

“双低”肾动脉 CTA 的研究现状

王 鸿¹, 俞 茜², 李延静^{3*}

(延安大学附属医院肾内科, 陕西 延安 716000)

摘 要:CT 辐射对人体产生的危害越来越得到社会的关注,在保证图像质量可以满足诊断需求的同时,尽可能降低辐射剂量及减少对比剂用量已成为研究热点。双低是低管电压,低对比剂浓度,使用该技术在保证图像诊断质量的基础上可以降低 CT 检查中患者所受辐射剂量及碘负荷。本文通过降低辐射剂量和对比剂用量两方面就双低技术在肾动脉 CTA 中的应用予以综述。

关键词:肾动脉 CTA;双低;高血压;迭代

中图分类号:R816 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2639(2017)04-0079-03

随着医学成像技术的快速发展,目前的 CT 血管造影(计算机断层扫描血管造影,CTA)以其高质量的血管成像技术广泛应用于临床筛查和血管疾病的诊断,大大提高了血管病变的检测率和诊断准确性^[1]。数字化血管造影术(digital subtraction angiography, DSA)是血管成像的金标准,但 DSA 是相对高成本的侵入性检查,且不能同时显示病变,所以作为筛选和初步诊断肾动脉狭窄所致的高血压的检查手段在临床上的普遍应用受到较大限制^[2]。Glockner 等^[3]研究发现,CTA 对肾血管性高血压评价的灵敏度和特异度分别达到 100% 和 94%。CTA 的优势是在无创检查的基础上,将螺旋 CT 扫描和计算机后处理技术相结合来显示血管的结构,其重建的图像可以在任何角度和平面旋转,直观清楚,并可以显示肾动脉解剖的起源及其与周围血管、脏器的毗邻关系,能够较为准确的显示血管走行区有无狭窄,狭窄的部位,狭窄程度及累计范围。然而,CT 辐射对人体产生的危害也越来越得到社会的关注,X 射线的损害程度与辐射剂量呈正相关,另外高浓度对比剂也可对血液系统造成损害^[4],因此,如何在保证图像质量可以满足诊断需求的同时,尽可能降低辐射剂量及减少对比剂用量已成为众多放射科从业人员及医学影像设备研发企业所共同关注并研究的

课题。

1 降低肾动脉 CTA 辐射剂量的技术

目前行肾动脉 CTA 检查所采用的降低辐射剂量的技术主要包括:降低管电压、自动管电流调制、迭代重建等。

1.1 降低管电压

低管电压 CT 成像的临床应用优势已经多次得到证实,比如颅脑 CT 成像、心脏 CT 成像、肝脏 CT 成像、胰腺 CT 成像和血管 CT 成像。由于辐射剂量与管电压的平方成正比,所以降低管电压可使辐射剂量大幅下降^[5]。管电压决定光子的能量,能同时影响图像噪声和组织对比度。降低管电压会增加图像噪声,从而影响图像的诊断可靠性。但是,Funama 等^[6]人研究发现降低管电压后适当增加管电流仍可保持较高的病灶检出率及图像质量。另一方面,降低扫描时的管电压,研究组织的对比度反而增强,但同时噪声也会增加,结合适当的管电流可有效提高组织对比度同时维持较低的噪声。另外,随着管电压的降低,X 射线光子能量减少,并且当光子能级接近包含高原子序数的元素的组织或结构时,光电效应增加^[7]。已经有研究表明使用低电压(80 或 100 kVp)可降低 X 射线的穿透能力,使碘造影剂的

作者简介:王 鸿(1990—),女,陕西延安人,硕士在读。研究方向:中枢神经系统的影像学诊断。

*** 通讯作者:**李延静(1968—),男,陕西延安人,主任医师,硕士生导师。研究方向:中枢神经系统的影像学诊断。

增强程度增加,从而改善了CTA中血管和相邻组织、结构之间的对比度^[8]。但需要注意的是,管电压过度降低会导致X射线的穿透能力大幅下降,导致被检查者所吸收的辐射剂量反而升高,因此不可以盲目过度降低管电压。

1.2 自动管电流调制技术

自动管电流调制(automatic tube current modulation, ATCM)技术是一种三维剂量调控技术,具有前瞻性,主要有角调制、Z轴调制和联合调制三种类型^[9],角调制:角度调制:球管在同一横截面上利用定位信息或在线反馈调制技术实时控制X线输出,并使用不同投影方向进行的电流调制;Z轴调制:在扫描时,根据患者不同层面及部位的投影值信息,沿扫描长轴方向进行电流调制;联合调制:即将前两种调制技术相结合,从X、Y、Z三个方向上进行调制,其通过叠加的调制效果,使得图像质量在理论上可以去除个体化因素、非对称解剖结构和大范围扫描内结构的差异近似均一,同时实现辐射剂量的个体化。大量研究表明,ATCM技术结合迭代技术可以尽量降低扫描剂量且同时保证图像质量满足诊断需求^[10],在胸部、腹部、盆腔平均可降低18%~43%的检查剂量。

