

· 论 著 ·

# 优化扫描参数宝石能谱 CT 测量腰椎骨密度临床效果评价

张源<sup>1,2</sup> 高冰<sup>1,2</sup> 黄世豪<sup>1,2</sup> 崔旋<sup>2,3</sup> 郁万江<sup>1,2,3\*</sup>

1. 大连医科大学, 辽宁 大连 116044

2. 青岛市市立医院(集团)放射科, 山东 青岛 266071

3. 潍坊医学院, 山东 潍坊 261053

中图分类号: R445.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2021) 03-0333-04

**摘要:** **目的** 探讨优化扫描参数的宝石能谱 CT 测量人体 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体骨密度的临床应用效果。**方法** 研究组:本院同时接受腹部或腰椎宝石能谱 CT 检查和 QCT 检查的患者 126 例,男性 60 例,女性 66 例;年龄 15~92 岁。能谱 CT 采用优化后的扫描参数(管电流 260 mA,球管转速 0.8 s/r),重建的 1.25 mm 图像传至 AW4.6 工作站,并测量 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体的 HAP(脂)值;QCT 图像传至 Mindways 工作站并测量 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体的骨密度值。对照组:本院前期同时接受腹部或腰椎宝石能谱 CT 检查(采用机器默认参数,管电流 375 mA,球管转速 0.7 s/r)和 QCT 检查的 57 例患者。采用统计学软件 SPSS 25.0 对研究组及对照组 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体的 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值行 Pearson 相关性分析,对其组间差异采用方差分析;采用统计学软件 MedCalc 对研究组与对照组的相关系数行相关系数对比检验。**结果** 研究组及对照组 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值均具有显著相关性;研究组内各亚组 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值相关性较对照组更高;研究组 CTDIvol(mGy)较对照组明显减低。**结论** 优化扫描参数的宝石能谱 CT 对腰椎骨密度测量结果与 QCT 测量的一致性更好。

**关键词:** 能谱 CT;参数优化;骨密度

## Evaluation of clinical effect of optimized scanning parameters gem energy spectrum CT in the measurement of bone mineral density of the lumbar vertebrae

ZHANG Yuan<sup>1,2</sup>, GAO Bing<sup>1,2</sup>, HUANG Shihao<sup>1,2</sup>, CUI Xuan<sup>2,3</sup>, YU Wanjiang<sup>1,2,3\*</sup>

1. Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning, China

2. Department of Radiology, Qingdao Municipal Hospital (Group), Qingdao 266071, China

3. Weifang Medical College, Weifang 261053, China

\* Corresponding author: YU Wanjiang, Email: yuwj169@sina.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the clinical effect of optimized scanning parameters of gem energy spectrum CT in the measurement of bone mineral density (BMD) of human L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies. **Methods** study groups: In our hospital, 126 patients (60 males and 66 females, age from 15 to 92 years old) underwent abdominal or lumbar gem energy spectrum CT and QCT simultaneously. Optimized scanning parameters (tube current 260 mA, ball tube rotation rate 0.8 s/r) were adopted in energy spectrum CT. The reconstructed 1.5 mm image was transmitted to an AW4.6 workstation. The HAP (lipid) values of L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies was measured. The QCT images were transferred to the Mindways workstation and the BMD values of L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies were measured. Fifty-seven patients were in control group, who received both abdominal or lumbar gem energy spectrum CT examination (using the default parameters of the machine, tube current 375 mA, ball tube rotation rate 0.7 s/r) and QCT examination in the early period in our hospital. Statistical software SPSS 25.0 was used to analyze the Pearson correlation between HAP (lipid) and QCT BMD of L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies in the study group and the control group. Statistical software MedCalc was used to test the correlation coefficients of the study group and the control group. **Results** HAP (lipid) of L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies in the study group and the control group had significant correlation with QCT BMD. The correlation between HAP

\* 通信作者: 郁万江, Email: yuwj169@sina.com

(lipid) values and QCT BMD values in the subgroups in the study group was higher than that in the control group. CTDIvol (mGy) in the study group was significantly lower than that in the control group. **Conclusion** Gem energy spectrum CT with optimized scanning parameters is more consistent with QCT measurement.

