❖影像技术学

Iterative reconstruction combined with low dose CT in diagnosis of lumbar intervertebral disc hernia

XIAO Mengqiang，*ZHANG Meng*，*LIU Jinfeng**，*ZHOU Guizhong*，*LEI Ming*，*XU Wangdong*
（*Department of Radiology*，*Guangdong Hospital of Traditional Chinese Medicine*，
Zhuhai Hospital，*Zhuhai* 519015，*China*）

［**Abstract**］ **Objective** To explore the value of iteration algorithm（AIDR 3D）and filter-back projection（FBP）combined with CT low dose scanning in evaluation of lumbar intervertebral disc hernia. **Methods** Totally 150 patients with lumbar degenerative osteoarthropathy were randomly divided into A—E groups，with 30 cases in each group. Scanning parameters of A－D groups were 120 kV of tube voltage，and 100 mAs，50 mAs，30 mAs，as well as 20 mAs of tube current. While parameters of group E were 80 kV of tube voltage and 100 mAs of tube current. Each group was reconstructed with FBP and AIDR 3D，respectively，and their noises，SNRs and CNRs of groups were compared. And 3-point evaluation method was used to score the imaging，while score ≥2 were acceptable image quantity for clinical imaging. **Results** Under different radiation doses，AIDR 3D reconstruction images were superior to FBP in noise，SNR，CNR and display of intervertebral disc hernia. Under the same reconstruction technology，with the reduction of dose，noise increased，SNR and display of intervertebral disc hernia decreased. Except for slightly lower in AIDR 3D reconstruction with 50 mAs than that with 30 mAs，CNR decreased with the reduction of dose. Two reconstruction technologies under the same dose，image quality of reducing the tube current were better than that of lowering the tube voltage. **Conclusion** It is valuable of AIDR 3D combined with CT low dose scanning in evaluation on lumbar intervertebral disc hernia.

［**Key words**］ Tomography，X-ray computed；Intervertbral disk displacement；Radiation dosage
DOI：10.13929/j.1003-3289.201608053

迭代算法低剂量 CT 诊断腰椎间盘突出

肖梦强，张　萌，刘金丰*，周桂忠，雷　鸣，徐旺东
（广东省中医院珠海医院放射科，广东 珠海　519015）

［**摘　要**］ **目的**　评价迭代算法（AIDR 3D）和滤波反投影算法（FBP）联合低剂量 CT 扫描评估腰椎间盘突出的价值。**方法**　将 150 例患者随机分为 A～E 5 组，每组 30 例，A～D 组扫描管电压为 120 kV，管电流分别为 100 mAs、50 mAs、30 mAs、20 mAs，E 组管电压为 80 kV、管电流为 100 mAs。对每组图像分别进行 AIDR 3D 和 FBP 重建，比较不同重建方法各组图像的噪声、SNR 及 CNR。并采用 3 分法对图像质量进行主观评分，评分≥2 为诊断可接受图像质量，比较各组图像椎间盘突出的显示能力。**结果**　在不同扫描条件下，采用 AIDR 3D 重建的图像噪声、SNR、CNR 及椎间盘突出的显示情况方面均优于 FBP。同一重建技术条件下，随辐射剂量减低，噪声升高、SNR 和椎间盘突出显示能力降低；除采用 AIDR 3D 的 50 mAs 组 CNR 略低于 30 mAs 组外，其余各组随剂量减低，CNR 降低；同一剂量下两种重建技术采用降低管电流得到的图像质量优于降低管电压的方式。**结论**　采用 AIDR 3D 重建方法联合低剂量 CT 扫描诊断椎间盘突出有一定的价值。

［**关键词**］ 体层摄影术，X 线计算机；椎间盘移位；辐射剂量
［**中图分类号**］ R681.53；R814.42　［**文献标识码**］ A　［**文章编号**］ 1003-3289(2017)03-0458-04

［**第一作者**］肖梦强（1978—），男，湖南邵阳人，硕士，副主任医师。研究方向：骨肌系统影像学。E-mail：714454688@qq.com
［**通信作者**］刘金丰，广东省中医院珠海医院放射科，519015。E-mail：jfliuzhuhai@163.com
［**收稿日期**］2016-08-12　［**修回日期**］2016-11-12

