

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.12.022

文章编号: 1005-8982 (2018) 12-0118-05

迭代重建和滤波反投影重建在脑实质血肿 低辐射剂量 CT 复查中的应用

徐延峰, 康立清, 于淑靖, 张力, 车延旭, 陈跃峰

(河北省沧州市中心医院 CT 诊断科, 河北 沧州 061001)

摘要: **目的** 比较迭代重建 (IR) 滤波反投影重建 (FBP) 在脑实质血肿低辐射剂量 CT 复查中的应用优劣。**方法** 选取病程 1 周内的脑实质血肿头部 CT 复查的成人 90 例, 随机分为 3 组, 每组各 30 例。分别进行 100、150、200 mAs 3 种不同辐射剂量水平的 CT 扫描。图像分别进行 IR 和 FBP, 比较不同剂量组的两种重建方式下脑实质血肿所在层面图像的噪声水平, 并对图像质量进行主观评分。**结果** ①相同辐射剂量的图像噪声 IR 组低于 FBP 组 ($P < 0.05$); ② IR 图像 100 mAs 组与 200 mAs 组主观评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 100 mAs 组噪声高于 200 mAs 组 ($P < 0.05$); ③ FBP 100 mAs 组图像质量低于 200 mAs 组, 主观评分和噪声差异有统计学意义 ($P < 0.05$); ④ FBP 图像 150 mAs 组与 200 mAs 组主观评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 150 mAs 组噪声高于 200 mAs 组 ($P < 0.05$)。**结论** 相同辐射剂量 IR 较 FBP 图像噪声更小, 图像主观评分相同时 IR 较 FBP 所需的辐射剂量更低。对成人脑实质血肿病变的 CT 复查患者, IR 较 FBP 具有更低辐射剂量的优势, IR 可采用 100 mAs, 而 FBP 需采用 150 mAs。

关键词: 迭代重建; 滤波反投影重建; 辐射剂量; 脑血肿

中图分类号: R816

文献标识码: A

Application of iterative reconstruction in comparison with filtered back projection in low-dose CT re-scanning of intracerebral hematoma

Yan-feng Xu, Li-qing Kang, Shu-jing Yu, Li Zhang, Yan-xu Che, Yue-feng Chen

(Department of CT Diagnosis, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou, Hebei 061001, China)

Abstract: Objective To assess the feasibility and advantage of iterative reconstruction (IR) in low-dose CT (LDCT) scanning of cerebral hemorrhage. **Methods** Totally 90 adult patients with cerebral hemorrhage in a week who needed CT re-scanning were chosen at random for a study of IR in LDCT. They were divided into three groups respectively with radiation dose levels of 100 mAs, 150 mAs and 200 mAs for head CT scanning. Then, IR and filter back projection (FBP) reconstruction were used. Paired sample t test was applied to evaluate the difference in the image quality between different reconstruction modes in different dose groups. **Results** For review cases with cerebral hemorrhage: there were statistically significant differences in image noise level between the two reconstructed groups in each dose group ($P < 0.05$); between 100 mAs dose and 200 mAs dose groups of IR, there were no significant differences in image quality score ($P > 0.05$), but there was significant difference in image noise level ($P < 0.05$); between 100 mAs dose and 200 mAs dose groups of FBP, there were significant differences in image quality score and image noise level ($P < 0.05$); between 150 mAs dose and 200 mAs dose groups of FBP, there was no significant difference in image quality score ($P > 0.05$), but there was significant difference in image noise level

收稿日期: 2017-06-21

($P < 0.05$). **Conclusions** IR algorithm can achieve lower image noise level than FBP in the same dose manner of head CT scanning; IR has lower radiation dose than FBP with the same image subjective score. IR has the advantage of lower radiation dose than FBP (100 mAs versus 150 mAs) on head CT re-scanning of patients with cerebral hemorrhage.

Keywords: iterative reconstruction; filtered backprojection; radiation dosage; cerebral hemorrhage

CT 检查带来的 X 射线辐射风险被人们重视, 低剂量 CT (low dose computed tomography, LDCT) 扫描的研究广泛开展, 但辐射剂量的降低造成图像噪声增大, 限制 CT 辐射剂量的降低程度。随着迭代重建 (iterative reconstruction, IR) 的方式逐渐在新型 CT 设备中广泛应用, 图像的噪声得以一定程度的减低, 为进一步降低 CT 扫描辐射剂量成为可能^[1-3]。本文探讨 IR 联合低辐射剂量扫描在脑实质血肿 CT 复查中应用的可能性和优势。

1 资料与方法

1.1 病例选择

选取病程 1 周内因脑实质血肿需头部 CT 复查的成人 90 例, 按随机数字表法分为 3 组, 每组各 30 例。其中, 男性 47 例, 女性 43 例; 年龄 38 ~ 78 岁, 中位年龄 59 岁。所有病例均经患者和 (或) 家属知情同意。

