

# 太极拳锻炼对绝经后女性骨密度和骨小梁评分的影响

孙金秋<sup>1</sup> 杨俊超<sup>2</sup> 苏佳<sup>1</sup> 王曦梓<sup>2</sup> 谭京京<sup>1</sup> 邱俊强<sup>2,3</sup>

**【摘要】目的** 探讨太极拳锻炼对绝经后女性骨密度和骨小梁评分的影响。**方法** 招募123名太极拳锻炼和未参加规律体育锻炼绝经后女性,分为太极3年以上组( $n=41$ ,锻炼年限: $(10.5\pm 5.3)$ 年)、太极1年以上组( $n=41$ ,锻炼年限: $(1.6\pm 0.6)$ 年)和不参加规律体育锻炼的对照组( $n=41$ )。使用双能X线吸收检测法(DXA)测试股骨颈、全髋以及腰椎骨密度(BMD)。运用TBSiNsight®软件分析腰椎DXA图像,得出骨小梁评分值(TBS)。**结果** 太极3年以上组左、右侧股骨颈BMD $[(0.86\pm 0.12)\text{g}/\text{cm}^2, (0.85\pm 0.12)\text{g}/\text{cm}^2]$ 均大于非太极组 $[(0.77\pm 0.11)\text{g}/\text{cm}^2, (0.78\pm 0.11)\text{g}/\text{cm}^2]$ ,差异具有统计学意义( $t=3.273, 2.738, P<0.01$ ),左、右侧全髋BMD $[(0.94\pm 0.13)\text{g}/\text{cm}^2, (0.94\pm 0.13)\text{g}/\text{cm}^2]$ 均大于非太极组 $[(0.87\pm 0.11)\text{g}/\text{cm}^2, (0.87\pm 0.11)\text{g}/\text{cm}^2]$ ,差异具有统计学意义( $t=2.425, 2.316, P<0.05$ )。腰椎4 TBS、 $L_1\sim L_4$  TBS均大于非太极组,差异具有统计学意义( $t=2.390, 2.000, P<0.05$ )。**结论** 3年以上太极拳锻炼可以改善绝经后中老年女性骨密度和骨微结构,尤其是在延缓股骨颈、髋关节骨密度以及腰椎骨小梁评分下降方面。

**【关键词】** 太极拳; 绝经后女性; 骨密度; 骨小梁评分; 锻炼年限

**The effect of tai chi exercise on bone mineral density and trabecular bone score in postmenopausal women** Sun Jinqiu<sup>1</sup>, Yang Junchao<sup>2</sup>, Su Jia<sup>1</sup>, Wang Xizi<sup>2</sup>, Tan Jingjing<sup>1</sup>, Qiu Junqiang<sup>2,3</sup>. <sup>1</sup>Beijing Research Institute of Sports Science, Beijing 100075, China; <sup>2</sup>Department of Exercise Biochemistry, Exercise Science School, Beijing Sport University, Beijing 100084, China; <sup>3</sup>Beijing Sports Nutrition Engineering Research Center, Beijing 100084, China

Corresponding author: Qiu Junqiang, Email: qiu junqiang@bsu.edu.cn

**【Abstract】Objective** To explore the effect of Tai Chi exercise on bone mineral density and trabecular bone score in postmenopausal women. **Methods** 123 postmenopausal women who practiced Tai Chi and did not participate in regular physical exercise were recruited and divided into a Tai Chi group of 3 years or more ( $n=41$ , exercise duration:  $10.5\pm 5.3\text{y}$ ), a Tai Chi group of 1 year or more ( $n=41$ , exercise duration:  $1.6\pm 0.6\text{y}$ ), and a control group who did not participate in regular physical exercise ( $n=41$ ). Use Dual Energy X-ray Absorption (DXA) to test bone mineral density (BMD) of the femoral neck, total hip, and lumbar spine. Using TBSiNsight® software analyzes lumbar spine DXA images and obtains Trabecular Bone Score (TBS). **Results** The BMD of the left and right femoral neck in the Tai Chi group for more than 3 years was higher than that in the non Tai Chi group, and the difference was statistically significant ( $P<0.01$ ). The total hip BMD of the left and right sides was higher than that in the non Tai Chi group, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The  $L_4$  TBS and  $L_1\sim L_4$  TBS of the lumbar spine were higher than those of the non Tai Chi group, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Tai Chi exercise for more than 3 years can improve bone mineral density and microstructure in postmenopausal middle-aged and elderly women, especially on the delayed decline of bone density in the femoral neck, hip joint, and lumbar trabeculae.