腰椎间盘突出是临床常见疾病，CT 是诊断该病的主要方法。国际放射防护委员会认为，接受 X 线照射剂量每增加 1 mSv，恶性肿瘤发病率将提高 5/10 万[1]。目前，虽然 CT 仅占医用检查的 7%，但其辐射剂量占医院放射学检查总剂量的 40%[2]。故使用低辐射剂量获得可满足诊断需要的图像质量是近年来 CT 研究的重要方向之一[3-4]。既往降低辐射剂量的方法主要是降低管电流[5]，近年随着第四代迭代重建技术的发展，其在降低辐射剂量中的应用得到重视。迭代重建技术在不同的公司名称不同，东芝称为 AIDR 3D 重建技术。本研试将 AIDR 3D 重建技术联合低剂量扫描技术应用于腰椎间盘突出的检查，通过评价不同扫描参数、不同重建技术条件下图像的噪声、SNR、CNR 及图像质量评分，探讨其临床应用价值。

1　资料与方法

1.1　一般资料　收集 2016 年 1 月—2016 年 6 月本院因腰椎间盘突出而接受 CT 检查的 150 例患者资料，其中男 75 例，女 75 例，年龄 18～77 岁，平均(42.2±12.2)岁，体质量指数(body mass index, BMI)为 21～25 kg/m^2。排除腹膜后脂肪层菲薄而无法测量者。所有患者均签署知情同意书，本研究经本院伦理委员会批准。

1.2　仪器与方法　采用 Toshiba aquilion ONE TSX-301A 640 层 CT 扫描仪。将 150 例患者随机分为 5 组(A～E 组)，每组 30 例。A 组：管电压 120 kV，管电流 100 mAs；B 组：管电压 120 kV，管电流 50 mAs；C 组：管电压 120 kV，管电流 30 mAs；D 组：管电压 120 kV，管电流 20 mAs；E 组：管电压 80 kV，管电流 100 mAs。扫描范围为 T12 椎体下缘到 S2 椎体上缘。

1.3　图像处理　对各组原始数据均采用 AIDR 3D 和滤波反投影(filter back projection, FBP)法进行重建(层厚 0.5 mm，层距 0.3 mm，矩阵 256×256)，再对数据包进行 CT 轴位和矢状位重建(层厚 3 mm，层距 3 mm，矩阵 256×256)，平行各椎间盘轴位重建(每个椎间盘重建 5 层，层厚2 mm，层距 1.5 mm，矩阵 256×256)。获得 10 组新图像：采用 AIDR 3D 重建算法的图像分别记为 A_1、B_1、C_1、D_1、E_1 组，采用 FBP 重建算法记为 A_2、B_2、C_2、D_2、E_2 组。

1.4　图像评估　将所有图像传至东芝工作站，由 2 名高年资主治医师对轴位及矢状位图像质量进行评价，当意见不同时协商达成一致。图像评价的客观指标为噪声、SNR、CNR。测量腰大肌旁腹膜后脂肪 CT 值的均值及脂肪标准差(SD)均值，测量椎间盘边缘 CT 值均值(CTz)、硬膜囊内 CT 值均值(CTy)。因腰椎间盘突出以 L_{3-4}、L_{4-5}、L_5-S_1 为主，故本研究仅测量和评价上述 3 个椎间盘。噪声＝|SD 均值|，SNR＝|脂肪 CT 均值/SD 均值|，CNR＝|(CTz－CTy)/SD 均值|。每个值测量 3～4 次，取平均值。主观指标：2 名高年资主治医师采用 3 分评价法：3 分，图像质量很好，不影响诊断(图 1)；2 分，图像质量一般，对诊断有影响，但仍能做出较正确诊断(图 2A)；1 分，图像质量较差或极差，对诊断有较大影响，诊断困难甚至无法正确诊断(图 2B)。评分≥2 为可接受的图像质量。

1.5　统计学分析　采用 SSPS 17.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示。采用方差分析比较各组噪声、SNR、CNR，如差异有统计学意义则以 SNK-Q 检验进行两两比较；采用 χ^2 检验比较主观评分的差异，P<0.05 为差异有统计学意义。2 名医师对图像质量评分的一致性分析采用 *Kappa* 检验，*Kappa*<0.40 为一致性较差；*Kappa* 为 0.41～0.60 为一致性中等；*Kappa* 为 0.61～0.80 为一致性较好；*Kappa* 为 0.81～1.00 为一致性很好。

2　结果

A～E 组的平均辐剂量分别(5.36±0.43)mSv、(2.58±0.18)mSv、(1.58±0.12)mSv、(1.05±0.05)mSv、(1.64±0.13)mSv。

