

## 低辐射剂量和低造影剂剂量在肝脏CT灌注中的应用进展

王 凡,李 红

(三峡大学仁和医院放射科,湖北 宜昌 443000)

**【摘要】** 随着CT检查的普及,患者接受的放射辐射及造影剂用量也越来越多,同时由于放射辐射与造影剂的应用引起的副反应也越来越受到人们的重视。特别是造影剂肾病(CIN)的发生会给患者带来严重的后果。在肝脏CT灌注中,低辐射剂量和低造影剂剂量可减少受检者不必要的损伤。“双低”技术在以后的检查中已成为一种趋势。在不影响图像质量的前提下降低辐射剂量和造影剂的浓度成为研究是热点。肝脏CT灌注成像技术,是诊断肝内病变的重要检查手段。如何在保证肝脏病变图像特点的情况下同时降低辐射剂量和造影剂剂量已成为研究的热点。

**【关键词】** 低辐射剂量;低造影剂剂量;肝脏CT灌注

**【中图分类号】** R445 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2015)22-3353-03

医学影像界的快速发展,使CT灌注成像不再从单一形态学方面进行影像学诊断,而是在显示形态学变化的同时并反映活体血流动力学变化来诊断。它是一种功能成像方法,医学影像界和临床已经逐渐开始对其重视。CT灌注成像是经静脉快速注射增强剂后对靶器官动态扫描,根据扫描结果构建时间密度曲线,根据时间密度曲线计算出靶器官灌注参数并组成图像以评价组织器官的灌注状态的计算机断层扫描技术<sup>[1]</sup>。灌注成像技术将核医学的放射示踪剂稀释原理和中心容积定理作为理论基础,Hamberg等<sup>[2]</sup>已经对此理论基础的药代动力学进行了研究和论证。肝脏CT灌注成像技术通过血流量、血容量、平均通过时间、肝灌注量等参数来反映肝脏的灌注情况。它是诊断肝内病变的重要检查手段之一,反映了肝脏血流动力学的改变和特点。肝脏CT灌注是感兴趣区的连续动态扫描,扫描的范围较大,有些患者还需要复查,那么对于患者辐射量是相当大的。有报道称患者接受腹部CT检查后癌症发生率约为12.5/1 000<sup>[3]</sup>。因此如何在保证肝脏病变图像特点的情况下同时降低辐射剂量和造影剂剂量已成为研究的热点。

### 1 低辐射剂量和低造影剂剂量在肝脏CT灌注中的意义

1.1 低辐射剂量在肝脏CT灌注中的意义 临床已将多层螺旋CT检查纳入常规,而医用辐射剂量大部分是来自于CT检查,尤其是欧洲及北美国家人群<sup>[4]</sup>。随着放射卫生学的发展、人们防护意识的提高和CT技术的不断更新和完善,低剂量扫描技术备受广大群众的关注<sup>[5]</sup>。CT辐射成为最主要的医源性辐射危害的来源<sup>[6]</sup>。过量的CT辐射剂量可以增加癌症的患病率,尤其是那些对辐射敏感的儿童<sup>[7]</sup>。人体接收

过量的辐射剂量易使染色体畸变和细胞不可逆损害,影响个体和后代的健康。在医用X线检查的过程中,我们应当遵循合理使用低剂量(ALARA)原则,在不影响诊断的前提下尽可能降低X线的辐射剂量<sup>[8]</sup>。张龙江等<sup>[9]</sup>提到CT灌注辐射剂量常常较大,约为普通CT检查的6.7倍。当前CT研究重点是在满足诊断的前提下,尽最大可能的降低被检者接受的辐射剂量。