**【Key words】** Tai Chi; Postmenopausal women; Bone mineral density; Bone trabecular score; Exercise duration

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2025.01.004

基金项目:国家重点研发专项资助(2018YFC2000600),北京市体育局科研课题(2023BTP005)

作者单位:100075 北京市体育科学研究所群众体育研究室<sup>1</sup>;100084 北京体育大学运动人体科学学院运动生物化学教研室<sup>2</sup>;100084 运动营养北京市高等学校工程研究中心<sup>3</sup>

通信作者:邱俊强,Email: qiu junqiang@bsu.edu.cn

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是常见的肌肉骨骼系统的慢性疾病,其主要特征是骨量减少和骨结构的细微变化,导致脆性骨折的发生率增加,并提高死亡风险<sup>[1]</sup>。骨质疏松症可发生在任何年龄,但在绝经后女性中更常见<sup>[2]</sup>。运动疗法有利于骨质疏松症的治疗,尤以冲击力项目的效果明显,并且项目对肢体冲击越大,对骨骼的影响也就越大,有利于骨密度(bone mineral density, BMD)的维持<sup>[3-4]</sup>。

太极拳是中华武术拳种之一。拳种是以特征核心技术为载体,以独特的拳理为依据,以功、套、用有机整体为表现形式,有序传承,体用多能的武术门类<sup>[5]</sup>。太极拳健身项目作为最适合中老年群体参与的健身项目之一,整体强度适中、种类丰富且参与门槛不高,被众多老年人所接受,但由于太极拳冲击力相对较低,实际防治骨质疏松效果存在争议。有系统综述和荟萃分析表明,太极拳运动可能对绝经后女性的骨骼健康有好处,但有时证据薄弱、较差和不一致<sup>[6-9]</sup>。并且现有的研究主要集中在太极拳作为干预手段进行短期锻炼,对于长期太极拳锻炼的效果缺乏具体地认识。

关于绝经后女性骨质疏松症的检测和诊断,世界卫生组织(World Health Organization, WHO)推荐使用双能X线吸收检测法(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)测量的腰椎1~4、股骨颈或全髋部骨密度或桡骨远端1/3 BMD的T-值 $\leq -2.5$ 作为骨质疏松症的诊断标准<sup>[10]</sup>。骨小梁评分(trabecular bone score, TBS)是近几年新引入的一种分析骨小梁微观结构的方法<sup>[11]</sup>。TBS通过从DXA图像中提取纹理信息来分析腰椎,并利用像素差变量的原理计算最终得分。TBS值越高,说明骨微观结构致密,连接良好,跨径间距越小;TBS值越低,说明骨微观结构较弱,抗骨折能力较弱<sup>[12]</sup>。因此,本研究对绝经后女性太极拳锻炼者骨健康状况进行观察性研究,探究太极拳健身项目对中老年人骨健康的长期影响,创新性引入TBS指标,从骨微结构的层面探索性揭示太极拳锻炼对骨健康的影响。

## 资料与方法

### 一、纳入排除标准

纳入标准:(1)年龄分布50~70岁,女性,绝经6个月以上;(2)自愿签订知情同意书;(3)太极拳锻炼者

要求每周至少进行相应锻炼项目3次,每次锻炼的时间不少于60 min,至少参与太极拳锻炼1年以上。

排除标准:(1)长期服用糖皮质激素,或服用过降钙素、双磷酸盐等抗骨吸收或促骨形成药物者;(2)伴有内分泌、代谢类型疾病,恶性肿瘤、骨转移肿瘤或类风湿性关节炎等疾病者;(3)曾做过腰椎或双髋有金属植入等相关手术者;(4)在测试前半年内进行过X线拍摄、CT扫描或其他类似医学检查经历者;(5)身体质量指数(body mass index, BMI)表明体重过轻( $BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$ )或肥胖( $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ )者;(6)排除DXA图像不清、正常椎体不足2个、临近椎体间T值差异超过1.0 SD等情况者。

### 二、一般资料

2023年5至9月通过简单抽样的方法选取绝经后中老年女性作为研究对象233人,经过筛查后123人进入数据处理,其中太极3年以上组( $n=41$ )、太极1年以上组( $n=41$ ),未参加规律体育锻炼的非太极组( $n=41$ )。详见图1。