2.1　噪声(表 1)　E_2 组平均噪声值最高，A_1 组最低，随着管电流增加，AIDR 3D 及 FBP 两种重建方法的噪声逐渐降低。除 A_1、B_1、C_1、D_1、E_1 与 A_2 组的噪声值差异无统计学意义外，余各组噪声值两两比较差异均有统计学意义(P 均<0.05)。AIDR 3D 重建方法的噪声值明显低于 FBP 重建(P 均<0.05，图 1、2)。

表 1　各组间噪声、SNR、CNR 值的比较($\bar{x}\pm s$)

组别	噪声	SNR	CNR
A1	8.18±1.33	13.92±2.62	8.96±2.25
A2	13.88±2.74	8.24±1.95	5.25±1.48
B1	8.98±7.82	12.35±2.34	8.41±2.91
B2	22.84±5.03	4.98±1.16	2.97±0.80
C1	9.33±2.22	12.28±2.22	8.42±2.56
C2	28.35±1.66	4.23±1.32	2.84±2.53
D1	9.91±1.61	11.63±4.01	7.92±2.82
D2	42.02±15.75	2.88±0.99	1.77±0.88
E1	12.72±1.75	11.16±1.86	6.48±1.75
E2	46.86±17.17	3.25±1.42	1.72±1.08
F 值	95.19	117.03	166.29
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

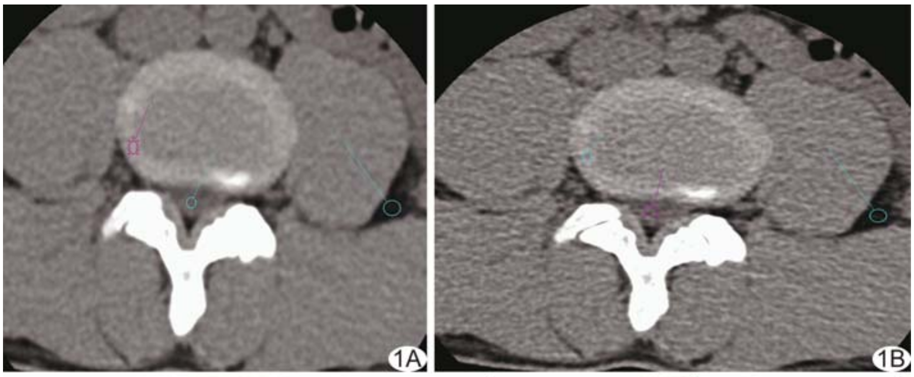
2.2 CNR 值 E_2 组 CNR 最低，A_1 组最好。FBP 重建中，随着管电流的增加，平均 CNR 增加。除 B_1 与 C_1、D_1 组，C_1 与 A_1、D_1 组，D_2 与 E_2 组、C_2 与 B_2 组 CNR 值差异无统计学意义外，余各组两两比较差异均有统计学意义（P 均<0.05）。AIDR 3D 重建方法的 SNR 值明显优于 FBP（P 均<0.05；图 1、2）。

2.3 SNR 值 D_2 组平均 SNR 最小，A_1 组最高。AIDR 3D 及 FBP 重建中，随着管电流增加 SNR 均增加。除 C_2 与 B_2、E_2 组，D_2 与 E_2 组，B_1 与 C_1、D_1、E_1 组，C_1 与 D_1、E_1 组，D_1 与 E_1 组 SNR 值差异无统计学意义外（P 均>0.05），余各组两两比较差异均有统计学意义（P 均<0.05）。AIDR 3D 重建的 SNR 明显较 FBP 重建高（P 均<0.05；图 1、2）。

2.4 一致性评价 2 名医师对 10 组图像的评估中，一致性很好 5 组，一致性较好 3 组，一致性中等 2 组。按 3 分评分法，各组图像的评分见表 2，结果显示降低管电流优于降低管电压。虽然 C 组剂量低于 E 组，但对两组进行 AIDR 3D 重建，C_1 组优于 E_1 组，且 C_1 组评分≥2 分的图像为 81.11%（73/90），E_1 组为 27.78%（25/90）。总体图像质量评分，AIDR 3D 重建方法明显优于 FBP（$\chi^2=70.16$，$P<0.001$），见表 3。

表 2 椎间盘图像质量评分结果（个，$\bar{x}\pm s$）

分数	A_1 组	A_2 组	B_1 组	B_2 组	C_1 组	C_2 组	D_1 组	D_2 组	E_1 组	E_2 组
1 分	0	0	8	33	17	67	51	80	65	84
2 分	2	9	32	33	57	19	39	10	20	6
3 分	88	81	50	24	16	4	0	0	5	0



