

深度学习图像重建算法对图像质量的影响:体模研究

付芮,张成亮,沈云,陈大治,町田治彦,蔡磊

【摘要】 目的:基于体模研究探讨深度学习图像重建(DLIR)算法的图像质量是否优于传统的自适应统计迭代重建算法(ASIR-V)。**方法:**使用 GE Revolution Apex CT 机对分辨率体模(JIS 体模)进行常规剂量(CTDI 为 11.50 mGy; A 组)和低剂量(CTDI 为 4.22 mGy; B 组)扫描。对 A 组的原始扫描数据采用常规 30% 权重 ASIR-V 进行图像重建, B 组采用滤波反投影(FBP)、30%-ASIR-V、60%-ASIR-V、90%-ASIR-V 及不同级别的深度学习重建(DLIR-L、DLIR-M、DLIR-H)算法进行图像重建。在每组重建图像上测量 JIS 体模试管内各 ROI(圆形,大小 135 mm²)的 CT 值及其 SD(图像噪声),计算图像的信噪比(SNR);同时由 3 位放射科医师对扫描图像的噪声和分辨率(空间分辨率/密度分辨率)两个方面对不同重建算法的图像采用 5 分法(5 分,图像清晰;4 分,图像基本清晰;3 分,满足临床诊断要求;2 分,图像部分勉强辨认;1 分,完全不能辨认)进行主观评分。采用单因素方差分析比较不同重建算法图像上测得的 CT 值、SD 及 SNR,采用 Fleiss Kappa 检验比较医师之间主观评分的一致性。**结果:**B 组的 CTDI 为 4.22 mGy,较 A 组(11.50 mGy)下降了 63.3%。在相同权重迭代算法(30%-ASIR-V)下,低剂量与常规剂量相比图像的 SD 升高了 68.33%,低剂量图像噪声和图像分辨率的主观评分低于常规剂量。在低剂量组中,FBP、30%-ASIR-V、60%-ASIR-V、90%-ASIR-V 及 DLIR-L、DLIR-M、DLIR-H 重建图像的 SD 分别为 31.33±2.51、25.21±2.47、19.43±1.76、13.76±1.39 和 21.33±2.09、21.33±2.09、13.84±1.42,与 FBP 算法相比,不同权重迭代算法和不同级别的 DLIR 算法均可减低图像噪声($P<0.05$),且随着 ASIR-V 权重或 DLIR 级别的升高,SD 值越低。图像分辨率主观评分随着 ASIR-V 权重的升高而降低,但随着 DLIR 级别的升高而升高。与 FBP、30%-ASIR-V、60%-ASIR-V 和 DLIR-L、DLIR-M 算法相比,DLIR-H 算法可显著降低图像噪声(P 均 <0.05);DLIR-H 算法的图像噪声和分辨率的主观评分高于其它算法(P 均 <0.05)。**结论:**应用深度学习重建算法能够提高图像质量(噪声和分辨率),低剂量扫描结合深度学习图像重建算法,能达到常规剂量扫描的图像质量。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 图像质量; 深度学习; 图像重建; 低剂量

【中图分类号】 R814.42 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)12-1617-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.12.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Impact of deep learning reconstruction algorithm on image quality: a phantom study FU Rui, ZHANG Cheng-liang, SHEN Yun, et al. Department of Radiology, Yinchuan Hospital of Traditional, Yinchuan 750001, China

【Abstract】 Objective: To compare the impact of deep learning iterative reconstruction (DLIR) algorithm with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm (ASIR-V) on image quality in a phantom study. **Methods:** The GE Revolution Apex CT was used to perform routine dose (CTDI of 11.5mGy; Group A) and low dose (CTDI of 4.22mGy; Group B) scans on the JIS phantom. The original scan data from Group A was reconstructed using the conventional 30%-weighted ASIR-V; while in Group B, filtered back projection (FBP), 30%-ASIR-V, 60%-ASIR-V, 90%-ASIR-V, and low, medium and high levels of DLIR (DLIR-L, DLIR-M, DLIR-H) was used for image reconstruction. The CT values and their standard deviation (SD) values (image noise) were measured within the ROIs (area of 135mm²) in the JIS phantom tubes on the images with each reconstruction algorithm in both groups,

