

· 论 著 ·

FRAX 软件评估北京地区中老年人骨折风险的预测价值

梁俊刚¹ 李宝² 张智海^{1*} 刘忠厚³

1. 中国医科大学航空总医院脊柱外科, 北京 100012

2. 中国医科大学航空总医院影像中心, 北京 100012

3. 《中国骨质疏松杂志》社, 北京 100102

中图分类号: R683 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2019) 06-0762-06

摘要: **目的** 评估不同部位骨密度(bone mineral density, BMD)值代入 FRAX 工具后对于北京地区中老年人骨折风险的预测价值。**方法** 收集北京地区 9 726 例中老年人人群的相关资料, 应用 FRAX[®] 中国模式分别代入髋部 BMD 及腰椎 BMD 时 10 年内主要部位骨质疏松性骨折及髋部骨折的概率, 评估 FRAX[®] 在中老年人骨折风险的预测价值。**结果** (1) 应用 FRAX[®] 分别代入髋部 BMD 及腰椎 BMD 后计算 10 年内主要部位骨质疏松性骨折及髋部骨折概率并行配对样本秩和检验, 差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。(2) 代入髋部 BMD 后, 男性及女性人群随年龄增大, 10 年内主要部位骨质疏松性骨折及髋部骨折概率均增加。代入腰椎 BMD 后, 女性人群随着年龄增大, 10 年内主要部位骨质疏松性骨折及髋部骨折概率均增加, 但男性人群上述骨折概率并不伴随着年龄增大而增加。(3) 总人群中合并既往骨折史的骨折风险高于无既往骨折史人群。**结论** 髋部 BMD 及腰椎 BMD 代入 FRAX 后均能较好地预测未来 10 年骨折的风险概率; 对于男性病例, 应用 FRAX 时更推荐代入髋部 BMD 预测未来 10 年骨折的风险概率; FRAX[®] 对中老年人骨折风险预测具有重要价值。

关键词: 骨质疏松性骨折; 骨密度; 骨折风险评估工具; 中老年人

Clinical study on evaluating fracture risk of middle-aged and older people in Beijing using FRAX[®]LIANG Jungang¹, LI Bao², ZHANG Zhihai^{1*}, LIU Zhonghou³

1. Department of Spinal Surgery, Aviation General Hospital, China Medical University, Beijing 100012

2. Department of Radiology, Aviation General Hospital, China Medical University, Beijing 100012

3. Chinese Journal of Osteoporosis, Beijing 100102, China

* Corresponding author: ZHANG Zhihai, Email: zzh@ sina.com

Abstract: **Objective** To evaluate the predictive value of bone mineral density of different sites in middle-aged and elderly people in Beijing using the FRAX tool. **Methods** The relevant data of 9 726 middle-aged and elderly people in Beijing and the risk factors contained in the FRAX tool were collected. The probability of 10 years major osteoporotic fracture and hip fracture were calculated using FRAX Chinese model with hip BMD and lumbar spine BMD respectively, and the predictive value of FRAX for fracture risk in middle-aged and elderly people was evaluated. **Results** (1) FRAX was used to calculate the probability of 10 years major osteoporotic fracture and hip fracture with lumbar spine BMD and hip BMD respectively, and the rank sum test of paired samples was performed ($P < 0.05$). The difference was significant. (2) Estimated using hip BMD, the probability of major osteoporotic fracture and hip fracture increased with age in both males and females. Estimated using lumbar spine BMD, the probability of major osteoporotic fracture and hip fracture in the female population increased with age, but the fracture probability in the male population did not increase with the increase of age. (3) In the total population, the risk of fracture was higher in those with previous fracture history than those without previous fracture history. **Conclusion** Both BMD of hip and lumbar spine can predict the probability of fracture in the next 10 years. For male cases, it is more recommended to use hip BMD in FRAX to predict

基金项目: 国际课题“IOF 对骨量减少人群骨折风险评估(FRAX)前瞻性研究”(IOFCJO-D001)

* 通信作者: 张智海, Email: zzh@ sina.com

the risk of fracture in the next 10 years. FRAX has important value in predicting fracture risk in middle-aged and older people.

