

DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.04.031

应用反向滤过及迭代重建方法评估标准放射剂量与低剂量颈椎CT图像质量的对比研究*

孙云凤¹ 周洋¹ 方芳² 郑健¹ 刘洋^{1△}

(1 哈尔滨医科大学附属第三医院放射科 黑龙江 哈尔滨 150086; 2 哈尔滨医科大学附属第四医院放射科 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 目的:利用反向滤过重建设(filtered back-projection, FBP)及迭代重建(iterative reconstruction, IR)方法评估标准剂量及低剂量对颈椎CT图像质量的影响。**方法:**40例受检对象行颈椎CT检查,将其随机分为两组:标准剂量组(SD, 120 kVp, 275 mAs)及低剂量组(LD, 120 kVp, 150 mAs),随机选择管电流值,所有数据均行FBP及IR重建。测量C3 C4及C6 C7椎间盘水平椎间盘、脊神经、脊髓、韧带以及周围软组织的图像噪声值(Image noise, IN),信噪比(signal-to-noise, SNR)及对比信噪比(contrast-to-noise, CNR)。**结果:**在测量的各椎间盘水平,迭代重建的信噪比及对比信噪比要明显高于反向滤过重建设方法,并有效的降低了图像噪声。低剂量迭代重建图像与标准剂量反向滤过重建设图像相比无明显统计学意义。排除剂量及扫描层面的影响,椎间盘、脊神经及韧带的图像质量,迭代重建评分要明显高于反向滤过重建设,结果具有统计学差异;而低剂量迭代重建图像质量评分与标准剂量反向滤过重建设相比无明显差异。软组织及椎体的图像质量,迭代重建图像质量评分要低于反向滤过重建设方法,结果具有统计学差异;而低剂量迭代重建图像质量评分与标准剂量反向滤过重建设相比无明显差异。整体病例图像质量评分,迭代重建方法要高于反向滤过重建设方法,低剂量迭代重建方法要高于标准剂量反向滤过重建设方法。**结论:**应用低剂量扫描方式以及迭代重建方法进行颈椎CT检查可以为临床提供较好的图像质量,对于椎间盘、脊神经、脊髓显示较好,对于周围软组织以及椎体来说,图像质量相对较差,同时可以降低大约40%的放射剂量。

关键词:颈椎;CT;反向滤过重建设;迭代重建;图像质量;辐射剂量

中图分类号:R68 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)04-726-05

Comparison of Image Quality of the Cervical Spine between Standard-Dose and Low-Dose Protocol Using Filtered Back-Projection and Iterative Recyustruction Using Computed Tomography*

SUN Yun-feng¹, ZHOU Yang¹, FANG Fang², ZHENG Jian¹, LIU Yang^{1△}

(1 Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China;

2 Department of Radiology, the Fourth Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China)

ABSTRACT Objective: To compare the image quality of a standard-dose (SD) and a low-dose (LD) cervical spine CT protocol using filtered back-projection (FBP) and iterative reconstruction (IR). **Methods:** 40 patients investigated by cervical spine CT were prospectively randomized into two groups: SD (120 kVp, 275 mAs) and LD (120 kVp, 150 mAs), both applying automatic tube current modulation. Data were reconstructed using both FBP and sinogram affirmed IR. Image noise, signal-to-noise (SNR) and contrast-to-noise (CNR) ratios were measured. At C3-C4 and C6-C7 levels, we used a four-point scale: intervertebral disc, content of neural foramina and dural sac, ligaments, soft tissues and vertebrae. They subsequently rated overall image quality using a ten point scale. **Results:** For both protocols and at each disc level, IR significantly decreased image noise and increased SNR and CNR, compared with FBP. SNR and CNR were statistically equivalent in LD-IR and SD-FBP protocols. Regardless of the dose and disc level, the qualitative scores with IR compared with FBP, and with LD-IR compared with SD-FBP, were significantly higher or not statistically different for intervertebral discs, neural foramina and ligaments, while significantly lower or not statistically different for soft tissues and vertebrae. The overall image quality scores were significantly higher with IR compared with FBP, and with LD-IR compared with SD-FBP. **Conclusion:** LD-IR cervical spine CT provides better image quality for intervertebral discs, neural foramina and ligaments, and worse image quality for soft tissues and vertebrae, compared with SD-FBP, while reducing radiation dose by approximately 40 %.