**Key words:** energy spectrum CT; parameter optimization; bone mineral density

目前,相关研究表明,QCT 对骨密度测量的准确性较高<sup>[1-4]</sup>。能谱 CT 作为一种新兴的技术,在骨密度测量方面取得了一些成果<sup>[5-6]</sup>。宝石能谱 CT 可利用物质分离技术<sup>[7-8]</sup>得到 HAP(脂)密度图像,进而测定椎体的 HAP(脂)值得到椎体的骨密度值。作者既往的临床研究证明,能谱 CT 测量骨密度与 QCT 测量结果具有较好的一致性。但作者在体模研究中发现能谱 CT 采用的扫描参数对骨密度的测量结果影响很大,宝石能谱 CT 测量骨密度最佳扫描参数是管电流 260 mA,球管转速时间 0.8 s/r,螺距 0.984:1。但这组扫描参数在实际工作中应用效果如何,尚未得到认证。本文旨在通过采用优化后的扫描参数对人体腰椎骨密度进行测量,探讨其临床应用效果。

## 1 材料和方法

### 1.1 一般资料

研究组:选取本院同时接受腹部或腰椎宝石能谱 CT 检查(管电流 260 mA,球管转速 0.8 s/r)和 QCT 检查的患者 126 例,其中男性 60 例,女性 66 例,除有肿瘤病史、腰椎外伤史、腰椎手术史、血液病及其他影响骨密度的代谢疾病患者。共 126 个患者,年龄 15~92 岁,平均年龄(51.1±18.3)岁。

对照组:按照相同标准选取本院前期同时接受腹部或腰椎宝石能谱 CT 检查(管电流 375 mA,球管转速 0.7 s/r)和 QCT 检查的患者 57 例,其中男性 32 例,女性 25 例。年龄 27~92 岁,平均年龄(60.0±15.2)岁。本研究经本院伦理委员会批准,并与患者签订知情同意书。

### 1.2 仪器与方法

采用 GE Discovery CT750 HD CT 扫描机,所有患者 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体接受 GSI 扫描,扫描参数:研究组:管电流 260 mA,球管转速 0.8 s/r,CTDIvol:10.30 (mGy),为本实验参数优化条件。对照组:管电流 375 mA,球管转速 0.7 s/r,CTDIvol:15.02 (mGy),为设备机默认条件。余扫描参数相同,均采用管电压(140、80 kVp)瞬时(0.5 ms)切换,探测器宽度 40 mm,螺距 0.984:1。扫描后将重建的 1.25 mm 单能量图像传至 AW4.6 工作站并测量 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体的 HAP(脂)值,感兴趣区大小为 15 mm×15 mm,距离椎体边缘 3 mm 以上,尽量避开骨岛、静脉丛及血管瘤等异常区域。住院复查期间再采用 GE Discovery CT750 HD CT 扫描机对研究组及对照组患者 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体行 QCT 扫描,得到的图像传至 Mindways 工作站并测量 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体骨密度值。

### 1.3 统计学处理

采用软件 SPSS 25.0 对研究组及对照组数据组间差异行方差分析。对研究组及对照组内人群 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体的 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值行 Pearson 相关性分析,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。采用统计学软件 MedCalc 对研究组与对照组的相关系数行相关系数对比检验,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 优化扫描参数能谱 CT

优化扫描参数能谱 CT(研究组) L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值相关性分析见表 1,研究组 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值均具有显著相关性。

表 1 优化扫描参数能谱 CT(研究组) L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值相关性分析

