

前臂骨密度检测在骨质疏松症中的应用

雷哲 刘兴党

复旦大学附属华山医院核医学科, 上海 200040

通信作者: 刘兴党, Email: xingdliu@fudan.edu.cn

【摘要】 骨密度是诊断骨质疏松症的最佳定量指标, 双能 X 射线吸收测定法测定的腰椎及髋部骨密度是临床诊断骨质疏松症的“金标准”。对于因年龄和疾病等因素导致腰椎及髋部骨密度检测结果不准确的患者, 前臂骨密度检测可作为常规骨密度检测的有力补充。笔者对前臂骨密度检测在骨质疏松症中的应用价值、优势及存在的问题作一综述。

【关键词】 骨密度; 骨质疏松; 吸收测定法, 光子

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202004001-00052](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202004001-00052)

Application of forearm bone density detection in osteoporosis

Lei Zhe, Liu Xingdang

Department of Nuclear Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China

Corresponding author: Liu Xingdang, Email: xingdliu@fudan.edu.cn

【Abstract】 Bone density is the best quantitative indicator for the diagnosis of osteoporosis. The bone density of lumbar spine and hip measured by dual energy X-ray absorptiometry is the gold standard for the clinical diagnosis of osteoporosis. For some patients, such as age, diseases and other factors resulting in inaccurate results of the lumbar spine and the hip bone density detection, forearm bone density test can be used as a powerful supplement to the routine bone density detection. This article reviews the application value, advantages and problems of forearm bone density detection in osteoporosis.

【Key words】 Bone density; Osteoporosis; Absorptiometry, photon

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202004001-00052](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202004001-00052)

骨质疏松症是由多种因素引起的骨代谢性疾病, 以单位体积内骨量减少、骨组织的细微结构和强度改变为特征, 表现为骨强度减弱、骨脆性和骨折的发病风险增加。骨密度是诊断骨质疏松症和预测骨质疏松风险的最佳定量指标, 双能 X 射线吸收测定法(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)测定的髋部及第 1 至 4 腰椎(L₁₋₄)的骨密度是临床诊断骨质疏松症的“金标准”。WHO 将实际骨密度和正常人群平均峰值骨密度之差与正常人平均骨密度标准差的比值定义为 T 值, 规定对 50 岁以上的男性和绝经后女性, T 值介于-2.5~-1 时, 诊断为骨量减少, T 值≤-2.5 时则诊断为骨质疏松症^[1]。但腰椎和髋部骨质变化易受多种因素的影响, 如脊柱或髋部骨折、组织增生和异位钙化等都会降低

DXA 诊断骨质疏松症的准确率, 这时需加做前臂骨密度检测。近年来, 许多研究者通过加做前臂骨密度检测来诊断骨质疏松症, 预测骨质疏松性骨折风险。我们就前臂骨密度检测在骨质疏松症中的应用价值、优势及存在的问题进行综述。

1 前臂骨密度检测的应用价值

1.1 诊断价值

包含桡骨和尺骨的非优势侧前臂远端 1/3 处(简称前臂远端)是前臂骨密度检测最常用的 ROI, 由 13% 的松质骨和 87% 的皮质骨构成, 在此部位进行前臂骨密度检测, 灵敏度高且偏差小^[2]。杨鸿兵等^[3]的研究结果显示, 前臂远端骨密度低于股骨颈骨密度, 随着年龄增长, 前臂远端和股骨颈的骨