1.2 低造影剂剂量在肝脏CT灌注中的意义 当前,不仅低辐射剂量备受关注,低浓度造影剂也不可忽视。造影剂肾病(CIN)的发病率与造影剂注入的量有关,所以应该在满足诊断的条件下,给患者使用最小的造影剂的量。过量使用造影剂可能导致诸多并发症,例如弥散性血管内凝血(DIC)、过敏反应和造影剂肾病等,因此严格控制造影剂剂量是减少造影剂肾病的首要措施之一,造影剂剂量的合理应用对降低造影剂肾病的发病率有着不可忽略的作用<sup>[10]</sup>。医院获得性急性肾功能衰竭的主要是由于CIN引起,严重肾功能衰竭和死亡与CIN有着紧密的联系<sup>[11]</sup>。据相关数据表明,CNI发生率在医源性肾功能不全中位居第三位,占医源性肾功能衰竭发生率的12%<sup>[12]</sup>,因此降低造影剂肾病已经成为影响界同仁们共同努力的目标。有研究表明减少造影剂的剂量能降低CNI的发病率。造影剂大部分是由肾脏排泄的,大剂量的造影剂注入体内经过肾脏代谢,从而加重了肾脏的负荷,容易导致肾病。常用的低渗非离子型碘造影剂渗透压可达正常血浆渗透压的2~3倍,这种高渗透压可以导致血容量上升还可以加重左心室的负荷,引起身体温热感等不适症状。升高的血浆渗透压还可以改变血管内皮细胞和血细胞的形态,引起疼痛感和冷感觉等症状。注入造影剂后血液黏度增高,对微循环产生

严重的影响。具体可参考美国放射学会 2008 年修订的造影剂过敏反应标准并结合实际<sup>[12]</sup>。此外,造影剂毒性主要包括离子失衡型、化学毒性和渗透压毒性。离子型造影剂的结构中含有羟基,易对血液系统和神经系统产生化学毒性。而非离子型造影剂不含羟基,故没有化学毒性。而造影剂引起的继发不良反应包括机体免疫反应和血管内皮损伤。机体免疫反应是一种类似抗原-抗体反应的“假过敏”反应<sup>[13]</sup>。

## 2 降低辐射剂量和造影剂剂量在肝脏 CT 灌注中实现的可能途径

### 2.1 低辐射剂量在肝脏 CT 灌注中实现的可能途径

低剂量 CT 的两条重要途径分别是降低管电流和管电压<sup>[14]</sup>。影响 CT 辐射剂量的许多因素之间是相互联系的,因此我们应该综合采取多因素匹配的优化措施,大幅度的降低受检者的辐射剂量。由于 X 线辐射剂量与管电压的平方呈正比,因此通常通过降低管电压来降低 CT 检查辐射剂量。有研究表明 100 kv 与 120 kv 相比辐射剂量明显降低,减少的幅度大约为 25%~48%<sup>[15]</sup>。辐射剂量包括容积 CT 剂量指数 (CTDIvol, 单位 mGy) 和剂量长度乘积 (DLP, 单位 mGy·cm), 然后根据  $ED=DLP \times W$  计算吸收剂量, W 为各个器官的权重因子<sup>[9]</sup>。CTDIvol 及 DLP 均与管电压、管电流、螺距等扫描参数密切相关,反映的是机器设备输出的辐射剂量而不是患者接受的辐射剂量。有效剂量 (ED) 是衡量辐射生理效应剂量的一个参数。它依据全身辐射损伤的概率,表示检查中某部位的不均匀曝光的危险程度<sup>[16]</sup>。辐射剂量的主要因素除了管电压还与管电流有着直接的关系,研究发现被检者总管电流的大小与辐射剂量呈线性关系,能够间接的反映辐射剂量的大小,因此降低总管电流也是低辐射剂量扫描较为重要的一部分<sup>[17]</sup>。降低辐射的剂量通常通过降低管电压、管电流和螺距来实现,而图像的质量会随着辐射剂量的降低而降低,从而对诊断结果产生一定的影响。为了不因上述原因而影响诊断,常常用迭代重建的后处理来降低图像噪声,提高图像的分辨率。迭代重建算法是对所需要处理的图像进行若干次迭代的过程中,每一次迭代所采集到的数据与计算机的投影数据进行比较,对比两组图像的差异,进而改善所处理的图像<sup>[18]</sup>。虽然滤波反投影重建算法 (FBP) 重建速度快,图像重建系统成本低,而迭代重建技术与 FBP 相比不仅能降低辐射剂量,而且能使图像的质量得到提高,因此迭代重建技术在低剂量 CT 扫描中得到了广泛的运用。物质的 X 线衰减系数会受到管电压改变的影响<sup>[16]</sup>。降低管电压会减少 X 线能量,而碘的原子序数相对较高,对 X 线的衰减增加,因此,能够提高每单位碘浓度下的 CT 值。这样我们就可以在保持低管电压的同时用较少的碘而得到