Key words: osteoporotic fracture; bone mineral density; FRAX®; middle aged and elderly people

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是一种全身性疾病,表现为骨量进行性低下,进而出现骨折风险性增加。目前国内外的普遍共识仍然是以骨密度(bone mineral density, BMD)值来作为骨质疏松的主要诊断标准,但骨密度不能全面反映客观的骨强度,最多反映70%,且影响骨质疏松的因素很多。有文献报道,有些患者虽然发生了骨质疏松性骨折,但骨密度并不低于 $-2.5SD^{[1]}$,说明单独依靠骨密度来预测和评估骨质疏松骨折的风险显然是不全面的。所以WHO推荐使用骨折风险预测简易工具(fracture risk assessment tool, FRAX)来预测骨折风险,该工具除了结合骨密度值,同时还结合了年龄、性别、既往史、口服激素史、吸烟饮酒史等个体化资料,得到每个个体的绝对骨折风险。目前已被欧美很多国家广泛运用于骨折风险的预测和骨质疏松症的预防和治疗^[2-5]。但国内对FRAX软件应用的研究还方兴未艾,FRAX工具要求代入骨密度值为股骨颈的骨密度值,本文中特意将腰椎骨密度值代入FRAX工具并与之进行对比分析,旨在进一步探讨非股骨颈部位的,例如腰椎骨密度的临床价值,观察将其代入FRAX工具后是否有意义,是否也能全面客观地评估预测骨折风险,也希望能对国内一些因经济原因无法获得股骨颈骨密度数据的地区进行FRAX研究提供一定的参考,更好地促进FRAX®在我国的推广应用。

1 材料与方法

选取2014年1月至2017年9月于中国医科大学航空总医院行双能X线骨密度检测(DEXA)的中老年人群共9 726人,男性3 351例,女性6 375例,年龄40~89岁,平均年龄(59.88 ± 10.47)岁。根据年龄将总人群分为40~49岁、50~59岁、60~69岁、70~79岁、80~89岁共5个组。根据FRAX工具要求,收集每个个体性别、年龄、体重、身高、吸烟史及饮酒史、父母髋部骨折史、肾上腺皮质激素应用史、既往骨折史等临床资料,以便进行计算。

骨密度测定:采用双能X线骨密度仪(Hologic Discovery Wi)测定骨密度,选取左侧髋部及腰椎的骨密度值代入FRAX工具进行计算。

登录网站 <https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/>,在测评系统中选择亚洲,在下级菜单选择中国大陆

模式,根据要求填入每个研究对象的临床资料,点击计算,即产生每个研究对象10年内主要部位骨质疏松骨折概率及髋部骨折概率。本文因大部分数据来源于体检中心,正常人数据偏多,因此FRAX计算结果偏低。

将所得的数据录入SPSS 17.0软件进行分析,计量材料因为偏态分布,使用中位数(P_{25}, P_{75})表示,组间对比采用配对样本的秩和检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同部位骨密度值代入FRAX计算总人群骨折的概率

总人群共9 726例患者,将髋部BMD值代入FRAX软件计算未来10年内发生主要部位骨质疏松性骨折概率为1.700(1.300, 2.300),同理将腰椎BMD值代入FRAX软件计算得到该概率为1.500(1.200, 2.100),两者之间对比显示差异有统计学意义($Z = -15.486, P = 0.000$)。将髋部BMD值代入FRAX软件计算分析10年内发生髋部骨折概率为1.100(0.000, 0.300),同理将腰椎BMD值代入FRAX软件计算得到该概率为0.100(0.000, 0.200),两者之间差异同样有统计学意义($Z = -11.980, P = 0.000$)。

2.2 FRAX软件按照性别分别对不同年龄层的人群进行骨折风险预测结果

将男性人群及女性人群按照年龄分组分别统计髋部BMD及腰椎BMD,观察骨密度值随年龄变化的规律。发现女性髋部BMD及腰椎BMD均随年龄增大逐渐减小,男性髋部BMD亦大体随年龄增大逐渐减小,但腰椎BMD不随年龄增大而减小,骨密度值最高组为80~89岁组,说明影响老年男性腰椎骨密度的因素较多,代入计算FRAX有一定误差。详见表1。