ATCM技术的影响因素主要有定位像、等中心点、个体化因素等。定位像是ATCM技术发挥其功效的前提^[11],其衰减信息决定ATCM的调制幅度,而管电压、管电流、成像角度等又决定定位像的图像质量。定位像噪声水平越高,ATCM的调制幅度越小;管电流的调制幅度一经确定,患者实际体位的变化也会影响最终的调制效果。当患者体位置于等中心点时,则相当于将患者最厚的身体部分位于射线强度最高的中心位置。而当患者偏离等中心点时,则会增加射线滤过的衰减导致噪声的增加,且会造成图像整体质量的下降^[12]。偏离等中心点还会导致在线反馈的角度调制受到影响,使XY平面内调制失效。患者尺寸也会影响图像质量,过胖患者因为曝光不足图像质量差,而体型过小者则存在过度曝光。因此,扫描参数也需要依据患者尺寸作出相应调整^[13]。

1.3 迭代重建技术

CT成像本质上是一种重建图像,为遵循放射防护最优化(As low as reasonably achievable, ALARA)原则,尽量减少辐射剂量,就需要引入新型重建技术^[14]。在低剂量CT扫描的浪潮推动下,不同公司

提出了不同的重建技术与算法,且都在临床上得到了一定的应用^[15-16]。如GE公司的ASiR, Philips公司的iDose, Siemens公司的IRIS(SAFIRE), Toshiba公司的AIDR。

传统迭代每次计算都以假设图像开始,即给一副图像一任意初始值,然后计算射线穿过物体可能的投影值,并将计算值与实际投影值相比较,根据差异获得一个修正值,再用该修正值修正像素值。如此反复迭代直至图像重建完成。初期的迭代,包括ASiR和IRIS,属于非完全迭代。通过一定的比例与FBP算法混合重建,速度快、降噪少,需操作者选择迭代的比例。ASiR迭代重建是在原始数据空间利用系统统计噪声模型,来消除由统计波动造成的图像噪声;IRIS迭代重建是在图像数据空间,利用迭代技术降低图像噪声;SAFIRE迭代重建通常需3大步:原始数据域的迭代以去除伪影及纠正几何学误差;先采用加权FBP做预重建;然后是2次采用不同校正方法的循环重建处理。

CT迭代重建技术可以在保证图像质量的情况下不同程度降低辐射剂量,为低剂量乃至超低剂量CT成像提供了可能。

2 降低肾动脉CTA对比剂用量的技术

含碘类造影剂注入体内都有可能产生不良反应,症状严重程度不一,重症可致命。碘对比剂的不良反应按发病机制可分为特异质反应和物理-化学反应两种,前者与碘对比剂剂量无关,后者与剂量有关^[17]。降低对比剂的用量的技术主要包括降低对比剂的浓度和降低高浓度对比剂的剂量,其最终目的是在满足临床诊断的需求下尽可能降低患者对比剂总碘量的摄入。

2.1 降低对比剂的浓度

碘对比剂渗透压的高低和其粘滞度与肾毒性有关^[18],等渗、低渗对比剂的肾毒性要低于高渗对比剂,高粘滞度对比剂会使肾小管、集合小管及肾间质内的压力增加,继而降低了肾髓质血流和肾小球滤过率^[17],低浓度对比剂可以明显降低患者摄入的碘含量,其粘滞度和渗透压也低于高浓度对比剂,因此可以有效降低对比剂肾病(CIN)的发生率。

2.2 降低高浓度对比剂的总用量

碘对比剂的总用量与CIN的发生密切相关,国际上推荐的最大碘对比剂用量为5 mL体重(kg)/基础血清肌酐值(mg/dl),根据患者的体质量、BMI

来计算对比剂剂量^[19]可明显减少对对比剂的剂量。但降低对比剂剂量必然会缩短靶血管内对比剂峰值的持续时间,陈仲良等^[20]采用了单位体质量的对比剂,优化了对比剂的注射相关参数,配合延迟触发,最大程度地利用对比剂在血管腔内的峰值时间成像。有研究表明,在总量不变的情况下,提高注射流速可尽可能提高血管的强化程度,最大程度减低对比剂在静脉系统里的浪费,也减小了由于集聚在上腔静脉及右心室所产生的伪影。

3 “双低”肾动脉 CTA 技术的临床应用

双低技术是将降低管电压、降低对比剂浓度或减少对对比剂剂量与 Safire 联合应用,其核心是通过降低管电压有效补偿对比剂浓度降低或剂量减少所致血管强化程度的降低,再利用 Safire 有效降低由于管电压降低所致图像噪声的增高,最终使图像质量既满足诊断要求,又同时降低了辐射剂量和对比剂碘摄入量。邓琦等^[1]的研究表明与 120 kV 相比,在 100 kV 条件下,低浓度对比剂较高浓度对比剂的血管强化 CT 值降低的幅度要小,且在低浓度对比剂条件下,低管电压的 CT 值较高管电压升高了 29.90%,表明低管电压对 CT 值的影响大于碘浓度对 CT 值的影响,证明了低管电压低碘浓度对比剂强化的可行性。