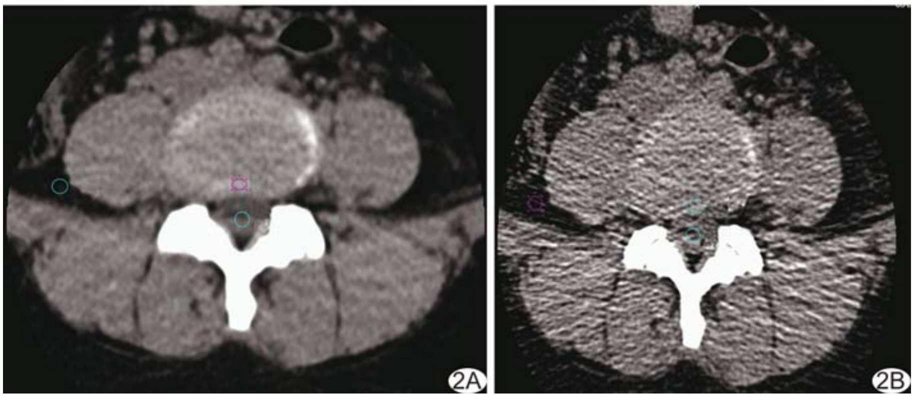


图 1 患者男，31 岁，B 组，120 kV、50 mAs 扫描，椎间盘评分为 3 分 A. AIDR 3D 轴位重建，噪声 8.00、SNR 11.65、CNR 9.41；B. 同一平面 FBP 轴位重建，噪声 17.20、SNR 5.54、CNR 3.94

图 2 患者，女，48 岁，E 组，80 kV、100 mAs 扫描 A. AIDR 3D 轴位重建，椎间盘评分为 2 分，噪声 20.1、SNR 5.84、CNR 4.85；B. 同一平面 FBP 轴位重建，椎间盘评分为 1 分，噪声 59.0、SNR 2.05、CNR 1.13

表 3 两种重建方法不同主观评分的椎间盘数（$n=450$，个）

重建方法	1 分	2 分	3 分
AIDR 3D	141	150	159
FBP	264	77	109

3 讨论

随着 CT 技术的进步和广泛应用，其给患者带来利益的同时，也导致患者接受辐射剂量增加。研究[6]表明，在接受 X 线查的患者中，CT 检查产生的辐射剂量比例最大，且 CT 检查辐射引起的肿瘤约占恶性肿瘤的 2%。近年来低剂量 CT 扫描得到广泛重视，研究者[3]提出 CT 检查中应在满足临床诊断需要的同时辐射剂量越低越好。腰椎间盘突出是常见病、多发病，CT 检查是临床诊断该病的主要方法之一，但低剂量扫描临床研究较少[7]。以前降低 CT 剂量主要靠降低管电流、管电压，近年来随着计算机技术的发展，迭代重建算法的出现可明显改善图像质量，有助于开展低剂量扫描。

3.1 迭代重建算法的临床应用 迭代重建算法是图像重建方法之一，与 FBP 算法比较，该算法图像质量高但算法速度慢、存储空间增大，既往临床应用较少，

随着计算机技术进步,其应用越来越广泛[6]。低剂量 CT 扫描采用 FBP 算法会显著增加图像噪声,而迭代算法可明显提高图像质量。有学者[8-9]利用迭代算法重建胸部 CT 图像,在满足临床诊断需求的同时胸部 CT 辐射剂量可降低 36%~75%。迭代重建计算应用于心血管系统、腹部,低剂量扫描时也可明显提高图像质量[10-11]。

3.2 腰椎低剂量 CT 扫描的应用　Bohy 等[12]采用 4 排螺旋 CT 机对腰椎间盘进行低剂量扫描(层厚 1 mm、140 kV),对胖、中、瘦者设定标准剂量分别为 400 mAs、300 mAs 和 200 mAs,然后采用标准剂量的 65%、50%、35%、20%进行扫描,65%剂量扫描对椎间盘膨出或突出的正确诊断无影响。王俊山等[7]研究表明,当剂量下降至标准量的 1/3,80%以上的扫描图像质量满足诊断需要。本研究采用的电流为 50 mAs、30 mAs、20 mAs(临床标准为 100 mAs),因有报道[7]显示采用 50%、30%标准剂量对腰椎扫描可满足临床诊断需要。且本研究采用常规剂量的 30%时,80%的 AIDR 3D 重建图像可满足临床诊断需要,噪声、SNR 及 CNR 优于 120 kV、100 mAs 的 FBP 重建图像。