本研究经北京市体育科学研究所伦理委员会批准,全体受试者均签署了知情同意书,批准文号TK-SLL202311。

### 三、基线数据收集

采用调查问卷收集研究对象的基线数据,通过面对面问答的形式对以下信息进行收集,包括基本

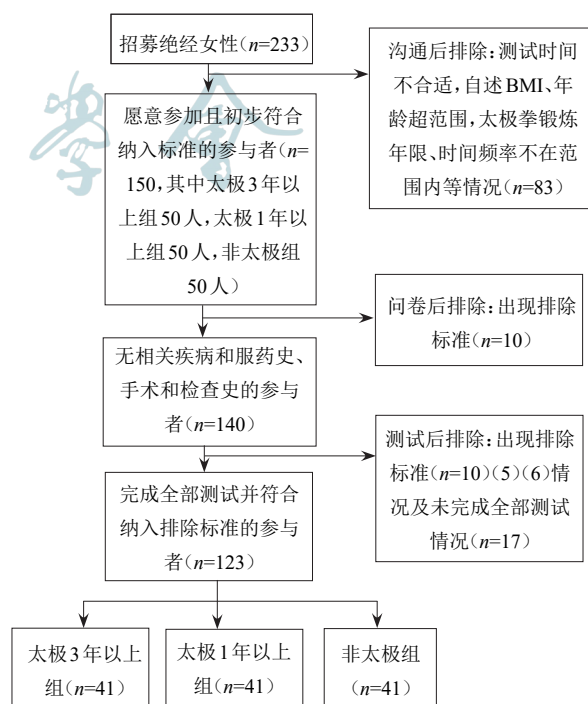


图1 研究对象筛查流程图

信息(性别、出生年月、民族、工作性质及婚姻情况),太极拳锻炼情况(锻炼年限、每周频率及每次时间)以及既往史和健康状况(吸烟与饮酒史、疾病与服药史、月经史、骨折史、生活和饮食习惯等)等。通过测量身高、体质量获得BMI, BMI=体质量(kg)/身高(m)<sup>2</sup>。职业被分为重度劳动(需要使用大量体力的工作)、中度劳动(偶尔需要使用体力的工作)、轻度劳动(不需要使用体力的工作)和没有工作;婚姻状况分为已婚和离婚/丧偶;吸烟情况分为是和否;饮酒情况分为是和否;患病情况分为是(患1种及以上经医院确诊的慢性疾病)和否;因患病服药情况分为是和否;本人骨折情况分为是(发生1次或多次骨折)和否;父母/兄弟姐妹髋骨骨折分为是(因跌倒或碰撞发生的1次或多次髋骨骨折)和否;父母/兄弟姐妹其他类型的骨折分为是(因跌倒或碰撞发生的1次或多次其他部位骨折)和否;每天进食牛奶或奶粉情况分为经常、偶尔和从不;每天进食豆浆情况分为经常、偶尔和从不;近期服用钙片情况分为是和否;服用维生素D类补剂(包括多种维生素和鱼肝油等)情况分为是和否。

#### 四、骨密度和骨小梁评分的测试

采用双能X线骨密度仪(GE Lunar iDXA, 美国)检测左右侧股骨颈(femoral neck, FN)、全髋(total hip, TH)以及腰椎(lumbar spine, LS)骨密度。由同一位实验技术人员进行测试并在扫描前每天进行质量控制程序。运用TBSiNsight®软件(version 2.0.0.1, 法国)分析腰椎DXA图像, 得出骨小梁评分值。据报道<sup>[13]</sup>, 92例在28天内重复进行脊柱DXA扫描的患者的脊柱BMD的短期变异系数在1.7~

2.1%之间。若腰椎存在增生情况, 需要满足至少可以保留2个正常椎体, 并使用该2个正常椎体值得到L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>BMD和L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS值。详见图2~3。

#### 四、统计学方法

采用SPSS 22.0(IBM, 美国)统计学软件进行数据分析。采用Kolmogorov-Smirnov检验数据正态分布情况。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 年龄、身高、体重、BMI、初潮年龄、绝经年龄、股骨颈BMD、全髋BMD、腰椎BMD、腰椎TBS组间比较采用单因素方差分析, 组间两两比较采用多重比较法。计数资料以例(%)表示, 民族、职业、婚姻状况、吸烟情况、饮酒情况、共病情况、服药情况、骨折情况(本人骨折、父母髋骨骨折、兄弟姐妹髋骨骨折、父母其他骨折、兄弟姐妹其他骨折等情况)、每天进食牛奶或奶粉情况、进食豆浆情况、近期服用钙片情况、服用维生素D类补剂等情况组间比较采用卡方( $\chi^2$ )检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

