论著

文章编号:1000-5404(2013)13-1394-04

自动管电流调制下不同管电压、噪声指数对体模不同体厚辐射剂量的影响

彭 聪,吕发金,勒都晓兰,张 丹,李 鹏,刘 丹,王筱璇 (400016 重庆,重庆医科大学附属第一医院放射科)

[摘要] **目的** 探讨使用自动管电流调制技术下,不同管电压、噪声指数选择对体模不同体厚辐射剂量的影响。**方法** 使用自制锥形体模,进行分段扫描,以实现对不同体厚患者的模拟,利用自动管电流调制技术,分别调整噪声指数(noise index,NI)(10~20)及管电压(80~140 kV),记录容积CT剂量指数(volume computed tomography dose index,CTDIvol)。**结果** 平均体厚<126.2 mm,噪声指数10~12,管电压80 kV,CTDIvol最低,噪声指数12~20,管电压使用120 kV,CTDIvol最低,平均体厚≥126.2 mm,噪声指数在10~20,管电压使用120 kV,CTDIvol最低;并建立回归方程:CTDIvol=0.511+0.081×厚度-0.709×噪声指数+0.004×电压,对总体模型、厚度系数及噪声指数系数进行检验,P值均<0.001,对截距及电压系数进行统计学检验,P值分别为0.487、0.415。**结论** 使用自动管电流调制技术,辐射剂量(CTDIvol)随扫描厚度的增加而增加,随噪声指数的增加而降低,与管电压没有明显相关性,但通过数据观察,在成人体厚范围,使用管电压120 kV,能够实现辐射剂量的降低。

[关键词] 自动管电流调制技术;噪声指数;体厚;管电压;辐射剂量

[中图法分类号] R811.1; R812; R814.42 [文献标志码] A

Effect of different tube voltage and noise index on radiation dose of different body thickness in phantom using tube current automatic regulation technology

Peng Cong, Lyu Fajin, Ledu Xiaolan, Zhang Dan, Li Peng, Liu Dan, Wang Xiaoxuan (Department of Radiology, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing, 400016, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the effect of different tube voltage and noise index on radiation dose of different body thickness in phantom using tube current automatic regulation technology. **Methods** Home-made cone phantom was used for segmental scanning in order to simulate patients with different body thickness. Using tube current automatic regulation technology, the noise index (10-20) and tube voltage (80-140 kV) were adjusted, respectively, and volume computed tomography dose index (CTDIvol) was recorded. **Results** When the average body thickness was less than 126.2 mm, CTDIvol was the lowest either the noise index was 10-12 and tube voltage was 80 kV or the noise index was 12-20 and tube voltage was 120 kV. When the average body thickness was not less than 126.2 mm, CTDIvol was the lowest if the noise index was 10-20 and tube voltage was 120 kV. The regression equation was established: CTDIvol = 0.511 + 0.081 thickness - 0.709 (noise index) + 0.004 voltage. The coefficients of overall model, body thickness and noise index were all tested ($P<0.001$), and the coefficients of distance and voltage were also analyzed ($P=0.487$, 0.415). **Conclusion** Using tube current automatic regulation technology, the radiation dose (CTDIvol) increases with the increase of the phantom thickness, and decreases with the increase of the noise index. Although there is no significant correlation between CTDIvol and tube voltage, the radiation dose can be reduced by using tube voltage of 120 kV within the range of adult body thickness.

[**Key words**] current automatic regulation technology; noise index; body thickness; tube voltage; radiation dose

Corresponding author: Lyu Fajin, E-mail: fajinlv@163.com

[通信作者] 吕发金,E-mail: fajinlv@163.com

[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20130115.1727.007.html(2013-01-15)

X 射线在医疗上的使用越来越广泛,医疗放射线造成的辐射占个人总辐射剂量的 48%[1],而 CT 检查虽然只约占 X 射线检查的 5%,但产生的辐射剂量却占医疗辐射剂量的 67%[2]。CT 为我们的生命健康带来福音的同时,其产生的电离辐射给我们的健康带来潜在危险,电离辐射越来越受到人们的关注[3]。自动管电流调制技术就是为了降低 CT 所产生的电离辐射而出现的,它的出现为降低辐射剂量提供了一种良好的解决方案[4-5],怎样充分利用这一技术为我们服务的同时,最大程度降低它所带来的负面影响是一项值得探讨的问题。本研究通过观察辐射剂量与所扫描体模厚度、噪声指数及管电压设定之间的关系,来探讨如何最大程度上利用此技术来降低 CT 所产生的电离辐射。

