

- [20] SPIEKERKOETTER E, SUNG YK, SUDHEENDRA D, et al. Randomised placebo-controlled safety and tolerability trial of FK506 (tacrolimus) for pulmonary arterial hypertension[J]. Eur Respir J, 2017, 50(3): 1602449. DOI: 10.1183/13993003.02449-2016.
- [21] ALAM R, YORK J, BOYARS M, et al. Increased MCP-1, RANTES, and MIP-1alpha in bronchoalveolar lavage fluid of allergic asthmatic patients[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1996, 153(4 Pt 1): 1398-1404.
- [22] BAAY-GUZMAN GJ, BEBENEK IG, ZEIDLER M, et al. HIF-1 expression is associated with CCL2 chemokine expression in airway inflammatory cells: implications in allergic airway inflammation[J]. Respir Res, 2012, 13(1): 60.
- [23] LUKACS NW, OLIVEIRA SH, HOGABOAM CM. Chemokines and asthma: redundancy of function or a coordinated effort? [J]. J Clin Invest, 1999, 104(8): 995-999.
- [24] UPTON PD, PARK JES, DE SOUZA PM, et al. Endothelial protective factors BMP9 and BMP10 inhibit CCL2 release by human vascular endothelial cells [J]. J Cell Sci, 2020, 133(14): jcs239715.
- [25] KARPUS WJ, KENNEDY KJ. MIP-1alpha and MCP-1 differentially regulate acute and relapsing autoimmune encephalomyelitis as well as Th1/Th2 lymphocyte differentiation [J]. J Leukoc Biol, 1997, 62(5): 681-687.
- [26] JIANG S, WANG Q, WANG Y, et al. Blockade of CCL2/CCR2 signaling pathway prevents inflammatory monocyte recruitment and attenuates OVA-Induced allergic asthma in mice [J]. Immunol Lett, 2019, 214: 30-36.

(收稿日期:2022-12-26,修回日期:2023-03-21)

引用本文:苏琳,李金康,张鑫.超声定量参数结合骨折风险预测简易工具预测绝经后骨质疏松症病人骨折风险[J].安徽医药,2024,28(6):1130-1134. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2024.06.015.

◇临床医学◇



超声定量参数结合骨折风险预测简易工具预测绝经后骨质疏松症病人骨折风险

苏琳,李金康,张鑫

作者单位:河南省直第三人民医院超声科,河南 郑州 450000

摘要 目的 探讨超声定量参数结合骨折风险预测简易工具(FRAX)对绝经后骨质疏松症(OP)病人骨折风险的预测效能。**方法** 选取河南省直第三人民医院2020年1月至2021年10月收治的绝经后OP病人139例和绝经后健康志愿者141例,分别记为疾病组与对照组。两组均采用超声检查并进行FRAX评价。比较两组超声定量参数[包括超声声速(SOS)、信号强度(SI)和宽带超声衰减(BUA)]、FRAX结果、双能X线骨密度仪测量结果骨密度T分值(T_{score})、随访1年内的骨折发生率。绘制受试者操作特征曲线(ROC曲线)分析超声定量参数结合FRAX对病人骨折风险的预测效能,并与 T_{score} 比较。**结果** 疾病组SOS、SI、BUA和 T_{score} 均低于对照组[(1 496.45±70.25)m/s比(1 569.83±79.98)m/s, (64.32±11.06)%比(90.08±9.85)%, (51.38±7.02)dB/MHz比(71.65±9.12)dB/MHz, (-2.85±0.17)SD比(0.62±0.11)SD]($P<0.05$), FRAX(4.05±0.71比0.85±0.17)和骨折发生率(19.42%比2.84%)均高于对照组(均 $P<0.05$);疾病组骨折发生病人年龄、身体质量指数(BMI)均高于骨折未发生病人,OP病程长于骨折未发生病人(均 $P<0.05$);疾病组骨折发生者SOS、SI、BUA和 T_{score} 均低于骨折未发生者[(1 348.82±69.85)m/s比(1 532.04±74.63)m/s, (40.68±8.39)%比(70.02±10.25)%, (35.33±6.01)dB/MHz比(55.25±8.16)dB/MHz, (-3.85±0.19)SD比(-2.61±0.10)SD], FRAX高于骨折未发生者(8.99±1.05比2.86±0.53)(均 $P<0.05$);超声定量参数联合FRAX预测疾病组骨折发生的灵敏度均高于单独预测、 T_{score} 预测,曲线下面积(AUC)也高于单独预测、 T_{score} 预测($P<0.05$),特异度高于 T_{score} 预测。**结论** 绝经后OP病人超声SOS、SI、BUA下降,FRAX结果和骨折风险升高,且超声SOS、SI、BUA结合FRAX可预测骨折风险,且优于 T_{score} 预测。