综上所述,多层螺旋 CT 血管成像(CTA)在肾动脉的影像检查当中具有独特的优越性,双低扫描技术的优化方案结合迭代重建算法可在保证图像质量,满足临床诊断需求的同时,大幅度降低患者所受辐射剂量及碘总量。

参考文献:

[1] 邓琦. 低管电压扫描技术联合低浓度对比剂在肾动脉 CTA 中的研究应用[D]. 广东医学院,2014.

[2] Lei X, Yang X, Ning H, et al. The initial experience of the upper abdominal CT angiography using low - concentration contrast medium on dual energy spectral CT[J]. *Abdominal Radiology*, 2015, 40(7): 1 - 6.

[3] Glockner JF, Vrtiska TJ. Renal MR and CT angiography: current concepts[J]. *Abdominal Radiology*, 2007, 32(3): 407 - 420.

[4] 胡学梅, 胡道予. 以患者为中心, 大力开展 CT 增强双低技术[J]. *放射学实践*, 2015, 30(10): 978 - 979.

[5] 晏子旭, 张兆琪, 徐磊, 等. 双源 CT 低管电压降低冠状动脉 CTA 辐射剂量[J]. *中国医学影像技术*, 2009, 25(9): 1614 - 1616.

[6] Funama Y, Awai K, Nakayama Y, et al. Radiation dose reduction without degradation of low - contrast detectability at ab-

dominal multisection CT with a low - tube voltage technique: phantom study[J]. *Radiology*, 2005, 237(3): 905 - 910.

[7] Liu Y, Liu A, Liu L, et al. Feasibility of spectral imaging with low - concentration contrast medium in abdominal CT angiography of obese patients[J]. *International Journal of Clinical Practice*, 2016, 70(supplement): B37 - 43.

[8] He J, Wang Q, Ma X, et al. Dual - energy CT angiography of abdomen with routine concentration contrast agent in comparison with conventional single - energy CT with high concentration contrast agent[J]. *European Journal of Radiology*, 2014, 84(2): 221 - 227.

[9] 王倩. 多层螺旋 CT 自动管电流调制技术及应用进展[J]. *医学综述*, 2013, 19(4): 702 - 706.

[10] Rizzo S, Kalra M, Schmidt B, et al. Comparison of angular and combined automatic tube current modulation techniques with constant tube current CT of the abdomen and pelvis[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2006, 186(3): 673 - 679.

[11] 张志伟, 罗天友, 曾勇明, 等. 偏离等中心点对 CT 自动管电流调制技术图像质量及辐射剂量的影响[J]. *临床放射学杂志*, 2010, 29(5): 677 - 679.

[12] Toth T, Ge Z, Daly M P. The influence of patient centering on CT dose and image noise[J]. *Medical Physics*, 2007, 34(7): 3093 - 3101.

[13] Das M, Mahnken AH, Mühlenbruch G, et al. Individually adapted examination protocols for reduction of radiation exposure for 16 - MDCT chest examinations[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2005, 184(5): 1437 - 1443.

[14] 姜彦, 吴润泽. CT 迭代重建技术的临床应用及发展前景[J]. *中国医疗器械信息*, 2016, 22(2): 12 - 16.

[15] 徐学勤, 林晓珠, 王明亮, 等. 不同重建算法在减低腹部 CT 检查照射剂量方面的价值研究[J]. *实用放射学杂志*, 2014, 30(1): 420 - 422.

[16] 戴丽娟, 王霄英, 郭小超, 等. 迭代重建对日常 CT 检查平均辐射剂量的影响[J]. *放射学实践*, 2013, 28(3): 291 - 293.

[17] 王秋实, 梁长虹. 碘对比剂的不良反应及处理对策[J]. *上海医药*, 2014(13): 8 - 15.

[18] Seeliger E, Becker K, Ladwig M, et al. Up to 50 - fold increase in urine viscosity with iso - osmolar contrast media in the rat[J]. *Radiology*, 2010, 256(2): 406 - 414.

[19] Aspelin P, Stacul F, Thomsen HS, et al. Effects of iodinated contrast media on blood and endothelium. [J]. *European Radiology*, 2006, 16(5): 1041 - 1049.

[20] 陈仲良, 林揆斌, 孙光裕, 等. 64 排 CT 使用低管电压结合威视派克在肾动脉 CTA 上的应用[J]. *分子影像学杂志*, 2015, 38(4): 342 - 344.

[收稿日期 2017 - 03 - 17; 责任编辑 梁毅]