Key words: Cervical spine; Computed tomography; Filtered back-projection; Iterative reconstruction; Image quality; Radiation exposure

Chinese Library Classification(CLC): R68 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)04-726-05

* 基金项目: 国家自然科学基金青年项目(81101085); 中国国家级博士后面上项目(2010047195);

黑龙江省教育厅面上项目(1251360); 黑龙江省卫生厅面上项目(2013082)

作者简介: 孙云凤(1984-), 男, 大学本科, 技师, 主要研究领域: 影像设备成像优化及新技术的开发应用,

电话: 0451-82576935, E-mail: 750712116@qq.com

△通讯作者: 刘洋(1978-), 女, 博士, 主治医师, E-mail: liuyang0816@aliyun.com

((收稿日期: 2013-07-05 接受日期: 2013-07-29))

前言

目前,CT(Computed Tomography)对于颈椎病的诊断,部分替代了MRI(Magnetic Resonance Imaging)检查,对于脊髓病变的显示,MRI要优于CT,但CT对于骨质变化的显示要优于MR检查^[1,2]。鉴于其检查时间短,费用低的优越性,CT检查已经成为一些国家,尤其是欧洲检查颈椎病首选的方法^[1,3]。然而CT检查同时给受检者带来了辐射损害^[4]。在近十年间,CT设备不断的发展,使CT检查应用于更多的临床领域,并在检查过程中大幅度的降低了对受检者的辐射剂量^[4,5]。CT技术降低辐射剂量的方法有很多种,比如自动管电流调节技术、低电子噪声检测技术、迭代重建技术(iterative reconstruction, IR)^[5,6]等。在颈部CT扫描过程中还可以通过降低管电压或是增加甲状腺保护等方法,降低放射线对受检者的危害^[7,8]。目前320排CT的探测器宽度实现了容积扫描,从而通过降低重复覆盖效应进一步降低对受检者的辐射剂量^[9]。IR技术目前多用于腹部、颈部以及心脏的CT薄层扫描重建^[10-13]。骨骼肌肉系统的显示,包括了软组织如韧带、肌肉、肌腱以及脂肪的显示以及骨骼的显示,而IR技术在结构复杂的骨骼肌肉系统的应用评估较少。本研究拟定性及定量的评估标准剂量以及低剂量颈椎CT扫描条件下反向滤过重建(filtered back-projection, FBP)与迭代重建图像质量,希望为迭代重建低剂量扫描模式的临床应用提供可靠的力量依据。

1 对象与方法

1.1 受检对象

随机选取2012年10月—2013年3月间,于哈尔滨医科大学附属第四医院影像科接受检查的慢性颈部疼痛以及怀疑颈神经根病患者44例,均行颈椎CT平扫。2名患者因术后伪影较大,予以排除;另有2名患者因拒绝此项检查排除,最终40患者入组,其中,女28例,男12例,平均年龄为53.1岁。所有患者随机分为标准剂量组(20例,女14例,男6例,平均年龄51.6岁),以及低剂量组(20例,女14例,男6例,平均年龄54.5岁),记录患者颈部C6-7椎间盘水平前后厚度,同时记录两组不同组织结构的图像质量数值。

1.2 检查方法

应用Aquilion 320排CT行颈椎MSCT平扫,患者取仰卧位,头先进,扫描范围为C3至T1椎体水平。管电压为120 kVp,标准剂量的管电流为275 mAs,有效管电流时间为178~305 mAs;低剂量的管电流为150 mAs,有效管电流时间为120~201 mAs。低剂量扫描方案的设定基于颈椎CT平扫相关文献^[14,15],扫描后得到的原始数据均传输到后处理工作站(Vitrea FX2.1)进行处理,同时进行FBP以及IR重建。FOV(Field-of-view)为12×12 cm;层厚/层间距为0.75 mm;整体的重建时间在20~60秒左右。

1.3 噪声功率能谱分析

为测量FBP以及IR重建方法的空间分辨率,我们首先应用直径为20 cm的装满水的模型进行扫描分析,测量器噪声功率(The noise power spectrum, NPS),扫描剂量设置为10 mGy, NPS分析应用64×64的体素感兴趣区来分析,并在水平及垂