量丢失基本一致,两者T值都呈线性下降,前臂远端T值下降更快。研究者用同一台DXA设备检测中老年人腰椎、髌部及前臂远端骨密度,结果显示,随着年龄的增长,前臂远端T值的下降速度明显快于腰椎和髌部,加做前臂骨密度检测可以提高骨质疏松症的诊断准确率^[4-5]。在女性绝经早期,前臂远端骨折最为常见^[6]。有研究结果显示,前臂骨密度检测比常规骨密度检测能更早地诊断女性绝经后的骨质疏松症^[7-8]。这些研究结果表明,前臂远端骨密度检测诊断中老年人和绝经后女性的骨质疏松症灵敏度较高,前臂远端T值变化明显,与常规骨密度检测结合有利于提高骨质疏松症的早期诊断准确率。且患者进行前臂骨密度检测时,外暴露辐射的有效剂量远低于常规骨密度检测,增加的患癌风险可以忽略不计。成年患者进行3个部位DXA扫描所接受的辐射剂量总和不会超过人体短时间内所能承受的辐射剂量限值,无需进行额外的辐射防护^[9]。随着周围型双能X射线吸收测定法(peripheral dual energy X-ray absorptiometry, pDXA)技术的快速发展,前臂骨密度检测更加简便安全,有利于大规模筛查骨质疏松和探究不同地区的人群骨密度变化规律。综上所述,对中老年骨质疏松症患者,尤其是绝经后女性,加做前臂骨密度检测对诊断骨质疏松症有一定的参考价值,可以降低骨质疏松症的漏诊率。对常规骨密度检测结果正常或骨量减少但高度疑似骨质疏松症的患者,临床也应进行前臂骨密度检测。前臂骨密度检测还可以帮助无全身DXA设备的基层医院进行骨质疏松症的早期筛查,有助于各地区开展骨质疏松症的流行病学研究。

1.2 预测价值

骨折风险预测简易工具(fracture risk assessment tool, FRAX)是一种由WHO推荐和赞助的骨折风险评估工具,它将股骨颈(或髌部)的骨密度与一组经过充分验证和加权的骨折临床风险因素结合起来,可以预测10年内发生髌部骨折和主要骨质疏松性骨折的概率^[1]。但髌部骨密度检测易受多种因素限制,多项研究结果表明,前臂骨密度与中轴骨密度有良好的相关性^[10-11],近年来,许多研究者借助前臂骨密度来研究无股骨颈骨密度的FARX预测价值。日本一项大样本、多中心的横断面研究显示,借助前臂骨密度的FARX可以反映全身

骨骼状态,对日本55岁以上女性骨质疏松症患者的诊断和预测有一定的参考价值,但灵敏度 $<80\%$ ^[12]。塞尔维亚的一项类似研究结果表明,前臂骨密度预测椎体骨折的准确率略低于椎体和髌部骨密度^[13]。Hanusch等^[14]的研究结果却发现,前臂远端骨密度是预测前臂低创伤性骨折的最佳指标,但样本量过少,还需进一步证实。以上研究结果均表明,借助前臂骨密度的FARX对骨质疏松症和骨质疏松性骨折具有一定的预测价值,但股骨颈骨密度在FARX中的重要地位仍不可替代,借助前臂骨密度的FARX可作为基层地区的初筛工具。各国研究所选用的检测仪器和检测条件存在差异,现有研究结果无法证明前臂骨密度的FARX预测价值不受这些差异的影响^[15],还需面向全世界的大样本、多中心研究结果来证明前臂骨密度FARX预测能力的稳定性和上述各国研究结果的普适性。挪威的一项队列研究结果显示,前臂骨密度可以预测骨质疏松症的死亡风险,前臂远端T值 <-2.5 的观察对象死亡风险比更高,与生活方式和健康相关变量无关^[16]。虽然目前还没有发现其他类似的研究结果,但我们认为前臂骨密度对骨质疏松症及其预后具有潜在应用价值,值得后续大量的深入研究。

2 前臂骨密度检测的应用优势

临床上许多疾病易诱发骨质疏松,腰椎和髌部骨密度检测也容易被多种疾病干扰。类风湿性关节炎(rheumatoid arthritis, RA)、原发性甲状旁腺功能亢进(primary hyperparathyroidism, PHPT)和乳糜泻等疾病会影响前臂远端骨质变化,易导致前臂远端骨折,许多研究结果表明,前臂骨密度检测在这些疾病中具有显著优势。

2.1 RA

RA是一种以关节病变为主的慢性炎症性疾病,病变关节周围骨质疏松或骨量减少是该病的特征。腕部和双手关节是最早发生骨质疏松的部位,前臂远端骨量减少早于全身性骨质疏松^[17]。王昱等^[18]对200例处于不同病程阶段的RA患者行腰椎、髌部和前臂远端骨密度检测,结果显示,早期RA患者(病程 <1 年)和确诊RA患者(病程 >1 年)的腰椎、髌部骨密度差异无统计学意义,而前者的前臂骨密度却明显高于后者。荷兰的一项多中心研究结果显示,RA患者不论接受何种治疗,前臂骨

