

Doi: 10.3969/j.issn.1005-5185.2011.12.

论著 Original Research

脊柱定量CT重建参数对骨密度测量的影响

Analysis of Reconstruction Parameters of Spine QCT on Bone Mineral Density

王子生 WANG Yusheng

过哲 GUO Zhe

赵海竹 ZHAO Haizhu

王策 WANG Ce

张磊 ZHANG Lei

赵英威 ZHAO Yingwei

于爱红 YU Aihong

程晓光 CHENG Xiaoguang

作者单位

北京积水潭医院放射科 北京 100035

通讯作者 程晓光

Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035

Author Correspondence to: CHENG Xiaoguang

E-mail:xiao65@263.net

基金支持或者利益申明

北京市卫生系统高层次卫生技术人才培养项目(编号: 2009-2-03)

中国图书资料分类法分类号:
R

收稿日期: 2011-09-14

修回日期: 2011-10-05

中国医学影像学杂志
2011年 第19卷 第12期:Chinese Journal of Medical Imaging
2011 Volume 19(12):

【摘要】目的 优化CT扫描协议,使定量CT(QCT)骨密度(BMD)测量值更精确,辐射剂量更低。**资料与方法** 采用欧洲脊柱体模(ESP)与QCT校准体模一起进行不同毫安秒的CT螺旋扫描。扫描参数:管电压120kV,管电流50~350mA,层厚1×16mm,床高73cm,扫描范围10cm,视野(FOV)40cm,重建矩阵:512×512,重建间距0.8mm。记录CT扫描机上的辐射剂量乘积(DLP)。用标准算法(FC03)和骨算法(FC30)分两组重建欧洲脊柱体模影像,并进行BMD测量。**结果** FC03组平均BMD值与毫安秒正相关($r=0.401$, $P<0.05$);FC30组平均BMD值与毫安秒无相关性($r=0.216$, $P>0.05$)。两组平均毫安秒与DLP呈正相关($r=0.999$, $P<0.01$)。FC03组与FC30组平均BMD差异有统计学意义($t=-13.089$, $P<0.01$)。FC03组与欧洲脊柱体模标准平均BMD差异有统计学意义($t=-19.220$, $P<0.01$);FC30组与欧洲脊柱体模标准平均BMD差异无统计学意义($t=0.506$, $P=0.616$)。**结论** QCT扫描重建参数对BMD值有影响。骨算法重建影像除去了影响BMD测量的因素,使测量准确率更高。在制订扫描协议时应充分考虑重建算法对骨密度测量的影响,并使扫描参数保持恒定。

【关键词】 骨密度;重建算法;体层摄影术, X线计算机;定量CT

【Abstract】 Purpose To optimize the scan protocol for accurate quantitative computed tomography (QCT) bone mineral density (BMD) measurement with low radiation dose. **Material and Methods** European Spine Phantom (ESP) and QCT calibration Phantom (Image Analysis, Inc, US, G2208) were scanned with a Toshiba 16-slice CT scanner. Tube voltage and tube current were 120kV and 50mA to 350mA. Slice thickness was 1×16mm, height of table was 73cm. Scan length was 10cm. FOV was 40cm. Reconstruction matrix was 512×512 and reconstruction interval was 0.8cm. Dose length product (DLP) was recorded. Images of ESP were reconstructed by standard algorithm (FC03) and bone algorithm (FC30). Reconstructed data were transferred to BMD workstation. BMD was measured by QCT PROTM 3D spine BMD application module (version4.0, mindways software Inc). Statistical analysis was performed using SPSS 15.0. **Results** The correlation coefficient of BMD with mAs of FC03 and FC30 were 0.401 ($P<0.05$) and 0.216 ($P>0.05$), respectively. The correlation coefficient of mAs with DLP is 0.999 ($P<0.01$). The difference of BMD between FC03 and FC30 reached statistically significant ($t=-13.089$, $P<0.01$). There was statistically significant differences between the BMD of FC 03 and standard value of ESP ($t=-19.220$, $P<0.01$). There was no statistically significant difference between the BMD of FC 30 and standard value of ESP ($t=0.506$, $P=0.616$). **Conclusion** Reconstruction parameters of QCT affect the measured value of BMD. Images reconstructed by bone algorithm (FC30) exclude interference factors and increase the accuracy of the measurement of BMD. Reconstruction parameters should be taken into account when the scan protocols were formulated.