1 材料与方法

1.1 一般资料

使用自制锥形台体模模拟不同厚度患者腹部,自制锥形台材质为聚甲基丙烯酸甲酯,其内填充以蒸馏水,体模实物图及尺寸规格见图 1、2。

1.2 设备及扫描参数

美国 GE 公司生产的 LightSpeed VCT 64 层螺旋 CT,转速 0.6 s/圈,层厚 5 mm,螺距 0.984,DFOV 36 cm×36 cm,探测器宽度选用 40 mm。扫描方法:新建扫描序列,扫描范围自锥形台顶端向下 5 cm,扫描图像 5 层,使用自动管电流调制技术,噪声指数设定为 10,管电压设定 80 kV,重复此序列,将管电压改为 100 kV,余各条件保持不变进行扫描,同上分别将管电压改为 120、140 kV,此步骤为固定体厚及噪声指数,观察辐射剂量(CTDIvol)随管电压变化的规律。然后将噪声指数改为 12、14、16、18、20 重复上述扫描操作,观察固定体厚条件下,噪声指数、管电压、CTDIvol 之间的关系。然后改变扫描范围,紧邻前述扫描序列向下移 5 层,体模厚度随之变化,重复前述改噪声指数及改管电压操作,结束后,向下进行紧邻下一个 5 层图像扫描范围的重复操作,共进行 10 次扫描,范围基本包括体模长轴。



图 1 自制锥形台体模大体观

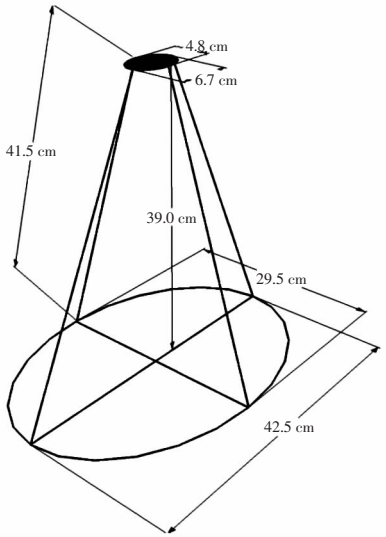


图 2 自制体模制作三维立体示意图

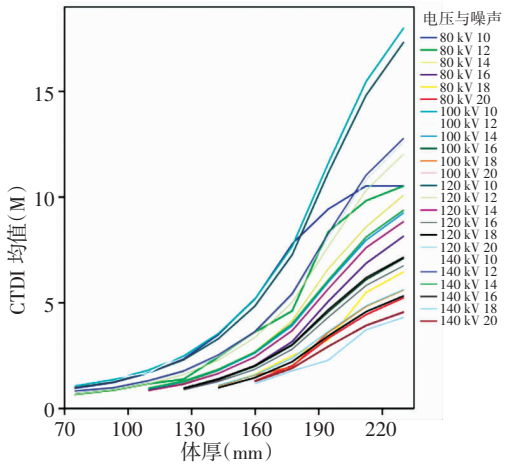
1.3 图像处理及统计方法

收集 CT 机所得 CTDIvol,因自制体模为锥形台,故取每个扫描序列所扫描体模的平均厚度作为该体模所模拟体厚,于后处理工作站测量每个序列第 1 及第 5 幅图像体模厚度(即图像短径),各测量 2 次,取其平均值作为模拟体厚(以下简称体厚)。使用 SPSS 19.0 统计软件,以平均厚度、噪声指数、管电压为自变量,CTDIvol 测量值为应变量,进行回归分析。

