DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180761

# ・短篇论著・

# 不同代 320 排螺旋 CT 机全肝灌注成像辐射剂量及灌注参数的比较

申晓俊<sup>1,2,3</sup>,吴 东<sup>1,2,3\*</sup>,汤 敏<sup>1,2,3</sup>,陈财忠<sup>1,2,3</sup>,金 航<sup>1,2,3</sup>,曾蒙苏<sup>1,2,3</sup>

1. 复旦大学附属中山医院放射科,上海 200032

2. 上海市影像医学研究所,上海 200032

3. 复旦大学上海医学院影像系,上海 200032

[摘要] **6** 6:回顾性分析第1代320排螺旋CT机和第2代320排螺旋CT机全肝CT灌注成像(CTPI)辐射剂量的差异 及对灌注参数的影响。**5** 法:随机抽取行全肝CTPI的78例患者的影像学资料,其中采用第1代320排螺旋CT机者42例(第 1代组),第2代320排螺旋CT机者36例(第2代组)。比较两组间正常肝脏实质的灌注参数,包括肝动脉血流量(hepatic arterial flow,HAF)、门静脉血流量(portal venous flow,PVF)及灌注指数(perfusion index,PI)。比较两组辐射剂量,包括容积 CT剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product,DLP)和有效辐射剂量(effective radiation dose,ED)。**结果**:两组灌注参数HAF、PVF及PI值差异无统计学意义。第2代组辐射剂量参数(CTDIvol、DLP、ED)值较第1 代组明显减小(P<0.01),减小幅度均约46%。**结论**:第2代320排螺旋CT机能降低全肝CTPI的辐射剂量,同时对灌注参数 值无显著影响。

[关键词] 计算机断层扫描;辐射剂量;肝脏;灌注成像 [中图分类号] R 814.42 [文献标志码] A

# Comparison of the radiation dose and perfusion parameters of whole liver computed tomography perfusion with different generations of 320-detector computed tomography

SHEN Xiao-jun<sup>1,2,3</sup>, WU Dong<sup>1,2,3\*</sup>, TANG Min<sup>1,2,3</sup>, CHEN Cai-zhong<sup>1,2,3</sup>, JIN Hang<sup>1,2,3</sup>, ZENG Meng-su<sup>1,2,3</sup>

1. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Shanghai Institute of Medical Imaging, Shanghai 200032, China

3. Department of Medical Imaging, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China

**[Abstract]** Objective: To retrospectively analyze the differences of radiation dose and perfusion parameters of whole liver computed tomography (CT) perfusion using the first and second-generation 320-detector CT machine. Methods: Imaging data of 78 randomly enrolled patients who underwent whole liver CT perfusion were analyzed. Among which, 42 patients (group A) were examined with the first-generation 320-detector CT, while 36 patients (group B) were examined with the second-generation CT. The CT perfusion parameters of normal liver tissue including the hepatic arterial flow (HAF), the portal venous flow (PVF), the perfusion index (PI) were compared between the two groups. And the radiation dose (ED) were compared between the two groups. Results: No significant difference in the perfusion parameters (HAF, PVF, and PI) was found between the two groups. The radiation dose (CTD, DLP, and ED) in group B reduced obviously than that in group A (P < 0.01). Conclusions: The second-generation 320-detector CT has reduced radiation dose for the whole liver CT perfusion, and does not significantly affect the perfusion parameters,

**Key Words** computed tomography; radiation dose; liver; perfusion imaging

CT 灌注成像(CT perfusion imaging, CTPI)不 仅能对器官、组织进行形态学成像,更能无创性评 价微环境血流灌注状态。随着 CTPI 技术的成熟, 除了颅脑一站式 CTPI<sup>[1-3]</sup>,其在体部的应用也逐渐 得到重视。本课题组前期研究<sup>[4]</sup>发现,全肝 CTPI 能量化评估小肝细胞癌的生物学习性(微血管侵

[收稿日期] 2018-07-12 [接受日期] 2018-08-17

[基金项目] 上海市卫生和计划生育委员会课题(201540142). Supported by Shanghai Municipal Health and Family Planning Committee (201540142).