【Key words】 Bone mineral density; quantitative CT; reconstruction algorithm; Tomography, X-ray computed

定量CT(quantitative CT, QCT)是通过CT扫描将穿过人体的CT衰减系数经校准体模转换成以 mg/cm^3 为单位的一种骨密度(bone mineral density, BMD)测量技术,这种技术可用于任何普通CT扫

描机^[1]。本研究旨在探讨CT扫描技术参数与骨密度、辐射剂量之间的相关性,并研究QCT不同重建参数对骨密度测量的影响,以指导临床制订优化扫描协议,使QCT骨密度测量值更精确,辐射剂量更低。

1 材料与方法

1.1 模拟人体体模 欧洲体模 (European Spine Phantom ESP ESP-154)^[2]; 校准体模: QCT Phantom 体模 (美国 Image Analysis, Inc. 制造, 序列号 G2208)。

1.2 CT 扫描方法 采用日本东芝 16 排 Aquilion16 螺旋 CT 扫描机。扫描参数: 管电压 120kV, 管电流 50 ~ 350mA, 机架旋转时间 0.5s/r, 层厚 1×16mm, PF 0.938。扫描方式: 螺旋扫描。床高 73cm, 扫描长度 10cm, 视野 (FOV) 40cm, 重建矩阵 512×512。重建算法: FC03 (标准算法), FC30 (骨算法)。重建间距 0.8mm。将欧洲体模置于模拟体模上(图 1)。从 50mA 开始至 350mA 结束, 每递增 10mA 按上述扫描参数扫描 1 次, 共 31 次。记录 CT 扫描机上每一次扫描所产生的 100mm 长度的辐射剂量乘积 (DLP, 单位 mGy·cm)。用标准算法 (FC03) 和骨算法 (FC30) 分两组重建欧洲体模影像容积数据, 分别命名为 FC03 和 FC30。



图1 同时扫描欧洲体模与模拟体模

1.3 骨密度测量 在骨密度工作站上用骨密度分析软件 QCT PRO™ 3D 脊柱 BMD 应用模块 (4.0 Mindways Software, Inc.)。对重建后的两组容积数据进行 BMD 分析测量。方法: 将重建的 FC03 组和 FC30 组各 31 组容积数据传至安装 BMD 工作站,

在工作站上点击 3D 脊柱 BMD 应用模块图标, 在打开 Patient information 界面输入试验编号、试验日期等匹配信息, 点击 confirm match 进入 Extraction 界面; 在 Extraction 界面中设置脊柱影像上决定用于骨密度分析的区域和获得的模的感兴趣区 (ROI)。此时在椎体旁出现一个圆形光标, 同时在模的周围出现矩形模框光标。将 ROI 置于轴面椎体影像的中央松质骨区域; 将矩形光标包含住全部校准模。接着在 Rotation 和 ROI 界面中的轴面、冠状面、矢状面的多平面重组 (MPR) 影像上确定欧洲体模中 L₁ ~ L₃ 的 ROI 位置, 确认椎体。在 Results 显示各椎体的 BMD 和 3 个椎体总的平均 BMD 值。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 15.0 软件分析, 两组中平均 BMD 值与毫安秒的相关性以及平均毫安秒与 DLP 的相关性采用 Pearson 相关分析; 两组平均 BMD 比较采用配对 *t* 检验; 每组平均 BMD 值与欧洲体模标准平均 BMD 值比较采用单个样本 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

