

## 不同重建层厚对定量 CT 椎体骨密度测量值的影响

王勇朋, 阳琰, 何生生, 钱堃, 程晓光

**【摘要】 目的:**评估不同重建层厚对定量 CT(QCT)椎体骨密度测量值的影响。**方法:**欧洲腰椎体模(ESP)作为标准,采用腰椎 CT(250 mA)和低剂量 CT(80 mA)两组扫描条件,以容积扫描方式对 ESP 重复扫描 10 次,分别以 0.625 mm、1.25 mm、2.5 mm 重建层厚图像完成 QCT 椎体骨密度测量,分析不同重建层厚间椎体骨密度测量值准确度误差的差异。回顾性分析 90 例腰椎(250 mA)骨密度测量者的原始图像,分别以 0.625 mm、1.25 mm、2.5 mm 重建层厚完成 QCT 椎体骨密度测量,分析不同重建层厚间  $L_1$  和  $L_2$  椎体骨密度平均值的差异。**结果:**250 mA 和 80 mA 两组中,ESP 的  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  椎体骨密度测量值准确度误差在不同重建层厚间差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两组  $L_{1-3}$  椎体平均骨密度测量值准确度误差均以 1.25 mm 重建层厚时最小,250 mA 和 80 mA 两组间 1.25 mm 重建层厚 ESP 的  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  椎体骨密度测量值准确度误差差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。90 例患者不同重建层厚间  $L_1$  和  $L_2$  骨密度均值差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论:**不同重建层厚对 QCT 椎体骨密度测量值的影响无明显差异,1.25 mm 重建层厚骨密度测量值最接近真实值。

**【关键词】** 骨密度; 骨质疏松; 体层摄影术, X 线计算机; 图像处理, 计算机辅助

**【中图分类号】** R814.42; R336; R681 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)11-1191-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Effect of different reconstruction slice thickness on vertebral bone mineral density using quantitative CT**  
WANG Yong-peng, YANG Yan, HE Sheng-sheng, et al. Imaging Department, the Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Guizhou 563003, China

**【Abstract】 Objective:** The purpose of this study was to evaluate the effect of different reconstruction slice thickness on vertebral bone mineral density (BMD) using quantitative computed tomography (QCT). **Methods:** The standard European Spine Phantom (ESP) was respectively scanned for 10 times with routine lumbar (250mA) and low-dose (80mA) CT scanning protocols. The "standard  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ " vertebral BMD of ESP was measured by QCT on reconstruction images with different thickness, 0.625mm, 1.25mm, and 2.5mm. The accuracy error of vertebral BMD measurements with different thickness was calculated and compared. The BMD of  $L_1$  and  $L_2$  of a group of 90 cases from the database of BMD were measured by QCT respectively on reconstruction images with different thickness of 0.625mm, 1.25mm, and 2.5mm, and the mean values of BMD of  $L_1$  and  $L_2$  with different thickness were compared. **Results:** There were no statistical differences in the accuracy error of BMD measurements of "ESP standard  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ " among different slice thickness in both routine and low dose groups ( $P>0.05$ ). The mean accuracy error of BMD measurements of " $L_{1-3}$ " with 1.25mm thickness was the lowest in both groups compared to other thickness. Moreover, no statistical differences was found in the accuracy error of " $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ " BMD with 1.25mm between the two groups ( $P>0.05$ ). No statistical differences were found in the mean BMD of  $L_1$  and  $L_2$  with different reconstruction slice thickness ( $P>0.05$ ) among 90 patients. **Conclusion:** Different reconstruction slice thickness has little effect on the vertebral BMD using QCT. The vertebral BMD with 1.25mm reconstruction thickness is the closest to the true value.