直方向设定16体素框进行分析。

1.4 辐射剂量的评估

CTDIvol (Expressed in the 16-cm diameter CTDI phantom)以及DLP(Dose-length product)值由扫描软件自动生成,ED(Effective dose)值为 $DLP \times 0.0051 \text{ mSv} \times \text{mGy}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ 。成年人颈部CT平扫管电压为120 kV^[16]。

1.5 图像质量分析

感兴趣区设定50 mm²的范围进行分析,放于C3-4及C6-7椎间盘水平,通过CT横轴位像测量每一层面椎间盘、脊髓、脊柱旁肌肉组织等的影像参数,为减少部分容积效应,感兴趣区的选择应避免多种组织融合区;同时多个感兴趣的设定经复制黏贴生成,避免了手动选择的不一致。CT值、图像噪声、信噪比以及对比信噪比为测定的参数,这里信噪比与对比信噪比的测算方法如下: $SNR = \text{mean CTn} / SD$; $CNR = \Delta \text{mean CTn} / [(\Sigma SD) / 2]$ 。

1.6 图像的半定量分析

扫描所得的图像软组织应用窗宽/窗位(60/300),而骨骼应用窗宽/窗位(400/2000),图像质量评分分为4分(4分为优;3分为良;2分为中等;1分为差),图像优者应在C3-4及C6-7椎体水平清晰的显示椎间盘、神经根、硬脊膜囊、黄韧带及后纵韧带、皮下软组织及肌肉、以及椎体等结构。而图像伪影的评分标准也分4级(4为无伪影;3为存在少量伪影;2为存在中等量伪影但不影响诊断;1为存在大量影像诊断的伪影)。图像质量评分参考欧洲关于CT图像质量标准评定方法^[17]。

1.7 统计方法

采用SPSS 13.0统计学软件进行数据分析。两组病例受检者资料对比应用秩和检验及非配t检验进行分析。对计量资料以形式表示。对于正态分布,方差齐性的计量资料,两组间比较采用t检验法。等级变量应用Mann-Whitney U检验进行分析。

2 结果

标准剂量及低剂量两组受检者性别、年龄及颈部前后径等参数无统计($P=0.73$; $P=0.54$; $P=0.67$)。

2.1 噪声功率能谱

FBP重建与IR重建方法相比,图像的空间分辨率无统计学差别($P=0.64$),应用IR重建方法的噪声功率指数要低于FEP重建方法,见表1。

2.2 放射剂量评估

标准扫描方式的CTDIvol、DLP以及ED的平均值分别为39.0 mGy、473.7 mGy×cm及2.42 mSv;低剂量扫描方式的CTDIvol、DLP以及ED的平均值分别为22.9 mGy、275.3 mGy×cm及1.40 mSv。如表1所示。CTDIvol、DLP以及ED两组值差别均具有统计学意义(P 值均小于0.01)。

2.3 图像的定量分析

定量分析结果如表1所示,C3-4及C6-7椎体水平无论标准剂量还是低剂量扫描方式,IR重建方法与FBP重建方法相比明显降低图像噪声,增加信噪比及对比信噪比($P \leq 0.02$)。C6-7椎体层面无论何种扫描及重建方法,其平均噪声值要高于C3-4椎体水平($P \leq 0.04$)。低剂量IR重建扫描模式与标准剂量FBP扫描模式相比,在不同观察层面两组的信噪比及对

比信噪比结果无明显统计学意义($P>0.5$);在 C3-4 及 C6-7 椎体水平两组扫描模式的图像噪声无统计学差异($P=0.02$)。

2.4 图像的半定性分析

本研究显示标准剂量及低剂量扫描方法应用 IR 重建方法所得到不同层面椎间盘、神经根以及韧带的图像质量与 FBP 重建方法相比较优或无统计学差异。椎间盘的显示 IR 重建方法所得图像质量评分优于 FBP 重建方法($P\leq 0.01$);对于神经根的显示两组重建方法所得图像质量评分无差别($P\geq 0.22$);对于椎旁韧带的显示两组重建方法所得图像质量评分无差别($P\geq 0.06$)。对于以上三类组织的显示,低剂量 IR 重建扫描模式所得的图像质量评分要高于标准剂量 FBP 扫描模式($P\leq 0.05$)。结果显示扫描剂量及重建方法不同的各组间对于硬膜