标准算法 (FC03) 组平均 BMD 值为 $115.22 \pm 0.42 \text{ mg/cm}^3$, 骨算法 (FC30) 组平均 BMD 值为 $116.73 \pm 0.69 \text{ mg/cm}^3$ 。FC03 组和骨算法 FC30 组的欧洲体模重建影像平均 BMD 值与毫安秒的相关性分析见图 2。FC03 组平均 BMD 值与毫安秒呈正相关 ($r=0.401, P < 0.05$); FC30 组平均 BMD 值与毫安秒无相关性 ($r=0.216, P > 0.05$)。两组平均毫安秒与 DLP 呈正相关 ($r=0.999, P < 0.01$), 平均毫安秒与 DLP 相关性分析见图 3。FC03 组与 FC30 组平均 BMD 值差异有统计学意义 ($t = -13.089, P < 0.01$)。FC03 组与欧洲脊柱体模标准平均 BMD 值差异有统计学意义 ($t = -19.220, P < 0.01$); FC30 组与欧洲脊柱体模标准平均 BMD 值差异无统计学意义 ($t = 0.506, P = 0.616$)。

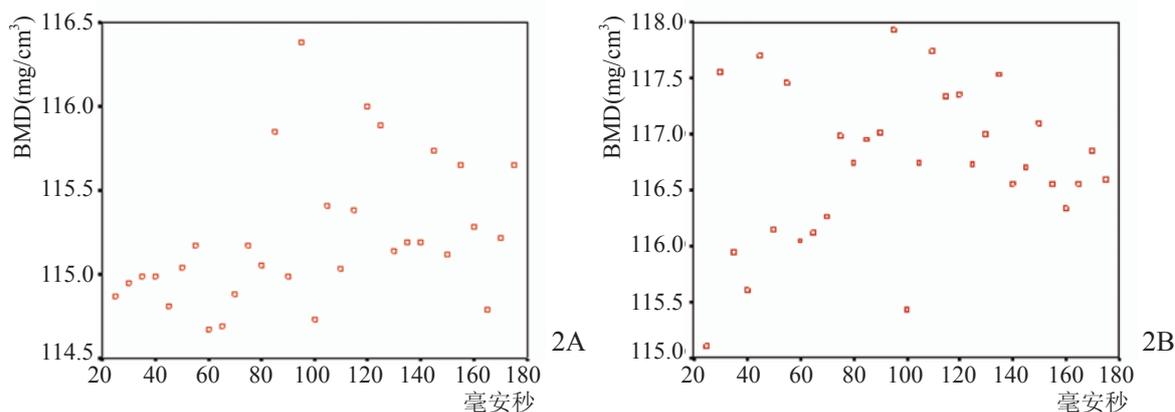
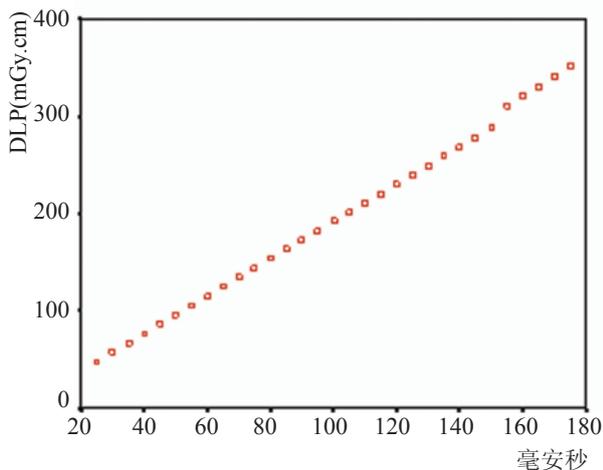


