

## 论 著

# 有无体模定量CT测定健康成人椎体骨密度的对照研究\*

朱丽<sup>1</sup> 杜霞<sup>2,\*</sup> 黄震<sup>1</sup>  
李彦<sup>1</sup> 陆舜钦<sup>1</sup> 付强<sup>1</sup>  
何维明<sup>1</sup> 焦俊<sup>2</sup>

1.贵州省安顺市人民医院影像科  
(贵州 安顺 561000)

2.贵州医科大学附属医院影像科  
(贵州 贵阳 550000)

**【摘要】目的** 对照定量CT(QCT)评价无体模MSCT骨密度软件测定椎体骨密度的可行性。**方法** 选取2021年3月至2021年8月在我院行胸部CT体检者,其中包含T12-L2椎体的成人167例,采集扫描数据后均同时用QCT和无体模MSCT骨密度测量软件处理,对比两种方法测量的T12、L1、L2椎体的差异性和相关性,评价无体模MSCT骨密度测量软件的临床应用价值。**结果** 1.QCT测量的椎体骨密度相对较高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ ),但差值稳定,无统计学差异( $P>0.05$ ); 2.两种方法测量的数据相比,无体模MSCT与QCT测量的椎体骨密度存在相关性( $P<0.05$ ),且为正相关( $r>0$ ); 3.年龄和两种方法测量的椎体骨密度之间存在相关性( $P<0.05$ ),且为负向的相关性( $r<0$ ); 4.体型偏瘦、皮下脂肪少者不能使用无体模MSCT骨密度软件测量。**结论** 无体模MSCT骨密度软件对诊断骨质疏松具有应用价值,相对QCT,无体模MSCT骨密度测量软件假阳性可能性偏高。

**【关键词】** MSCT; QCT; 骨密度; 椎体。

**【中图分类号】** R445

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 安顺市科技计划立项  
(安市科社[2020]61号)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.08.052

# A Comparative Study of Measuring Vertebral BMD in Healthy Adults with or Without Phantom Quantitative CT\*

ZHU Li<sup>1</sup>, DU Xia<sup>2,\*</sup>, HUANG Zhen<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, LU Shun-qin<sup>1</sup>, FU Qiang<sup>1</sup>, HE Wei-ming<sup>1</sup>, JIAO Jun<sup>2</sup>.

1.Department of Imaging, Anshun People's Hospital, Anshun 561000, Guizhou Province, China

2.Department of Imaging, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550000, Guizhou Province, China

## ABSTRACT

**Objective** Compare quantitative CT (QCT) to evaluate the feasibility of phantom modelless MSCT bone mineral density software for measuring vertebral bone mineral density. **Methods** One hundred and sixty-seven cases who underwent vertebral body CT physical examination in our hospital were enrolled in the current study from Mar. 2021 to Aug. 2021. The BMD of T12-L2 vertebral bodies measured by modelless MSCT and quantitative CT were compared. P value less than 0.05 was considered as statistical significant difference. **Results** 1. The vertebral BMD measured by QCT was relatively high, with statistically significant difference ( $P<0.05$ ), but the difference was stable, without statistical difference ( $P>0.05$ ); 2. Compared with the data measured by the two methods, the vertebral BMD measured by modelless MSCT and QCT was correlated ( $P<0.05$ ) and positively correlated ( $r>0$ ); 3. There was a negative correlation between age and vertebral BMD measured by the two methods ( $P<0.05$ ); 4. Those who are thin and have less subcutaneous fat cannot use phantom free MSCT bone mineral density software to measure. **Conclusion** The phantom free MSCT bone mineral density software has application value in diagnosing osteoporosis, and the false positive rate of phantom free MSCT bone mineral density measurement software is higher than QCT.

