

✧ 骨骼肌肉影像学

Accuracy of low-dose quantitative CT for measuring lumbar bone mineral density in people with different body mass index

GAO Bing^{1,2}, ZHANG Yuan^{1,2}, HUANG Shihao^{1,2}, CUI Xuan^{1,3}, ZHAO Yue¹, YU Wanjiang^{1*}

(1. Department of Radiology, Affiliated Qingdao Municipal Hospital of Qingdao University,

Qingdao 266011, China; 2. Graduate School, Dalian Medical University,

Dalian 116044, China; 3. Graduate School, Weifang Medical

College, Weifang 261053, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the accuracy of low-dose quantitative CT (QCT) for measurement of lumbar volumetric bone mineral density (vBMD) in people with different level of body mass index (BMI). **Methods** Totally 80 patients with clinically suspected osteoporosis underwent lumbar L1–L3 routine QCT and low-dose QCT scanning. According to BMI, the patients were divided into normal weight group ($BMI < 24 \text{ kg/m}^2$, $n=29$), overweight group ($24 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 28 \text{ kg/m}^2$, $n=27$) and obesity group ($BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$, $n=24$). The volume CT dose index ($CTDI_{vol}$) and dose length product (DLP) were recorded. The vBMD of the whole vertebral bodies, of each vertebral body and of 3 groups under different CT scanning were compared, respectively, the correlations of results of QCT and low-dose QCT scanning were analyzed. **Results** Under QCT and low-dose QCT scanning, there was no significant difference of lumbar vBMD of the whole vertebral bodies, vBMD of each vertebral body nor vBMD among 3 group (all $P > 0.05$). Positive correlations were found among vBMD of QCT and low-dose QCT scanning, with r values of $0.96-0.99$ (all $P < 0.05$). Under QCT scanning, patients' $CTDI_{vol}$ and DLP were $(26.32 \pm 3.42) \text{ mGy}$ and $(387.39 \pm 16.41) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, respectively, while under low dose QCT scanning were 2.18 mGy and $(33.04 \pm 4.95) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, respectively. **Conclusion** The accuracy of low-dose QCT for measuring lumbar vBMD in people with different level BMI were all satisfied.

[Keywords] bone density; body mass index; tomography, X-ray computed; low-dose

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.09.030

低剂量定量 CT 测量不同体质量指数人群 腰椎骨密度的准确性

高冰^{1,2}, 张源^{1,2}, 黄世豪^{1,2}, 崔旋^{1,3}, 赵越¹, 郁万江^{1*}

(1. 青岛大学附属青岛市市立医院放射科, 山东 青岛 266011; 2. 大连医科大学研究生院,

辽宁 大连 116044; 3. 潍坊医学院研究生院, 山东 潍坊 261053)

[摘要] **目的** 评估低剂量定量 CT(QCT)测量不同体质量指数(BMI)人群腰椎体积骨密度(vBMD)的准确性。方法 对 80 例临床疑似骨质疏松症患者行腰椎 L1~L3 常规 QCT 扫描及低剂量 QCT 扫描, 根据 BMI 将其分为体质量正常组($BMI < 24 \text{ kg/m}^2$, $n=29$)、超重组($24 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 28 \text{ kg/m}^2$, $n=27$)和肥胖组($BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$, $n=24$); 记录 2 种扫描的容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$)和剂量长度乘积(DLP), 比较其所示椎体整体 vBMD、各椎体 vBMD 以及各组椎体 vBMD

[第一作者] 高冰(1993—), 女, 辽宁营口人, 硕士, 医师。研究方向: 骨骼肌肉影像学诊断。E-mail: 790029137@qq.com

[通信作者] 郁万江, 青岛大学附属青岛市市立医院放射科, 266011。E-mail: yuwj169@sina.com

[收稿日期] 2020-10-15 **[修回日期]** 2021-07-05

的差异及 2 种测量结果的相关性。**结果** QCT 与低剂量 QCT 扫描所示整体 vBMD、各椎体 vBMD 及 3 组整体 vBMD 差异均无统计学意义 (P 均 >0.05); 所测 vBMD 均呈正相关, r 值 $0.96 \sim 0.99$ (P 均 <0.05)。QCT 扫描的 $CTDI_{vol}$ 为 (26.32 ± 3.42) mGy, DLP 为 (387.39 ± 16.41) mGy $\cdot$ cm; 低剂量 QCT 扫描的 $CTDI_{vol}$ 为 2.18 mGy, DLP 为 (33.04 ± 4.95) mGy $\cdot$ cm。**结论** 低剂量 QCT 测量腰椎 vBMD 对于不同 BMI 人群的准确性均较好。

【关键词】 骨密度; 体质量指数; 体层摄影术, X 线计算机; 低剂量

【中图分类号】 R681; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2021)09-1401-04