密度始终低于腰椎及髌部骨密度^[19]。这两项研究结果都表明,在RA患者中,前臂骨密度变化与椎体和髌部骨密度变化呈正相关,但相关系数需进一步研究确定。RA患者关节受累易影响腰椎和髌部骨密度检测,当患者无法进行常规骨密度检测时,前臂骨密度检测可以对全身性骨质疏松进行初步预测。近年来,许多研究也借助前臂骨密度来评估RA患者骨质疏松症的治疗效果^[20]。前臂骨密度检测对RA患者骨质疏松症的预测、早期诊断及疗效评估都具有重要价值。Kilic和Ozgoemren^[21]认为RA患者前臂骨密度丢失可能是全身病变加上局部影响的结果,仅仅依靠前臂骨密度值难以区分关节周围骨质疏松与全身性骨质疏松。虽然前臂骨密度检测对RA患者的骨质疏松症具有很大的优势,但还不能取代常规骨密度检测,临床进行DXA扫描应包含前臂、椎体和髌部3个部位,后续研究也应探寻能够有效诊断全身性骨质疏松的前臂T值。

2.2 PHPT

PHPT是一种由甲状旁腺自身病变引起甲状旁腺激素合成和分泌过多,从而导致钙、磷及骨代谢紊乱的全身性疾病。骨质疏松症是PHPT的主要并发症之一。皮质骨最容易受到PHPT的影响,尽管患者腰椎和髌部的骨密度也会有所下降,但前臂远端皮质骨丰富,骨密度下降更明显^[22]。甲状旁腺切除术是目前治疗PHPT的最佳方法,Bilezikian等^[23]的治疗指南建议对腰椎、髌部或前臂远端T值 ≤ -2.5 的PHPT患者进行手术。前臂并非骨密度检测的常规部位,导致PHPT患者的手术指征率下降。Castellano等^[24]回顾性分析了116例PHPT患者腰椎、髌部和前臂远端的DXA扫描检查结果,发现加做前臂骨密度检测可以提高PHPT患者的骨质疏松检出率和手术指征率。此研究若扩大样本量,前臂远端骨密度诊断PHPT患者骨质疏松的优势将会更有说服力。Wood等^[25]分析了986例行手术治疗的PHPT患者腰椎、髌部及前臂骨密度DXA检测数据,结果显示,术前有18%的患者发生了脆性骨折,对这些发生脆性骨折的患者进一步分析发现,其中前臂远端T值低于腰椎和髌部的患者比例高达39%;同时,前臂远端T值使6.4%的患者从骨量减少诊断为骨质疏松。这项研究结果还表明,在PHPT患者中最低的T值通常出现在前臂远端。综上所述,前臂骨密度检测诊断PHPT

患者骨质疏松的灵敏度高于常规骨密度检测,并有助于临床医师制定PHPT的治疗方案。根据上述指南建议,前臂骨密度检测应该被纳入PHPT患者的常规检查。

2.3 乳糜泻

乳糜泻是一种小肠黏膜对麦胶不耐受的自身免疫性疾病。有研究表明,超过50%未经治疗的乳糜泻患者存在骨质流失,这些患者发生骨折的概率大约是正常人的1.92倍,男性发病率更高,前臂远端是最常见的骨折部位^[26-27]。最新的一项研究对721例乳糜泻患者行腰椎、全髌、股骨颈和前臂远端DXA扫描,评估不同性别和不同骨骼部位的骨质疏松发病率,结果表明,在所有患者中骨质疏松的检出率为:腰椎12.1%、全髌5.3%、股骨颈7.6%、前臂远端11.5%、孤立性前臂4.9%,男性骨质疏松症发病率高于女性,而在男性患者中,前臂远端是骨质疏松最常见的部位^[28]。因对乳糜泻患者只进行常规骨密度检测会使得一部分骨质疏松症的患者被漏诊,尤其是男性骨质疏松症患者。近年来,乳糜泻和骨质疏松症的相互作用关系被各国研究者深入挖掘,但大多数研究并没有测量前臂远端骨密度,我们认为前臂骨密度检测在诊断乳糜泻相关骨质疏松方面有重要作用,应将其纳入临床检查及未来的研究方案。