图2 FC03组 (A) 及FC30组 (B) 平均BMD与毫安秒相关性分析



3 讨论

QCT 利用 CT 断层影像, 排除了影像重叠所造成的组织叠加, 可以将 ROI 设置在椎体的松质骨区域, 使骨密度值更加精确。近年来, 多排螺旋 CT 已经在临床广泛应用, QCT 的测量方法也有所改变, 出现了体积 (Volumetric) CT 等测量方法^[3, 4]。它可以利用多排螺旋 CT 扫描获得的容积数据进行 MPR, 在轴面、冠状面和矢状面同时设定 ROI, 这样可使定位更加准确, 测量精度更高。由于 QCT 采用的是 X 线扫描, 所以 CT 扫描的技术参数可对骨密度的测量产生影响。临床常规螺旋 CT 扫描, 主流厂家均普遍将管电压恒定设置在 120kV, 只通过改变毫安秒来调整 X 线剂量。因此需要研究扫描技术参数毫安秒的变化对 BMD 的影响。重建算法是产生重建影像的基础, 影响影像的空间分辨率。在影像重建过程中涉及两步重建算法: 卷积和后投影。根据卷积的不同算法, 有 3 种常见的加权方法, 即标准、骨算法和平滑算法。卷积算法不同会影响影像密度变化频率的敏感性^[5]。根据结果, FC03 组毫安秒与平均 BMD 呈弱相关 ($r=0.401, P<0.05$)。FC30 组毫安秒与平均 BMD 无相关性 ($r=0.216, P>0.05$)。由于 FC30 组采用骨算法重建, 这种卷积算法滤除了 CT 衰减信号中的部分含软组织成分的低频信号, 保留了含骨骼成分的中高频信号, 消除了低频信号 (如脂肪) 的影响, 从而使毫安秒的变化不影响平均 BMD 值。毫安秒代表 X 线的剂量, 其增加必然导致辐射剂量的增加^[6]。毫安秒与 DLP 呈高度相关 ($r=0.999, P$

<0.01)。两组重建方法平均 BMD 值差异有统计学差异 ($P<0.01$), 表明两种重建方法对 BMD 值的测量产生不同影响。此次实验采用的是欧洲脊柱体模, 是欧洲共同体确认的验证 QCT 标准和质量控制的标准体模。模体中有 3 个代表 L₁、L₂、L₃ 脊椎的嵌入体, 内含不同密度的羟磷酸钙 [Ca₅(PH₄)₃OH], 分别是 50、100、200mg/cm³, 标准平均 BMD 值为 116.67mg/cm³。本研究结果发现, FC03 组平均 BMD 值为 115.22±0.42mg/cm³, 与欧洲脊柱体模标准平均 BMD 值差异有统计学意义 ($t=-19.220, P<0.01$); FC30 组平均 BMD 值为 116.73±0.69mg/cm³, 与欧洲脊柱体模标准平均 BMD 值差异无统计学意义 ($t=0.506, P=0.616$)。FC30 组平均 BMD 值接近于欧洲体模标准平均 BMD 值, 表明采用骨算法重建的骨密度值更能反映脊柱真实的骨密度值。

由以上研究结果分析, QCT 扫描重建参数对 BMD 值有影响。标准算法重建的影像, 因含有更多影响 BMD 测量的因素, 导致 BMD 测量误差更大。骨算法重建的影像除去了影响因素, 使其测量准确率更高。因此, 在制订扫描协议时应充分考虑重建算法对骨密度测量的影响。

参考文献

- [1] Engelke K, Adams JE, Armbrecht G, et al. Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults: the 2007 ISCD Official Positions. *J Clin Densitom*, 2008, 11(1): 123-162.
- [2] Kalender WA, Felsenberg D, Genant HK, et al. The European Spine Phantom—a tool for standardization and quality control in spinal bone mineral measurement by DXA and QCT. *Eur J Radiol*, 1995, 20(2): 83-92.
- [3] 林强, 姚金朋, 余卫. 定量 CT 在骨密度测量中的应用. *中华放射学杂志*, 2009, 43(2): 219-221.
- [4] Bauer JS, Henning TD, Müller D, et al. Volumetric quantitative CT of the spine and hip derived from contrast-enhanced MDCT: conversion factors. *Am J Roentgenol*, 2007, 188(5): 1294-1301.
- [5] 余晓镔, 卢广文. CT 设备原理、结构与质量保证. 北京: 科学出版社, 2005: 69-74.
- [6] 黎晖, 陈阳, 鲍旭东. 基于统计迭代投影估计的低剂量 CT 重建方法. *生物医学工程研究*, 2008, 27(1): 45-48.

(责任编辑 李玉梅)