囊的显示,图像质量评分无统计学意义($P\geq 0.06$)。

本研究结果显示,应用 IR 重建方法,对于软组织的显示不如 FBP 重建方法,而对于脊髓的显示两者无明显差别。对于软组织的显示,IR 重建图像的质量评分低于 FBP 重建方法($P\leq 0.04$);对于脊髓的显示,IR 重建图像的质量评分与 FBP 重建方法相比无统计学差异($P\geq 0.26$)。对于软组织及脊髓的显示应用低剂量 IR 扫描模式所得图像质量评分要低于标准剂量 FBP 扫描模式($P\leq 0.02$)。不同扫描模式所得图像的伪影评分无差别($P\geq 0.53$);同时 C3-4 及 C6-7 椎体节段排除扫描模式影像图像伪影评分无差别($P\geq 0.12$)。总之,IR 重建方法的图像整体评分高于 FBP 重建方法($P<0.01$)。与标准剂量 FBP 扫描模式相比,低剂量 IR 扫描模式图像整体评分较高($P<0.01$),见图 1。

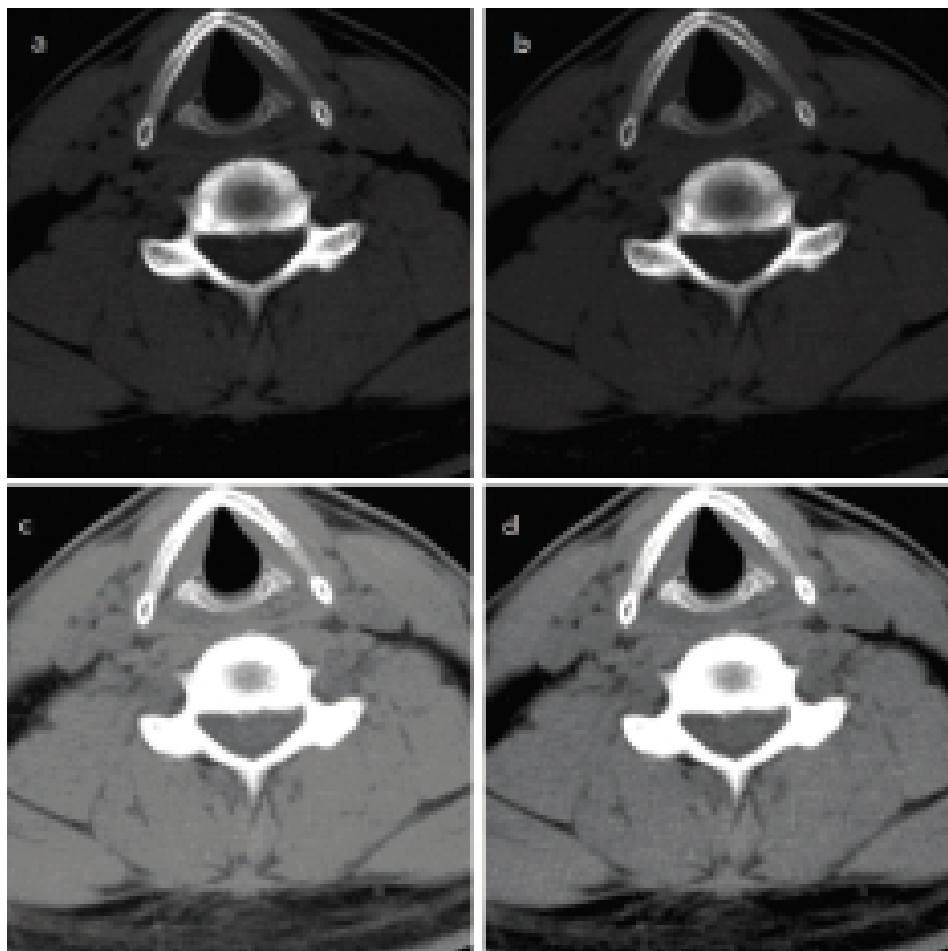


图 1 46 岁,女,颈部疼痛,应用标准剂量扫描,CT 平扫 C3-4 椎间盘水平。a,c 应用 FBP 重建方法;b,d 应用 IR 重建方法;感兴趣区设定 50 mm² 大小,分别放在椎间盘、脊髓及椎前肌肉组织,并比较两种重建方法图像的对比度