同样的增强效果,并且能满足临床诊断的需求<sup>[19]</sup>。与常规的 120 kV 相比,低管电压的能量输出和碘的特性吸收峰值更加接近,所以降低管电压可以增加碘的吸收率,提高含碘造影剂的 CT 值,从而达到降低含碘造影剂用量的效果<sup>[20]</sup>。低剂量的造影剂使得组织和血管等不能充分强化,强化时间缩短,降低了图像的质量,而结合低管电压可以提高 CT 衰减值,使得图像的质量改善。管电压的降低不仅能实现低辐射量,还能改善由于造影剂造成的血管 CT 值偏低等情况<sup>[21]</sup>。因此低剂量的造影剂结合 100 kV 管电压(下限)经过迭代重建技术所得的图像,能够满足临床诊断的需求<sup>[22]</sup>。

### 2.2 低造影剂剂量在肝脏 CT 灌注中实现的可能途径

其实现主要从 3 个方面进行<sup>[23]</sup>:造影剂浓度的高低、造影剂使用剂量的多少、注射速度的快慢。造影剂主要与分子量的大小、浓度和温度的高低相关。因此要减少因高渗透压引起的不良反应的发生,可以降低造影剂的渗透压和造影剂的浓度。另外,为了增强造影剂效能、降低总体的剂量,提高造影剂特异性就成为病诊治的主要目标。其中的一个途径是通过金属富勒烯提高造影剂效能<sup>[24]</sup>。由于其具有金属和富勒烯的特点,将其引入造影剂中,可以将相关金属元素导入金属富勒烯,使得弛豫效能明显升高约 20 倍,并在碳笼保护下,隔绝了与外界发生化学反应,有效控制了毒性<sup>[25]</sup>。另外一个途径是通过使用肝脏分子靶向特异性磁共振造影剂<sup>[26]</sup>,由于肝特异性造影剂的主要作用靶点是位于肝脏内的网状内皮吞噬细胞,通过被动靶向和主动靶向两种类型,浓聚到网状内皮系统当中<sup>[27]</sup>。临床应用 CT 造影剂一般为非离子型低渗透性造影剂,与离子型造影剂相比大大降低了发生造影剂的发生不良反应的次数以及严重程度<sup>[22]</sup>。有研究表明,受检者在使用等渗非离子造影剂与低渗非离子造影剂后,等渗非离子造影剂给药后血清肌酐的水平较低,在保护人体的肾功能有较好的作用。在检查时,大剂量的注射造影剂增加了造影剂肾病的发病率,加重了心脏和肾脏的负担<sup>[23]</sup>。在 CT 扫描中造影剂的含量是通过体重、年龄和血液循环情况等因素来计算适合的剂量,不同的个体注入造影剂图像会有微小的差异。美国医学物理学家协会在 2011 年提出了体型特异性剂量评估<sup>[24]</sup>的概念,指患者所受辐射剂量与体型存在一定的关系。往往瘦的个体较胖的个体更容易强化,因此体重是造影剂的重要因素。以相同的流率注射相同剂量的造影剂,年龄小的患者较年龄大的患者效果好。而不同个体血液循环好的患者能快速达到靶器官的峰值,较小造影剂的剂量即可满足图像的要求。对于血液循环好的患者造影剂不容易很快被血液稀释,后注入的造影剂对图像关系不大,