关键词 骨质疏松,绝经后; 骨质疏松性骨折; 超声声速; 信号强度; 宽带超声衰减; 骨折风险预测简易工具

Prediction of fracture risk in postmenopausal osteoporosis patients by quantitative ultrasound parameters combined with fracture risk assessment tool

SU Lin, LI Jinkang, ZHANG Xin

Author Affiliation: Ultrasound Department of The Third People's Hospital of He'nan Province, Zhengzhou, He'nan 450000, China

Abstract Objective To explore the predictive efficacy of quantitative ultrasound parameters combined with fracture risk assess-

ment tool (FRAX) for fracture risk in postmenopausal osteoporosis (OP) patients. **Methods** A total of 139 postmenopausal OP patients and 141 postmenopausal healthy volunteers admitted to The Third People's Hospital of He'nan Province from January 2020 to October 2021 were enrolled and recorded as disease group and control group, respectively. Both groups were detected by ultrasound and evaluated by FRAX. The quantitative ultrasound parameters [including Speed of Sound (SOS), Signal Intensity (SI) and Broadband Ultrasound Attenuation (BUA)], FRAX results, detection results of dual-energy X-ray bone densitometer (T_{-score}) and fracture incidences within 1 year's following-up were compared between the two groups. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive effect of quantitative ultrasound parameters combined with FRAX on patients' fracture risk, which was compared with T_{-score} . **Results** The SOS, SI, BUA and T_{-score} in the disease group were lower than those of the control group [(1 496.45±70.25) m/s vs. (1 569.83±79.98) m/s, (64.32±11.06)% vs. (90.08±9.85)%, (51.38±7.02) dB/MHz vs. (71.65±9.12) dB/MHz, (-2.85±0.17) SD vs. (0.62±0.11) SD] ($P<0.05$), and FRAX (4.05±0.71 vs. 0.85±0.17) and incidence of fractures (19.42% vs. 2.84%) were higher than those of the control group, and the differences had statistical significance ($P<0.05$). The age and body mass index (BMI) of patients with fractures in the disease group were higher than those without fractures, and the duration of OP was longer than that of patients without fractures, and the differences had statistical significance ($P<0.05$). In the disease group, the SOS, SI, BUA and T_{-score} of patients with fractures were lower than those without fractures [(1 348.82±69.85) m/s vs. (1 532.04±74.63) m/s, (40.68±8.39)% vs. (70.02±10.25)%, (35.33±6.01) dB/MHz vs. (55.25±8.16) dB/MHz, (-3.85±0.19) SD vs. (-2.61±0.10) SD], and FRAX was higher than those without fractures (8.99±1.05 vs. 2.86±0.53), and the differences had statistical significance ($P<0.05$). The sensitivity of ultrasound quantitative parameters combined with FRAX to predict fractures in disease group was higher than those of single prediction and T_{-score} , as well as the area under the curve (AUC), and the differences had statistical significance ($P<0.05$), and the specificity was higher than that of T_{-score} . **Conclusion** In postmenopausal OP patients, ultrasound SOS, SI, BUA decrease, FRAX result and fracture risk increase, and ultrasound SOS, SI, BUA combined with FRAX can predict fracture risk, which is better than that of T_{-score} .