Fig. 1 A 46-year-old woman with chronic neck pain who belongs to the standard-dose group

Axial (C3 C4 level) unenhanced CT images of the cervical spine, reconstructed with a, c filtered back-projection (FBP) and b, d Sino gram-affirmed iterative reconstruction using soft tissue (a, c) and bone convolution kernels (b, d). Region-of-interests (ROI) of 50 mm² each are drawn in the intervertebral disc, the spinal cord and posterior para spinal muscles. Note the change in conspicuity of the different anatomical structures with iterative reconstruction (IR), compared with FBP.

3 讨论

本研究结果显示颈椎 CT 扫描应用 IR 重建方法可以提高图像的质量。此结论的获得是通过不同解剖结构定性及半定量

分析结果得到的,同时图像质量的结果是与 FBP 重建方法得到的图像对比得到的。当针对不同观察组织进行图像质量测量时,我们发现对于椎间盘、神经根以及韧带的显示,IR 重建方式得到的图像质量要优于 FBP 重建方式。这一结果与 IR 重建

表 1 对比应用 FBP 及 IR 重建模式进行标准级低剂量颈椎 CT 扫描的图像质量与曝光剂量

Table 1 Objective image quality and radiation exposure for the standard-dose and low-dose CT protocols using filtered backprojection (FBP) and iterative reconstruction (IR)

Parameter		Level	Low-dose FBP	Low-dose IR	Standard-dose FBP	Standard-dose IR
Image quality	Noise, HU, mean	C3-4	13.8(12.3-15.2)	9.6(8.5-10.8)	9.7(8.8-10.5)	7.3(6.4-8.1)
	(95% CI)	C6-7	21.3(17.2-25.4)	15.0(12.2-17.7)	12.4(10.7-14.1)	8.8(7.6-10.0)
	SNR, mean	C3-4	4.1 (3.6-4.6) 2.9	6.0 (5.2-6.8) 4.1	6.0 (5.1-6.9) 4.8	7.8 (6.9-8.6) 6.7
	(95% CI)	C6-7	(2.3-3.5)	(3.3-4.9)	(4.0-5.66.7)	(5.6-7.9)
	CNR, mean	C3-4	4.6 (3.8-5.3) 3.9	6.7 (5.7-7.7) 5.7	6.2 (5.4-7.0) 6.0	8.6 (7.4-9.7) 8.1
	(95% CI)	C6-7	(3.2-4.4)	(4.8-6.6)	(5.3-6.7)	(7.4-8.8)
Radiation exposure	CTDIvol, mGy		22.9(21.7-24.1)		39.0(37.2-40.8)	
	mean (95 % CI)					
	DLP, mGy × cm,		275.3		473.7	
	mean (95 % CI)		(246.7-303.9)		(414.4-533.0)	
	ED, mSv, mean		1.40(1.26-1.54)		2.42(2.12-2.72)	
	(95 % CI)					

Note: SNR signal-to-noise ratio; CNR contrast-to-noise ratio; CTDIvol volume CT dose index; DLP dose-length product; ED effective dose; HU Hounsfield unit; CI confidence interval.