作者单位: 750001 宁夏银川, 银川市中医医院放射科(付芮、张成亮、蔡磊); GEHC 中国 CT 影像研究中心(CTRC)(沈云); 750001 宁夏银川, 宁夏回族自治区人民医院放射科(陈大治); 123-8558 日本东京, 东京女子医科大学附属足立医療センター放射線科(町田治彦)

作者简介: 付芮(1991-), 女, 陕西临潼人, 主治医师, 主要从事影像诊断工作。

通讯作者: 蔡磊, E-mail: 15769516667@163.com

and the signal-to-noise ratio (SNR) was calculated. Three radiologists subjectively scored the images based on noise and resolution (spatial/contrast resolution) using a 5-point scale (5 points=very good; 4 points=generally good; 3 points=meeting clinical diagnostic requirements; 2 points=partially recognizable; 1 point=completely unrecognizable). One-way ANOVA was used to compare the CT values, SD values, and SNR of the images reconstructed using different algorithms, with a significance level of $P < 0.05$ indicating a statistically significant difference. Fleiss Kappa test was used to assess the consistency of the subjective scoring. **Results:** The CTDI for Group B was 4.22mGy, which decreased by 63.3% compared to Group A (11.5mGy). Under the same weighted iterative algorithm (30%-ASIR-V), the SD of the images was elevated by 68.33% in the low dose compared with the conventional dose, and the subjective scores of image noise and image resolution were lower in the low dose than in the conventional dose. In the low-dose group, the SD of FBP, 30%-ASIR-V, 60%-ASIR-V, 90%-ASIR-V, DLIR-L, DLIR-M and DLIR-H reconstructed images were 31.33 ± 2.51 , 25.21 ± 2.47 , 19.43 ± 1.76 , 13.76 ± 1.39 , 21.33 ± 2.09 , 21.33 ± 2.09 and 13.84 ± 1.42 , respectively. Compared with the FBP algorithm, the iterative algorithm with different weights and the DLIR algorithm with different levels could reduce the image noise (all $P < 0.05$), and the SD was lower as the ASIR-V weight or DLIR level increased; and the subjective scores of the image resolution decreased with the ASIR-V weight, but increased with the DLIR level increases. Compared with FBP, 30%-ASIR-V, 60%-ASIR-V and DLIR-L, DLIR-M algorithms, DLIR-H algorithm significantly reduces the image noise (all $P < 0.05$), and the subjective scores of image noise and resolution of DLIR-H algorithm are higher than other algorithms. **Conclusion:** The application of deep learning image reconstruction algorithms can improve image quality (noise and resolution), and low-dose scans combined with deep learning reconstruction algorithms can achieve image quality comparable to that of conventional dose scans.

【Key word】 Tomography, X-ray computed; Image quality; Deep learning; Image reconstruction; Low dose

CT 图像重建算法是 CT 图像生成的基础,与 CT 图像质量关系密切。目前,临床上常用的图像重建方式是自适应统计迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction veo, ASIR-V)。然而,高迭代水平在降低图像噪声的同时,会导致图像过度平滑和蜡状伪影,同时会降低图像的分辨率^[1-4]。近期,GE 公司开发的基于深度学习的图像重建(deep learning iterative reconstruction, DLIR)能够有效地克服高权重迭代算法导致的过度平滑等问题,既能降低图像噪声,又能保持图像纹理和较高的空间分辨率^[5]。目前,对 DLIR 在降低图像噪声中的作用及相关临床应用的研究相对比较多,而对其在图像分辨率方面的作用的相关研究比较少,尤其是体模实验。因此,本研究中使用 JIS 体模,通过主客观指标的评估及测量,对比传统的迭代重建算法(ASIR-V)与不同等级的 DLIR 对图像质量(图像噪声和分辨率)的影响,并探讨 DLIR 在降低扫描剂量方面的可能性。