1.2 方法

采用 Aquilion PRIME 80 排 160 层螺旋 CT (日本东芝株式会社)。扫描方式 Volume, 扫描时间 1 s, DFOV 25 cm, 矩阵 512 × 512, 管电压 120 kV, 层厚 7 mm。普通剂量组、低剂量 1 组、低剂量 2 组的管电流设置分别为 200、150 及 100 mA。记录 CT 剂量列表显示的各组容积 CT 剂量指数 (volume computed tomography dose index, CTDIvol)。扫描完成后对图像进行 IR 和滤波反投影重建 (filtered back projection, FBP) 2 种不同的方式重建图像。

1.3 图像处理和质量评估

1.3.1 图像噪声测定 选取 IR 及 FBP 两重建方式下同一层面的图像, 排除存在各种伪影干扰的图像, 对侧脑室体部仅含脑脊液的区域进行感兴趣区画定, 记录 CT 值的标准差 SD 值作为图像的噪声指标 (见图 1)。图像质量主观评分: 统一窗位 (50 Hu) 窗宽 (100 Hu) 并隐藏图像个人信息及扫描参数后由 2 位 CT 诊断主治医师采用 5 分制 (见表 1) 盲法进行, 出现评分不一致时, 由 1 位 CT 诊断主任医师进行最终评分。

1.3.2 图像质量主观评估 统一窗位 (50 Hu) 窗宽 (100 Hu), 改变阅片工作站的显示设置, 隐去患者个人信息和扫描参数后将研究图像导出另存。应用 5 分制对图像质量等级进行评分: 5 分: 灰白质界限、蛛网膜下腔系统清晰可辨, 病变显示清晰, 无各类伪影, 图像颗粒细腻均匀; 4 分: 灰白质界限、蛛网膜下腔系统可分辨, 病变显示基本清晰, 基本无伪影, 图像颗



图 1 图像噪声测定, 选取左侧脑室内无积血、钙化及脉络膜区进行脑脊液 CT 值测定, 记录 SD 值代表图像噪声水平

表 1 图像质量 5 分制评分标准

指标	临床可用			临床不可用	
	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
灰白质界限	清晰可辨	可分辨	隐约可分辨	基本不清	非常不清
蛛网膜下腔	清晰可辨	可分辨	隐约可分辨	基本不清	非常不清
血肿	清晰可辨	基本清晰	尚可分辨	隐约可分辨	无法分辨
伪影	无	微量	少量	多量	非常明显
图像颗粒	细腻均匀	稍粗大	比较粗糙	粗糙不均	非常粗糙

粒均匀但不很细腻；3分：灰白质界限、蛛网膜下腔系统隐约可分辨，病变尚可分辨，基本无伪影或少量伪影，图像颗粒不均匀；2分：灰白质界限、蛛网膜下腔系统分界不清，图像较模糊，颗粒粗糙，仅能显示对比解剖结构和病变，极易造成漏诊或误诊；1分：图像模糊、颗粒非常粗糙，难以区分正常解剖结构及病变。5分为优，4~5分为优良，3~5分为可用，1~2分为不可用。由2位均具有主治医师职称的CT诊断医师对全部图像盲法进行评分，出现评分不一致时，由1位主任医师职称的CT诊断医师进行再评分并作为最终评分。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计软件，计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，采用 *t* 检验，*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 辐射剂量相关参数

200、150及100 mAs 组的CTDIvol 分别为36.6、

27.5和18.3 mGy。

2.2 3组图像质量和图像质量噪声评分比较

相同剂量水平IR组的图像质量优于FPB组 (*P* < 0.05)。IR图像100 mAs组较200 mAs组图像噪声高 (*P* < 0.05)，而主观评分差异无统计学意义 (*P* > 0.05)；FBP图像100 mAs组较200 mAs组噪声高而主观评分低 (*P* < 0.05)；FBP图像150 mAs组较200 mAs组图像噪声高 (*P* < 0.05)，而主观评分差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。见表2、3和图2。

2.3 相同剂量水平图像噪声评分比较

2.3.1 100 mAs与200 mAs两种剂量水平的IR图像比较 图像质量评分比较，差异无统计学意义 (*P* = 0.161)，图像噪声差异有统计学意义 (*P* = 0.025)，100 mAs组较200 mAs组图像噪声高而主观评分差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。

2.3.2 100 mAs与200 mAs两种剂量水平的FBP图像比较 两种剂量水平的图像质量评分和图像噪声比较，差异均有统计学意义 (*P*_{评分} = 0.016, *P*_{噪声} = 0.000)，100 mAs组较200 mAs组噪声高而主观评分低。