3 351例男性患者,平均年龄(57.31 ± 10.13)岁(40~89岁),分别将髋部骨密度数据及腰椎骨密度数据代入FRAX,结果显示,10年内主要部位骨质疏松性骨折的概率分别为1.300(1.200, 1.500)及1.200(1.100, 1.400),两者差异有统计学意义($Z = -9.523, P = 0.000$);10年内髋部骨折的概率分别为0.100(0.000, 0.200)及0.000(0.000, 0.100),两者

差异同样有统计学意义 ($Z = -7.583, P = 0.000$)。

表1 男性及女性人群骨密度随年龄变化的分布

Table 1 Distribution of bone mineral density with age in the male and female population

年龄/岁	男性			女性		
	例数	髋部 BMD	腰椎 BMD	例数	髋部 BMD	腰椎 BMD
40~49	733	0.97±0.12	1.01±0.13	880	0.91±0.12	1.01±0.10
50~59	1 241	0.94±0.12	0.99±0.12	2 113	0.87±0.11	0.96±0.14
60~69	705	0.94±0.13	1.01±0.15	1 980	0.81±0.13	0.86±0.15
70~79	425	0.87±0.09	0.95±0.15	948	0.76±0.13	0.85±0.17
80~89	247	0.90±0.13	1.11±0.15	454	0.67±0.13	0.78±0.19
合计	3 351	0.94±0.12	1.00±0.14	6 375	0.83±0.14	0.91±0.16

6 375例女性患者,平均年龄(61.68 ± 10.34)岁(40~89岁),分别将髋部骨密度数据及腰椎骨密度数据代入FRAX,结果显示,10年内主要部位骨质疏松性骨折的概率分别为2.100(1.700,2.800)及1.900(1.500,2.500),两者差异有统计学意义($Z = -12.302, P = 0.000$);10年内髋部骨折的概率分别为0.100(0.000,0.400)及0.100(0.000,0.300),两者差异同样有统计学意义($Z = -9.417, P = 0.000$)。

将3 351例男性患者根据年龄进行年龄分层,共分为5组,将髋部BMD代入到FRAX软件后,其中10年内主要部位骨质疏松性骨折概率最低的为40~49岁组,最高的为70~79岁组,10年内髋部骨

折概率最低的为40~49岁组,最高的为80~89岁组。同法将腰椎BMD代入到FRAX软件后,其中10年内主要部位骨质疏松性骨折概率最低的为80~89岁组,最高的为60~69岁组,10年内髋部骨折概率最低的为40~49岁组,最高的为70~79岁组。

将6 375例女性患者根据年龄进行年龄分层,共分为5组,分别代入髋部BMD及腰椎BMD后计算,10年内主要部位骨质疏松性骨折概率与10年内髋部骨折概率最低的均为40~49岁组,最高的为80~89岁组。

上述男性人群及女性人群的骨密度数据代入FRAX分析结果详见表2。

表2 男性及女性人群分别联合髋部BMD及腰椎BMD并按照不同年龄层的FRAX计算结果

Table 2 FRAX calculated using hip BMD or lumbar BMD in the male and female population of different age groups