[作者简介] 申晓俊,住院医师. E-mail: sxjbbmc@163.com

\*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990; E-mail: wu.dong@zs-hospital.sh.cn

犯)。但是,CTPI 需进行多次容积数据采集,导致 辐射剂量增加<sup>[5]</sup>。因此,如何降低 CTPI 辐射剂量, 近年来引起关注。

第2代320排螺旋CT机的球管旋转时间为 0.3 s,时间分辨率为0.275 s,同时联合三维自适应 迭代剂量降低(adaptive iterative dose reduction-3D,AIDR-3D)、自动曝光控制等技术,在保证图像 质量的情况下,辐射剂量也较第1代CT机明显降 低<sup>[6]</sup>。目前,尚无针对全肝CTPI在这方面的研究。 此外,既往研究中不同CTPI设备、灌注模式的灌注 参数差异较大<sup>[7-11]</sup>,影响病灶的动态随访。因此,本 研究分析了两代320排螺旋CT机全肝灌注成像中 辐射剂量及灌注参数的差异。

### 1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选取在本院进行全肝 CTPI 的 78 例患者的影像学资料。其中,36 例患者接受 了东芝第 2 代 320 排螺旋 CT 机 (Aquilion ViSION)全肝 CT 灌注扫描(第 2 代组);42 例患者 接受了东芝第 1 代 320 排螺旋 CT 机 (Aquilion ONE)灌注扫描(第 1 代组)。第 1 代组患者中,男 性 31 例、女性 11 例,年龄 24~85 岁,中位年龄 62 (46.75,62.25)岁;第 2 代组患者中,男性 28 例、女 性 8 例,年龄 25~80 岁,中位年龄 55.5(45.25, 66.75)岁。两组患者的性别比例、年龄差异无统计 学意义。本研究经医院伦理委员会审核批准,患者 知情同意并签署知情同意书。

1.2 CT 扫描技术

1.2.1 CT 机参数设置 两代 CT 机扫描均应用低 剂量 AIDR-3D 算法,联合自动曝光控制技术 (SUER Exposure)<sup>[12]</sup>调节管电流,同时应用不对称 锥形射线束重建算法<sup>[13]</sup>获取灌注重建图像,具体扫描参数见表 1。

参数类型	第1代320 螺旋 CT 机	第2代320 螺旋 CT 机	
探测器配置	320×0.5 mm	320×0.5 mm	
管电压 $U/kV$	100	100	
噪声标准差	7.50	7.50	
AIDR-3D 迭代档位	STD	STD	
球管旋转时间 $t/s$	0.5	0.3	
重建层厚 $l/mm$	5	5	

#### 表1 不同 320 螺旋 CT 机参数设置

1.2.2 扫描方法 两代 320 排螺旋 CT 机扫描模

式一致。经肘前静脉以 8 mL/s 速率注射对比剂碘 帕醇(碘必乐,370 mgI/mL)40 mL,后续注射 0.9% 氯化钠液 40 mL。注射对比剂 8 s 后开始扫描,分 为 3 个阶段:每隔 2 s 扫描 1 次,共扫描 11 次;2.5 s 后,每隔 3 s 扫描 1 次,共扫描 7 次;3.5 s 后,每隔 5 s扫描 1 次,共扫描 5 次。第 2 代组患者的曝光时 间为 6.9 s,第 1 代组患者的曝光时间为 11.5 s。扫 描过程中嘱患者匀浅呼吸,运用呼吸运动伪影补偿 技术来纠正呼吸运动伪影。

1.3 灌注参数及辐射剂量的评估 将完成 CT 扫 描后获取的图像传至东芝 Vitrea v6.5.3 工作站,使 用体部灌注软件进行肝脏 CTPI。<sup>[1]</sup> 以腹主动脉为 输入动脉,门静脉主干或主要分支为输入静脉,计 算时间密度曲线(time density curve, TDC),获取感 兴趣区域(region of interest, ROI)。ROI 选取原 则:选择面积尽量大、密度较均匀的正常肝组织,但 不能到达肝脏边缘;避开肝内大血管、病灶边缘及 异常强化区。测量每例 ROI 横断位、冠状位和矢状 位 的 灌 注 参数值,包括 肝 动脉血流量(hepatic arterial flow, HAF)、门静脉血流量(portal venous flow, PVF)及灌注指数(perfusion index, PI),取各 参数的平均值。

每例患者的辐射剂量参数包括容积 CT 剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product, DLP),在肝脏灌注扫描完成后由机器自动生成。计算有效辐射剂量(effective radiation dose, ED), ED=DLP×k, 其中k 为换算系数, 上腹部扫描时 k = 0.015 mSv • mGy<sup>-1</sup> • cm<sup>-1[14]</sup>。

1.4 统计学处理 采用 IBM SPSS Statistics 22.0 进行统计学分析。计量资料均经"K-S 检验"检验其 正态性,符合正态分布、方差齐的数据行 t 检验,以  $x \pm s$ 表示。定性资料以 n(%)表示,行  $\chi^2$  检验。检 验水准( $\alpha$ )为 0.05。

