

模拟青少年脊柱多层 CT 低剂量扫描的动物实验

彭 谦¹, 范 淼¹, 严超贵¹, 张晋昕², 孟俊非¹, 陈 星¹

(中山大学 1. 附属第一医院放射科, 广东 广州 510080;
2. 公共卫生学院统计学教研室, 广东 广州 510080)

摘要:【目的】通过动物模型逐步降低管电流,初步摸索出相对应的模拟显示青少年脊柱正常解剖结构的低剂量多层 CT 扫描的最低管电流。【方法】以 30 ~ 40 kg 幼猪模拟青少年进行脊柱多层 CT 扫描。先行预试验,初步确定最低剂量值后,进行实验。每只幼猪扫描常规剂量 ≥ 200 mA(A 组)、最低剂量值(C 组)、其上位 10 mA(B 组)、下位 10 mA(D 组)进行平扫。将扫描后重建图像随机交由两位有经验的高年资放射学医师采用双盲法进行阅片、评价图像质量,以取得一致意见为准。以常规剂量图像为基础片,从图像伪影、质地(噪声)、脊柱结构(骨皮质、骨松质、骨小梁)的显示、脊柱与周围组织的对比四个方面评价,进行配对设计两样本的卡方检验。【结果】30 mA 与正常剂量组 CT 扫描图像经统计学分析, $P > 0.05$ 。20 mA 与正常剂量组 CT 扫描图像经统计学分析, $P < 0.05$ 。30 mA 可以获得与正常剂量组同样显示清晰的 CT 图像。本动物实验得到模拟青少年脊柱多层 CT 低剂量扫描管电流的最低值是 30 mA。【结论】低剂量多层 CT 扫描可以获得符合临床诊断需求的脊柱结构的图像信息,因而能在青少年脊柱侧突的临床诊断中应用。

关键词:青少年; 脊柱; 体层摄影术, X 线计算机; 低剂量

中图分类号:R814.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-3554(2008)04-0431-04

Animal Experiment of Low-dose Scanning of Multi-slices CT on Simulated Adolescent Vertebral Column

PENG Qian¹, FAN Miao¹, YAN Chao-gui¹, ZHANG Jin-xin², MENG Quan-fei¹, CHEN Xing¹

(1. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital; 2. Department of Medical Statistics, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract: 【Objective】 To figure out the lowest current that could manifest the normal structure of adolescent vertebral column by decreasing the current step by step in animal model. 【Methods】 Adolescent vertebral column were examined by multi-slices CT and modeled by pigs weighted 30 ~ 40 kg. Preliminary test were done at first and the lower current dose was found. The pigs were scanned respectively by the routine dose (Group A), the lower dose (Group C), the dose above (Group B) and below (Group D) 10mA to the lower dose. The reconstruct image quality was evaluated by two radiologists randomly with double-blind method. The image quality of plain film which was scanned by routine dose was used as the standard. The image qualities of all the films were evaluated respectively from artifact, noise, display of vertebral column structure (cortical bone, cancellous bone, trabecular bone), contrast of vertebral column and adjacent structure. All the results were analyzed by Chi-square test. 【Results】 There was no significantly statistical difference between Group A and Group B, or between Group A and Group C ($P > 0.05$). There was significantly statistical difference between Group A and Group D ($P < 0.05$). The CT images obtained by Group C were the same clear as those images obtained by Group A. The lowest dose for simulated vertebral column of multi-slices CT was 30 mA. 【Conclusion】 Images that satisfied clinical demand could be obtained by low dose multi-slices CT scanning. Low dose multi-slices CT scanning can be used in the diagnose of adolescent scoliosis..

Key words: adolescent; spine; tomography, X-ray computed; low dose

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2008, 29(4):431-434]

收稿日期:2008-02-26

基金项目:2007 广东省科技计划项目(2007B060401012)

作者简介:彭 谦(1964-),女,广东广州人,主管技师;范 淼,通讯作者,副主任医师, E-mail:cmu-sums@163.com

脊柱侧突是青少年脊柱主要病变之一^[1-2]。随着多层 CT 在青少年脊柱病变应用越来越广,受检者辐射剂量增加的危害越来越受到广泛地关注。如今放射学界普遍接受的观点是只要细节显示许可,能够满足临床诊断的需要,以图像质量轻微下降为代价而换来青少年 CT 检查辐射剂量的降低,是值得的^[3]。本部分研究的目的是通过动物模型逐步降低管电流(mA),初步摸索出相对应的模拟青少年脊柱多层 CT 扫描的最低合理管电流,避免因检查对青少年引发剂量负荷过度。