目前对血液循环好的患者常通过在注入造影剂前后注入生理盐水以减少造影剂的剂量<sup>[28]</sup>。

### 3 低辐射剂量和低造影剂剂量应用于肝脏CT灌注中的优化性

随着人们安全意识的提高,只追求高浓度、高速度、高质量图像的成像方法已经不为大部分人接受。优化造影剂应用的研究已成为热点<sup>[26]</sup>。减少造影剂的用量不仅满足了临床诊断需要,还减轻了患者的经济负担,减少过敏反应发生的可能性,降低患者肾脏的损伤,从而降低造影剂对患者身体的危害,因此降低造影剂剂量对成像操作简便易行,具有重要的意义<sup>[22]</sup>。低剂量CT扫描时间短、密度分辨率高,具有多种后处理功能<sup>[29]</sup>。

由于CIN的发生与造影剂的剂量有着密切关系,因此,减少造影剂的用量一定程度上可减少CIN的发生,但是造影剂减少后无法保证图像质量,从而对疾病的诊断造成一定的困难<sup>[30]</sup>。随着低管电压扫描技术在临床上的普遍应用,使得在不影响图像质量的前提下,减少造影剂的用量成为可能,碘造影剂由于其物理特性使得在低kV时造影剂CT值升高,这样就为低管电压扫描在不影响图像质量的情况下减少造影剂用量提供了理论基础<sup>[31]</sup>。

目前低管电压与低造影剂用量(双低)结合扫描在图像质量清晰的前提下,使辐射剂量降低,并适当减少造影剂用量。因此在肝脏灌注扫描中保证图像质量的前提下适当的减少造影剂用量是可行的<sup>[32]</sup>。

综上所述,低辐射剂量结合低造影剂剂量理论技术是未来CT发展的趋势,在获得清晰图像以及不影响临床诊断的情况下尽最大可能的降低辐射剂量和造影剂用量,减少检查带来的不必要损伤。肝脏CT灌注所产生的辐射剂量往往较大,因此在扫描过程中双低技术的应用已逐渐在其中被采用。