骨质疏松症为多种原因致骨密度下降、骨微结构破坏、骨小梁数量变少、易发生骨折等的全身性骨病^[1]。定量 CT (quantitative CT, QCT) 可用于测量体积骨密度 (volumetric bone mineral density, vBMD), 且较双能 X 线骨密度测量仪 (dual X-ray absorptiometry, DXA) 更为准确, QCT 诊断腰椎骨质疏松症标准适用于中国人群^[2]。随着 CT 技术的快速发展, 低剂量 CT 能有效减少辐射剂量^[3-5], 降低辐射造成的终身癌症风险^[6]; 但低剂量 CT 图像质量对于不同体质量指数 (body mass index, BMI) 人群有所差异。本研究评估低剂量 QCT 测量不同 BMI 人群腰椎 vBMD 的准确性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2020 年 4 月—7 月 80 例在青岛大学附属青岛市市立医院因临床疑诊骨质疏松症而先后接受常规腰椎 QCT 及低剂量腰椎 QCT 患者, 男 40 例, 女 40 例, 年龄 $14 \sim 81$ 岁, 平均 (49.0 ± 13.9) 岁; 2 种扫描时间间隔不超过 2 周; 排除影响骨代谢疾病、腰椎骨折及服用引起骨代谢异常药物者。本研究经医院伦理委员会批准 (批准号: 2021 临审字第 052 号), 检查前患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Revolution 螺旋 CT 机行腰椎扫描, 扫描前行 QCT 质量控制 (quality assurance, QA)。嘱患者仰卧, 腰部覆于校准体模上, 扫描范围自 L1 上缘至 L3 下缘。扫描参数: 管电压 120 kV, 螺距 0.985, FOV 40 cm $\times$ 40 cm, 层厚及层间距均为 5 mm; QCT 管电流选择自适应毫安 (Smart mA 200~500); 低剂量 QCT 管电流为 40 mA。记录 2 次扫描的容积 CT 剂量指数 (volume CT dose index, $CTDI_{vol}$) 和剂量长度乘积 (dose length product, DLP)。

扫描结束重建层厚 1.25 mm 薄层图像, 并上传至 GE Revolution Mindways QCT pro 工作站进行后处理, 以 L1~L3 中间层面最大内

切圆为 ROI, 层厚 8~10 mm, 避开椎体骨皮质及椎后静脉丛区, 测量其 vBMD, 见图 1。以 L1~L3 各椎体 BMD 的均值为整体 BMD。

1.3 分组 采用电子身高体重测量仪测量患者身高及体质量, 身高范围 60~200 cm, 精确度达 0.1 cm, 体质量范围 8~200 kg, 精确度达 0.1 kg, 并计算 $BMI = \text{体质量} / \text{身高}^2$ 。参考中国肥胖问题工作组推荐标准^[7], 根据 BMI 将患者分为体质量正常组 ($BMI < 24 \text{ kg/m}^2$)、超重组 ($24 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 28 \text{ kg/m}^2$) 及肥胖组 ($BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。以配对样本 t 检验比较 QCT 与低剂量 QCT 扫描时所获整体 vBMD、各椎体 vBMD 以及 3 组整体 vBMD 的差异, 并以 Pearson 相关分析观察 2 种测量结果的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

80 例中, 29 例体质量正常 (正常组), BMI $17.58 \sim 23.83 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(22.02 \pm 1.79) \text{ kg/m}^2$; 27 例超重 (超重组), BMI $24.03 \sim 27.34 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(25.51 \pm 1.10) \text{ kg/m}^2$; 24 例肥胖 (肥胖组), BMI $28.08 \sim 36.14 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(31.33 \pm 2.42) \text{ kg/m}^2$ 。

QCT 与低剂量 QCT 所获整体 vBMD、各椎体 vBMD 及 3 组整体 vBMD 差异均无统计学意义 (P 均 >0.05)。QCT 与低剂量 QCT 扫描所测 vBMD 均