1 材料与方 法

1.1 动物模型的构建及扫描前后处理

根据 10 ~ 15 岁青少年的发育特点,选取中山大学附属第一医院实验中心提供的体质量为 30 ~ 40 kg 幼猪 9 只,分别模拟该阶段青少年进行多层 CT 检查。幼猪采用竹笼固定,穿刺耳静脉,注射 20 g/L 的硫喷妥钠 1.3 ~ 2.5 mL/kg,留置套管针。套管针内注入少量肝素,防止血液凝固阻塞静脉通道。在检查过程中观察到苏醒征象时通过套管针静脉补充 1 ~ 2 mL 麻醉药品。动物完全苏醒后送回饲养室,注射抗生素并禁食,但保证足够的饮水量。

1.2 扫描设备及方法

扫描设备为东芝 Aquilion 64 排螺旋 CT 机。实验动物仰卧于检查床上,头或尾先进。试验动物未采取措施抑制呼吸,类似儿童均匀呼吸。扫描范围为颅底至盆底脊柱全长。随机选取 2 只动物先行预扫描,由于扫描时间固定 0.5 s/rot,管电流由常规剂量的 ≥ 200 mA 逐渐减低,每次减低 10 mA,图像不能满足诊断要求(不合格)时即不再进行更低剂量组扫描。初步确定最低剂量值后进行试验。每只动物分别选取常规剂量(200 mA 以上)(A 组)、最低剂量值(C 组)、其上位 10 mA(B 组)、下位 10 mA(D 组)进行平扫各扫描两次。

1.3 图像评价和统计学分析

图像评价:将扫描后重建图像随机交由两位有经验的高年资放射学医师采用双盲法进行阅片、评价影像学征象,以取得一致意见为准。以常规剂量图像作为基础片,从①图像伪影、②质地(噪声)、③组织结构(骨皮质、骨松质、骨小梁)的显示、④脊柱与周围组织的对比 4 个方面评价。其

中图像无伪影,质地细腻、噪声低,组织结构显示清楚,边界清楚的图像可各评 4 分;图像伪影较少,噪声较低,组织结构显示尚可,边界尚清晰,图像质量不影响诊断的图像可各评 2 分;图像质量介于两者之间的各评 3 分;伪影严重,噪声较大,或者组织结构显示不良,与周边组织界限不清而影响诊断的图像各评 1 分。总分共 16 分。8 分以上为符合临床要求的照片。

1.4 扫描图像的统计学分析

幼猪每只扫描 2 次,每次扫描内含 4 组数据。组内评分汇总的例数间进行多次配对设计两样本检验。因未控制呼吸,所以排除了呼吸运动的伪影。

2 结 果

2.1 预实验的管电流

本组实验扫描时间(0.5 s/rot)固定,CT 剂量($\text{mA}\cdot\text{S}$)大小取决于管电流(mA)。幼猪下胸、上腰段身体组织最厚,局部脊柱扫描所需的管电流为脊柱全段最高部位。选择该段的最低管电流为脊柱扫描所需的最低管电流。预扫描获得的最低管电流为 30 mA, ≥ 200 mA 者均归在常规剂量扫描组内。

2.2 幼猪多层 CT 低剂量扫描后图像质量比较

选取常规剂量组(A 组)、40 mA(B 组)、30 mA(C 组)和 20 mA(D 组)对幼猪脊柱进行扫描,获得的数据见表 1,影像资料见图 1、图 2。幼猪的脊柱图像质量经配对设计两样本的卡方检验,结果为:40 mA 与常规剂量组相比, $\chi^2 = 0.01, P = 0.924$; 30 mA 与常规剂量组相比, $\chi^2 = 0.386, P = 0.535$; 20 mA 与常规剂量组相比, $\chi^2 = 3.936, P = 0.047$ ($P < 0.05$)。综合以上认为,40 mA 与常规剂量组、30 mA 与常规剂量组的图像质量评分差异无统计学意义,20 mA 与常规剂量组的图像质量评分差异有统计学意义。

3 讨 论

3.1 青少年脊柱多层 CT 低剂量扫描的必要性

青少年脊柱病变尤其是脊柱侧突的影像学检查主要有 X 线平片、CT 和 MR 等。因为多层 CT 扫描速度快、图像质量高,对骨骼的显示较平片、MR 好,可以多方位成像,通过经过后处理详细了解脊

表1 幼猪脊柱CT扫描结果

Table 1 Evaluation of young pigs spine CT scanning image

DOSE	Qualification	Disqualification	Total
A; Routine dose	18	0	18
B; 40 mA	17	1	18
C; 30 mA	16	2	18
D; 20 mA	12	6	18

There was no significantly statistical difference between Group A and Group B, or between Group A and Group C ($P > 0.05$). There was significantly statistical difference between Group A and Group D ($\chi^2=3.936, P < 0.05$)