表2 各组图像质量噪声及评分 (*n* = 30, $\bar{x} \pm s$)

辐射剂量	噪声		评分	
	IR	FBP	IR	FBP
200 mAs	6.34 ± 1.04	9.81 ± 1.53	4.39 ± 0.82	4.13 ± 0.46
150 mAs	7.51 ± 0.86	10.56 ± 1.44	4.07 ± 0.79	3.79 ± 0.48
100 mAs	8.01 ± 1.15	13.19 ± 1.54	3.68 ± 0.63	2.92 ± 0.56

表3 不同重建方式和不同剂量组间图像噪声及评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	噪声	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	评分	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
100 mAs IR ~ 100 mAs FBP	-5.19 ± 1.08	-26.353	0.000	0.80 ± 0.41	10.770	0.000
150 mAs IR ~ 150 mAs FBP	0.00 ± 0.88	-19.129	0.000	0.63 ± 0.70	5.188	0.000
200 mAs IR ~ 200 mAs FBP	-2.46 ± 1.13	-11.953	0.000	0.40 ± 0.50	4.397	0.000
100 mAs IR ~ 150 mAs IR	0.50 ± 1.46	1.873	0.071	0.20 ± 0.93	1.185	0.246
100 mAs IR ~ 200 mAs IR	0.66 ± 1.53	2.373	0.025	0.13 ± 0.51	1.439	0.161
150 mAs IR ~ 200 mAs IR	0.16 ± 1.17	0.768	0.449	-0.13 ± 0.68	-1.072	0.293
100 mAs FBP ~ 150 mAs FBP	2.63 ± 2.02	7.145	0.000	0.10 ± 1.03	0.532	0.599
100 mAs FBP ~ 200 mAs FBP	3.40 ± 2.45	7.574	0.000	-0.40 ± 0.86	-2.562	0.016
150 mAs FBP ~ 200 mAs FBP	0.80 ± 1.86	2.239	0.033	-0.37 ± 1.03	-1.943	0.062

2.3.3 150 mAs与200 mAs两种剂量水平的FBP图像比较 两种剂量水平的图像质量评分比较，差异无统计学意义 (*P* = 0.062)，两种剂量水平的图像噪声

比较，差异有统计学意义 (*P* = 0.033)，150 mAs组较200 mAs组图像噪声高而主观评分比较，差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。IR组的图像质量优于FPB组，差异

均有统计学意义 (均 $P=0.000$)。

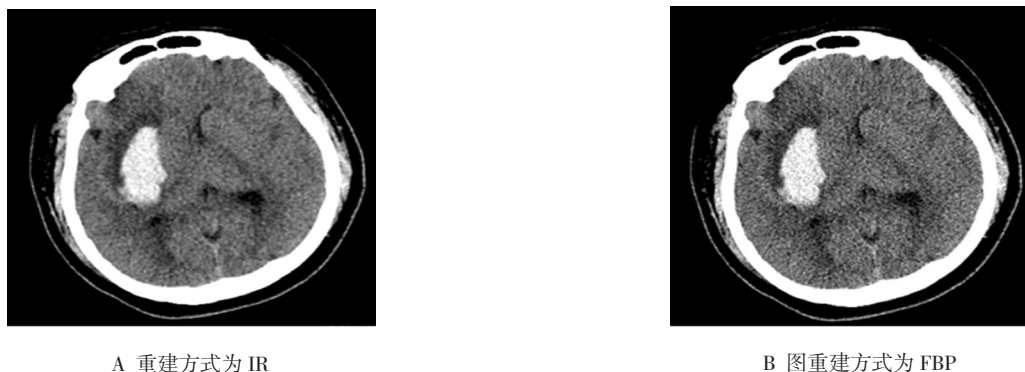


图 2 100 mAs 扫描时间同一层面图像

3 讨论

CT 影像重建算法包括两种基本类型 (IR 和 FBP)。IR 较 FBP 相比存在运算过程复杂、数据量巨大及计算速度慢的缺点, 但可在最终重建中改善噪声^[4-6]。FBP 是目前大多数商用 CT 机型所采取的标准 CT 重建技术, 一直被作为 CT 图像重建算法的基础和金标准^[7]。利用滤过功能或卷积算法平衡最终重建图像的噪声和空间分辨力^[8], 该算法对投影数据量的要求较高, 实际上限制 CT 扫描剂量的降低。为弥补噪声升高而导致的图像质量下降, 各厂商分别新开发出各种图像后处理技术, 比如美国 GE 公司的 ASiR、德国 SIEMENS 公司的 IRIS、荷兰 PHILIPS 公司的 I DOSE 等, 其核心均是 IR。国内外也有研究者采用 IR 技术对低剂量扫描的原始数据进行重建。研究发现, IR 技术有降低辐射剂量, 并使图像噪声减少的优势。在相同噪声水平下, 扫描剂量可降低^[9-12]。CT 扫描图像质量与 X 射线辐射剂量成正相关, 本研究得到的图像质量噪声水平和图像质量评分结果与之相符。降低辐射剂量虽会降低受检者的辐射风险, 但图像噪声增加可能影响诊断准确性, 因此 LDCT 的应用必须在保证图像主观评分能够满足临床应用的前提下开展。