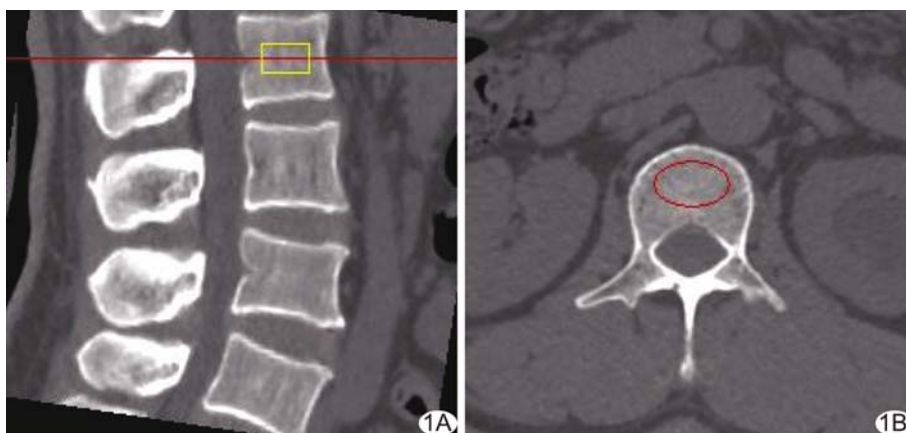


图 1 选取 L1 ROI 示意图 A. 于矢状位 CT 图像中选择中间层面 (黄色方框区域); B. 于相应轴位 CT 图像中选择最大内切圆为 ROI (红色椭圆区域)

表 1 QCT 与低剂量 QCT 扫描所获各腰椎及各组 vBMD 比较及相关性分析结果(mg/cm^3)

检查方法	整体	L1	L2	L3	正常组	超重组	肥胖组
QCT	116.23±43.81	122.00±43.67	115.95±44.70	110.72±42.84	114.70±45.43	97.31±39.73	139.35±35.04
低剂量 QCT	115.87±43.05	121.77±42.06	116.38±43.67	109.45±43.05	114.10±45.40	99.20±39.71	136.76±34.67
<i>t</i> 检验 <i>t</i> 值	0.63	0.24	-0.54	1.10	0.75	-1.98	2.22
<i>P</i> 值	0.47	0.68	0.19	0.54	0.36	0.13	0.21
Pearson 相关 <i>r</i> 值	0.98	0.98	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96
性分析 <i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

呈正相关, *r* 值为 0.96~0.99 (*P* 均<0.05), 见表 1。

QCT 扫描的患者 CTDI_{vol} 为 23.41~28.46 mGy, 平均 (26.32 ± 3.42) mGy, DLP 为 364.61 ~ 414.50 mGy·cm, 平均 (387.39 ± 16.41) mGy·cm; 低剂量 QCT 扫描的患者 CTDI_{vol} 为 2.18 mGy, DLP 为 27.32~38.65 mGy·cm, 平均 (33.04 ± 4.95) mGy·cm。

3 讨论

骨质疏松症可按病因分为绝经后骨质疏松症、老年性骨质疏松症、特发性骨质疏松症及继发性骨质疏松症, 在我国以老年性骨质疏松症为主。轻度骨质疏松症可无明显症状, 随病情进展, 骨质疏松可致疼痛、脊柱变形及骨折等, 导致生活质量降低, 并增加肺部感染、褥疮发生率及病死率。准确测量 BMD 对防治和早期筛查骨质疏松症具有重要意义。

根据《中国老年骨质疏松症诊疗指南》(2018)^[8], DXA 及 QCT 均可用于诊断骨质疏松症, 目前以 DXA 测量 BMD 应用较为广泛, 其辐射剂量低于 QCT^[9], 但为二维图像, 且空间分辨率低, 所测为面积 BMD, 而不能测量 vBMD。QCT 针对原始 CT 数据测量 vBMD, 可避开椎体皮质骨、骨质增生及椎后血管丛, 且不受椎体大小、血管钙化、骨岛及性别的影响, 短期精密度和准确度误差均略高于 DXA^[9-12], 但辐射剂量较高。

蒋耀军等^[13-14]采用低剂量、低管电流扫描条件对欧洲脊柱体模和成年男性胸部体模进行扫描, 并测量椎体 BMD, 结果显示低剂量 QCT 测量椎体 BMD 的准确性较高。王勇朋等^[15]对欧洲脊柱体模和 40 例患者行腰椎 CT(管电流 250 mA)和低剂量(管电流 80 mA)胸部 CT 扫描, 发现管电流对腰椎 BMD 的影响不明显。中国成年人中, 超重及肥胖发生率高达 33.3%^[16]; 胡琴等^[17]认为血脂异常与中老年人腰椎 BMD 下降有关, CHENG 等^[18]认为不同人群 BMI 与 CTDI_{vol} 变化显著相关, 原因在于对高 BMI 者行多层螺旋 CT 时, 为避免产生伪影, 往往需要更高的管电流及管电压以确保图像信噪比, 导致患者辐射剂量相应较高。

根据中国定量 CT(QCT)骨质疏松症诊断指南

(2018)^[2]推荐, 本研究依据 BMI 将患者分为体质量正常组、超重组及肥胖组, 分别行腰椎 L1~L3 常规 QCT 及低剂量 QCT, 结果显示 2 种方法所测整体 vBMD、各椎体 vBMD 及 3 组整体 vBMD 差异均无统计学意义, 且其 vBMD 均呈正相关, 其中 L1、L2 的 *r* 值稍高于 L3, 且 BMD 更接近整体 vBMD, 提示 L1、L2 椎体更适用于评估全身 vBMD, 而应用低剂量 QCT 测量 vBMD 不仅适用于体质量正常及超重者, 也适用于肥胖人群。