**【Key words】** Bone density; Ostoporosis; Tomography, X-ray computed; Image processing, com-

作者单位:563000 贵州,遵义医学院附属医院影像科(王勇朋、何生生、钱堃),内分泌科(阳琰);100035 北京,北京积水潭医院放射科(程晓光)

作者简介:王勇朋(1975-),男,河南开封人,硕士,副主任医师,主要从事骨肌及肿瘤影像诊断学研究。

通讯作者:程晓光, E-mail: xiao65@263.net

基金项目:黔科合 LH 字(2017)7116 号

puter-assisted

定量 CT (quantitative computed tomography, QCT) 椎体骨密度测量常用于诊断骨质疏松、评估骨折风险及评价临床疗效, QCT 骨密度测量比双能 X 线吸收测量法 (dual energy X-ray, DXA) 具有一定优势<sup>[1]</sup>, 而且, CT 图像还能观察骨细节, 用于诊断骨疾病及评估骨折风险, 因此, QCT 骨密度测量越来越得到临床认可。

国际临床骨密度学会 (the International Society for Clinical Densitometry, ISCD) 2007 推荐<sup>[2]</sup>: 3D QCT 椎体密度测量重建层厚 1~3 mm。目前, 不同厂家 CT 机重建参数不统一, 文献采用: 0.625 mm、1 mm、1.25 mm、1.3 mm、3 mm 等重建层厚均有报道<sup>[3-5]</sup>, 但重建层厚对骨密度测量值的影响, 至今未见相关报道。欧洲腰椎体模 (European spine phantom, ESP) 为国际公认骨密度标准, 用于评估骨密度测量的准确性, 评估骨密度测量仪器间标准化和相互校准<sup>[5]</sup>。本研究采用标准骨密度的 ESP, 评估不同重建层厚对 QCT 骨密度测量值准确度误差的影响, 为制定最佳 QCT 骨密度测量协议提供理论依据。

## 材料与方法

### 1. 临床资料

回顾性分析本院 2017 年 7 月—10 月 90 例腰椎 CT 骨密度测量者原始图像, 其中男 53 例、女 37 例, 年龄 27 岁~83 岁, 平均 48.8 岁。病例纳入标准: 所有病例经临床和其他相关检查排除影响骨代谢的慢性病 (如甲状旁腺病变、恶性肿瘤等)、陈旧性椎体骨折及服用引起骨代谢的药物 (如激素类等) 者。

### 2. 材料

ESP (编号 N0145, 德国 ORM): 由环氧树脂制成的塑料加上其他各种成分达到水和骨等效的固体材料组成, 包含有三个松质骨密度不等的椎体, 三个椎体的松质骨的羟基磷灰石密度分别是 50 mg/cm<sup>3</sup>、100 mg/cm<sup>3</sup>、200 mg/cm<sup>3</sup>。分别记为“L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>”。

### 3. 检查设备与方法

采用 GE Optima CT680 Series 螺旋 CT 机, ESP 和患者均头先进, 目标区域置于校准体模上, 体模区域无任何异物。ESP 扫描参数: 管电压 120 kV, 机架转速 0.6 s/r, 层厚 5 mm, 螺距 0.984, 扫描视野 (scanning field of view, SFOV) 50 cm, 固定床高 130 cm, 管电流分别为 250 mA (腰椎扫描) 和 80 mA (低剂量扫描), 两组进行容积扫描重复 10 次。90 例患者均为腰椎扫描条件。重建方式: 矩阵 512×512, 标准算法, 显示视野 (displaying field of view, DFOV) 40 cm, 重建层厚分别采用 0.625 mm、1.25 mm、2.5 mm。

骨密度测量: 将不同重建层厚数据传送到美国 Mindways 骨密度工作站, 采用骨密度分析软件 (QCT PRO TM 3D 脊柱骨密度应用模块, 4.0 Mindways Software, Inc.)。2007 ISCD 推荐<sup>[2]</sup>: 依据 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 骨密度均值评估骨量。准确度误差计算公式<sup>[5]</sup>: 误差 = (测量值 - 真实值) / 真实值 × 100%。

### 4. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 进行统计学分析。准确度误差以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用单因素方差分析比较 ESP 不同重建层厚间准确度误差和 90 例患者不同重建层厚 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 椎体骨密度均值, 采用随机样本 *t* 检验比较 250 mA 和 80 mA 两组间 1.25 mm 重建层厚的准确度误差, 以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