2 结果

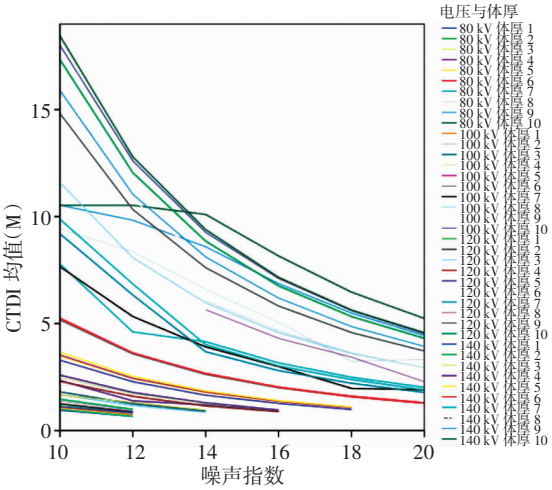
2.1 CTDIvol 与体模厚度、噪声指数设定、管电压之间的关系

使用自动管电流调制技术下,CTDIvol 与体模厚度、噪声指数设定、管电压选择之间存在一定关系。在一定噪声指数及管电压设定条件下,CTDIvol 与体模厚度之间呈明显正相关(图 3),且随着体厚的增加,辐射剂量增加程度也更剧烈,例如,电压为 80 kV,噪声指数为 14 时,体厚从 109.5 mm 增加到 126.2 mm 时,CTDIvol 增加 0.35 mGy(从 0.85 mGy 增加到 1.2 mGy),而当体厚自 177.4 mm 增加到 194.43 mm 时,CTDIvol 增加 2.45 mGy(从 4.15 mGy 增加到 6.6 mGy)。在一定体厚及管电压设定条件下,CTDIvol 与噪声指数之间呈明显负相关(图 4),且随着噪声指数的增大,辐射剂量的降低程度越不明显,即噪声指数设定小时,对辐射剂量的影响越大,例如,体厚 194.43 mm,管电压 120 kV 时,噪声指数设定从 12 增加到 14 时,CTDIvol 降低 2 mGy(从 7.65 mGy 降低到 5.65 mGy),而当噪声指数从 18 增加到 20 时,CTDIvol 降低 1.15 mGy(从 3.43 mGy 降低到 2.28 mGy)。平均体厚 <126.2 mm,噪声指数 10~12,管电压 80 kV,辐射剂量最低,噪声指数 12~20,管电压使用 120 kV,辐射剂量最低,平均体厚 ≥126.2 mm,噪声指数 10~20,管电压使用 120 kV 最低(图 5,表 1)。在其余扫描条件相同,使用不同管电压,所得图像无明显差别。



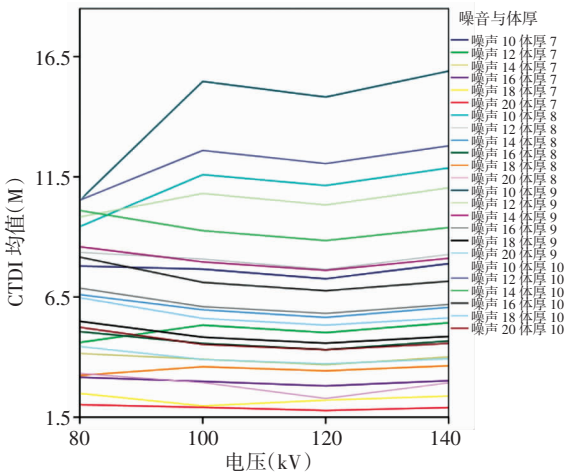
管电压80 kV,噪声指数10、12曲线尾端异常低,因管电流已达到CT机上限,故辐射剂量并未明显上升

图3 辐射剂量与体厚关系



管电压80 kV,体厚9、10 mm曲线头端异常低,因管电流已达到CT机上限,故辐射剂量并未明显上升。体厚1~10 mm分别对应自制体模平均体厚74.73、93.15、109.50、126.20、142.48、159.75、177.40、194.43、212.35、230.15 mm

图4 辐射剂量与噪声指数关系



体厚7~10分别对应自制体模平均体厚177.40、194.43、212.35、230.15 mm

图5 辐射剂量与管电压关系

表1 CTDIvol与体厚、噪声指数、管电压之间相互关系(mGy)

平均体厚 (mm)	NI (噪声指数)	不同管电压 80 kV	100 kV	120 kV	140 kV
177.4	10	7.79	7.66	7.26	7.89
177.4	12	4.61	5.33	5.02	5.43
177.4	14	4.15	3.91	3.68	4.01
177.4	16	3.16	2.99	2.8	3.02
177.4	18	2.49	1.97	2.21	2.38
177.4	20	2.02	1.91	1.78	1.9
194.43	10	9.43	11.59	11.14	11.87
194.43	12	8.36	8.08	7.65	8.27
194.43	14	6.6	5.97	5.65	6.07
194.43	16	5.06	4.57	4.31	4.67
194.43	18	3.24	3.6	3.43	3.64
194.43	20	3.22	2.94	2.28	2.93
212.35	10	10.53	15.47	14.82	15.9
212.35	12	9.83	10.81	10.33	11.04
212.35	14	8.59	7.96	7.61	8.11
212.35	16	6.87	6.1	5.82	6.19
212.35	18	5.49	4.83	4.58	4.86
212.35	20	4.44	3.9	3.72	3.93
230.15	10	10.53	18.01	17.34	18.45
230.15	12	10.53	12.6	12.05	12.79
230.15	14	10.1	9.26	8.85	9.39
230.15	16	8.16	7.11	6.76	7.16
230.15	18	6.47	5.61	5.33	5.63