Keywords Osteoporosis, postmenopausal; Osteoporotic fractures; Speed of sound; Signal intensity; Broadband ultrasound attenuation; Fracture risk assessment tool

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是一种常见的代谢性骨病,以骨量减少、骨微结构改变、骨脆性增加为主要表现,属于一种增龄性退行性骨病^[1]。调查显示,全世界约有2亿OP病人,其中我国50岁以上人群中女性OP的患病率可达33%,男性约为20%^[2]。OP是骨折的重要原因,全球范围内每年约有890万骨折是由OP导致的^[3]。因此准确预测OP病人骨折的发生风险十分重要。绝经后女性OP的发生率高,骨折发生风险也显著增加,而一旦发生骨折不仅可加重病人的痛苦与经济负担,甚至还可致残、致死。世界卫生组织推荐的骨折风险预测简易工具(fracture risk assessment tool, FRAX)是目前常用的骨折风险预测手段,能够预测近10年髋部骨折与全身主要骨折的风险,且在绝经后OP病人中的应用效能也已得到肯定^[4-5]。但是目前仍缺乏绝经后OP病人骨折风险的预测手段。超声是OP病人常用的检查方法,在此类疾病诊治中有良好价值。超声定量参数是指利用超声检查获取的量化指标,有研究显示在OP病人中超声声速(speed of sound, SOS)、信号强度(signal intensity, SI)和宽带超声衰减(broadband ultrasound attenuation, BUA)均下降,且与骨密度呈正相关,据此推测上述超声定量参数能预测OP病人的骨折风险,但仍需要进一步探讨证实^[6]。基于此,本研究选取139例绝经后OP病人和141例绝经后健康志愿者探讨超声定量参数、

FRAX及其联合对骨折风险的预测价值,以期为病人提供一种可靠的骨折风险预测方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入标准:①均为绝经后女性,且均为自然绝经;②疾病组均确诊为OP^[7],即双能X线骨密度仪测量结果骨密度T分值(T_{-score})≤-2.5 SD,对照组均为健康志愿者。排除标准:①有既往骨折史或者骨骼手术史者;②有先天性骨代谢异常或骨骼畸形者;③有其他类型骨病,如脊柱结核等;④需要长期使用可能影响骨代谢的药物者(抗OP治疗除外),如激素类药物者;⑤有器质性疾病者;⑥有恶病质者;⑦有精神障碍者。

样本量计算:参照公式 $n=(U_{\alpha}+U_{\beta})^2 \times 2P(1-P)/(P_1-P_0)^2$ 计算样本量。 α 、 β 分别取0.05、0.10, U_{α} 、 U_{β} 分别查表可知取1.65、1.28。 P_0 代表对照组骨折发生率、 P_1 代表疾病组骨折发生率,根据预试验(对绝经后健康妇女、绝经后OP病人各92例随访1年,剔除5例、2例失访,分别有6例、17例发生骨折,骨折发生率分别为6.90%、18.90%)二者分别取值0.069、0.189。 $P=(P_0+P_1)/2$ 。脱落率按照5%计算,可知 $n=141$ 。健康对照与病人样本量相同,故各选取141例。

剔除脱落病例后,选取河南省直第三人民医院2020年1月至2021年10月收治的绝经后OP病人139例和绝经后健康志愿者141例,分别记为疾病组

与对照组。本研究获河南省直第三人民医院伦理委员会批准(批号:院准字[2020]06号),病人或其近亲属对研究方案签署知情同意书。

1.2 方法 超声定量参数检测:采用美国GE公司LUNK型超声骨密度仪检查,受试者选取坐位。将右侧跟骨放置于待检测位置,右下肢固定于检测槽内。记录SOS、SI和BUA。

FRAX评价:登录国际骨质疏松基金会(international osteoporosis foundation, IOF)官网,链接<https://frax.shef.ac.uk/FRAX/>, 右上角选择中国,在随后出现的对话框上方选择“计算工具”。录入受试者的性别、年龄、身高、体质量,还有7个骨折因素(即既往低能量骨折史、父母髋部骨折史、类风湿性关节炎病史、激素使用史、继发性骨质疏松史、吸烟史和饮酒史),计算骨折发生概率。