**Keywords:** MSCT; QCT; Bone Mineral Density; Vertebral Body

随着我国社会人口的老龄化,骨质疏松症成为严重威胁老年人群身体健康的慢性疾病之一,发生并发症后严重影响患者生活质量,并造成严重的医疗负担<sup>[1]</sup>。患者易忽视骨质疏松对健康的影响,骨密度测量在指导骨质疏松症的诊断和治疗中具有重要作用,是诊断骨质疏松的主要依据。测定骨密度有多种方法,本文旨在利用QCT与无体模MSCT骨密度软件两者进行相关性分析,探索两者在人体椎体骨密度测定的相关性和差异性,及MSCT在骨密度测量应用的价值。QCT是在临床CT扫描数据的基础上经过QCT体模校准和专业软件分析,对人体骨松质的密度三维容积数据测量和分析的方法。QCT测量的是真正的体积骨密度, QCT在骨质疏松方面的应用得到广泛认可并有相关的诊断标准<sup>[2]</sup>。有研究发现,无体模MSCT中骨密度软件测量结果与DXA结果线性关系高度一致<sup>[3]</sup>,本文旨在应用无体模MSCT骨密度软件与QCT方法检测椎体骨密度进行对照,探讨无体模MSCT骨密度测量软件的临床应用价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2021年3月至2021年8月在我院行胸部CT体检的健康成人,扫描包含T12-L2椎体在内的167例受检者,其中男性83人,年龄段30-70岁(平均年龄 $41\pm 3.45$ 岁),女性84人,年龄段30-70岁(平均年龄 $44\pm 4.63$ 岁),按年龄分为青年组(20-39岁)54人,壮年组(40-59岁)78人,老年组( $\geq 60$ 岁)35人<sup>[4]</sup>;实验对象均为来医院体检且无相关疾病者,采用问卷方式进行筛查。

**纳入标准:** 年龄20岁以上;安顺地区生活;参加研究的志愿者知情同意。排除标准:相关骨代谢性疾病、严重肝肾疾病、骨肿瘤、长期营养不良、骨骼畸形、发生过椎体骨折、椎体手术者;服用过影响骨代谢药物者。诊断标准根据中国QCT骨质疏松症诊断指南(2018)<sup>[2]</sup>,腰椎QCT骨质疏松症标准是取2个腰椎松质骨骨密度体积平均值(常用第1和第2腰椎)<sup>[5]</sup>,采用腰椎QCT骨密度绝对值进行诊断,骨密度绝对值 $>120\text{mg}/\text{cm}^3$ 为骨密度正常,骨密度绝对值于 $80\text{--}120\text{mg}/\text{cm}^3$ 范围内为低骨量,骨密度绝对值 $<80\text{mg}/\text{cm}^3$ 为骨质疏松。

**1.2 检测方法** CT扫描仪器采用飞利浦64排MSCT Ingenuity型号扫描仪;扫描条件电压120KV,电流206mA,扫描时间为0.5s,螺距0.90,重建视野(field of view,FOV)45cm,设定CT扫描床高80cm,全部受检人群行一次胸部CT体检,受检者仰卧于CT扫描床上,定位线至于颈下、进机床,扫描野从肺尖至L2椎体。采集扫描数据在后台同时采用美国Mindways公司的定量CT骨密度测量系统“New 3D Spine Exam Analysis”及MSCT“Bone Mineral Density”骨密度测量软件进行后处理,后处理不增加受检者辐射剂量,测量受检者T12-L2椎体的骨密度。美国Mindways公司的定量CT骨密度测量系统“New 3D Spine Exam Analysis”使用矫正体模(QA体模)每周矫正检测一次;MSCT“Bone Mineral Density”骨密度测量软件无需体模校准。