Table 1 The correlation analysis between HAP (lipid) of energy spectrum CT with optimized scanning parameters of L<sub>2</sub> and L<sub>3</sub> vertebral bodies and bone mineral density (BMD) of QCT

| 项目 组别          | HAP(脂)值    | QCT 骨密度值     | 相关性 $r$ 值    | $P$ 值 |        |
|----------------|------------|--------------|--------------|-------|--------|
| L <sub>2</sub> | 全体 (n=126) | 134.90±41.75 | 140.67±58.02 | 0.934 | <0.001 |
|                | 男性 (n=60)  | 133.16±30.25 | 142.76±45.27 | 0.893 | <0.001 |
|                | 女性 (n=66)  | 136.48±50.17 | 138.77±67.87 | 0.954 | <0.001 |
| L <sub>3</sub> | 全体 (n=126) | 130.90±41.63 | 135.83±60.07 | 0.930 | <0.001 |
|                | 男性 (n=60)  | 131.21±35.45 | 136.42±51.82 | 0.891 | <0.001 |
|                | 女性 (n=66)  | 130.62±46.81 | 135.29±67.09 | 0.950 | <0.001 |

## 2.2 默认扫描参数能谱 CT

默认扫描参数能谱 CT(对照组) L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值相关性分析见表 2,对

照组 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值均具有显著相关性。

表 2 默认扫描参数能谱 CT(对照组) L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值相关性分析

Table 2 The correlation analysis between HAP (lipid) of energy spectrum CT with default scanning parameters of L2 and L3 vertebral bodies and bone mineral density (BMD) of QCT

| 项目             | 组别        | HAP(脂)值      | QCT 骨密度值     | 相关性 $r$ 值 | $P$ 值  |
|----------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------|
| L <sub>2</sub> | 全体 (n=57) | 109.50±31.63 | 105.19±37.64 | 0.855     | <0.001 |
|                | 男性 (n=32) | 119.39±24.73 | 119.06±33.24 | 0.837     | <0.001 |
|                | 女性 (n=25) | 96.86±35.33  | 87.45±35.98  | 0.841     | <0.001 |
| L <sub>3</sub> | 全体 (n=57) | 104.65±33.06 | 100.87±41.25 | 0.786     | <0.001 |
|                | 男性 (n=32) | 114.84±27.83 | 111.47±41.92 | 0.762     | <0.001 |
|                | 女性 (n=25) | 91.49±35.14  | 87.18±36.81  | 0.790     | <0.001 |

## 2.3 优化参数与默认参数扫描结果相关系数对比

优化参数与默认参数扫描结果相关系数对比检验见表 3,研究组内各亚组 HAP(脂)值与骨密度值相关性较对照组更高,其中 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体亚组中全体及女性的相关系数对比检验的差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),男性差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ),但具有良好的 consistency。

表 3 优化参数与默认参数扫描结果相关系数对比检验

Table 3 Comparison of correlation coefficient between optimization parameters and default parameters

| 项目             | 组别 | 研究组<br>(优化参数)<br>相关性 $r$ 值 | 对照组<br>(默认参数)<br>相关性 $r$ 值 | Z 值   | $P$ 值  |
|----------------|----|----------------------------|----------------------------|-------|--------|
| L <sub>2</sub> | 全体 | 0.934                      | 0.855                      | 2.539 | 0.011  |
|                | 男性 | 0.893                      | 0.837                      | 0.990 | 0.323  |
|                | 女性 | 0.954                      | 0.841                      | 2.624 | 0.009  |
| L <sub>3</sub> | 全体 | 0.930                      | 0.786                      | 3.660 | <0.001 |
|                | 男性 | 0.891                      | 0.762                      | 1.967 | 0.061  |
|                | 女性 | 0.950                      | 0.790                      | 3.070 | 0.002  |