双能X线骨密度检测:采用双能X线骨密度仪(DMS公司, LEXXOS型)测定受试者跟骨的骨量下降情况,计算T_{-score}。检测时受试者禁止佩戴金属物件,每次检测前均进行校准。

治疗与随访方法:疾病组均予以抗OP治疗,参照《围绝经期和绝经后妇女骨质疏松防治专家共识》^[8],具体:①保持足量维生素D摄入,使血清25-羟基维生素D保持在30~60 μg/L;②限制酒精、咖啡摄入,避免吸烟,保持活动性生活方式,每日至少30 min 承重锻炼;③阿仑膦酸、利塞膦酸、唑来膦酸等可作为一线治疗药物,伊班膦酸可作为二线药物,雷洛替芬可作为二线或三线药物,降钙素为最后治疗药物,采用特立帕肽治疗二磷酸盐无效的极高危骨折风险病人。通过门诊复查、电话沟通等方式随

访,持续1年。
骨折诊断标准:①有外伤史;②有肿胀、疼痛、功能障碍、肿胀处皮下瘀斑、叩击痛、负重行走、站立、抓握或拿捏等障碍;③骨折部位有骨擦音、关节异常活动等,且经X线片检查显示骨连续性中断^[9]。

1.3 观察指标 (1)比较疾病组与对照组超声SOS、SI、BUA、FRAX评价、T_{-score}和骨折发生率;(2)比较疾病组骨折发生与未发生者一般资料、超声SOS、SI、BUA、FRAX评价、T_{-score}; (3)分析超声SOS、SI、BUA、FRAX评价及联合预测疾病组骨折的效能,并将T_{-score}的预测效能进行对比。

1.4 统计学方法 采用SPSS 21.0软件检验。经Kolmogorov-Smirnov检验,连续变量均符合正态分布,采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,两组间以两独立样本t检验比较;计数资料采用例(%)描述,组间以 χ^2 检验比较;等级分布资料采用非参数秩和检验;不同指标对疾病组骨折风险的预测效能采用受试者操作特征曲线(ROC曲线)曲线下面积(AUC)评价,以非参数法秩和检验比较。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料、超声定量参数、FRAX评价和骨折发生率比较 疾病组年龄范围为50~74岁;身体质量指数(BMI)范围为16.9~32.8 kg/m²;OP病程:初诊(12.72±2.64)个月,范围为0~36个月。对照组年龄范围为50~75岁;BMI范围为18.0~25.0 kg/m²。两组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

疾病组SOS、SI、BUA、T_{-score}均低于对照组,FRAX和骨折发生率均高于对照组,均差异有统计学意义($P<0.05$),见表2。

表1 绝经后健康志愿者(对照组)和绝经后OP病人(疾病组)一般资料比较

组别	例数	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	孕次/例(%)		生育史/例(%)			
				<3次	≥3次	无	1次	2次	≥3次
对照组	141	60.35±7.92	22.31±3.08	42	99	1	20	83	37
疾病组	139	60.81±8.13	22.63±3.10	46	93	1	18	84	36
t(χ^2)值		0.48	0.87	(0.36)		(0.10)			
P值		0.632	0.387	0.551		0.921			

注:OP为骨质疏松症,BMI为身体质量指数。

表2 绝经后健康志愿者(对照组)和绝经后OP病人(疾病组)超声定量参数、FRAX评价、T_{-score}和骨折发生率比较

组别	例数	SOS/(m/s, $\bar{x} \pm s$)	SI/(%, $\bar{x} \pm s$)	BUA/ (dB/MHz, $\bar{x} \pm s$)	FRAX/ $\bar{x} \pm s$	T _{-score} /(SD, $\bar{x} \pm s$)	骨折发生率/例(%)
对照组	141	1 569.83±79.98	90.08±9.85	71.65±9.12	0.85±0.17	0.62±0.11	4(2.84)
疾病组	139	1 496.45±70.25	64.32±11.06	51.38±7.02	4.05±0.71	-2.85±0.17	27(19.42)
t(χ^2)值		8.15	20.59	20.82	52.03	203.06	(19.56)
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:OP为骨质疏松症,SOS为超声声速,SI为信号强度,BUA为宽带超声衰减,FRAX为骨折风险预测简易工具,T_{-score}为骨密度T分值。

