上,分为高流率组和多对比剂组。经过对图像的分析得出,应用 128 层螺旋 CT 机行下肢 CTA 扫描,采用管电流 300 mAs、层厚 0.625 mm、对比剂流率 4 ml/s、注射剂量 100 ml 时图像质量优良率高^[20]。

多排螺旋 CT 的扫描速度快,空间、时间分辨率高,覆盖范围大,后处理功能强大,其诊断符合率几乎与 DSA 相同^[21],而且具有安全、无创和使用方便独特优点,因此,对下肢动脉硬化闭塞症的诊断具有极大的应用价值。

5 CT 检查的局限性及其优化

虽然 CTA 在血管影像检查中有着良好的应用前景,但是其仍有很多的局限性。例如:患者需要注射对比剂,存在不良反应的可能;肾衰竭等为其禁忌症;诊断结果存在假阳性;小动脉和侧支循环显

示较差,较短的狭窄性病变评估欠准确;产生大量 X 射线,对 X 线管球损耗较大,检查费用昂贵^[22]。

在技术优化方面研究人员进行了有价值的探索。由于下肢动脉扫描 1 次范围较广,X 线的辐射剂量相对较大。过低的管电流影响图像质量,而过高的管电流则加大了患者的辐射剂量。在保证图像质量的前提下,如何尽可能减少患者所接受的辐射剂量,近来成为 CT 扫描技术研究的方向。头颈部及胸腹部低剂量相关研究国内外均见报道^[23-25],而目前下肢血管成像的低剂量研究较少,赵小英等^[26]使用能谱 CT 应用 3 组分别为 120 kV、100 kV 及 80 kV 的管电压,其余参数保持一致,根据原始图像和重组后的图像分别测量 3 组患者下肢动脉血管影像的图像质量和辐射剂量,结果应用 80 kV 的患者组图像质量与其余两组差异无统计学意义,辐射剂量大幅降低。

有研究报道,提高对比剂注射速率有助于细小血管的显示^[27],4.0~4.8 ml/s 的注射速率可最大化地强化小血管^[28]。另外,也有研究发现,采用 128 层螺旋 CT 低管电压联合低对比剂技术行下肢动脉 CTA 检查,能极大地降低受检者的辐射剂量及对比剂用量^[29],且图像质量满足诊断要求,对于下肢动脉疾病的诊断、评价和复查具有较大的临床应用价值。另外,采用低浓度等渗对比剂(270 mg I/ml)结合能谱 CT 100 kV 扫描在下肢血管成像中可以得到满足诊断要求的图像质量,且辐射剂量显著降低,有效地减少了临床上对比剂使用的风险^[30]。

6 展望

在下肢动脉硬化性闭塞性疾病的诸多检查方法中,目前比较重视无电离辐射、无创伤的检查方法,随着 CT 技术的快速发展,CTA 检查的应用较广,软件与硬件设备性能的大幅提高,CT 在诊断动脉血管疾病中的作用日益增加,应用多层螺旋 CT、双源 CT、能谱 CT 以及多平面图像重组、容积再现和最大密度投影重建等图像后处理技术,制定合理的扫描参数,在获得符合临床诊断需要的下肢动脉影像同时,尽量减少患者所受的辐射剂量,可部分取代 DSA 检查。对 CTA 和 DSA 的对照研究发现,多源 CTA 是一种用于诊断下肢动脉性疾病非常准确的诊断工具,是诊断下肢动脉闭塞疾病的理想检查方法。