## 2.4 两种扫描方法辐射剂量比较

两种扫描方法辐射剂量比较见表 4,研究组 CTDIvol 较对照组明显减低 4.72 mGy。

表 4 两种扫描方法辐射剂量比较

Table 4 Comparison of radiation dose between the two scanning methods

| 组别        | CTDIvol/(mGy) |
|-----------|---------------|
| 研究组(优化参数) | 10.30         |
| 对照组(默认参数) | 15.02         |

## 3 讨论

自 2009 年底能谱 CT 应用于临床以来,已取得初步成果。其中陈靖等<sup>[9]</sup>认为能谱 CT 用钙(水)作为基物质对时,与 X 线骨密度仪测量结果具有相关

性( $r=0.835, P<0.05$ )。张文娟等<sup>[10]</sup>研究表明能谱 CT 基物质成像技术可以反映骨质变化, HAP(水)值、钙(水)值与 DXA 测量结果均呈正相关( $r=0.874, P<0.05; r=0.796, P<0.05$ )。但随着能谱 CT 的发展逐渐成为热点,也伴随了一些新的争议。苏永彬等<sup>[11]</sup>认为能谱 CT 作为骨密度测量工具需进一步考证,他们采用能谱 CT 成像技术对欧洲腰椎体膜(ESP) HAP 值进行测量并与其真实值比分析,发现其精密度和准确度均不理想。我们认为欧洲体膜 HAP(脂)值、HAP(水)值与其真实值差异较大的原因是扫描参数选择不当所致。

盖立平等<sup>[12]</sup>也发现参数的优化组合,对图像质量有显著影响,并使测量结果更接近真实值,可以提高临床诊断准确性。我们前期进行欧洲体膜实验,通过选取 GE Discovery CT750 HD CT 扫描机配置的 14 组不同管电流和 X 线球管转速分别重复扫描,测量不同管电流和球管转速条件下 145 号欧洲腰椎体膜 HAP(水)值,并与体膜本身羟基磷灰石(HAP)含量作比较,得到了相关性最好、扫描剂量最低的条件,即管电流 260 mA,球管转速 0.8 s/r, CTDIvol: 10.30(mGy)。但是其临床使用效能尚不知。因此我们进一步研究,使用该参数行腹部或腰椎检查并测量腰椎椎体 HAP(脂)值。

实验数据表明,研究组及对照组组内人群 L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 椎体 HAP(脂)值与 QCT 骨密度值均具有显著相关性(见表 1、表 2);研究组内各亚组(全体、男性、女性) HAP(脂)值与骨密度值相关性较对照组更高(见表 3)。意味着能谱 CT 可以成为临床测量骨密度的工具;并且我们通过参数优化,得到了比之前设备机默认条件下与 QCT 骨密度一致性更好的 HAP(脂)值,提高了测量骨密度的准确性。扫描参数优

化的优势并不止于此,它还大大减少了检查辐射剂量<sup>[13]</sup>,由原来默认条件下CTDIvol 15.02 mGy变为10.30 mGy,这将为能谱CT用于临床提供更多机会,降低患者腹部CT检查或复查辐射剂量的同时还可测量椎体的HAP(脂)值进行骨密度监测。因此我们推荐用使用管电流260 mA,球管转速0.8 s/r的条件进行能谱图像采集。

本研究也存在一定程度局限性。①我们只从GE Discovery CT750 HD CT扫描机自带的14组扫描参数中选取了最佳条件进行临床研究。该参数可能并不适配其他扫描机。②应该扩大样本量,并补充L<sub>1</sub>、L<sub>4</sub>椎体的HAP(脂)值和QCT骨密度值。③腰椎骨质成分不完全由HAP及脂肪构成<sup>[14]</sup>,仅使用HAP(脂)这一基物质对不能完全体现腰椎骨质含量,应该增加其他成分作为基物质对进行补充分析,完善能谱腰椎骨密度的精确测量。