疾病组 27 例骨折病人中,椎体骨折 8 例、髌部骨折 5 例、膝关节骨折 4 例、跟骨骨折 4 例、尺桡骨骨折 4 例、胫腓骨骨折 2 例,占比分别为 29.63%、18.52%、14.81%、14.81%、14.81%、7.41%;对照组 4 例骨折病人中椎体骨折 2 例、髌部骨折 1 例、膝关节骨折 1 例。

2.2 疾病组骨折发生与未发生者的一般资料、超声定量参数、FRAX 评价比较 疾病组骨折发生与未发生者的孕次、生育史比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$);骨折发生病人年龄、BMI 均高于骨折未发生病人,OP 病程长于骨折未发生病人(均 $P<0.05$)。见表 3。

疾病组骨折发生者 SOS、SI、BUA、 T_{-score} 均低于骨折未发生者,FRAX 高于骨折未发生者,差异有统计学意义 ($P<0.05$),见表 4。

2.3 超声定量参数、FRAX、 T_{-score} 对疾病组骨折发生风险的预测价值分析 超声定量参数联合 FRAX 预测疾病组骨折发生的灵敏度高于单独预测和 T_{-score} 预测,AUC 也高于单独预测和 T_{-score} 预测(超声定量参数联合 FRAX 比 SOS: $Z=2.57,P=0.010$;超声定量参数联合 FRAX 比 SI: $Z=1.98,P=0.047$;超声定量参数联合 FRAX 比 BUA: $Z=2.02,P=0.043$;超声定量参数联合 FRAX 比 FRAX: $Z=2.73,P=0.006$;超声定量参数联合 FRAX 比 T_{-score} : $Z=3.86,P=0.002$),特异度与单独预测基本一致,特异度高于 T_{-score} 预测,见图 1。

3 讨论

绝经后 OP 病人由于雌激素严重缺乏,可增加破骨细胞活性,而成骨细胞活性下降,进而可导致骨密度下降,增加骨转化率,使得钙盐沉积、骨丢失严重、骨脆性增加,最终可增加骨骼疼痛、骨折等发

生率^[10-11]。调查显示,绝经后 OP 病人骨折发生率为 9.4%~37.9%^[12],本研究中疾病组骨折发生率为 19.42%,与上述报道相符,但是高于张晨霞等^[13]报道的 3.98%,可能是因为随访时间、病人治疗依从性、病人从事的日常活动等差异所致。本研究结果与上述报道均提示绝经后 OP 病人骨折风险高。然而目前临床上多采用 FRAX 对骨折风险进行预测,但是该工具对近期骨折风险预测的灵敏度低;双能 X 线骨密度仪是 OP 诊断的“金标准”,也有研究指出 T_{-score} 可用于预测 OP 病人骨折发生风险,但准确度不甚理想,且该方法无法用于大规模人群筛查,因此亟须探讨新的方案^[14]。

本研究中疾病组 SOS、SI、BUA、 T_{-score} 均低于对照组,FRAX 高于对照组,提示绝经后 OP 病人超声定量参数有显著改变,且 FRAX 评价结果显著增高,后一结论与既往关于 FRAX 在 OP 病人中的应用研究^[15-16]相符。定量超声检查是指利用超声测量探头贴在待检测部位,发射测量超声波在骨骼中的传输、反射,并在接收信号后通过定量参数可判断骨组织微结构改变、生物力学特征变化及骨密度异常情况,有研究指出,OP 病人的 SOS、SI 和 BUA 均下降^[17],本研究结果与该研究一致。SOS 是指超声在待检测组织中的传播速度,在绝经后 OP 病人中由于骨密度下降、皮质骨厚度变小、骨组织内空隙增大、松质骨中的骨小梁数量减少,使得 SOS 减慢。BUA 是根据超声穿透不同密度待检测组织时频率衰减差异获得的参数,能够反映骨微结构变化,由于骨密度下降、骨组织稀松,声波吸收变小,使得 BUA 也下降^[18]。SI 是 SOS 与 BUA 的结合参数,骨密度下降可影响超声波的信号强度,接收的信号强度降低,且其水平改变受骨质变化的影响较大^[19]。