## 结果

### 1. 两组扫描参数不同重建层厚椎体骨密度

250 mA 和 80 mA 两组椎体骨密度准确度误差均以 L<sub>1</sub> 最大、L<sub>3</sub> 最小; 两组 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 椎体骨密度准确度误差均为正值, 而 L<sub>3</sub> 椎体骨密度准确度误差正、负值均有 (表 1)。两组 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 不同重建层厚椎体骨密度准确度误差均通过正态性检验及方差齐性检验, 两组 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体骨密度准确度误差在不同重建层厚间差异均无统计学意义 (*P* > 0.05), 两组 L<sub>1-3</sub> 椎体平均

表 1 250 mA 和 80 mA 两组 ESP 不同重建层厚椎体骨密度准确度误差

分组	0.625 mm	1.25 mm	2.5 mm	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
80 mA					
L <sub>1</sub> (%)	16.710 ± 5.339	16.142 ± 4.746	17.098 ± 3.303	0.112	0.894
L <sub>2</sub> (%)	7.518 ± 1.395	7.652 ± 1.137	7.027 ± 1.139	0.716	0.498
L <sub>3</sub> (%)	0.143 ± 1.180	0.138 ± 1.307	0.276 ± 1.201	0.040	0.961
L <sub>1-3</sub> (%)	8.124 ± 7.576	7.977 ± 7.221	8.134 ± 7.325	—	—
250 mA					
L <sub>1</sub> (%)	16.270 ± 5.060	16.522 ± 5.145	16.264 ± 4.828	0.009	0.991
L <sub>2</sub> (%)	9.230 ± 1.619	8.726 ± 1.836	9.033 ± 1.792	0.210	0.812
L <sub>3</sub> (%)	1.067 ± 1.508	0.977 ± 1.333	1.216 ± 1.378	0.073	0.929
L <sub>1-3</sub> (%)	8.856 ± 7.028	8.742 ± 7.175	8.838 ± 6.920	—	—

骨密度测量值的准确度误差均以 1.25 mm 重建层厚最小(因 ESP 不同椎体间准确度误差相差大,两组不同重建层厚  $L_{1-3}$  椎体平均骨密度测量值准确度误差未行统计学分析)。

### 2. 1.25 mm 重建层厚 ESP 结果

250 mA 和 80 mA 两组间 1.25 mm 重建层厚 ESP 的  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  椎体骨密度准确度误差间差异均无统计学意义( $P>0.05$ ,表 2)。

表 2 250 mA 和 80 mA 两组 1.25 mm 椎体骨密度准确度误差

椎体	80 mA	250 mA	t 值	P 值
$L_1$ (%)	16.142±4.746	16.522±5.145	-0.172	0.866
$L_2$ (%)	7.652±1.137	8.726±1.836	-1.573	0.133
$L_3$ (%)	0.138±1.307	0.977±1.333	-1.421	0.173

### 3. 90 例患者不同重建层厚 $L_1$ 、 $L_2$ 骨密度均值结果

90 例患者重建层厚 0.625 mm、1.25 mm、2.5 mm  $L_1$  和  $L_2$  骨密度均值分别为(132.392±36.223) mg/cm<sup>3</sup>、(130.317±35.429) mg/cm<sup>3</sup>、(131.792±35.895) mg/cm<sup>3</sup>。所有数据均通过正态性检验及方差齐性检验,不同重建层厚间  $L_1$  和  $L_2$  骨密度均值差异无统计学意义( $F=0.80$ 、 $P>0.05$ )。