参考中国成年人胸厚在176~261 mm范围,将体厚在177.4~230.15 mm所得数据单独列出观察。可以观察到同样体厚下,绝大部分最低CTDIvol出现在使用管电流120 kV时,墨绿色标注者为管电流已达CT机上限,无法实现所设定噪声指数,故辐射剂量较低

2.2 辐射剂量与体模厚度、噪声指数NI、管电压回归分析

取平均厚度、噪声指数NI、管电压为自变量,以CTDIvol测量值为应变量,进行回归分析,因体厚 ≥ 212.35 mm,噪声10~12,管电压80 kV时,CT机管电流已达到上限,因而图像噪声无法达到10~12,辐射剂量也就无法得到真实反映,故此几组数据未纳入回归分析,得到回归方程:CTDIvol = 0.511 + 0.081 × 厚度 − 0.709 × 噪声指数 + 0.004 × 电压,对总体模型、厚度系数及噪声指数系数进行检验,P值均 < 0.001,对截距及电压系数进行检验,P值分别为0.487、0.415。由回归方程可以看出,噪声指数对辐射剂量影响最大,厚度对辐射剂量影响次之,管电压对辐射剂量无显著影响($P > 0.05$)。

3 讨论

CT所产生的电离辐射是我们必须关注并努力将其降低的,自动管电流调制技术是一项能够明显降低辐射剂量的技术,为有效的降低辐射剂量提供了一项解决方案。本研究表明,使用自动管电流调制技术,辐射剂量随扫描厚度的增加而增加,随噪声指数的增加而降低,噪声指数对辐射剂量影响最大,体厚对辐射剂量的影响次之,因此,根据不同扫描部位,针对不同临床需求,扫描过程中应该对噪声指数进行调整,甚至实现个性化调整,充分降低患者所受辐射剂量。

既往研究表明,辐射剂量与管电流呈线性相关,而与管电压呈指数负相关,使用低电压技术可以在不明显降低图像质量的条件下,大幅度降低辐射剂量[7-8],

而在应用自动管电流调制技术的条件下,保证图像质量的同时,是否依然能够应用降低管电压来实现大幅度的降低辐射剂量,这正是本研究的出发点。在本研究中,辐射剂量并没有随着管电压的降低而有明显降低,而从我们的数据统计来看,两者之间是没有明显相关性的。也就是说,在一定噪声指数设定下,使用不同管电压对辐射剂量影响不明显。因此,在使用自动管电流技术时,我们要做的只是根据不同扫描部位,针对不同临床需求来选择合适的噪声指数,而从观察体模试验所得数据发现,在绝大多数情况下,在成年人体厚范围内,同样扫描条件设定,使用120 kV管电压时,辐射剂量较使用其他管电压低,由此,我们建议使用自动管电流调制技术时,选择120 kV管电压进行扫描,可以获得更低辐射剂量。

综上所述,使用自动管电流调制技术,辐射剂量随扫描厚度的增加而增加,随噪声指数的增加而降低,低管电压技术不能显著降低辐射剂量,在成年人体厚范围内,使用管电压120 kV,能够在一定程度上实现辐射剂量的降低。

参考文献:

[1] Schauer D, Linton O W. National Council on Radiation Protection and Measurements report shows substantial medical exposure increase[J]. Radiology, 2009, 253(2): 293-296.
[2] Frush D P, Donnelly L F, Rosen N S. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know[J]. Pediatrics, 2003, 112(4): 951-957.
[3] Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, *et al*. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer[J]. Arch Intern Med, 2009, 169(22): 2078-2086.
[4] Herzog C, Mulvihill D M, Nguyen S A, *et al*. Pediatric cardiovascular CT angiography: radiation dose reduction using automatic anatomic tube current modulation[J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 190(5): 1232-1240.
[5] 张志伟, 罗天友, 曾勇明, 等. 自动管电流调制技术在颈部64层螺旋CT检查中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(1): 138-140.
[6] 中国标准化与信息化分类编码研究所. GB10000-88 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
[7] Marin D, Nelson R C, Samei E, *et al*. Hypervascular liver tumors: low tube voltage, high tube current multidetector CT during late hepatic arterial phase for detection--initial clinical experience[J]. Radiology, 2009, 251(3): 771-779.
[8] Nakaura T, Awai K, Oda S, *et al*. Low-kilovoltage, high-tube-current MDCT of liver in thin adults: pilot study evaluating radiation dose, image quality, and display settings[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 196(6): 1332-1338.