3.3 AIDR 3D 技术联合低剂量 CT 扫描的应用　本研究对腰椎进行低剂量 CT 扫描,利用 AIDR 3D 和 FBP 算法进行重建,比较两种不同算法对腰椎间盘退变诊断的能力,结果显示,在不同辐射剂量组合下,采用 AIDR 3D 组在噪声、SNR、CNR 及诊断椎间盘突出能力方面明显优于 FBP 组。同一重建技术下随着剂量减低,噪声升高、SNR 降低、诊断椎间盘突出能力降低,除 B_1 组(50 mAs)CNR 略低于 C_1 组(30 mAs)外(两组差异无统计学意义,或因测量误差及患者胖瘦比例不同所致产生较小差异),其余各组随剂量减低 CNR 降低。利用 AIDR 3D 算法,管电流剂量降至标准剂量的 50%、30%时,分别有 91.11%(82/90)、81.11%(73/90)的图像质量到达临床诊断要求,而 FBP 算法分别只有 63.33%(57/90)、25.56%(23/90)图像质量到达临床诊断需要。本研究表明,降低管电流优于降低管电压,降低管电流至常规剂量的 29.5%仍基本能够满足临床诊断需求,而降低管电压至常规剂量的 30.5%不能满足诊断要求。故诊断腰椎间盘突出建议采用 50 mAs 的 AIDR 3D 或采用30 mAs的 AIDR 3D 进行扫描重建,对不能评判椎间盘突出的单个椎间盘可增加辐射剂量。

总之,基于 AIDR 3D 重建算法技术的 CT 腰椎检查可有效降低检查的辐射剂量,与 FBP 重建相比,降低管电流条件下,AIDR 3D 重建技术可显著降低图像噪声、SNR 及 CNR,有效改善图像质量。

[参考文献]

[1] 梁秀梅,杨龙,谭勇,等.胸部外伤螺旋 CT 超低剂量扫描的研究.第三军医大学学报,2012,34(24):2527-2528.

[2] Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: Frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources—1950—2007. Radiology, 2009,253(2):520-531.

[3] 黎佩君,黄飚,梁长虹,等.迭代重建算法 CT 灌注成像与 CT 血管造影在缺血性脑血管病中的诊断价值.中国医学影像学杂志,2013,21(12):881-885, 890.

[4] 徐岩,贺文,钟朝辉,等.迭代算法与辐射剂量对低剂量胸部 CT 图像质量的影响.中国介入影像与治疗学,2014,11(6):397-401.

[5] 李阳,高源统,彭文献,等.脊柱同源动态能谱 CT 与 MSCT 辐射剂量和图像质量的对比.中国医学影像技术,2015,31(4):613-616.

[6] Korn A, Fenchel M, Bender B, et al. Iterative reconstruction in head CT: Image quality of routine and low-dose protocols in comparison with standard filtered back-projection. AJNR Am J Neuroradiol, 2012,33(2):218-224.

[7] 王俊山,袁东升,赵文莉,等.腰椎间盘退行性病变低剂量 CT 扫描的临床应用.中国 CT 和 MRI 杂志,2010,8(4):38-41.

[8] Sagara Y, Hara AK, Pavlicek W, et al. Abdominal CT: Comparison of low-dose CT with adaptive statistical iterative reconstruction and routine-dose CT with filtered back projection in 53 patients. AJR Am J Roentgenol, 2010,195(3):713-719.

[9] Singh S, Kalra MK, Gilman MD, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction technique for radiation dose reduction in chest CT: A pilot study. Radiology, 2011,259(2):565-573.

[10] Funama Y, Taguchi K, Utsunomiya D, et al. Combination of a low-tube-voltage technique with hybrid iterative reconstruction (iDose) algorithm at coronary computed tomographic angiography. J Comput Assist Tomogr, 2011,35(4):480-485.

[11] 王道才,刘凯,林令博,等.低管电压联合低剂量对比剂扫描方案用于 MSCT 门静脉成像.中国介入影像与治疗学,2014,11(10):684-686.

[12] Bohy P, de Maertelaer V, Roquigny A, et al. Multidetector CT in patients suspected of having lumbar disk herniation: Comparison of standard-dose and simulated low-dose techniques. Radiology, 2007,244(2):524-531.