较高的 CNR 有关(表 1)。对于颈部疼痛及颈椎病的患者,颈部的所有的结果都应该精准的显示^[1-3]。但本研究发现在 IR 重建方法所得图像对于软组织及椎骨显示效果相对较差,因此,以往应用的 FBP 重建方法对于评价软组织及椎骨的显示还是有可取之处的。近年来,CT 检查的放射剂量问题日益受到关注^[14]。在减少 CT 检查放射剂量的方法中,IR 重建方法被认为是比较有效的^[56],与 FBP 重建方法相比,它的主要优势在于在保证空间分辨率的基础上降低了重建图像的噪声水平,并增加了信噪比与对比信噪比。迭代重建方法在保证图像质量的同时可以降低患者的受辐射剂量。近年来随着 CT 技术不断的提升,很多研究者关注应用迭代重建方法对不同结构行 CT 检查的图像质量进行分析^[10-13]。在胸部及腹部 CT 检查应用 IR 重建方法在保证图像诊断标准的同时可以降低射线剂量 66%左右^[10-13]。以往的研究关于英语 IR 重建方法对于骨骼肌肉 CT 检查的图像质量分析甚少,目前仅一项研究关注的是腰椎图像^[15-19],并证实可以降低放射剂量约 52%。本研究应用 IR 重建技术在颈椎 CT 检查中,得出的结论与其相似,在保证图像诊断标准的同时,降低放射剂量约 42%。在标准剂量 FBP 与低剂量 IR 两组扫描模式的图像质量比较中,本研究发现两者的图像质量参数无差别,而低剂量 IR 扫描模式所得的图像质量评分要高于标准剂量 FBP 扫描模式。不同部位 CT 检查的图像标准目前已经有一定的共识^[16,20-25]。本研究的结果显示 IR 重建明显的提高了颈椎 CT 扫描的图像质量。Hoang 等报道了降低管电压(120 kVp 至 80 kVp),与本研究方法不同,发现可以降低受辐射剂量月 50%左右,但并未对两组管电压所得图像质量进行分析^[7,26]。进一步的研究应针对不同管电压及管电流的选择,进行图像质量的分析。

本研究还存在以下几点不足之处,首先,本研究的入组病例相对较少。其次,低剂量 IR 重建颈椎 CT 扫描的诊断结果并

综上所述,IR 重建模式在颈椎 CT 扫描过程中,可以大幅度的降低图像噪声,增加信噪比及对比信噪比,增强一些结构的图像质量。低剂量 IR 颈椎 CT 扫描方式对于椎间盘、神经根

以及韧带的显示要优于标准剂量 FBP 重建模式,同时可以降低剂量约 40%。但低剂量 IR 颈椎 CT 扫描对于软组织及椎体的显示相对较差,接下来应针对相应的解剖结构优化 IR 重建模式进行进一步的研究。

参考文献(References)

- [1] Freund M, Sartor K. Degenerative spine disorders in the context of clinical findings [J]. Eur J Radiol, 2006, 58: 15-26
- [2] Douglas-Akinwande AC, Rydberg J, Shah MV, et al. Accuracy of contrast-enhanced MDCT and MRI for identifying the severity and cause of neural foraminal stenosis in cervical radiculopathy: a prospective study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 194: 55-61
- [3] Tins B. Technical aspects of CT imaging of the spine[J]. Insights Imaging, 2010, 1: 349-359
- [4] Biswas D, Bible JE, Bohan M, et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans[J]. J Bone Joint Surg Am, 2009, 91:1882-1889
- [5] Lee TY, Chhem RK. Impact of new technologies on dose reduction in CT[J]. Eur J Radiol, 2010, 76: 28-35
- [6] Tamm EP, Rong XJ, Cody DD, et al. Quality initiatives: CT radiation dose reduction: how to implement change without sacrificing diagnostic quality[J]. Radiographics, 2011, 31: 1823-1832
- [7] Hoang JK, Yoshizumi TT, Nguyen G, et al. Variation in tube voltage for adult neck MDCT: effect on radiation dose and image quality [J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 198: 621-627
- [8] Leswick DA, Hunt MM, Webster ST, et al. Thyroid shields versus z-axis automatic tube current modulation for dose reduction at neck CT[J]. Radiology, 2008, 249: 572-580
- [9] Gervaise A, Louis M, Batch T, et al. Dose reduction at CT of the lumbar spine using a 320-detector row scanner: initial results [J]. J Radiol, 2010, 91: 779-785
- [10] Singh S, Kalra MK, Hsieh J, et al. Abdominal CT: comparison of adaptive statistical iterative and filtered back projection reconstructi-