## 讨 论

骨密度测量准确度误差是指骨密度测量值反映真实值的一致程度,也称准确性、准确度,可以通过扫描已知"真实骨密度"的 ESP 获得。本研究 250 mA 和 80 mA 两组中,采用 0.625 mm、1.25 mm、2.5 mm 重建层厚间 ESP  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  椎体骨密度准确度误差差异均无统计学意义,重建层厚对骨密度测量值的影响无明确差异,该结果在临床 90 例患者不同重建层厚的  $L_1$  和  $L_2$  骨密度均值中得到印证。两组 ESP 均以 1.25 mm 重建层厚的  $L_{1-3}$  椎体骨密度准确度误差最小,且最接近真实值。孙海宁等<sup>[6]</sup>对肺小结节容积定量研究中也发现,0.625 mm、1.25 mm 重建层厚间容积定量准确度误差无差异,同样 0.625 mm 重建层厚准确度误差相对较大。0.625 mm 重建层厚准确度误差大可能原因:重建层厚越薄,噪声增加,使 CT 值增加<sup>[1]</sup>,也与部分容积效应有关<sup>[6]</sup>。

骨密度测量临床主要作用是筛查骨密度异常并评估骨折风险<sup>[7]</sup>,因此,骨细节显示非常重要。重建层厚主要影响图像空间分辨力、信噪比,层厚越小其空间分辨力越高,细小结构显示越清晰,但信噪比明显下降,反之,随着重建层厚的增加,噪声减小,但空间分辨力下降,图像模糊<sup>[1,3,6]</sup>。秦卫和等<sup>[8]</sup>研究不同重建层厚

对肾小动脉分支显示时发现,0.5 mm、1.0 mm、1.5 mm 重建层厚间对血管小分支显示无统计学差异,2.0 mm 重建层厚与前三组间对血管小分支显示均有明显差异。Museyko 等<sup>[3]</sup>认为低剂量 QCT 噪声比较大时宜采用 1~1.3 mm 重建层厚。因此,同时兼顾骨密度测量准确性及图像质量,优化 QCT 扫描协议时,笔者推荐重建层厚宜选用 1~1.5 mm。

本研究中 ESP 椎体骨密度越大,准确度误差越小, $L_1$  椎体骨密度准确度误差稍超出文献报道 4%~15% 范围<sup>[5]</sup>,250 mA 和 80 mA 两组结果规律一致,而且两组间 1.25 mm 重建层厚  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  椎体骨密度准确度误差间均无差异,说明测量结果一致性好,结果可靠,可能跟 CT 机本身及 ESP  $L_1$ 、 $L_2$  椎体准确度误差均为正值有关。同时也提示骨密度 $\leq 100$  mg/cm<sup>3</sup> 时,该台 CT 机骨密度测量值偏大,特别对于骨质疏松患者,评估骨折风险时,应考虑到准确度误差因素。

本研究的不足之处在于没有考虑机器间精密误差等影响因素,研究结论还需由不同的 CT 机进一步印证。

### 参考文献:

- [1] Engelke K. Quantitative computed tomograph-current status and new developments[J]. J Clinical Densitometry the Official J of the International Society for Clinical Densitometry, 2017, 20(3): 1-13.
- [2] 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]. J Clin Densitom, 2008, 11(1): 123-162.
- [3] Museyko O, Heinemann A, Krause M, et al. A low-radiation exposure protocol for 3D QCT of the spine[J]. Osteoporosis International, 2014, 25(3): 983-992.
- [4] Gerety EL, Hopper MA, Bearcroft PWP, et al. The reliability of measuring the density of the  $L_1$  vertebral body on CT imaging as a predictor of bone mineral density[J]. Clin Radiol, 2017, 72(2): 177.
- [5] 陈祥述,程晓光,彭俊红,等.采用欧洲腰椎体模对多中心腰椎定量 CT 的精密度和准确度评估[J].中国医学影像学杂志, 2011, 19(12): 912-917.
- [6] 孙海宁,于铁链,李东.重建算法和层厚对肺结节容积定量的影响[J].中国医学影像技术, 2010, 26(5): 947-950.
- [7] Siris E, Adler R, Bilezikian J, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis; a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group[J]. Osteop Int, 2014, 25(5): 1439-1443.
- [8] 秦卫和,陈燕萍,付飞先,等.多层螺旋 CT 不同重建层厚及间距对肾动脉和副肾动脉显示的影响[J].实用放射学杂志, 2011, 27(3): 441-445.

(收稿日期:2018-03-28 修回日期:2018-05-11)