年龄/岁	10年内主要部位 骨质疏松骨折概率 (联合髋部BMD)/%	10年内主要部位 骨质疏松骨折概率 (联合腰椎BMD)/%	10年内髋部骨折的概率 (联合髋部BMD)/%	10年内髋部骨折的概率 (联合腰椎BMD)/%
40~49				
男($n=733$)	1.100(1.100,1.200)	1.100(1.000,1.200)	0.000(0.000,0.000)	0.000(0.000,0.000)
女($n=880$)	1.300(1.200,1.400)	1.200(1.100,1.300)	0.000(0.000,0.750)	0.000(0.000,0.000)
50~59				
男($n=1 241$)	1.400(1.200,1.500)	1.300(1.200,1.400)	0.000(0.000,0.100)	0.000(0.000,0.100)
女($n=2 113$)	1.800(1.600,2.000)	1.700(1.500,1.900)	0.100(0.000,0.100)	0.000(0.000,0.100)
60~69				
男($n=705$)	1.500(1.300,1.600)	1.400(1.200,1.500)	0.100(0.000,0.200)	0.100(0.000,0.100)
女($n=1 980$)	2.450(2.100,3.075)	2.300(2.000,2.700)	0.200(0.100,0.400)	0.100(0.100,0.300)
70~79				
男($n=425$)	1.500(1.300,1.775)	1.300(1.000,1.650)	0.400(0.200,0.600)	0.300(0.100,0.500)
女($n=948$)	3.000(2.400,4.875)	2.650(1.900,3.850)	0.600(0.300,1.475)	0.400(0.125,0.875)
80~89				
男($n=247$)	1.300(1.125,1.775)	0.950(0.700,1.100)	0.450(0.300,0.700)	0.200(0.100,0.300)
女($n=454$)	4.350(3.125,7.200)	3.100(2.425,6.000)	1.300(0.700,2.475)	0.700(0.400,1.775)
合计				
男($n=3 351$)	1.300(1.200,1.500)	1.200(1.100,1.400)	0.100(0.000,0.200)	0.000(0.000,0.100)
女($n=6 375$)	2.100(1.700,2.800)	1.900(1.500,2.500)	0.100(0.000,0.400)	0.100(0.000,0.300)

2.3 FRAX软件预测不同性别组既往有无骨折病史10年内再发骨折风险概率对比结果(分别联合

髋部BMD及腰椎BMD)

男性人群中无论代入髋部BMD及腰椎BMD,

分别计算 10 年内主要部位骨质疏松骨折概率及髋部骨折概率并对既往有骨折史与既往无骨折史病例进行 *Mann-Whitney U* 检验(因对比数据为偏态分布),结果显示差异均有统计学意义($P = 0.000$)。

女性人群中同样按照上述对比分析方法,结果同样显示差异均有统计学意义($P = 0.000$)。以上分析结果详见表 3。

表 3 男性及女性人群合并或未合并骨折史的 FRAX 对比结果(分别联合髋部 BMD 及腰椎 BMD)

Table 3 Comparison of FRAX findings in male and female population with or without fracture history (estimated using hip BMD and lumbar BMD, respectively)

性别	10 年内主要部位 骨质疏松骨折概率 (联合髋部 BMD)/%	10 年内主要部位 骨质疏松骨折概率 (联合腰椎 BMD)/%	10 年内髋部骨折的概率 (联合髋部 BMD)/%	10 年内髋部骨折的概率 (联合腰椎 BMD)/%
男性				
有骨折史	1.900(1.800,2.250)	0.350(0.275,0.650)	1.550(1.375,1.925)	1.500(0.100,0.550)
无骨折病史	1.300(1.200,1.500)	0.100(0.000,0.100)	1.200(1.100,1.400)	0.000(0.000,0.100)
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000
女性				
有骨折史	5.800(4.025,7.275)	1.800(1.050,2.475)	4.400(2.900,5.650)	0.950(0.500,1.675)
无骨折病史	2.000(1.600,1.500)	0.100(0.000,0.300)	1.900(1.500,1.400)	0.000(0.000,0.200)
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨论

OP 是最常见的骨病,据统计,我国 60~70 岁老年人中约 1/3 患有骨质疏松症,80 岁以上者骨质疏松症发生率约占半数以上。而且大多数患者疏于治疗,导致骨质疏松症发病率是就诊率的 900 倍,且一旦患者发生骨质疏松骨折,就会导致生活质量严重下降甚至出现伤残,家庭正常的生活秩序被打乱,社会的卫生支出也会随之上升。因而,骨质疏松的预防更重于治疗,应该将其定位为最重要最根本的目标。

骨质疏松性骨折的发生受到诸多因素的影响,比如年龄、既往骨折史及父母髋部骨折史、吸烟、饮酒史、皮质激素的使用史、跌倒等,这些因素有的与骨密度的变化息息相关,有的无直接相关性^[6]。因此,需要一种能综合诸多因素来准确预测骨折风险的工具。2008 年,WHO 推出骨折风险评价工具 FRAX 是一种用于评价 OP 患者发生骨质疏松性骨折(osteoporotic fracture, OF)风险的计算机评价软件^[7]。应用 FRAX 工具可以得到 10 年内主要部位 OF(脊椎、前臂、髋部或肩部骨折)的概率,以及 10 年内髋部骨折的概率。很多发达国家及拉美的发展中国家均已开始大范围使用 FRAX 评估工具来指导 OP 的防治^[8-9]。李扶刚等^[10]早在 2009 年 4 月即发现 FRAX 工具的临床价值,并认为 FRAX 要优于 OST、ORAI、SCORE 等工具,建议加强该工具应用的研究。