既往研究^[18]表明, 采用自动管电流调制技术可获得与常规胸部 CT 扫描相同的图像质量和辐射剂量。本研究 QCT 扫描管电流选择自适应毫安, 图像质量较好, 且患者辐射剂量最小。根据公式 $DLP = CTDI_{vol} \times \text{长度}(\text{mGy})$, 辐射剂量随扫描长度增加而增长。本研究中 L1~L3 各椎体平均长度约为 10 cm, 常规腰椎螺旋 CT 平扫 L1~S1 的总长度约 55 cm, 故在相同扫描条件下, QCT 扫描的辐射剂量小于常规腰椎螺旋 CT 平扫, 而低剂量 QCT 的 CTDI_{vol} 及 DLP 仅约为 QCT 的 1/12, 与王予生等^[19]的结果相符合。本研究 2 种扫描方法的 CTDI_{vol} 及 DLP 均明显小于我国成人腹盆腔 CT 辐射剂量诊断参考水平, 提示在满足临床需求、仅扫描 L1~L3 椎体的前提下, 增加低剂量 QCT 扫描并不过多增加患者辐射剂量。

综上所述, 低剂量 QCT 测量腰椎 vBMD 对于不同 BMI 人群的准确性均较高。本研究主要不足之处在于样本量少, 有待扩大样本量进一步观察。

[参考文献]

- [1] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2017, 10(5): 413-444.
- [2] 程晓光, 王亮, 曾强, 等. 中国定量 CT(QCT)骨质疏松症诊断指南(2018)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(6): 733-737.
- [3] 杨诚, 曹建新, 王一民, 等. 双源 CT 低剂量扫描在颌面部骨折中的应用[J]. 中国介入影像与治疗学, 2012, 9(11): 790-792.
- [4] 李玉泽, 李思, 孙世春, 等. 低剂量宝石能谱 CT 引导经皮肺穿刺活

- 检术[J]. 中国介入影像与治疗学, 2019, 16(4):199-202.
- [5] 侯钦国, 施楠楠, 宋凤祥, 等. 胸部低剂量 CT 辅助诊断新型冠状病毒肺炎[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(3):411-414.
- [6] 张博, 龚建平. CT 检查辐射致癌风险的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2009, 32(3):217-220.
- [7] 倪国华, 张璟, 郑风田. 中国肥胖流行的现状与趋势[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(10):70-74.
- [8] 马远征, 王以朋, 刘强, 等. 中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 39(1):38-61.
- [9] DAMILAKIS J, ADAMS J E, GUGLIELMI G, et al. Radiation exposure in X-ray-based imaging techniques used in osteoporosis[J]. Eur Radiol, 2010, 20(11):2707-2714.
- [10] ENGELKE K, ADAMS J E, 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.
- [11] LINK T M, LANG T F. Axial QCT: Clinical applications and new developments[J]. J Clin Densitom, 2014, 17(4):438-448.
- [12] 端木羊羊, 王玲, 张勇, 等. 骨密度测量的准确度和精密度评价[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4):359-364.
- [13] 蒋耀军, 吴艳, 张永高, 等. 低管电流联合多模型迭代重建技术对腰椎定量 CT 准确度的应用价值[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(1):59-63.
- [14] 蒋耀军, 吴艳, 张永高, 等. 低管电流联合迭代重建算法对胸部体模 T12 骨密度值准确性和胸部图像质量的影响[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(3):429-433.
- [15] 王勇朋, 阳琰, 何生生, 等. 低剂量胸部 CT 与 QCT 椎体骨密度测量一站式扫描可行性研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(11):1194-1197.
- [16] ZHANG L, WANG Z, WANG X, et al. Prevalence of overweight and obesity in China: Results from a cross-sectional study of 441 thousand adults, 2012-2015[J]. Obes Res Clin Pract, 2020, 14(2):119-126.
- [17] 胡琴, 翟建, 吴雅琳, 等. 基于定量 CT 分析不同性别腰椎骨密度和血脂的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(9):1396-1399.
- [18] CHENG L, LIN Q, YUSHENG Z, et al. Image quality and clinical usefulness of automatic tube current modulation technology in female chest computed tomography screening[J]. Medicine, 2020, 99(33):e21719-e21719.
- [19] 王予生, 过哲, 李端端, 等. 定量 CT 腰椎骨密度测量的低剂量研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2012, 18(11):992-995.