#### 参考文献

- [1] 许宇彪. CT灌注成像技术在肝脏外科领域研究进展[J]. 微创医学, 2014, 9(2): 204-206.
- [2] Hamberg LM, Hunter GJ, Halpern EF, et al. Quantitative high-resolution measurement of cerebrovascular physiology with slip-ring CT [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1996, 17(4): 639-650.
- [3] Liu YL, Huan Y, Ge YL, et al. MnDPDP enhanced magnetic resonance imaging of focal liver lesion [J]. Fourth Mil Med Univ, 2004, 25(4): 351-354.
- [4] 夏俊, 邓琦, 罗泽斌. 低管电压扫描技术联合低浓度造影剂在肾动脉CTA中的研究应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2014, 25(8): 570-573, 586.
- [5] Mayo JR, Aldrich J, Muller NL, et al. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society [J]. Radiology, 2003, 228(1): 15-21.
- [6] 孔德文, 黎旭英, 吴涛, 等. 低剂量CT引导下胸部穿刺有效辐射剂量的研究[J]. 中国现代医生, 2013, 51(34): 148-149, 151.
- [7] 包明波, 蒯新平, 孟小茜, 等. 低剂量CT扫描在肺部穿刺活检术中的应用价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2011, 17(6): 533-536.
- [8] 孟俊非, 范森. 重视CT检查中的辐射剂量[J]. 中华放射学杂志, 2008, 42(10): 1015-1017.
- [9] 张龙江, 周长圣, 朱正庭, 等. 双源CT双能量肺灌注成像对比剂应用参数优化及辐射剂量的研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2009, 20(9): 693-696.
- [10] 田岚, 龚建平, 蒋震, 等. 低剂量摄影在骨盆数字化X线摄影的应用[J]. 临床放射学杂志, 2011, 30(2): 261-263.
- [11] 罗沛霖, 李龙, 周毅方, 等. 不同管电流对正常颅脑CT灌注参数和辐射剂量的影响[J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(2): 277-282.
- [12] 方义海, 沈玉英, 陈双庆, 等. 多层螺旋CT多平面重建在急性阑尾炎诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2011, 9(6): 22-24.
- [13] 史丽静, 田建明, 毕永民, 等. 不同对比剂注射流率下多层螺旋CT肝脏灌注值的比较[J]. 中华放射学杂志, 2005, 39(10): 1060-1063.
- [14] 葛焯俊, 滑炎卿, 张国楨. 肺部低剂量CT的应用进展[J]. 中国医学影像学杂志, 2010, 18(3): 225-227.
- [15] 李若梅, 王嗣伟, 晋丹丹. CT低剂量冠状动脉成像的管电流与管电压参数优化现状[J]. CT理论与应用研究, 2012, 21(3): 515-520.
- [16] 祁丽. 低造影剂低辐射剂量CT冠状动脉成像的临床研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2014.
- [17] 章辉庆, 邓克学, 邱晓晖, 等. 128层螺旋CT低剂量全脑灌注成像的可行性研究[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(1): 17-21.
- [18] 胡跃群. 不同剂量对比剂对多层螺旋CT全肝灌注影响的实验研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [19] 马宇, 周智鹏, 邱维加, 等. 肝内病变应用自适应迭代重建算法降低CT辐射剂量的研究[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(8): 1269-1272.
- [20] 豆亚静, 陈晖, 严松彪, 等. 造影剂肾病的研究进展[J]. 中华临床医师杂志, 2012, 6(7): 95-97.
- [21] 肖景坤, 刘斌, 王万勤, 等. 对比剂剂量及注射流率对去卷积法免肝脏CT灌注值的影响[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(4): 612-615.
- [22] 李俊君, 杨新官. 64排螺旋CT肺CTPA成像低剂量造影剂的应用研究[J]. 华夏医学, 2012, 25(2): 220-223.
- [23] 刘凡, 韩向君. 降低肝脏增强CT扫描中造影剂剂量的应用进展[J]. 海南医学, 2013, 24(20): 3042-3044.
- [24] 宋鹏, 王文燕, 王勇, 等. 低辐射低造影剂剂量在冠脉CTA检查中的应用[J]. 中国老年学杂志, 2014, 34(9): 2343-2344.
- [25] 金永庆, 程传乐. 造影剂在CT检查中过敏反应观察[J]. 实用药物与临床, 2012, 15(8): 512-513.
- [26] Boone JM, Strauss KJ, Cody DD, et al. Size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations [J]. Report of AAPM Task Group, 2011, 204(1): 23.
- [27] 崔效楠, 叶兆祥. 低辐射剂量和低浓度造影剂在胸部CT增强扫描中的应用及进展[J]. 肿瘤影像学, 2013, 22(4): 300-304.
- [28] 邱晓明, 王珍, 肖友梅, 等. 低浓度碘造影剂联合低剂量MSCT扫描技术在肝脏血管成像中的临床应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(12): 1780-1784.
- [29] 王亚宁, 时高峰, 杜煜, 等. 低剂量造影剂结合低管电压在上腹部双源CT扫描中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2014, 22(3): 204-207.
- [30] 王道才, 刘凯, 林令博, 等. 低管电压联合低剂量造影剂扫描方案用于MSCT门静脉成像[J]. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11(10): 684-687.
- [31] Moghimi SM, Hunter AC, Murray JC. Nanomedicine: current status and future prospects [J]. FASEB J, 2005, 19(3): 311-330.

(收稿日期: 2015-04-01)