本研究纳入的 9 726 例受试者,结合表 2 的统计分析结果说明,无论代入髋部 BMD 及腰椎 BMD,FRAX 工具均能较好地反映随着年龄增长,未来 10 年主要部位骨质疏松骨折及髋部骨折的风险逐渐增高的规律。男性组中腰椎 BMD 在 80~89 岁组较 <80 岁各组增高,故计算得到 FRAX 值较其他组小,存在一定误差,笔者认为原因一是利用双光能骨密度值所测骨密度只反映全身 70% 的骨密度,二是高龄老年人腰椎存在更严重的骨质增生及钙化,故测的骨密度值会与真实骨密度存在一定误差,而髋部 BMD 值尤其是股骨颈 BMD 值受此因素影响较小。故目前仍主要推荐应用髋部 BMD 值测定 FRAX 值,尤其是股骨颈 BMD 值。除了以上笔者分析的两点原因外,男性女性各自的性别生理特点也起着重要的作用,王俊等^[11]认为年龄增大对腰椎 BMD 影响较小,但对于女性来说,雌激素水平下降对腰椎 BMD 影响较大,所以男性腰椎 BMD 值并没有随着年龄增大而降低,反而会增加。传万等^[12]研究也认为,在 60 岁以上的男性人群,腰椎 BMD 值随着年龄增长有所增高,但股骨颈 BMD 值是随年龄增加而降低的;在 50 岁以上的女性人群,腰椎和股骨颈 BMD 值均随年龄增加而降低。故本文中出现男性组中腰椎 BMD 值 80~89 岁组较 <80 岁各组增高就可以理解了。本研究中女性组各年龄段髋部 BMD 及腰椎 BMD 随着年龄增高,BMD 进行性下降,得到的 FRAX 值分别升高,说明未来发生骨折的概率增加,故分别代入髋部 BMD 及腰椎 BMD 计算 FRAX 值均

能准确预测未来10年骨折风险概率,具有重要意义。

研究结果显示,总人群中分别代入髋部BMD及腰椎BMD都能准确预测未来10年主要部位骨折及髋部骨折的风险概率,行两两对比分析后发现虽然差异存在统计学意义,但差异并不明显。笔者结合本研究的9 726例病例分析认为,应用FRAX工具时,代入髋部BMD值得到的未来10年的主要部位骨质疏松骨折及髋部骨折概率准确度高于代入腰椎BMD值得到的概率,尤其对于男性病例,更推荐应用髋部BMD计算FRAX值。Stone等^[13]也认为,髋部BMD较脊柱及其他部位骨密度与大部分类型的骨折的相关性更强。很多研究结果也表明^[14-15],局部骨密度对对应区域的骨折风险预测能力最强,其中髋部骨密度预测的准确度最高。

在应用FRAX工具计算骨折风险的过程中,一些临床危险因子如性别、是否合并类风湿性关节炎、皮质激素服用史、糖尿病、既往骨折史等都对FRAX值产生了不同程度的影响,一定要加以重视。比如患有免疫相关疾病的人群长期接受皮质激素治疗也会使骨折的危险性增加,Johell等^[16]报道该危险性增加16%~21%。糖尿病作为继发性骨质疏松的常见原因,目前对于糖尿病患者的骨质疏松骨折风险方面的研究也较多。Giangregorio等^[17]将年龄 ≥ 50 岁的男性和女性糖尿病($n=3\,518$)和非糖尿病患者($n=36\,085$)的数据代入FRAX进行对比分析,结果提示FRAX低估了糖尿病患者的主要部位骨质疏松和髋部骨折风险,并认为糖尿病会增加骨折的风险,在计算FRAX时糖尿病应该被当作独立的危险因素。故笔者建议在应用FRAX工具计算糖尿病患者的骨折风险时,进一步针对相关因素进行校正,比如糖化血红蛋白值、糖尿病是否合并并发症等,这方面的研究有待进一步开展。既往骨折史在FRAX工具的危险因素中有着举足轻重的地位,Ekman^[18]随访了一组9 700例年龄 ≥ 65 岁的老年女性,平均随访时间15年,发现其中有2 680例患者合并既往骨折史,而其再发椎体骨折风险为25%~50%。另外,无论骨密度高低,只要父母双亲有髋部骨折史,女性患者的髋部骨折风险概率会加倍。本研究结果显示,无论男性及女性,合并既往骨折史的人群的骨折风险要明显高于无骨折史人群的骨折风险,差异具有显著性。