材料与方 法

1. 检查方法

使用 GE Revolution Apex 对分辨率体模(JIS 体

模)进行扫描, JIS 体模的外观见图 1。扫描参数: 120 kV, 0.5 s/r, 探测器宽度 80 mm, 螺距 0.992, 层厚 0.625 mm。分别采用常规剂量(A 组)和低剂量(CTDI 为 mGy; B 组)进行扫描, A 组和 B 组的容积 CT 剂量指数(volume computed tomography dosimetry index, CTDIvol)分别为 11.50 和 4.22 mGy。A 组原始数据采用常规临床扫描时设置的 30% 权重的 ASIR-V 进行图像重建, B 组采用滤波反投影(filtered back projection, FBP)、不同权重的迭代算法(30%、60%、90%-ASIR-V)及不同级别的 DLIR(DLIR-L、DLIR-M、DLIR-H)共 7 种算法进行图像重建。

2. 图像质量评价

将图像传输至 AW4.7 工作站进行观察,窗宽 400 HU,窗位 35 HU。

客观评价:在 JIS 体模中的试管内勾画圆形 ROI (面积 135mm^2),保证 ROI 在每层图像及重建方式下形状、大小和位置一致,测量各 ROI 内的 CT 值及其 SD(图像噪声),对每组图像上每个 ROI 的数据均测量 3 次取平均值,并按照公式(1)计算图像的 SNR:

$$\text{SNR} = \frac{\text{CT 值}}{\text{SD}} \quad (1)$$

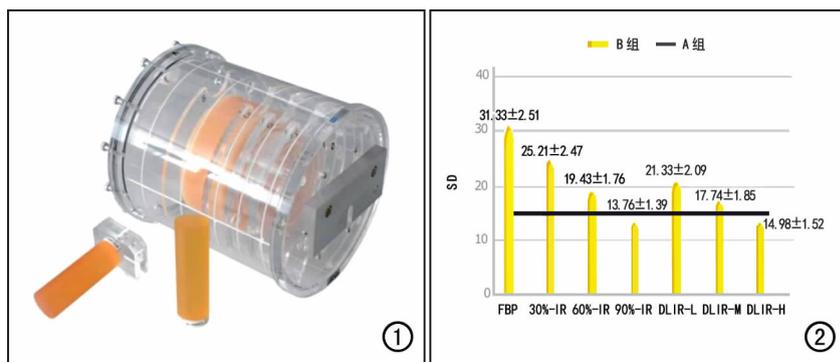


图 1 JIS 体模的外观。图 2 A 组和 B 组不同算法重建图像上噪声均值的直方图。

主观评分:由 3 位具有 5 年工作经验的放射科医师对每组图像的噪声和分辨率(空间分辨率/密度分辨率)采用五分法进行评价,意见不一致时经协商讨论得出一致性评分。图像噪声的评分标准:1 分,太多噪声;2 分,超过接受程度的噪声;3 分,可以接受的噪声;4 分,较少的噪声;5 分,非常少的噪声。空间分辨率的主观评价内容包括图像上各结构的边缘和清晰度,图像密度分辨率的主观评价包括图像上各结构形态、边缘及与周围的密度差,具体评分标准:1 分,完全不能辨认;2 分,图像部分勉强辨认;3 分,图像勉强辨认;4 分,图像基本清晰;5 分图像非常清晰。图像评分 ≥ 3 分为满足临床诊断要求。

3. 统计学分析

使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。采用单因素方差分析比较不同重建算法下测量的试管内 CT 值、SD 及 SNR,进一步组间两两比较采用 LSD 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。主观评分的一致性采用 Fleiss Kappa 检验,Kappa 值 < 0.20 为一致性差,0.21~0.40 为一致性较差,0.41~0.60 为一致性