3 前臂骨密度检测存在的问题

中国老年学学会骨质疏松委员会指出,不同DXA设备所设定的正常参考数据库不同,导致各种DXA设备测定出的T值略有差异,可能会影响患者的检查结果^[29]。而前臂骨密度的正常参考数据库有限,检测设备包括DXA和pDXA,前臂骨密度检测受设备差异的影响更大。研究表明,不同pDXA设备的检测结果存在差异^[30],目前关于pDXA诊断骨质疏松症的标准也存在许多争议^[31-32]。因而一些研究采用不同的设备进行腰椎、髌部和前臂骨密度检测,分析出的结果偏大,可信度低。未来研究者进行前臂骨密度检测时应考虑设备差异。另外,前臂远端以皮质骨为主,而腰椎和髌部以松质骨为主,前臂远端、腰椎和髌部骨密度的相关系数还没有确定,一些研究者认为前臂T值 ≤ -2.5 并不能准确区分前臂骨质疏松和全身性骨质疏松,也有研究者发现前臂骨密度检测诊断全身性骨质疏松的

特异度低,假阳性率高。临床进行前臂骨密度检测时借用腰椎和髌部骨密度数据库和诊断标准的合理性还有待考证。各地区应建立大样本的前臂骨密度数据库,各国研究者应结合设备差异和该地区的数据库来制定前臂骨密度检测的诊断标准。

4 小结与展望

前臂骨密度检测在骨质疏松症中的应用具有一定的价值和优势,尤其对诊断和预测前臂骨质疏松有明显优势。当常规骨密度检测无法正常进行时,前臂骨密度检测可作为一种有效的补充手段。对于易发生前臂骨折的高危人群,如绝经后女性、RA、PHPT和乳糜泻患者,在常规骨密度检测的基础上加做前臂骨密度检测可降低骨质疏松症的漏诊率,还有助于骨质疏松症的疗效评价,预测骨质疏松性骨折的风险,甚至可能有预测骨质疏松症病死风险的潜力,应用范围较广。但是,前臂骨密度检测存在的很多问题也不容忽视:检查结果受设备差异影响大;前臂骨密度缺乏正常的参考数据库;诊断标准还需进一步确定。未来科研工作者若能解决这些问题,前臂骨密度检测或许能在骨质疏松症的诊疗中发挥更大的作用。总而言之,前臂并不能替代腰椎和髌部在骨密度检测中的地位,前臂骨密度检测可作为常规骨密度检测的重要辅助检测方法,其临床价值还需临床医师在未来实践中不断摸索和总结。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 雷哲负责文献的收集与整理、综述的撰写与修改;刘兴党负责命题的提出、综述的审阅。