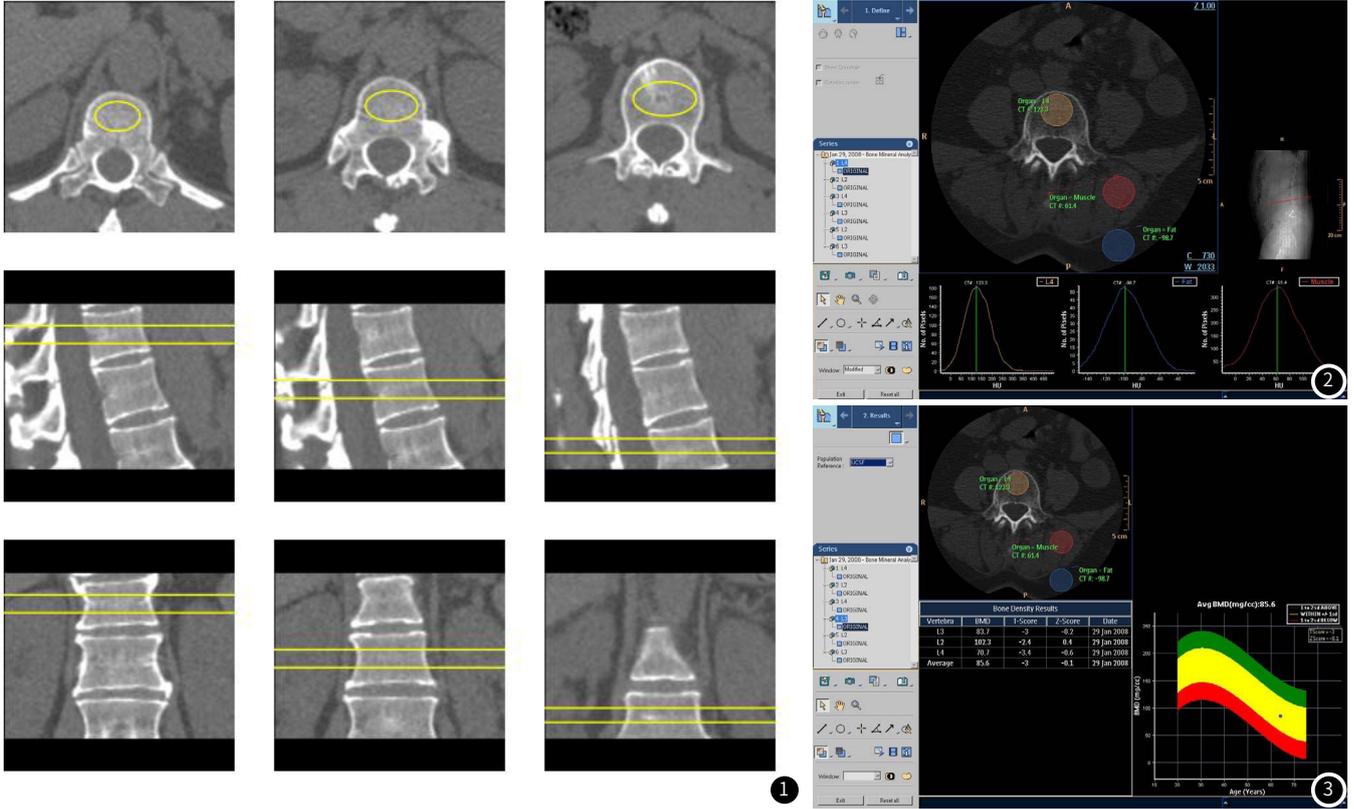
**1.3 后处理方法** 打开后处理窗口,分别应用“New 3D Spine Exam Analysis”(图1),MSCT“Bone Mineral Density”骨密度测量软件(图2-3)测量BMD值,单位以 $\text{mg}/$

**【第一作者】** 朱丽,女,主治医师,主要研究方向:骨肌。E-mail: 617033069@qq.com

**【通讯作者】** 杜霞,女,副主任医师,主要研究方向:骨肌。E-mail: 12132950@qq.com

cm<sup>3</sup>表示, 取其BMD平均值。测量时在椎体中部进行感兴趣区(ROI)的标记, ROI均须避开所测椎体的骨皮质区、骨岛、椎静脉区等, 分别对T12-L2椎体的BMD进行测量, 由于QCT是体模校准, 放置ROI后即可得出BMD值; 而MSCT骨密度测量软件是内部组织校准, 另外需要两个与椎体ROI同等大小的ROI, 分别置于椎体后竖脊肌及皮下脂肪组织中, 系统自行创建后处理直方图, 要确保直方图创建成钟形曲线, 说明ROI位置放置合适, 确定位置即可记录椎体骨密度值(mg/cm<sup>3</sup>)。

**1.4 统计学方法** 计量资料采用K-S检验判断正态性分布, 符合正态分布的配对计量资料, 采用配对样本T检验, 不符合正态分布的采用Wilcoxon符号秩和检验进行比较, P<0.05为差异有统计学意义; 多组正态分布计量资料差异比较, 方差齐性的采用单因素方差分析, P<0.05为差异有统计学意义; 各指标间的相关性, 采用Spearman秩相关性分析进行检验, P<0.05的结果以相关系数r>或<0表示存在正向相关或负向相关。



注: 女, 55岁, 图1 QCT测量T12-L1椎体骨密度值; 图2-3 MSCT测量L2椎体骨密度值。

**2 结果**

**2.1 椎体无模体MSCT骨密度测量软件和QCT方法检测椎体BMD的比较(见图4, 5)** 两种方法检测的骨密度均值都大于120 mg/cm<sup>3</sup>; MSCT与QCT相比较, 测量的T12、L1、L2椎体骨密度均较低(P<0.05), 但差值恒定, 无统计学差异(P>0.05)。