综上所述,FRAX[®]能够结合多个危险因素全面客观地评估骨折风险,极具实用价值。腰椎BMD及

髋部BMD代入FRAX后均能较好地预测10年内髋部骨折及主要部位骨质疏松骨折的风险概率,但腰椎BMD更适合于骨质疏松筛查,对于老年男性因干扰因素较多,故更建议应用髋部BMD计算FRAX,准确率更高。笔者建议将FRAX[®]作为一项基本的筛检工具进行推广,为及早防治骨质疏松,降低骨质疏松性骨折的发生风险提供了有力保障,造福广大中老年人。

【参考文献】

- [1] Suhr N, Lamy O, Lippuner K. Management of fragility of fractures in Switzerland: results of a nationwide survey [J]. *Swiss Med Wkly*, 2008, 128: 674-683.
- [2] Tosteson AN, Melton LJ, Dawson-Hughes B, et al. Cost-effective osteoporosis treatment thresholds: the United States perspective [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(4): 437-447.
- [3] Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, et al. National osteoporosis guideline group. Case finding for the management of osteoporosis with FRAX-assessment and intervention thresholds for the UK [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(10): 1395-1408.
- [4] Kanis JA, Johnell O, Oden A, et al. Intervention thresholds for osteoporosis in men and women: a study based on data from Sweden [J]. *Osteoporos Int*, 2005, 16(1): 6-14.
- [5] Fujiwara S, Nakamura T, Orimo H, et al. Development and application of a Japanese model of the WHO fracture risk assessment tool (FRAX) [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(4): 429-435.
- [6] 林华. 骨质疏松性骨折及其影响愈合因素 [J]. *中国实用内科杂志*, 2011, 31(7): 236-238.
- [7] Kanis JA, Hans D, Cooper C, et al. Interpretation and use of FRAX in clinical practice [J]. *Osteoporosis Int*, 2011, 22(9): 2395-2411.
- [8] Morales-Torres J, Clark P, Delezé-Hinojosa M, et al. Fracture risk assessment in Latin America: is Frax an adaptable instrument for the region? [J]. *Clin Rheumatol*, 2010, 29(10): 1085-1091.
- [9] Trémollières F, Cochet T, Cohade C, et al. Fracture risk in early postmenopausal women assessed using FRAX [J]. *Joint Bone Spine*, 2010, 77(4): 345-348.
- [10] 李扶刚, 张智海, 刘忠厚. 应用WHO骨折风险因子评估工具(FRAX)诊断骨质疏松症的进展 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2009, 15(4): 247-249.
- [11] 王俊, 赵兰芳, 王雪君, 等. 中老年骨质疏松调查及不同部位骨密度比较分析 [J]. *中国预防医学杂志*, 2017, 18(5): 346-350.
- [12] 传万, 郑文龙, 虞志康, 等. 温州市区791例健康成人腰椎和髋部骨密度测量分析 [J]. *温州医科大学学报*, 2016, 46(5): 369-371.
- [13] Stone KL, Seeley DG, Lui LY, et al. BMD at multiple sites and risk of fracture of multiple types: long-term results from the study of osteoporotic fractures [J]. *J Bone Miner Res*, 2003, 18:

- 1947-1954.
- [14] 王洁颖,任龙喜,陈红.髋部骨密度与髋部骨折风险的相关性分析[J].中国骨质疏松杂志,2007,13(5):360-363.
- [15] Kanis JA, Johansson H, Odén A, et al. The distribution of FRAX-based probabilities in women from Japan [J]. *J Bone Miner Metab*, 2012, 30(12): 700-705.
- [16] Johell O, De Laet C, Johansson H, et al. Oral corticosteroids increase fracture risk independently of BMD[J]. *Osteoporosis Int*, 2003, 13(9): 14.
- [17] Giangregorio LM, Leslie WD, Lix LM, et al. FRAX underestimates fracture risk in patients with diabetes [J]. *J Bone Miner Res*, 2012, 27(2): 301-308.
- [18] Ekman EF. The role of the orthopaedic surgeon in minimizing mortality and morbidity associated with fragility fracture[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2010, 18(5): 278-285.
- (收稿日期: 2019-01-21; 修回日期: 2019-02-25)

(上接第761页)

- [4] Willson T, Nelson S, Newbold J, et al. The clinical epidemiology of male osteoporosis: a review of the recent literature [J]. *Clin Epidemiol*, 2015, 7: 65-76.
- [5] 郭翔, 夏慈忠. 不同类型运动对中老年人肌力、骨密度影响研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(5): 599-605.
- [6] 马涛, 李健, 金嘉鹏. 基于文献计量学分析近10年国内外不同运动方式对骨密度的影响[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(4): 631-637.
- [7] 曹克勇, 李雪芹, 祝腊香, 等. 不同强度有氧运动对男性老年人骨密度和体成分的影响[J]. 中国康复, 2016, 31(2): 91-93.
- [8] 刘方涛, 闰巧珍. 递增负荷功率自行车运动对骨质疏松患者骨密度的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(4): 456-458, 510.
- [9] 郭梁, 邹亮畴. 网球运动对男性青少年骨密度的影响[J]. 吉林体育学院学报, 2010, 26(4): 67-69.
- [10] Mather K. Genetical control of stability in development [J]. *American Journal Agricultural Economics*, 1953, 60(3): 297-336.
- [11] Manning JT, Ockenden L. Fluctuating asymmetry in racehorses [J]. *Nature*, 1994, 370(6486): 185-186.
- [12] Martin SM, Manning JT, Dowrick CD. Fluctuating asymmetry, relative digit length, and depression in men [J]. *Evolution and Human Behavior*, 1999, 20: 203-214.
- [13] 郑同军, 陈岚岚, 张旭, 等. 大学生跟骨骨密度的性别差异与运动效应研究[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2017, 16(2): 213-218.
- [14] 程淑敏, 于大芳, 郭文娟. 3-10岁儿童年龄、身高及体重指数对全身及各部位骨密度的影响[J]. 现代预防医学, 2007, 34(24): 101-102.
- [15] 蔡思清, 颜丽笙, 李毅中, 等. 人体脂肪组织对骨密度的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(2): 161-164.
- [16] 陈文聪, 温煦, 李旭鸿. 中老年人骨骼肌含量、脂肪含量与骨密度的关系[J]. 中国体育科技, 2017, 53(1): 90-96.
- [17] Valen LV. A study of fluctuating asymmetry [J]. *Evolution*, 1962, 16(2): 125-142.
- [18] 刘文珂, 徐昱玫, 房施龙. 原技术动作影响新技术动作学习的实验研究-以专项、非专项乒乓球学生和普通学生学习网球技术为例[J]. 西安体育学院学报, 2012, 29(2): 249-252.
- [19] 沈华. 不同形式的健身运动和体成分对中老年女性骨密度的影响[J]. 成都体育学院学报, 2008, 34(12): 71-74.
- [20] 刘贺. 网球运动对老年男性骨质代谢及平衡能力的影响[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2008, 31(1): 125-126.
- [21] Hamdy RC, Anderson JS, Whalen KE, et al. Regional differences in bone density of young men involved in different exercises [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1994, 26(7): 884-888.
- [22] Calbet JAL, Herrera PD, Rodriguez LP. High bone mineral density in male elite professional volleyball players [J]. *Osteoporosis Int*, 1999, 10: 468-474.
- (收稿日期: 2018-07-29; 修回日期: 2018-08-27)