脑出血病程 1 周内由于病情变化比较明显, 往往需要进行多次 CT 扫描, 从而提高受检者的累积辐射剂量, 增大辐射损伤风险。因此, 进行头部 CT 的 LDCT 扫描具有临床意义。结合 IR 较 FBP 在图像噪声方面的优势, 在对因脑实质血肿进行 LDCT 头部扫描的同时, 笔者对同一原始数据进行两种不同重建算法的成像, 比较两种算法可接受的低辐射剂量扫描水平和 IR 算法在 LDCT 扫描中的可行性及优势。

图像噪声和主观评分的统计数据表明, 虽然随着辐射剂量水平的降低, 图像的噪声在逐渐增大, 但阅片医生对图像的主观评分在一定程度内并未减低, 100 mAs 时 IR 和 FBP 图像的主观评分平均值分别为 3.68 分和 2.92 分, 100 mAs 的 IR 图像可以临床应用; 而 150 mAs FBP 组的主观评分达 3.79 分, 可临床应用。

脑出血病变可应用 LDCT 扫描是由于脑实质血肿的较高密度与周围脑组织存在相对良好的自然对比, 加上血肿周围低密度水肿的出现增大自然对比, 血肿的占位效应造成周围脑沟和脑室形态结构的改变, 使病变的观察更为明显。相同辐射剂量水平时, IR 较 FBP 噪声水平更低, 所以可应用的 LDCT 辐射剂量更低, IR 更具有优势。

综上所述, 由于随着血肿的吸收, 血肿本身与周围脑组织的自然对比逐渐降低, 本研究仅针对病程 1 周内的复查患者进行, 对血肿吸收期其它时间窗需要进行头部 CT 复查的患者进行 IR 的 LDCT 扫描是否具有优势仍需要扩大样本进行相关研究。且由于仅仅选择 100 和 150 mAs 两个水平与常规剂量水平进行比较研究, 得到 IR 重建算法联合 100 mAs 水平的 LDCT 扫描与常规剂量扫描相当的结论, 但对于能够进行应用的最低辐射剂量水平仍需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 杨尚文, 何健, 杨献峰, 等. ASiR 算法结合自动管电流调制技术在胸部低剂量 CT 中的应用研究 [J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(1): 58-61.
- [2] PICKHARDT P J. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging[J]. *Ajr*

- American Journal of Roentgenology, 2012, 199(6): 1266-1274.
- [3] 蒋骏, 黄美萍, 雷益, 等. 全模型迭代重建技术在心脏 CT 成像中应用的实验研究 [J]. 中华放射学杂志, 2015, 49(6): 473-477.
- [4] 高宇. 迭代重建算法的研究进展 [J]. 中国医疗设备, 2013, 28(3): 23-25.
- [5] PAYNE J T. CT radiation dose and image quality [J]. Radiol Clin North Am, 2005, 43(6): 953-962.
- [6] 李琼, 于红, 张丽, 等. 迭代重建技术对胸部低剂量 CT 图像质量影响的初步研究 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(2): 191-194.
- [7] GILLASPIE E A, ALLEN M S. Computed tomographic screening for lung cancer: the mayo clinic experience [J]. Thorac Surg Clin, 2015, 25(2): 121-127.
- [8] OKEN M M, HOCKING W G, KVALE P A, et al. Screening by chest radiograph and lung cancer mortality: the Prostate, Lung, Colorectal, and ovarian (PLCO) randomized trial [J]. JAMA, 2011, 306(17): 1865-1873.
- [9] JARED D. CHRISTENSEN, CAROLINE CHILES. Low-dose computed tomographic screening for lung cancer [J]. Clinics in Chest Medicine, 2015, 36(2): 147-160.
- [10] 胡钰, 方进, 邓达标, 等. 低剂量胸部 CT 对肺癌筛查的研究进展 [J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(1): 146-149.
- [11] HWANG H J, SEO J B, LEE H J, et al. Low-dose chest computed tomography with sinogram-affirmed iterative reconstruction, iterative reconstruction in image space, and filtered back projection: studies on image quality [J]. Comput Assist Tomogr, 2013, 37(4): 610-617.
- [12] YASAKA K, KATSURA M. Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT comparison to adaptive statistical iterative reconstruction [J]. Springerplus, 2013, 2(1): 209-214.
- (唐勇 编辑)