**2.2 不同年龄段无体模MSCT和QCT方法检测BMD的比较(见图6)** 随着年龄的增加, 采用无体模MSCT 或QCT方法测量T12、L1、

L2椎体的BMD值越低(P<0.05)。

**2.3 各指标间的相关性分析(见图7)** 年龄与两种方法测量的T12、L1、L2骨密度之间存在相关性, 且为负向的相关性; 无体模MSCT与QCT测量的T12、L1、L2的骨密度之间存在显著的相关性, 且为正向相关性。

**2.4 扫描人数230人, 其中63人体型偏瘦, 皮下脂肪少, 置于皮下脂肪的ROI无法形成钟形曲线, 未能纳入实验组。**

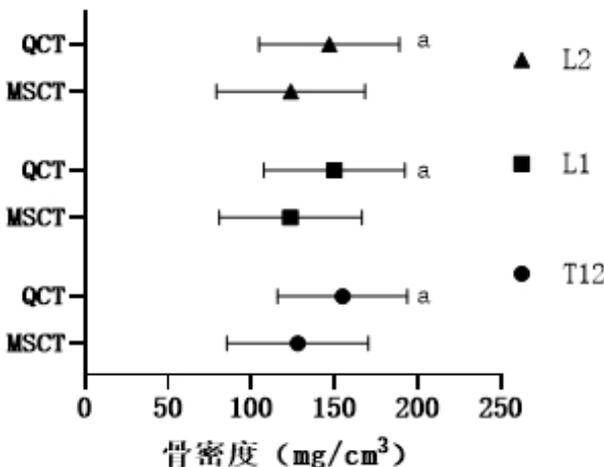


图4 无体模MSCT和QCT测量的骨密度差异比较 注: a表示为QCT与无体模MSCT的BMD比, 差异具有统计学意义(P<0.05)。

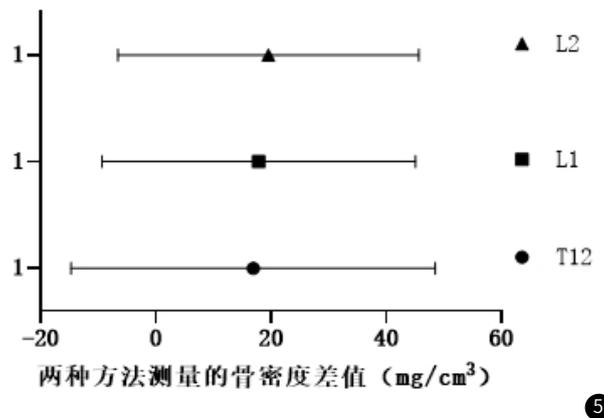


图5 不同椎体间使用两种方法测量骨密度的差值比较 注: T12、L1、L2三个椎体使用两种方法测量的骨密度差值进行两两比较, 差异无统计学意义(P>0.05)。

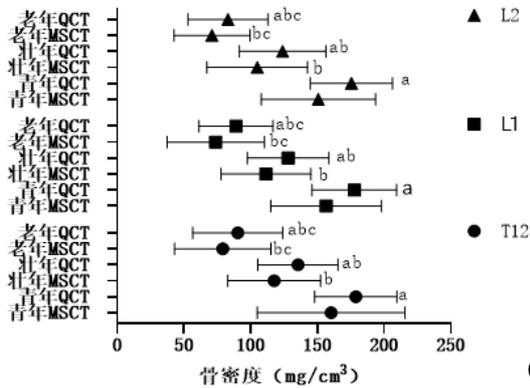


图6 不同年龄段的骨密度差异比较 注: a表示为无体模MSCT与QCT的BMD比, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); b表示为T12、L1、L2椎体的青年组与壮年和老年组的BMD比, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); c表示为T12、L1、L2椎体的壮年组与老年组的BMD比, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