中等,0.61~0.80 为一致性较好,0.81~1.00 为一致性极好。

结果

1. 辐射剂量

A 组常规剂量的 CDTIvol 值为 11.5 mGy,B 组低剂量的 CDTIvol 值为 4.22 mGy,B 组较 A 组下降了 63.30%。

2. 图像质量的客观评价

A 组常规剂量 30%-ASIR-V 算法和 B 组低剂量不同重建算法的重建图像上体模试管内 CT 值、SD 及 SNR 测量结果详见表 1 和图 2。A 组常规剂量 30%-ASIR-V 算法和 B 组 7 种算法获得的重建图像上测得的 CT 值的差异无统计学意义($P > 0.05$);而 SD 和 SNR 的差异均有统计学意义($P < 0.001$)。对 SD 和 SNR 进一步进行组间两两比较,不同权重 ASIR-V 和不同级别 DLIR 算法测得的 SD 均明显低于 FBP 算法,SNR 高于 FBP 算法,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。B 组中,与 30%权重(临床扫描常用权重)ASIR-V 相比,使用 DLIR-L、DLIR-M 和 DLIR-H 算法重建图像的 SD 分别降低了 15.39%、29.61%和 45.11%;随着 ASIR-V 权重或 DLIR 级别的升高,SD 越低,SNR 越高。在相同权重迭代算法(30%-ASIR-V)下,低剂量与常规剂量相比图像的 SD 升高了 68.33%,SNR 降低了 41.03%;但是,低剂量组采用 DLIR-H 进行图像重建后,与常规剂量组 30%-ASIR-V 重建图像相比,SD 下降了 7.61%。

3. 图像质量的主观评价

三位放射科医师对 A 组和 B 组不同算法重建图像上图像质量的主观评分结果详见表 2。三位医师对

表 1 A、B 组不同重建算法下试管内定量参数测量结果

指标	A 组		B 组						F 值	P 值
	30%-ASIR	FBP	30%-ASIR	60%-ASIR	90%-ASIR	DLIR-L	DLIR-M	DLIR-H		
CT 值/HU	124.89±1.01	123.90±1.50	124.09±1.70	123.88±1.24	123.89±1.41	124.13±1.44	124.63±1.00	124.11±1.13	1.903	0.071
SD/HU	14.98±1.52	31.33±2.51	25.21±2.47	19.43±1.76	13.76±1.39	21.33±2.09	17.74±1.85	13.84±1.42	240.716	0.000
SNR	8.42±0.85	3.98±0.32	4.97±0.47	6.43±0.60	9.10±0.95	5.88±0.59	7.10±0.72	9.09±1.03	164.972	0.000

表 2 A、B 组不同重建算法下图像噪声、密度及空间分辨率的主观评分

重建算法	图像噪声			密度分辨率			空间分辨率		
	观察者 A	观察者 B	观察者 C	观察者 A	观察者 B	观察者 C	观察者 A	观察者 B	观察者 C
A 组									
30%-ASIR	3	2	2	3	2	2	3	3	3
B 组									
FBP	1	1	1	1	1	1	2	2	2
30%-ASIR	2	2	2	1	1	1	2	2	2
60%-ASIR	2	2	2	1	1	1	1	1	1
90%-ASIR	3	3	3	1	1	1	1	1	1
DLIR-L	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DLIR-M	3	3	3	2	2	2	2	2	2
DLIR-H	4	4	4	3	3	3	3	3	3