表 3 绝经后 OP 病人(疾病组)139 例中骨折发生与未发生者的一般资料比较

组别	例数	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI/ ($\text{kg}/\text{m}^2, \bar{x} \pm s$)	OP 病程/ (个月, $\bar{x} \pm s$)	孕次/例(%)		生育史/例(%)			
					<3 次	≥3 次	无	1 次	2 次	≥3 次
骨折未发生	112	59.75±7.58	22.01±2.89	10.44±1.92	35	77	1	14	68	29
骨折发生	27	65.20±9.12	25.18±3.20	21.84±3.84	11	16	0	4	16	7
$t(\chi^2)$ 值		3.22	5.01	22.48	(0.89)		(0.08)			
P 值		0.002	<0.001	<0.001	0.347		0.934			

注:OP 为骨质疏松症,BMI 为身体质量指数。

表 4 绝经后 OP 病人疾病组骨折发生与未发生者超声定量参数、FRAX 评价、 T_{-score} 比较/ $\bar{x} \pm s$

组别	例数	SOS/(m/s)	SI/%	BUA/(dB/MHz)	FRAX	T_{-score} /SD
骨折未发生	112	1 532.04±74.63	70.02±10.25	55.25±8.16	2.86±0.53	-2.61±0.10
骨折发生	27	1 348.82±69.85	40.68±8.39	35.33±6.01	8.99±1.05	-3.85±0.19
t 值		11.59	13.79	11.92	43.26	47.30
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:OP 为骨质疏松症,FRAX 为骨折风险预测简易工具, T_{-score} 为骨密度 T 分值,SOS 为超声声速,SI 为信号强度,BUA 为宽带超声衰减。

FRAX则可利用病人骨折高危因素情况定量评价近10年的骨折风险,且随着时间的推移,病人骨折的风险是不断增加的。结合上述报道和分析,推测上述指标均可预测绝经后OP病人骨折风险。

本研究还发现,疾病组骨折发生与未发生者孕次、生育史相当,说明二者可比;骨折发生者年龄、BMI均高于骨折未发生病人,OP病程长于骨折未发生者,提示年龄、BMI、OP病程可能是影响骨折发生的重要因素;骨折发生者SOS、SI和BUA、 T_{-score} 均低于骨折未发生者,FRAX高于骨折未发生者,这与上述分析一致。此外,本研究还发现超声定量参数结合FRAX预测绝经后OP病人骨折的灵敏度、AUC均高于单独预测和 T_{-score} 预测,特异度高于 T_{-score} 预测,但联合预测的特异度与单独预测相当,提示超声定量参数结合FRAX预测绝经后OP病人骨折风险的效能高,且优于 T_{-score} 预测。超声定量参数能够反映病人的骨微结构改变,FRAX可综合各种骨折高危因素评价骨折风险,将二者结合应用能够从不同维度反映骨折风险,减少漏测,因而预测的准确度可得到显著提升。

综上所述,绝经后OP病人超声定量参数中SOS、SI、BUA均下降,FRAX和骨折发生率均增加,且在骨折发生病人中SOS、SI、BUA、 T_{-score} 均更低,FRAX则更高,将超声定量参数与FRAX结合预测骨折风险的效能高于单独预测,且优于 T_{-score} 预测,值得在临床中推广使用。然而如何根据预测结果对病人实施个体化的干预以降低骨折风险尚须进一步探讨,应作为后期研究的重点问题。

(本文图1见插图6-2)