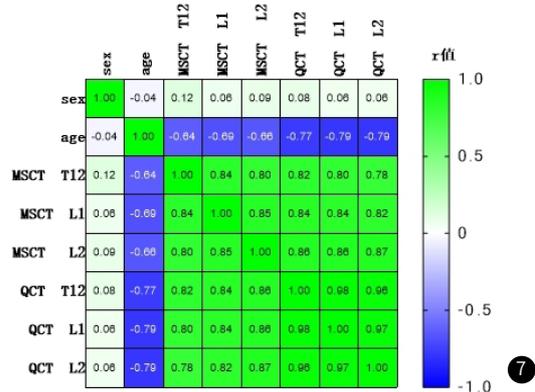


图7 性别、年龄、无体模MSCT和QCT分别测量的BMD之间的相关性分析 注:  $r > 0$ 或 $< 0$ , 表示两者间为正向或负向相关。

### 3 讨论

目前影像学诊断骨质疏松主要通过测量骨密度, 其中QCT是骨质疏松重要的检测方式之一<sup>[3, 6-10]</sup>。由于SDCT(dual-layer spectral detector CT)虚拟平扫图像的发展<sup>[11]</sup>, 使其能进行骨密度量化的检测, 研究结果显示与DXA测量结果的线性关系高度一致<sup>[12-17]</sup>, 无体模MSCT骨密度测量软件采用此种方法测量骨密度, 所以本实验以QCT检测为对照, 评价MSCT骨密度软件测量骨密度的临床应用价值。由于QCT是整合在CT中, 采用QA模块校准, 通过专用工作站及其软件测量BMD, 受检者在胸部CT扫描后, 同时获得MSCT骨密度测量软件和QCT测定的两种BMD数据, 不增加辐射剂量。

本研究采用QCT及无体模MSCT自带软件测量胸部CT体检健康成人志愿者的椎体骨密度, 比较二者的差异和相关性。结果显示, 无体模MSCT检测的T12、L1、L2椎体BMD与QCT测量值线性关系高度一致, MSCT所测骨密度值比QCT较低; 两种方法检测的BMD值均随着年龄增加而下降, 表明两种方法BMD的值符合年龄增长生理变化规律。QCT测量骨密度通常使用外部参考体模来减少扫描与扫描之间的可变性。MSCT测量骨密度是使用椎旁肌肉和脂肪组织作为内部参考标准, 以消除对外部模型的需要。由于其邻近性, 这些内部参考组织可以更准确地反映X射线光谱的局部变化和靶组织的散射分布。一种用户交互的计算机化直方图绘制技术, 可用于重复推导肌肉、脂肪和骨小梁的CT数值。Goodenough和Stockham最早初步研究结果表明<sup>[18]</sup>, 使用内部参考组织与直方图技术可以提高扫描的可重复性、测量数值以及扫描差异间的精度, Goodenough和Stockham的研究结果显示, 正常人的精确度优于1%, 与使用标准技术和外部参考体模的类似试验相比, 精确度提高了两倍。这种精确度的提高对于使用CT测量骨密度是非常重要的。无体模MSCT骨密度测量软件采用内对比, 因此测得数据无需做体模校正, 便可直接进行分析, 且同一厂家的CT扫描仪之间的校准结果随时间的变化是稳定的<sup>[19]</sup>。但其比对的广大人群中, 没有亚洲人群, 建议用欧洲人数据库, 更具一般性, 但由于欧洲个体与亚洲人种差异, 这可能是无体模MSCT测得BMD值均比QCT所测值低的原因。

同一志愿者, 两种方法检测的T12-L2椎体BMD逐渐降低, 说明检测的椎体均符合正常的生理变化, 无体模MSCT与QCT评估BMD具有同质性。但同一患者, 从无体模MSCT测得骨密度数据与QCT所测数据比较发现, 无体模MSCT波动性及标准差范围较QCT大, 无体模MSCT测量BMD值精确度及可重复性不及QCT稳定, 对于骨质疏松诊断临界值时, 无体模MSCT骨密度测量软件有较高的假阳性率。实验过程中, 笔者发现, 部分体型偏瘦者, 由于皮下脂肪层薄, 腹腔脂肪少, 在测量椎体骨密度时, 无法使用脂肪校准ROI, 从而无法测出BMD值; 但QCT由于采用体外体模校准, 适用于任何体型测量BMD值, QCT使用体外体模校准, 不受患者体型干扰。

本次实验不足之处有:仅纳入了正常志愿者, 未纳入骨质疏松组进一步验证两种检验骨质疏松的差异和准确性; 仅在我院进行检测, 未在其他医院和地区进行多中心研究, 排除地区和小样本带来的误差; 因为两种方法检测原理有差异, 使得两者的诊断效能不能进行比较。因