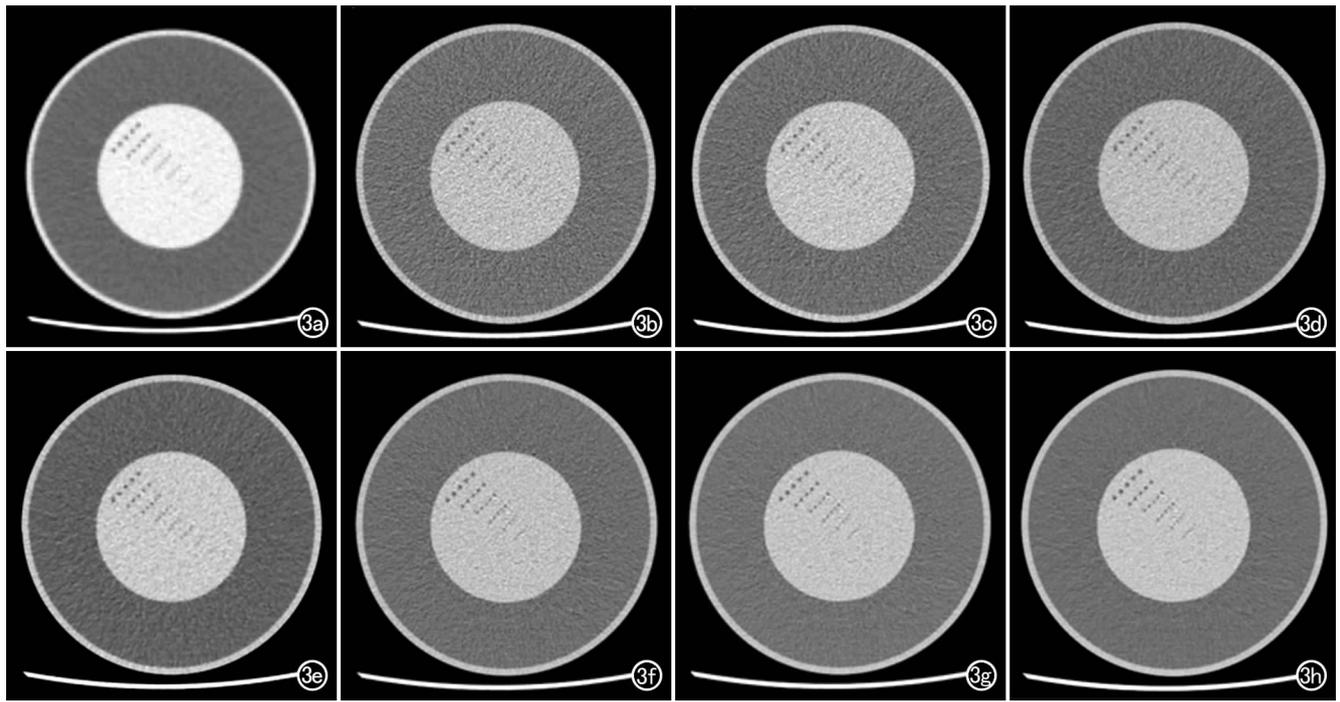


图3 A组常规剂量30%-ASIR-V和B组低剂量不同重建算法获得的JIS体模重建图像。在相同算法(30%-ASIR-V)下体模内各结构的形态、边缘及清晰度的显示清晰度均低于常规剂量。体模内各结构的形态和边缘在低剂量FBP图像和不同权重ASIR-V重建图像上均显示欠清晰,而在DLIR-L、DLIR-M和DLIR-H图像上显示清晰。a)A组常规剂量30%-ASIR-V;b)B组FBP;c)B组30%-ASIR-V;d)B组60%-ASIR-V;e)B组90%-ASIR-V;f)B组DLIR-L;g)B组DLIR-M;h)、B组DLIR-H。

A组及B组中FBP、不同权重迭代算法(30%-ASIR-V,60%-ASIR-V,90%-ASIR-V)及不同级别DLIR算法(DLIR-L、DLIR-M、DLIR-H)获得的重建图像上图像噪声和分辨率(图像空间分辨率/密度分辨率部分)的主观评分的一致性均较好($Kappa \geq 0.80$, $P < 0.05$)。图像噪声评分随着ASIR-V的权重或DLIR级别的升高而降低,基本与客观评价结果的变化趋势类似;图像分辨率评分随着ASIR-V权重的升高而降低,但随着DLIR级别的升高而升高(图3~4)。与A组常规剂量的图像质量(噪声和分辨率)相比,应用DLIR能够达到常规剂量扫描的图像质量,尤其是应用高级别深度重建算法。