参 考 文 献

- [1] Liu J, Curtis EM, Cooper C, et al. State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment[J]. *J Endocrinol Invest*, 2019, 42(10): 1149-1164. DOI: [10.1007/s40618-019-01041-6](https://doi.org/10.1007/s40618-019-01041-6).
- [2] Yu W, Ying QF, Guan WM, et al. Impact of reference point selection on DXA-based measurement of forearm bone mineral density[J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 107. DOI: [10.1007/s11657-019-0658-2](https://doi.org/10.1007/s11657-019-0658-2).
- [3] 杨鸿兵,白广深,郭美灵,等.应用FRAX预测女性骨质疏松性骨折风险的对比研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(6): 771-774. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2019.06.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2019.06.009).
Yang HB, Bai GS, Guo ML, et al. Comparative study of predicting osteoporotic fracture risk in women using FRAX[J]. *Chin J Osteoporos*, 2019, 25(6): 771-774. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2019.06.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2019.06.009).
- [4] 殷秀惠,孙添明,靳平燕,等.中老年女性腰椎、髌部、前臂骨密度和骨质疏松检出率的对比分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2015, 21(6): 712-714, 718. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2015.06.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2015.06.017).
Yin XH, Sun TM, Jin PY, et al. Comparative analysis of bone mineral density of the lumbar spine, hip, forearm and osteoporosis detection rate in middle-aged women[J]. *Chin J Osteoporos*, 2015, 21(6): 712-714, 718. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2015.06.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2015.06.017).
- [5] 孙添明,靳平燕,林明,等.中老年男性不同部位骨密度和骨质疏松检出率的对比分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2017, 23(2): 203-205. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2017.02.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2017.02.013).
Sun TM, Jin PY, Lin M, et al. Comparative analysis of bone mineral density at different sites and detection rate of osteoporosis in the middle-aged men[J]. *Chin J Osteoporos*, 2017, 23(2): 203-205. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2017.02.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2017.02.013).
- [6] Poiana C, Carsote M, Radoi V, et al. Prevalent osteoporotic fractures in 622 obese and non-obese menopausal women[J]. *J Med Life*, 2015, 8(4): 462-466.
- [7] Eftekhar-Sadat B, Ghavami M, Toopchizadeh V, et al. Wrist bone mineral density utility in diagnosing hip osteoporosis in postmenopausal women[J]. *Ther Adv Endocrinol Metab*, 2016, 7(5/6): 207-211. DOI: [10.1177/2042018816658164](https://doi.org/10.1177/2042018816658164).
- [8] Abdelmohsen AM. Comparison of central and peripheral bone mineral density measurements in postmenopausal women[J]. *J Chiropr Med*, 2017, 16(3): 199-203. DOI: [10.1016/j.jcm.2017.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jcm.2017.08.001).
- [9] Blake GM, Naeem M, Boutros M. Comparison of effective dose to children and adults from dual X-ray absorptiometry examinations[J]. *Bone*, 2006, 38(6): 935-942. DOI: [10.1016/j.bone.2005.11.007](https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.11.007).
- [10] Picard D, Brown JP, Rosenthal L, et al. Ability of peripheral DXA measurement to diagnose osteoporosis as assessed by central DXA measurement[J]. *J Clin Densitom*, 2004, 7(1): 111-118. DOI: [10.1385/jcd:7:1:111](https://doi.org/10.1385/jcd:7:1:111).
- [11] Pouillès JM, Tremollières FA, Martinez S, et al. Ability of peripheral DXA measurements of the forearm to predict low axial bone mineral density at menopause[J]. *Osteoporos Int*, 2001, 12(1): 71-76. DOI: [10.1007/s001980170160](https://doi.org/10.1007/s001980170160).
- [12] Oka R, Ohira M, Suzuki S, et al. Fracture risk assessment tool (FRAX) and for the diagnosis of osteoporosis in Japanese middle-aged and elderly women: Chiba bone survey[J]. *Endocr J*, 2018, 65(2): 193-202. DOI: [10.1507/endoerj.EJ17-0331](https://doi.org/10.1507/endoerj.EJ17-0331).
- [13] Ilic Stojanovic O, Vuceljic M, Lazovic M, et al. Bone mineral density at different sites and vertebral fractures in Serbian postmenopausal women[J]. *Climacteric*, 2017, 20(1): 37-43. DOI: [10.1080/13697137.2016.1253054](https://doi.org/10.1080/13697137.2016.1253054).
- [14] Hanusch BC, Tuck SP, McNally RJQ, et al. Does regional loss