此在接下来的研究中, 我们会扩大样本, 纳入骨质疏松组, 在不同地区和医院医院进行研究, 寻找将两种检测BMD诊断效能的比较方法。

随着年龄增加BMD值均下降, 无体模MSCT和QCT一样, BMD软件对于诊断有无骨质疏松具有可行性。无体模MSCT骨密度软件应用于胸部CT体检者常规进行BMD量化检查, 可以有效减少病人受到不同设备扫描增加辐射的几率; 相对QCT, 无体模MSCT骨密度测量软件假阳性率可能性偏高, 但对骨质疏松的诊断具有临床应用价值。

### 参考文献

- 程晓光等, 应用双能X线骨密度仪调查中国人群骨密度水平和骨质疏松患病率—多中心大样本体检人群调查[J]. 中华健康管理学杂志, 2019, 13(01): 51-58.
- 程晓光等, 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(06): 733-737.
- van Hamersvelt, R.W, et al. Accuracy of bone mineral density quantification using dual-layer spectral detector CT: a phantom study. [J]. Eur Radiol, 2017, 27: 4351-4359.
- 罗淳, 关于人口年龄组的重新划分及其蕴意. [J]. 人口研究, 2017, 41(05): 16-25.
- 蹇新梅等, 定量CT(QCT)测定健康体检者胸腰椎骨密度分布规律及其相关性. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(10): 1499-1502页.
- 祝乐群等, Quantitative chemical shift-encoded MRI is an accurate method to quantify marrow fat%多回波化学位移编码水/脂MRI评估骨髓脂肪的可行性研究. [J]. 实用放射学杂志, 2018, 034(002): 283-286, 295.
- Wang, L, et al. QCT of the femur: Comparison between QCTPro CTXA and MIAF Femur. [J]. Bone, 2019, 120: 262-270.
- Shepherd, J.A, et al. Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development Conference on Advanced Measures From DXA and QCT: Fracture Prediction Beyond BMD. [J]. Journal of Clinical Densitometry, 2015, 18(3): 274-86.
- Engelke, K, et al. Clinical Use of Quantitative Computed Tomography-Based Advanced Techniques in the Management of Osteoporosis in Adults: the 2015 ISCD Official Positions-Part III. [J]. Journal of Clinical Densitometry, 2015, 18(3): 393-407.
- Zhang, Y., et al., Population-Stratified Analysis of Bone Mineral Density Distribution in Cervical and Lumbar Vertebrae of Chinese from Quantitative Computed Tomography[J]. Korean J Radiol, 2016, 17(5): 581-9.
- 双层探测器光谱CT临床应用中国专家共识(第一版)[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(07): 635-643.
- Hickethier, T, et al. Monoenergetic reconstructions for imaging of coronary artery stents using spectral detector CT: In-vitro experience and comparison to conventional images. [J]. Journal of cardiovascular computed tomography, 2017, 11(1): 33-39.
- Grosse, H. N, et al. Artifact reduction from dental implants using virtual monoenergetic reconstructions from novel spectral detector CT[J]. Eur J Radiol, 2018, 104: 136-142.
- van Ommen, F, et al. Image quality of conventional images of dual-layer SPECTRAL CT: A phantom study[J]. Med Phys, 2018, 45(7): 3031-3042.
- van Ommen, F, et al. Dose of CT protocols acquired in clinical routine using a dual-layer detector CT scanner: A preliminary report[J]. Eur J Radiol, 2019, 112: 65-71.
- Yang, K, et al. Characterization of dynamic collimation mechanisms for helical CT scans with direct measurements[J]. Phys Med Biol, 2019, 64(21): 215006.
- Je, E, et al. Optimal energy selection for proton stopping-power-ratio estimation using dual-energy CT-based monoenergetic imaging[J]. Phys Med Biol, 2019, 64(19): 195015.
- Boden, S. D, et al. Precise measurement of vertebral bone density using computed tomography without the use of an external reference phantom[J]. J Digit Imaging, 1989, 2(1): 31-8.
- Zhang, D, et al. Estimating patient water equivalent diameter from CT localizer images - A longitudinal and multi-institutional study of the stability of calibration parameters[J]. Med Phys, 2020, 47(5): 2139-2149.