讨论

迭代重建算法是目前CT图像的主要重建方法,通过改变权重达到不同程度的降噪效果,同时能提高图像的对比度。但是一些学者发现高权重迭代重建算法会改变图像的噪声幅度和纹理特征,出现过度平滑现象^[1-4]。本研究结果也表明随着ASIR-V的权重增加,图像的噪声(SD)降低,SNR升高,但是图像的空间分辨率和密度分辨率的主观评分明显下降,图像的噪声评分变差,因此使用高权重迭代算法获得的图像质量可能妨碍对图像的理解,限制了高权重迭代重建的

使用和其在临床应用中减少辐射剂量的潜力,所以在本院的临床常规应用中设置的ASIR-V的权重为30%。

DLIR算法基于卷积神经网络,从数百万个训练参数中对低噪声、高分辨率的高剂量滤波反投影图像纹理进行比对合验,直至输出图像与相同数据高剂量的图像一致。杜煜等^[6]在低辐射剂量条件下(CTDI从13.6 mGy降低60%至5.45 mGy)应用DLIR可以使图像达到常规剂量的图像质量。Cheng等^[7]在CTU扫描中发现深度学习算法可以明显降低图像噪声,并在辐射剂量减少71%的情况下保持图像质量不变。Jiang等^[8]研究证实使用DLIR进行超低剂量(接近胸片剂量)CT扫描可以获得接近常规剂量胸部CT扫描的图像质量,较迭代重建算法显著提高了对结节检出率、结节测量准确性和结节恶性相关征象显示。Li等^[9]在进行低剂量条件下提高增强腹部CT图像质量的可行性研究时发现当辐射剂量降低57%,采用深度学习H档进行图像重建时图像噪声较低,病变细节显示良好。

本研究从主客观两方面采用了多项指标来评估深度学习重建算法(DLIR)对图像分辨率和噪声的影响。从主客观分析结果来看,随着ASIR-V权重的增加,图像的噪声(SD)降低,SNR升高,但空间分辨率和密度