## 2 结 果

2.1 全肝 CT 灌注参数 结果(表 2)表示:第2代 组 HAF、PI 值较第1代组稍增高,PVF 值较第1代 组稍降低,但差异均无统计学意义。图1为两代 CT 机获取灌注参数示例。

2.2 全肝 CT 灌注辐射剂量 结果(表 3)表明:第
2 代组辐射剂量参数 CTDIvol、DLP 及 ED 值均较
第 1 代组明显减小(P<0.01),减小幅度均约 46%。</li>

表 2 两组患者全肝灌注参数比较

组别	$HAF/(mL \bullet min^{-1} \bullet 100 mL^{-1})$	$PVF/(mL \bullet min^{-1} \bullet 100 mL^{-1})$	$\mathrm{PI}/\sqrt[9]{0}$
第2代组(n=36)	39.67±10.41	152. 64 ± 34. 14	21. 03 ± 4. 13
第1代组(n=42)	36. 44 ± 10. 47	156. 59 ± 34. 24	19. 30 ± 4. 83

HAF:肝动脉血流量;PVF:门静脉血流量;PI:灌注指数



图 1 不同代 CT 机全肝灌注参数比较

A,B,C:男性,42岁,肝血管瘤,第1代320 CT 成像获得灌注参数,HAF=33.3 mL • min<sup>-1</sup> • 100 mL<sup>-1</sup>(A)、PVF=135.5 mL • min<sup>-1</sup> • 100 mL<sup>-1</sup>(B)、PI=19.9%(C). D,E,F:女性,35岁,肝无占位,第2代320 CT 成像获得灌注参数,HAF=30.4 mL • min<sup>-1</sup> • 100 mL<sup>-1</sup>(D)、PVF=118.4 mL • min<sup>-1</sup> • 100 mL<sup>-1</sup>(E)、PI=20.3%(F).

表 3 两组患者全肝灌注辐射剂量比较

组别	CTDIvol/mGy	DLP/(mGy • cm)	ED/mSv
第2代组(n=36)	40. 42 ± 9. 19 * *	646. 75 ± 147. 03 * *	9.70±2.21**
第1代组(n=42)	75.64±2.40	1213. 96 ± 33. 72	18.21±0.51

CTDIvol:容积 CT 剂量指数; DLP:剂量长度乘积; ED:有效辐射剂量. \*\* P<0.01 与第1代组相比

#### 3 讨 论

本研究发现,第2代320排螺旋 CT 机较第1 代 CT 机辐射剂量(CTDI、DLP 及 ED)显著减小 (P<0.01),降低幅度约46%,更符合利用尽可能低 的放射剂量达到临床诊断(as low as reasonably achievable,ALARA)的要求。此外,两代320排螺 旋 CT 机之间的肝脏灌注参数值(PAF、PVF 及 PI) 差异无统计学意义,具有可比性,说明可以用这2台 CT 机对同一病灶进行动态监测、随访。

第2代320 排螺旋 CT 机辐射剂量减小的可能 原因如下:(1)在保证图像质量的情况下,管电压 100 kV 时较管电压 120 kV 时辐射剂量降低<sup>[15]</sup>。 本研究所有患者 CT 检查的管电压均为 100 kV。 (2)第2代320 排螺旋 CT 扫描中球管旋转时间较 第1代减少(0.3 s vs 0.5 s)。本研究中第2代组每 例患者总曝光时间减少 4.6 s,减少幅度约 40%,在 管电流相对不变的情况下,辐射剂量减少。(3)为

1937获取精确的肝动脉期时间密度曲线(TDC),需要高的时间分辨率。而第2代320排螺旋CT扫描技术的时间分辨率为0.275 s,满足肝CTPI要求。

本研究的优势:(1)不同厂家 CT 机的肝脏灌注 参数存在差异<sup>[6-7]</sup>,且不同的灌注软件及灌注模型获 得的肝脏灌注参数值一致性较低<sup>[8-9]</sup>,不适用于进行 CT 灌注随访观察。而本研究的两台 CT 机均为东 芝公司的 320 排螺旋 CT 机,第 2 代 320 排螺旋 CT 机仅在第 1 代 CT 机的软硬件配置上进行了升级, 而数据采集方案、灌注值测量工作站均一致。(2) 由于不同肝占位性病变的 CT 灌注值差异较大,难 以相互比较,而正常肝实质的灌注情况变化较小, 故本研究在正常肝实质区域选取 ROI;同时,为了 使测量数值准确反映全肝灌注情况,选择测量横断 位、冠状位和矢状位三方位的灌注参数值,并取平 均值,从而能减小测量误差。