(**收稿**:2012-11-06;**修回**:2012-12-02)
(编辑 汪勤俭)

(上接1393页)

2 讨论

原发性甲状旁腺功能亢进症(hyperparathyroidism, PHPT)是高血钙、低血磷等一系列钙磷代谢紊乱的临床特征疾病。患者常以局部骨骼症状就诊,容易导致延误诊。在欧美国家PHPT仅次于糖尿病及甲状腺疾病,其发病率在成人达1%,在55岁以上人群中达2%[1-2],在我国发病率尚不清楚。PHPT分为无症状型和症状型两类。

PHPT常见影像学表现:①骨膜下骨吸收;②骨质疏松;③局限性囊状骨破坏(棕色瘤)[3-5];④骨质硬化[4];⑤病理性骨折与畸形[4];⑥软组织内钙化灶[4]。本组2例患者均不同程度符合上述影像特点:病例1右股骨中上段内侧可见骨膜下骨吸收改变;2例患者全身均有不同程度的骨质密度减低、骨小梁稀疏、骨皮质变薄的骨质疏松表现;2例患者均可见局限性囊状骨破坏征象;病例1右股骨中上段可见病理性骨折。

误诊分析:一方面PHPT临床表现多样,可累及多个系统,部分患者早期可无症状[2],而有症状患者泌尿系及骨骼病变没有明显特征性影像学表现,本组2例患者均以无明显特征性骨质疏松、多发囊状骨质破坏为主要影像表现,以致延误诊;上述局限性囊状骨破坏特别需与骨囊肿、骨巨细胞瘤、骨纤维异常增殖症、骨转移瘤等鉴别[4-5]:骨囊肿边缘多见骨质硬化,而PHPT不明显,大部分无边缘骨质硬化表现,部分可见边缘骨质硬化;骨巨细胞瘤内可见分隔皂泡样改变,而PHPT所致的棕色瘤不具该特征;骨纤维异常增殖症病变破坏区内可呈磨玻璃样改变,而PHPT所致骨质破坏区内呈均匀低密度;骨转移瘤一般有原发灶,且破坏区边缘模糊不清,而PHPT所致的破坏区边缘清楚锐利。病例1右侧股骨中上段病变就因呈溶骨性骨质破坏,部分边缘不清,曾一度误诊为恶性肿瘤。另一方面,PHPT发病率较低,缺乏诊治经验,未能及时紧密结合临床病史及实验室检查,客观的分析和判断,从而容易延误诊。本组2例患者,均存在局限性的骨病诊断分析,未及时考虑到代谢性骨病,进行及时相应的血液生化和影像学检查。

综上所述,在临床工作中,遇到全身性、多发性无明显特征性骨质异常改变患者时,医生不要仅局限于常见病、多发病的诊断,要开阔思路,紧密结合实验室及影像学检查分析,才能准确做出早期甲状旁腺功能亢进症诊断,以避免延误诊,减少患者痛苦,及早对症治疗。

参考文献:

[1] AACE/AAES Task Force on Primary Hyperparathyroidism. The American Association of Clinical Endocrinologists and the American Association of Endocrine Surgeons position statement on the diagnosis and management of primary hyperparathyroidism[J]. Endocr Pract, 2005, 11(1): 49-54.
[2] Yu N, Donnan P T, Murphy M J, *et al*. Epidemiology of primary hyperparathyroidism in Tayside, Scotland, UK[J]. Clin Endocrinol (Oxf), 2009, 71(4): 485-493.
[3] 林明强, 宋文静, 姚占成. 原发性甲状旁腺功能亢进性骨病的影像学表现[J]. 临床放射学杂志, 2010, 29(3): 409-411.
[4] 刘焕珍. 骨型甲状旁腺功能亢进的X线诊断[J]. 实用临床医学, 2009, 10(1): 94-95.
[5] 周扬, 彭鲁建, 张亚冰. 49例原发性甲状旁腺功能亢进症的诊治[J]. 重庆医学, 2011, 40(15): 1496-1498.

(**收稿**:2013-01-08;**修回**:2013-01-28)
(编辑 汪勤俭)