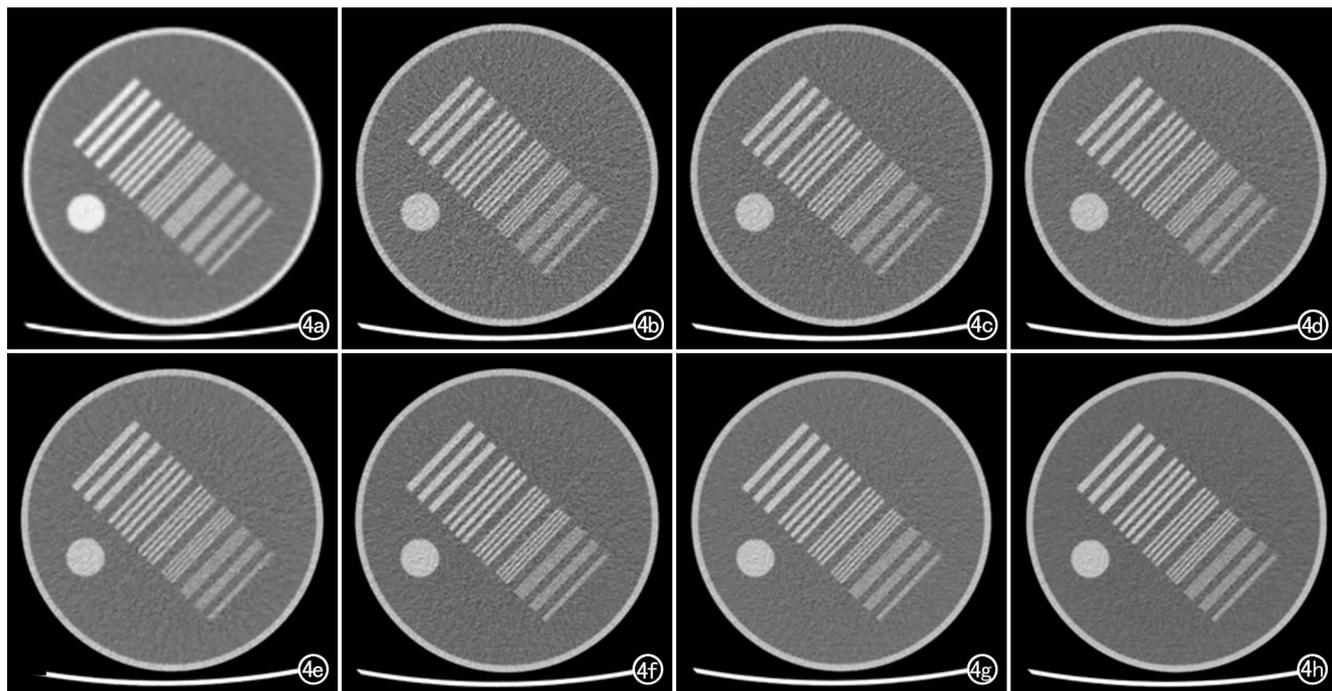


图4 A组常规剂量30%-ASIR-V和B组低剂量不同重建算法获得的体模重建图像,在相同算法(30%-ASIR-V)下体模内各结构的形态、边缘及清晰度的显示清晰度均低于常规剂量。体模内各结构的形态和边缘在低剂量FBP图像和不同权重ASIR-V重建图像上均显示欠清晰,而在DLIR-L、DLIR-M和DLIR-H图像上显示清晰。a)A组常规剂量30%-ASIR-V;b)B组FBP;c)B组30%-ASIR-V;d)B组60%-ASIR-V;e)B组90%-ASIR-V;f)B组DLIR-L;g)B组DLIR-M;h)B组DLIR-H。

分辨率的主观评分明显下降。临床常规扫描权重30%-ASIR-V重建图像的SD值为 14.98 ± 1.52 ,低剂量(CTDI从11.5 mGy减低63.30%至4.22 mGy)30%-ASIR-V重建图像SD值为 25.21 ± 2.47 ,相比常规剂量图像SD升高68.33%,从主观评分结果看,在相同算法下辐射剂量降低,图像噪声增大,图像分辨率降低。从客观分析结果来看,同一剂量条件下,使用DLIR不同级别(L/M/H)进行重建,与30%-ASIR-V图像相比,SD分别降低了15.39%、29.61%和45.11%,而SNR值逐渐升高;从主观评分结果来看,DLIR图像的分辨率随着DLIR级别的升高而升高,以DLIR-H为最佳;而降噪能力随着DLIR级别的升高而增加,DLIR-H图像的SD为 13.84 ± 1.42 ,较临床常规扫描时30%-ASIR-V重建图像的SD下降了7.61%,而且图像质量(噪声和分辨率)能达到常规剂量的图像质量,上述研究结果与文献报道基本一致^[6-12]。

本研究的局限性:本研究中低剂量扫描条件仅设置了一组,并未研究使用其它降低辐射剂量的方法时DLIR对图像质量的影响;其次,本研究对象为体模,未涉及对病变的显示情况进行评估等内容,而不同病种对图像细节的要求可能有一定差异,故本研究结果在临床验证中还可能存在一些差异。

综上所述,应用深度学习重建算法(DLIR)获得的图像,要比传统的ASIR重建图像更有优势,尤其是有利于低剂量扫描时在保证图像分辨率的同时有效减低图像噪声,为低剂量扫描提供了更广泛的应用场景。

参考文献:

- [1] Love A, Olsson ML, Siemund R, et al. Six iterative reconstruction algorithms in brain CT: a phantom study on image quality at different radiation dose levels[J]. Br J Radiol, 2013, 86(1031): 417-418.
- [2] 刘卓, 张诚. ASiR与ASiR-V重建算法对CT图像质量影响的体模研究[J]. 医疗卫生装备, 2016, 37(9): 3.
- [3] 杨炎炎, 黄予欣. 不同ASIR-V重建级别重建低剂量上腹部CT图像的研究[J]. 临床放射杂志, 2019, 38(1): 177-182.
- [4] 王宁, 聂佩. 自适应迭代技术(ASIR-V)不同级别重建对于低剂量CT图像质量影响的研究[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(2): 264-268.
- [5] Jiang JM, Miao L, Liang X, et al. The value of deep learning image reconstruction in improving the quality of low-dose chest CT images[J/OL]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(10): e2560 [2022 Oct 21]. DOI:10.3390/diagnostics1210256.
- [6] Wang YN, Du Y, Shi GF, et al. A preliminary evaluation study of applying a deep learning image reconstruction algorithm in low-kilovolt scanning of upper abdomen[J]. J Xray Sci Technol, 2021, 29(4): 687-695.
- [7] Cheng YN, Han YY, Li J, et al. Low-dose CT urography using deep learning image reconstruction: a prospective study for com-