本研究的不足:(1)样本量较少;(2)由于伦理 要求,未能对同一患者同时行两代 320 排螺旋 CT 扫描;(3)观察者内和观察者间在灌注参数测量上 的可重复性存在较多争议,观察者内的一致性可能 优于观察者间<sup>[16]</sup>,但临床中患者的检查与随访测量 较难由同一位观察者完成。

综上所述,第2代320排螺旋CT扫描技术采用AIDR-3D算法,联合应用自动曝光控制技术,球管旋转时间0.3 s,在不影响肝灌注参数HAF、 PVF、PI值的情况下,辐射剂量较第1代320排螺旋CT机明显降低。此外,两者HAF、PVF、PI值相 似说明其联合应用不影响肝脏肿瘤的随访观察。

## 参考文献

- [1] MEYER I A, CEREDA C W, CORREIA P N, et al. Factors associated with focal computed tomographic perfusion abnormalities in supratentorial transient ischemic attacks[J]. Stroke, 2018,49(1):68-75.
- [2] LIN L, BIVARD A, KRISHNAMURTHY V, et al. Wholebrain CT perfusion to quantify acute ischemic penumbra and core[J]. Radiology, 2016, 279(3):876-887.
- [3] 奚 彬,盛伟华,唐建伟,等. 64 排螺旋 CT 脑灌注成像对 早期脑梗死的诊断价值[J].中国临床医学,2014,21(6): 718-721.
- [4] WU D, TAN M, ZHOU M, et al. Liver computed tomographic perfusion in the assessment of microvascular invasion in patients with small hepatocellular carcinoma[J]. Invest Radiol, 2015, 50(4):188-194.
- [5] MANNIESING R, OEI M T, VAN GINNEKEN B, et al. Quantitative dose dependency analysis of whole-brain CT perfusion imaging[J]. Radiology, 2016,278(1):190-197.
- [6] TOMIZAWA N, MAEDA E, AKAHANE M, et al. Coronary CT angiography using the second-generation 320detector row CT: assessment of image quality and radiation dose in various heart rates compared with the first-generation scanner [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2013, 29 (7): 1613-1618.
- [7] CHEN Y W, PAN H B, TSENG H H, et al. Assessment of blood flow in hepatocellular carcinoma: correlations of computed tomography perfusion imaging and circulating angiogenic factors [J]. Int J Mol Sci, 2013, 14 (9):

17536-17552.

- [8] GUO M, YU Y. Application of 128 slice 4D CT whole liver perfusion imaging in hepatic tumor [J]. Cell Biochem Biophys, 2014,70(1):173-178.
- [9] GOH V, HALLIGAN S, BARTRAM C I. Quantitative tumor perfusion assessment with multidetector CT: are measurements from two commercial software packages interchangeable? [J]. Radiology, 2007, 242(3):777-782.
- [10] MIYAZAKI M, TSUSHIMA Y, MIYAZAKI A, et al. Quantification of hepatic arterial and portal perfusion with dynamic computed tomography: comparison of maximumslope and dual-input one-compartment model methods [J]. Jpn J Radiol, 2009, 27(3):143-150.
- [11] 陈伟国,贺捷新,莫天澜,等.低剂量 CT 心肌灌注鲁棒去卷 积参数成像方法[J].中国医学物理学杂志,2017,34(11): 1131-1136.
- [12] VAN DER MOLEN A J, JOEMAI R M, GELEIJNS J. Performance of longitudinal and volumetric tube current modulation in a 64-slice CT with different choices of acquisition and reconstruction parameters [J]. Phys Med, 2012, 28(4):319-326.
- [13] BEDAYAT A, RYBICKI F J, KUMAMARU K, et al. Reduced exposure using asymmetric cone beam processing for wide area detector cardiac CT[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2012, 28(2):381-388.
- [14] POOLER B D, LUBNER M G, KIM D H, et al. Prospective evaluation of reduced dose computed tomography for the detection of low-contrast liver lesions; direct comparison with concurrent standard dose imaging[J]. Eur Radiol, 2017, 27 (5):2055-2066.
- **3** [15] ZHANG C, ZHANG Z, YAN Z, et al. 320-row CT coronary angiography: effect of 100-kV tube voltages on image quality, contrast volume, and radiation dose [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2011, 27(7):1059-1068.
  - [16] IPPOLITO D, CASIRAGHI A S, TALEI F C, et al. Intraobserver and interobserver agreement in the evaluation of tumor vascularization with computed tomography perfusion in cirrhotic patients with hepatocellular carcinoma [J]. J Comput Assist Tomogr, 2016, 40(1):152-159.

[本文编辑] 姬静芳