参 考 文 献

- [1] Voyt NT, Wolfson SK, Kuller LH. Lower extremity arterial disease and the aging process: a review[J]. J Clin Epidemiol, 1992, 45(5): 529-542.
- [2] Ota H, Takase K, Igarashi K, et al. MDCT compared with digital subtraction angiography for assessment of lower extremity arterial occlusive disease: importance of reviewing cross-sectional images [J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 182(1): 201-209.
- [3] 石佳滨, 曹晓红, 姜飏, 等. 16层螺旋 CT 对下肢动脉阻塞性病变的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2006, 22(12): 1551-1552.
- [4] 罗琳, 李光海, 邱立军, 等. 64层螺旋 CT 血管成像在下肢动脉硬化闭塞症中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(3): 373-376.
- [5] Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience[J]. Eur Radiol, 2007, 17(6): 1510-1517.
- [6] Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT(DSCT)system[J]. Eur Radiol, 2006, 16(2): 256-268.
- [7] McCollough CH, Leng S, Yu L, et al. Dual- and Multi-Energy CT: principles, technical approaches, and clinical applications [J]. Radiology, 2015, 276(3): 637-653.
- [8] 李道伟, 郭文力, 卢再鸣, 等. 双源 CT 双能量减影诊断下肢血管疾病[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(10): 1806-1809.
- [9] 贾虹玉, 杨青, 唐萍萍, 等. 双源 CT 下肢动脉扫描技术优化的比较[J]. 中国医刊, 2015, 50(2): 106-107.
- [10] Werneke T, Ringe KI, von Falck C, et al. Diagnostic confidence of run-off CT-angiography as the primary diagnostic imaging modality in patients presenting with acute or chronic peripheral arterial disease[J/OL]. PLoS One, 2015, 10(3): e0119900[2015-06-07]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25835948>.
- [11] 易文芳, 武志峰, 鄂林宁, 等. 双源 CT 直接法下肢静脉成像对深静脉血栓的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(7): 518-522.
- [12] 林晓珠, 沈云, 陈克敏. CT 能谱成像的基本原理与临床应用研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8): 798-800.
- [13] 李铭, 郑向鹏, 李剑颖, 等. 甲状腺结节的能谱 CT 研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45: 780-781.
- [14] 孙奕波, 李铭, 毛定飏, 等. 下肢动脉病变能谱 CT 血管成像图像后处理中最佳单能量图像的选择[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(3): 269-272.
- [15] 汪洁, 王万勤, 刘斌, 等. 体外实验中宝石 CT 能谱成像技术血管成像最佳单能量图像的选择[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(11): 2340-2343.
- [16] Romano L, Grazioli L, Bonomo L, et al. Enhancement and safety of iomeprol-400 and iodixanol-320 in patients undergoing abdominal multidetector CT[J]. Br J Radiol, 2009, 82(975): 204-211.
- [17] Watanabe H, Kanematsu M, Miyoshi T, et al. Improvement of image quality of low radiation dose abdominal CT by increasing contrast enhancement[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(4): 986-992.
- [18] Kayhan A, Palabiyik F, Serinsöz S, et al. Multidetector CT angiography versus arterial duplex USG in diagnosis of mild lower extremity peripheral arterial disease: is multidetector CT a valuable screening tool?[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(3): 542-546.
- [19] 铁萍, 徐香玖, 王治民, 等. MSCT 下肢动脉血管成像扫描方案优化[J]. 中国介入影像与治疗学, 2013, 10(7): 426-429.
- [20] Meyer BC, Klein S, Krix M, et al. Comparison of a standard and a high-concentration contrast medium protocol for MDCT angiography of the lower limb arteries[J]. Rofo, 2012, 184(6): 527-534.
- [21] Rhee SY, Kim YS. Peripheral arterial disease in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Diabetes Metab J, 2015, 39(4): 283-290.
- [22] 李桂杰, 李彩霞. MSCTA 和 DSA 诊断下肢动脉硬化闭塞症比较[J]. 山东医药, 2007, 43(13): 40.
- [23] Xia W, Wu JT, Yin XR, et al. CT angiography of the neck: value of contrast medium dose reduction with low tube voltage and high tube current in a 64-detector row CT[J/OL]. Clin Radiol, 2014, 69(4): e183-189 [2015-06-07]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24503560>.
- [24] Zhang WL, Li M, Zhang B, et al. CT angiography of the head-and-neck vessels acquired with low tube voltage, low Iodine, and iterative image Reconstruction: clinical evaluation of radiation dose and image quality[J/OL]. PLoS One, 2013, 8(12): e81486 [2015-06-07]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24339936>.
- [25] 富青, 余建明, 孔祥闯, 等. 128层螺旋 CT 肺动脉低管电压成像的临床可行性研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2014, 34(1): 62-66.
- [26] 赵小英, 赵金影, 吴兴旺, 等. 能谱 CT 低管电压对下肢血管成像图像质量及辐射剂量影响[J]. 放射学实践, 2015, 1(1): 71-74.
- [27] 仲海, 徐卓东, 柳澄, 等. 64层螺旋 CT 下肢动脉血管成像的注射速率与重建矩阵的选择[J]. 中国医学影像技术, 2005, 21(10): 1569-1571.
- [28] Albrecht T, Meyer BC. MDCT angiography of peripheral arteries: technical considerations and impact on patient management[J]. Eur Radiol, 2007, 17 (Suppl 6): S5-15.
- [29] 宋照亮, 王锡明, 纪晓鹏, 等. 128层螺旋 CT 低管电压联合低对比剂技术在下肢动脉疾病中的临床应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2014, 224(4): 595-598.
- [30] 吕仁锋, 刘婷婷, 李超, 等. 能谱 CT 双低剂量在下肢动脉 CTA 中的应用研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(4): 378-381.

(收稿日期: 2015-06-08)