#### 【参 考 文 献】

- [1] 李现龙,许乐洋,范永前.定量CT测量股骨头松质骨密度[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(7):936-941.
- [2] 刘勇,陈中银,冯燕,等.QCT骨密度仪技术在骨质疏松症诊断中的应用研究[J].中国医学工程,2015,23(8):110-111.
- [3] 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.
- [4] Gaudi W, Sitta E, Fiumi N. Bone density and geometry in assessing hip fracture risk in post-menopausal women [J]. Br J Radiol, 2007, 80(959): 893-897.
- [5] 宋飞鹏,张进,鄢璐璐,等.骨质疏松症影像学诊断的研究现状[J].中国现代医生,2014,52(11):158-160.
- [6] 解琪琪,史卫东,李文洲,等.宝石能谱CT在骨骼系统中的应用进展[J].中国医学物理学杂志,2019,36(10):1173-1176.
- [7] 陈俐君,魏清顺,杨晓萍.能谱CT的临床应用进展[J].医疗卫生装备,2017,38(11):113-117.
- [8] Sanqhavi PS, Jankharia BG. Applications of dual energy CT in clinical practice: A pictorial essay [J]. Indian J Radiol Imaging, 2019, 29(3):289-298.
- [9] 陈靖,董越,葛莹,等.探讨能谱CT宝石能谱成像技术用于骨密度测量的可行性[J].中国医学影像技术,2013,29(1):133-137.
- [10] 张文娟,张国晋,王丹,等.基于能谱CT基物质成像技术的骨密度测量[J].中国医学影像学杂志,2017,25(2):121-124.
- [11] 苏永彬,许玉峰,程晓光,等.采用CT能谱成像测量体模骨密度的精密性及准确度[J].中华放射学杂志,2014,48(11):923-925.
- [12] 盖立平,刘爱连,刘义军,等.能谱CT成像中扫描参数的优化[J].中国医学物理学杂志,2015,32(5):664-668.
- [13] Choi SJ, Park SH, Shim YS, et al. Comparison of image quality and focal lesion detection in abdominopelvic CT: Potential dose reduction using advanced modelled iterative reconstruction [J]. Clin Imaging, 2020, 62:41-48.
- [14] 韩合理,郁万江,马千里,等.宝石能谱CT(GSI)诊断骨质疏松的应用价值初探[J].医学影像学杂志,2018,28(2):294-297.

(收稿日期:2020-04-04;修回日期:2020-07-05)

(上接第323页)

- [10] Chen S, Liang L, Wang Y, et al. Synergistic immunotherapeutic effects of Lycium barbarum polysaccharide and interferon- $\alpha$ 2b on the murine Renca renal cell carcinoma cell line in vitro and in vivo[J]. Mol Med Rep, 2015, 12(5):6727-6737.
- [11] Yang D, So K, Lo A. Lycium barbarum polysaccharides extracts preserve retinal function and attenuate inner retinal neuronal damage in a mouse model of transient retinal ischemia[J]. Clin Exp Ophthalmol, 2017, 45(7):717-729.
- [12] Abd El-Haleem MR, Selim AO, Attia GM. Bone marrow-derived mesenchymal stem cells ameliorate parotid injury in ovariectomized rats[J]. Cytotherapy, 2018, 20(2):204-217.
- [13] Cao J, Ng M, FelmLee MA. Sex hormones regulate rat hepatic monocarboxylate transporter expression and membrane trafficking [J]. J Pharm Pharm Sci, 2017, 20(1): 435-444.
- [14] 刘东,齐梦,赵孔银,等.硅酸钙/海藻酸钙复合膜载体蛋白质分子印迹聚硅氧烷[J].中国科学(技术科学), 2018, 48(7):791-798.
- [15] 郭庆,王婧,黄乐平,等.毫米级海藻酸钙水胶囊的可控制备及其缓释性能[J].功能材料, 2018, 49(3):213-220.

(收稿日期:2019-10-13;修回日期:2020-02-18)