参考文献

- [1] WATTS NB, CAMACHO PM, LEWIECKI EM, et al. American association of clinical endocrinologists/american college of endocrinology clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis-2020 update [J]. *Endocr Pract*, 2021, 27(4):379-380.
- [2] CHENG XG, ZHAO KP, ZHA XJ, et al. Opportunistic screening using low-dose CT and the prevalence of osteoporosis in China: a nationwide, multicenter study [J]. *J Bone Miner Res*, 2021, 36(3):427-435.
- [3] AZIZIYEH R, GARCIA PERLAZA J, SALEEM N, et al. The burden of osteoporosis in Saudi Arabia: a scorecard and economic model [J]. *J Med Econ*, 2020, 23(7):767-775.
- [4] LEDER BZ, MITLAK B, HU MY, et al. Effect of abaloparatide vs alendronate on fracture risk reduction in postmenopausal women with osteoporosis [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2020, 105(3):938-943.
- [5] BODY JJ, MARIN F, KENDLER DL, et al. Efficacy of teriparatide compared with risedronate on FRAX®-defined major osteoporotic fractures: results of the VERO clinical trial [J]. *Osteoporos Int*, 2020, 31(10):1935-1942.
- [6] 韩学明,孙忠良,徐建华,等.绝经后中国女性跟骨定量超声和双能X线检查骨质疏松症的对比研究[J].*中国骨质疏松杂志*, 2020, 26(8):1154-1158.
- [7] ARCEO-MENDOZA RM, CAMACHO PM. Postmenopausal osteoporosis: latest guidelines [J]. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 2021, 50(2):167-178.
- [8] 中国老年学和老年医学学会骨质疏松分会妇产科专家委员会与围绝经期骨质疏松防控培训部.围绝经期和绝经后妇女骨质疏松防治专家共识[J].*中国临床医生杂志*, 2020, 48(8):903-908.
- [9] 梅西埃.实用骨科学精要[M].戴闽,姚浩群,译.6版.北京:人民军医出版社,2016:145-147.
- [10] 何雷,沈冬明.乳腺癌病人绝经前后血清25羟维生素D及骨钙素水平与乳腺密度相关性研究[J].*安徽医药*, 2022, 26(4):742-746.
- [11] FILIPOVIĆ TN, LAZOVIĆ MP, BACKOVIĆ AN, et al. A 12-week exercise program improves functional status in postmenopausal osteoporotic women: randomized controlled study [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(1):120-130.
- [12] 贾鹏,徐又佳.绝经后骨质疏松骨折的治疗[J].*实用妇产科杂志*, 2020, 36(7):492-494.
- [13] 张晨霞,聂继盛,薛雪花,等.绝经妇女骨质疏松性骨折患病率及其危险因素分析[J].*预防医学情报杂志*, 2020, 36(9):1212-1216.
- [14] 王洋,曾静,李春霖,等.骨质疏松性骨折风险预测工具的研究现状[J].*中国骨质疏松杂志*, 2021, 27(1):143-147.
- [15] HAGINO H, TANAKA K, SILVERMAN S, et al. Cost effectiveness of romosozumab versus teriparatide for severe postmenopausal osteoporosis in Japan [J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(10):2011-2021.
- [16] GHANNAM S, BLANEY H, GELFOND J, et al. The use of FRAX in identifying women less than 65 years needing bone mineral density testing [J]. *J Clin Densitom*, 2021, 24(1):36-43.
- [17] 杨帆,蒋小波,曹洪义,等.IOF骨质疏松风险一分钟测试题联合定量超声骨密度筛查骨质疏松症的诊断价值[J].*中国骨质疏松杂志*, 2021, 27(9):1339-1342, 1360.
- [18] 赵晶晶,曹亚景,孙纪新,等.河北省成人跟骨定量超声参数与代谢综合征的相关性[J].*中国骨质疏松杂志*, 2022, 28(7):966-971.
- [19] TRAN TNHT, HE F, ZHANG Z, et al. Single versus multi-channel dispersion analysis of ultrasonic guided waves propagating in long bones [J]. *Ultrason Imaging*, 2021, 43(3):157-163.

(收稿日期:2023-01-05,修回日期:2023-03-31)