- on techniques[J]. Radiology, 2010, 257: 373-383
- [11] Pontana F, Pagniez J, Flohr T, et al. Chest computed tomography using iterative reconstruction vs filtered back projection (Part 1): evaluation of image noise reduction in 32 patients [J]. Eur Radiol, 2011, 21: 627-635
- [12] Moscariello A, Takx RA, Schoepf UJ, et al. Coronary CT angiography: image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction using a novel iterative image reconstruction technique-comparison with traditional filtered back projection[J]. Eur Radiol, 2011, 21: 2130-2138
- [13] Winklehner A, Karlo C, Puippe G, et al. Raw data-based iterative reconstruction in body CTA: evaluation of radiation dose saving potential[J]. Eur Radiol, 2011, 21: 2521-2526
- [14] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357: 2277-2284
- [15] Gervaise A, Osemont B, Lecocq S, et al. CT image quality improvement using Adaptive Iterative Dose Reduction with wide-volume acquisition on 320-detector CT[J]. Eur Radiol, 2012, 22: 295-301
- [16] Dougeni E, Faulkner K, Panayiotakis G. A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning [J]. Eur J Radiol, 2012, 81: e665-683
- [17] Hu XH, Ding XF, Wu RZ, et al. Radiation dose of non-enhanced chest CT can be reduced 40 % by using iterative reconstruction in image space[J]. Clin Radiol, 2011, 66: 1023-1029
- [18] Leipsic J, Nguyen G, Brown J, et al. A prospective evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 195: 1095-1099
- [19] Pontana F, Pagniez J, Flohr T, et al. Chest computed tomography using iterative reconstruction vs filtered back projection (Part 1): Evaluation of image noise reduction in 32 patients [J]. Eur Radiol, 2011, 21: 627-635
- [20] Yanagawa M, Honda O, Kikuyama A, et al. Pulmonary nodules: Effect of adaptive statistical iterative reconstruction (ASIR) technique on performance of a computer-aided detection (CAD) system-Comparison of performance between different-dose CT scans [J]. Eur J Radiol, 2012, 81: 2877-2886
- [21] Min JK, Swaminathan RV, Vass M, et al. High-definition multidetector computed tomography for evaluation of coronary artery stents: comparison to standard-definition 64-detector row computed tomography[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2009, 3: 246-251
- [22] Mayo JR, Aldrich J, Muller NL, et al. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society [J]. Radiology, 2013, 228: 15-21
- [23] Yanagawa M, Honda O, Yoshida S, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction technique for pulmonary CT: image quality of the cadaveric lung on standard- and reduced-dose CT [J]. Acad Radiol, 2010, 17: 1259-1266
- [24] Singh S, Kalra MK, Hsieh J, et al. Abdominal CT: comparison of adaptive statistical iterative and filtered back projection reconstruction techniques[J]. Radiology, 2010, 257: 373-383
- [25] Martinsen AC, Saether HK, Hol PK, et al. Iterative reconstruction reduces abdominal CT dose[J]. Eur J Radiol, 2012, 81: 1483-1487
- [26] Matsuda I, Hanaoka S, Akahane M, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction for volume-rendered computed tomography portovenography: improvement of image quality[J]. Jpn J Radiol, 2010, 28: 700-706

(上接第 760 页)

- You Jian-quan, Ma Li-lin, Zhu Jian-wei, et al. Clinical application and significance of sentinel lymph node biopsy technology in gastric [J]. Cancer, 2008, 5: 503-506
- [14] Li C, Kim S, Lai JF, et al. Solitary lymph node metastasis in gastric cancer[J]. J Gastrointest Surg, 2008, 12(3): 550-554
- [15] 尤建权, 马利林. 胃癌前哨淋巴结活检技术及其微转移检测应用研究[J]. 中国实用外科杂志, 2009, (4): 333-336
- You Jian-quan, Ma Li-lin. Applied research of sentinel lymph node biopsy technique and micrometastasis detection in gastric cancer[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2009, (4): 333-336
- [16] 日本胃癌学会. 胃癌取扱い規約[M]. 第 14 版. 东京: 金原出版株式会社, 2010: 2-18
- The Japanese gastric cancer society. Gastric cancer Xi statute [M]. Fourteenth edition. Tokyo: the original Publishing Corporation, 2010: 2-18
- [17] Yang SH, Zhang YC. Commentary for an evidence-based medicine review of lymphadenectomy extent for gastric cancer [J]. Am J Surg, 2010, 197(2): 246-251
- [18] Chen XZ, Hu JK, Zhou ZG, et al. Meta-analysis of effectiveness and safety of D2 plus para-aortic lymphadenectomy for resectable gastric cancer[J]. J Am Coll Surg, 2010, 210(1): 100-105
- [19] McCulloch P, Niita ME, Kazi H, et al. Gastrectomy with extended lymphadenectomy for primary treatment of gastric cancer [J]. Br J Surg, 2005, 92(1): 5-13