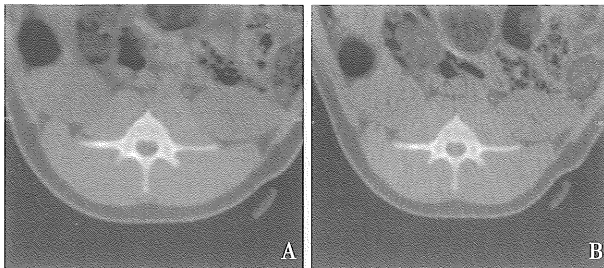


图1 幼猪腰椎横断位图像

Fig.1 Lumbar transaxial image of young pigs

A: 200 mA; B: 30 mA. There was no artifact in lumbar transaxial image. Uniformity image in quality could be observed. Edge sharpness of the lumbar vertebrae was clear and tissue contrast of lumbar vertebrae was sharp. Noise increased little and picture quality decreased slightly between image B and image A.

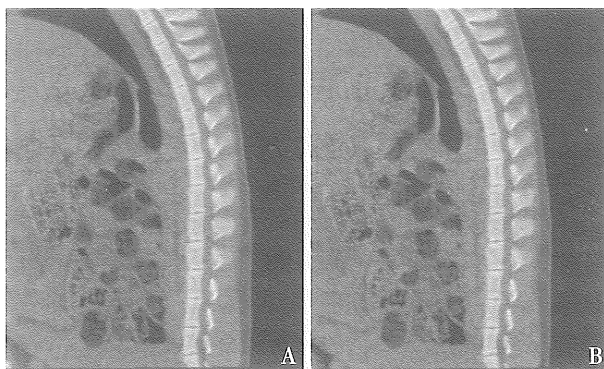


图2 幼猪腰椎矢状位图像

Fig.2 Lumbar sagittal transaxial image of young pigs

A: 200 mA; B: 30 mA. There is no significant difference between these two image

柱的情况以及作好术前评估,近年来随着多层CT不断普及其在青少年脊柱领域的临床应用不断拓展,越来越受到重视。但是随着多层探测器排数的增加,层厚更薄,在带来图像清晰的同时,得到相同质量的图像需要X线辐射剂量也增加^[4]。滥用多层CT检查极大地增加了受检者接受的辐射剂量,这一危害人类健康的严重问题越来越引起放

射学术界的关注。有实验研究^[5]认为,青少年受辐射年龄越小,致癌危险越高。但遗憾的是很少有研究人员重视诊断性CT检查的辐射剂量及其所导致的风险。很少医生具备患者(尤其是青少年)允许接受多少射线辐射剂量和本次检查患者将接受多少射线辐射剂量的专业知识。我们降低多层CT管电流的研究正可以初步解决这后一问题。青少年生殖系统对射线非常敏感,青少年脊柱多层CT检查应该遵循“合理使用低剂量(as low as reasonably achievable, ALARA)”原则^[6],即以最低剂量来获取满足临床需要的诊断性影像的原则。

3.2 降低管电流对多层CT扫描图像的影响及低剂量多层CT扫描的可行性

评价CT图像质量的有对比度、图像噪声和信噪比(CNR)。保持120 kV管电压不变,多层CT检查时X线的穿透力不变。因为噪声与成像光子数的平方根成反比,成像的“X线光子数量”即管电流直接影响CT图像的噪声,球管X线输出量管电流增加100%,图像噪声降低41.4%^[7]。那么,固定管电压后,青少年由于体型较成人小,会有较多的射线透过检查者到达探测器。这时降低一定的管电流,噪声可以保持与原来不变的水平。另外由于脊柱和周围软组织之间的对比明显,噪声增加不会使组织间对比度明显下降,而且不致严重影响脊柱骨质图像的观察,所以可用尽可能低的曝光条件。从本实验结果来看,幼猪脊柱多层CT低剂量扫描管电流均较常规扫描降低85%以上,图像质量并无明显变差。为了减少辐射剂量,降低管电流,控制多层CT球管发出的X线射线量(管电流)的做法是可行的。评价图像的另一个指标CNR直接决定了总体图像质量与病变检出的敏感性,CNR越高,则敏感性越高。本组实验选用固定管电压(120 kV),所以管电流成为影响CNR的重要指标。根据Dianna报道^[8]小儿胸腹盆腔扫描较成人降低60%~90%的辐射剂量后,噪声可以维持在原有常规扫描水平,而且CNR应该变化不大,也就是说,图像质量无明显降低,病灶检出率无明显下降。低剂量多层CT扫描可获得符合临床诊断需求的图像信息。