- parison with conventional CT urography[J/OL]. Br J Radiol, 2021, 94(1120): e20201291 [2021 Apr 1]. DOI: 10.1259/bjr.20201291.
- [8] Jiang BB, Li NY, Shi XM, et al. Deep learning reconstruction shows better lung nodule detection for ultra-low-dose chest CT[J]. Radiology, 2022, 303(1): 202-212 [2022 Jan 18]. DOI: 10.1148/radiol.210551.
- [9] Li LL, Wang H, Song J, et al. A feasibility study of realizing low-dose abdominal CT using deep learning image reconstruction algorithm[J]. J Xray Sci Technol, 2021, 29(2): 361-372.
- [10] Cao L, Liu X, Li JY, et al. A study of using a deep learning image reconstruction to improve the image quality of extremely low-dose contrast-enhanced abdominal CT for patients with hepatic lesions[J/OL]. Br J Radiol, 2021, 94(1118): e20201086 [2020 Dec 11]. DOI: 10.1259/bjr.20201086.
- [11] Yang S, Bie YF, Pang GD, et al. Impact of novel deep learning image reconstruction algorithm on diagnosis of contrast-enhanced liver computed tomography imaging; comparing to adaptive statistical iterative reconstruction algorithm[J]. J Xray Sci Technol, 2021, 29(6): 1009-1018.
- [12] Sun J, Li H, Wang B, et al. Application of a deep learning image reconstruction (DLIR) algorithm in head CT imaging for children to improve image quality and lesion detection[J/OL]. BMC Med Imaging, 2021, 21(1): e108 [2021 Jul 8]. DOI: 10.1186/s12880-021-00637-w.
- [13] 张卓璐, 陈菁, 刘卓, 等. 深度学习重建算法对肺部 CT 定量分析及图像质量的影响[J]. 放射学实践, 2023, 38(4): 434-440.
- [14] 陈钰, 王彦玲, 苏童, 等. 深度学习重建算法对头 CT 灌注重建参数及图像质量影响探讨[J]. 放射学实践, 2023, 38(2): 210-215.

(收稿日期: 2023-03-20 修回日期: 2023-07-20)

《放射学实践》连续 3 年入选 《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告》



近日,《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告(2022)》(简称《WJCI 报告》)正式发布,《放射学实践》杂志再度入选。这是自 2020 年《WJCI 报告》首次发布以来,《放射学实践》连续第三年入选,既是对《放射学实践》办刊质量、学术水平和价值的充分肯定,也为期刊的宣传和发展提供了更广阔的舞台。

《WJCI 报告》是由中国科学技术信息研究所、《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、清华大学图书馆、万方数据有限公司、中国高校科技期刊研究会、中国科学技术期刊编辑学会联合研制的世界科技期刊评价报告,于 2020 年首次发布。《WJCI 报告》旨在建立新的期刊评价系统,从全球 6 万余种活跃科技期刊中精选 1.5 万种具有地区代表性、学科代表性的重要学术期刊,通过研制发布“科技期刊世界影响力 WJCI 指数”,对其在全球科技创新活动中起到的出版传播效果和服务作用进行科学评价。与其他评价系统相比,WJCI 指数更加客观反映了以中国为代表的新兴科技大国期刊、非英语期刊、新兴前沿学科期刊对全球科技创新的真实贡献,对推动世界科技期刊公平评价、同质等效使用具有重要参考作用。

经严格遴选,《WJCI 报告》2022 版收录全球科技期刊 15022 种,其中中国科技期刊 1634 种,中文期刊 1262 种。