- of bone density explain low trauma distal forearm fractures in men (the Mr F study)?[J]. *Osteoporos Int*, 2017, 28(10): 2877–2886. DOI: 10.1007/s00198-017-4122-0.
- [15] 梁俊刚, 李宝, 张智海, 等. 应用 FRAX 评估中老年男性人群骨折风险的多中心研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2018, 24(11): 1421–1425, 1472. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.11.006.
- Liang JG, Li B, Zhang ZH, et al. A multicenter study on the assessment of fracture risk in middle-aged and elderly men with FRAX[J]. *Chin J Osteoporos*, 2018, 24(11): 1421–1425, 1472. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.11.006.
- [16] Hauger AV, Bergland A, Holvik K, et al. Osteoporosis and osteopenia in the distal forearm predict all-cause mortality independent of grip strength: 22-year follow-up in the population-based Tromsø Study[J]. *Osteoporos Int*, 2018, 29(11): 2447–2456. DOI: 10.1007/s00198-018-4653-z.
- [17] Ziegelsch M, Forslind K, Skogh T, et al. Decrease in bone mineral density during three months after diagnosis of early rheumatoid arthritis measured by digital X-ray radiogrammetry predicts radiographic joint damage after one year[J]. *Arthritis Res Ther*, 2017, 19(1): 195. DOI: 10.1186/s13075-017-1403-0.
- [18] 王昱, 邓雪蓉, 耿研, 等. 女性类风湿关节炎患者前臂骨密度测定在诊断骨质疏松中的应用价值及影响因素分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2018, 24(1): 52–58. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.01.013.
- Wang Y, Deng XR, Gen Y, et al. Value of forearm bone mineral density in screening osteoporosis in female patients with rheumatoid arthritis[J]. *Chin J Osteoporos*, 2018, 24(1): 52–58. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.01.013.
- [19] Güler-Yüksel M, Allaart CF, Goekoop-Ruiterman YP, et al. Changes in hand and generalised bone mineral density in patients with recent-onset rheumatoid arthritis[J]. *Ann Rheum Dis*, 2009, 68(3): 330–336. DOI: 10.1136/ard.2007.086348.
- [20] Peng JH, Gong Y, Zhang YP, et al. Bone mineral density in patients with rheumatoid arthritis and 4-year follow-up results[J]. *J Clin Rheumatol*, 2016, 22(2): 71–74. DOI: 10.1097/rhu.0000000000000359.
- [21] Kilic G, Ozgocmen S. Hand bone mass in rheumatoid arthritis: a review of the literature[J/OL]. *World J Orthop*, 2015, 6(1): 106–116[2020-03-31]. <https://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v6/i1/106.htm>. DOI: 10.5312/wjo.v6.i1.106.
- [22] Macfarlane DP, Yu N, Leese GP. Asymptomatic and mild primary hyperparathyroidism[J]. *Ann Endocrinol (Paris)*, 2015, 76(2): 120–127. DOI: 10.1016/j.ando.2015.03.001.
- [23] Bilezikian JP, Brandi ML, Eastell R, et al. Guidelines for the management of asymptomatic primary hyperparathyroidism: summary statement from the Fourth International Workshop[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(10): 3561–3569. DOI: 10.1210/jc.2014-1413.
- [24] Castellano E, Attanasio R, Gianotti L, et al. Forearm DXA increases the rate of patients with asymptomatic primary hyperparathyroidism meeting surgical criteria[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2016, 101(7): 2728–2732. DOI: 10.1210/jc.2016-1513.
- [25] Wood K, Dhital S, Chen H, et al. What is the utility of distal forearm DXA in primary hyperparathyroidism?[J]. *Oncologist*, 2012, 17(3): 322–325. DOI: 10.1634/theoncologist.2011-0285.
- [26] Zanchetta MB, Longobardi V, Bai JC. Bone and celiac disease[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2016, 14(2): 43–48. DOI: 10.1007/s11914-016-0304-5.
- [27] Choudhary G, Gupta RK, Beniwal J. Bone mineral density in celiac disease[J]. *Indian J Pediatr*, 2017, 84(5): 344–348. DOI: 10.1007/s12098-016-2273-1.
- [28] Walker MD, Williams J, Lewis SK, et al. Measurement of forearm bone density by dual energy X-ray absorptiometry increases the prevalence of osteoporosis in men with celiac disease[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2020, 18(1): 99–106. DOI: 10.1016/j.cgh.2019.03.049.
- [29] 张智海, 刘忠厚, 李娜, 等. 中国人骨质疏松症诊断标准专家共识(第三稿-2014版)[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2014, 20(9): 1007–1010. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2014.09.001.
- Zhang ZH, Liu ZH, Li N, et al. Expert consensus on the diagnosis of osteoporosis in Chinese Population[J]. *Chin J Osteoporos*, 2014, 20(9): 1007–1010. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2014.09.001.
- [30] Blake GM, Chinn DJ, Steel SA, et al. A list of device-specific thresholds for the clinical interpretation of peripheral X-ray absorptiometry examinations[J]. *Osteoporos Int*, 2005, 16(12): 2149–2156. DOI: 10.1007/s00198-005-2018-x.
- [31] Clowes JA, Peel NFA, Eastell R. Device-specific thresholds to diagnose osteoporosis at the proximal femur: an approach to interpreting peripheral bone measurements in clinical practice[J]. *Osteoporos Int*, 2006, 17(9): 1293–1302. DOI: 10.1007/s00198-006-0122-1.
- [32] Hans DB, Shepherd JA, Schwartz EN, et al. Peripheral dual-energy X-ray absorptiometry in the management of osteoporosis: the 2007 ISCD official positions[J]. *J Clin Densitom*, 2008, 11(1): 188–206. DOI: 10.1016/j.jocd.2007.12.012.

(收稿日期: 2020-04-01)