3.3 低剂量扫描的管电流控制最低标准及其在临床的应用价值

本组研究初步得出动物模拟青少年多层CT低剂量扫描的最低值为30 mA,较常规剂量 ≥ 200

mA,降低 85%以上,受检者所接受辐射剂量也相应明显减低,有效的保护了受检者的健康。

本部分研究通过动物模型逐步降低管电流,初步摸索出相对应体重青少年脊柱多层 CT 扫描的最低管电流,避免因研究造成对青少年进行 CT 重复扫描而引发的过度剂量负荷。由于低剂量扫描在有效保护受检者的同时获取的图像能够满足临床和影像医师对脊柱侧弯患者脊柱情况的观察,所需了解的脊柱信息没有缺失,因而有较大的临床应用价值。相信随着低剂量多层 CT 在临床的应用,不仅可以减低患儿本身的辐射危害,而且对于我们国民的整体辐射剂量防护也有重要意义。

参考文献:

- [1] 李卫平,刘尚礼,陈兆荣,等. 广州市学生脊柱侧凸患病率调查报告[J]. 中华小儿外科杂志,2001,22(2): 104-106.
- [2] 袁元杏,刘尚礼,符丹. 特发性脊柱侧弯 2 例的家谱分析[J]. 中山医科大学学报,1998,19(S):封

3.

- [3] 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[J]. Radiology, 2007, 244(2): 524-531.
- [4] Mettler FA Jr, Wiest PW, Locken JA, et al. CT scanning: patterns of use and dose [J]. J Radiol Prot, 2000, 20(4): 353-359.
- [5] Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT [J]. AJR, 2001, 176(2): 289-296.
- [6] Stovis TL. The ALARA Concept in Pediatric CT: Myth or Reality? [J]. Radiology, 2002, 4(1): 5-6.
- [7] Suess C, Chen X. Dose optimization in pediatric CT: current technology and future innovations [J]. Pediatr Radiol, 2002, 32(10): 729-734.
- [8] Cody DD, Moxley DM, Krugh KT, et al. Strategies for formulating appropriate MDCT techniques when imaging the chest, abdomen, and pelvis in pediatric patients [J]. AJR, 2004, 182(4): 849-859.

(编辑 刘清海)

(上接 430 页 from page 430)

- [3] Panyam J, Labhasetwar V. Biodegradable nanoparticles for drug and gene delivery to cells and tissue [J]. Adv Drug Deliv Rev, 2003, 55(3): 329-347.
- [4] Asif M, Arayne MS, Sultana N, et al. Fabrication of nanoparticles within polymeric pores for controlled release of drug [J]. Pak J Pharm Sci, 2006, 19(1): 73-84.
- [5] Muhlen A, Schwarz C, Mehnert W. Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery-drug release and release mechanism [J]. Eur J Pharm Biopharm, 1998, 45(3): 149-155.
- [6] Brioschi A, Zenga F, Zara GP, et al. Solid lipid nanoparticles: could they help to improve the efficacy of pharmacologic treatments for brain tumors? [J]. Neurol Res, 2007, 29(3): 324-330.
- [7] Almeida AJ, Souto E. Solid lipid nanoparticles as a drug delivery system for peptides and proteins [J]. Adv Drug Deliv Rev, 2007, 59(6): 478-490.
- [8] 陈大兵,吕万良,杨天智,等. 紫杉醇表面修饰脂质纳米粒的制备和性质[J]. 北京大学学报:医学版, 2002, 34(1): 57-60.

- [9] Nishiyama T, Hanaoka K. Reproducibility of the drug effects over time on chronic lumbar epidural catheterization in rats [J]. Anesth Analg, 1999, 89(6): 1492-1496.
- [10] 夏淑轩,李玉娟,曾静贤,等. 经硬膜外行术后镇痛 13308 例[J]. 中山大学学报:医学科学版, 2003, 24(3S): 120-122.
- [11] 何伟雄,曾维安,许梅曦,等. 不同镇痛方式对高龄肺癌手术后恢复的综合分析[J]. 中山大学学报:医学科学版, 2006, 27(5): 584-586.
- [12] 周嘉嘉,陈汝福,卢红伟,等. 两亲多糖纳米胶束作为药物缓释载体的制备及释药研究 [J]. 中山大学学报:医学科学版, 2006, 27(6): 667-671.
- [13] 魏珊珊,张艺,许家瑞. 聚丙烯酸/Fe₃O₄ 纳米复合材料的制备及性能研究[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2006, 45(5): 47-50.
- [14] Almeida AJ, Souto E. Solid lipid nanoparticles as a drug delivery system for peptides and proteins [J]. Adv Drug Deliv Rev, 2007, 59(6): 478-490.
- [15] Abram SE. Continuous spinal anesthesia for cancer and chronic pain [J]. Reg Anesth, 1993, 18(6): 406-413.

(编辑 徐杰)