#### 一、三组一般资料比较

本研究共纳入绝经后女性123名, 年龄50~70岁, 平均(60.4±4.2)岁。太极拳锻炼年限为(6.0±5.8)年, 太极3年以上组(10.5±5.3)年, 太极1年以上组(1.6±0.6)年; 每周锻炼频率为(4.9±1.5)次, 太极3年以上组(4.7±1.4)次; 太极1年以上组(5.2±1.5)次; 每次锻炼时间为(101.1±38.5)min, 太极3年以上组(102.8±39.9)min; 太极1年以上组(99.4±37.4)min。所有研究对象均不吸烟不饮酒。太极组以练习传统杨氏太

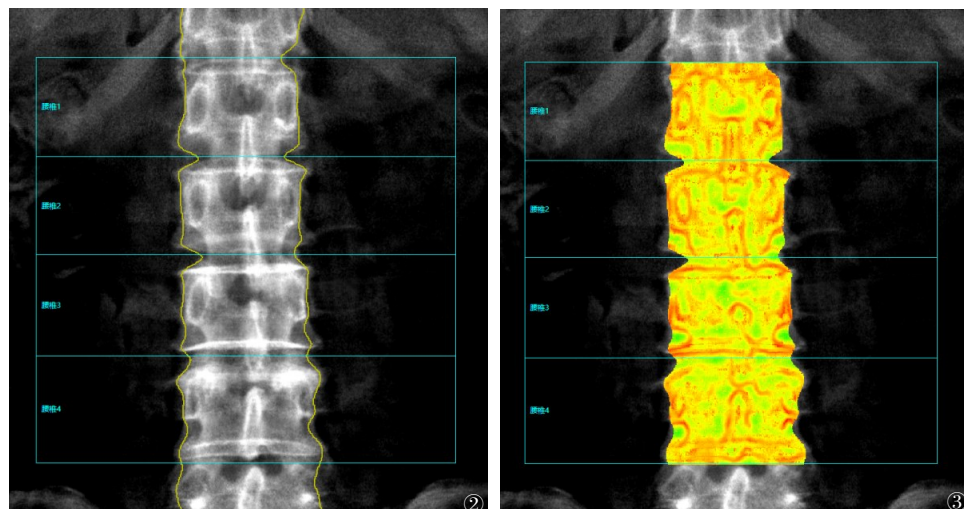


图2~3 腰椎影像学测量图(图2)和TBS示意图(图3)



极和国家体育总局推广太极拳套路24式太极拳为主。单因素方差分析显示,三组年龄、身高、体重、BMI、初潮年龄和绝经年龄均无显著性差异( $P>0.05$ )。三组 $\chi^2$ 检验结果显示,民族、职业、婚姻状况、吸烟情况、饮酒情况、共病情况、服药情况、骨折情况(本人骨折、父母髌骨骨折、兄弟姐妹髌骨骨折、父母其他骨折、兄弟姐妹其他骨折等情况)、每天进食牛奶或奶粉情况、进食豆浆情况、近期服用钙片情况、服用维生素D类补剂等情况等均无显著性差异( $P>0.05$ )。详见表1。

表1 研究对象基本情况表

组别	例数	年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	身高(cm, $\bar{x}\pm s$ )	体质量(kg, $\bar{x}\pm s$ )	BMI(kg/m <sup>2</sup> $\bar{x}\pm s$ )	民族[例(%)]	
						汉族	其他
太极3年以上组	41	60.6±4.6	159.5±4.2	60.3±6.5	23.72±2.38	38(92.7)	3(7.3)
太极1年以上组	41	59.6±4.0	159.0±5.7	62.2±8.0	24.61±2.73	41(100)	0(0)
非太极组	41	60.9±4.1	157.7±5.0	61.6±8.9	24.69±2.98	39(95.1)	2(4.8)
$F/\chi^2$ 值		1.083	1.325	0.603	1.615		3.119
$P$ 值		0.342	0.27	0.549	0.203		0.538

组别	例数	职业[例(%)]				婚姻状况[例(%)]		吸烟情况[例(%)]		饮酒情况[例(%)]	
		重度劳动	中度劳动	轻度劳动	没有工作	已婚	离婚/丧偶	是	否	是	否
太极3年以上组	41	2(4.9)	9(22)	28(68.3)	2(4.9)	37(90.2)	4(9.7)	0(0)	41(100)	0(0)	41(100)
太极1年以上组	41	1(2.4)	4(9.8)	36(87.8)	0(0)	40(97.6)	1(2.4)	0(0)	41(100)	0(0)	41(100)
非太极组	41	6(14.6)	8(19.5)	26(63.4)	1(2.4)	39(95.1)	2(4.8)	0(0)	41(100)	0(0)	41(100)
$F/\chi^2$ 值			10.533			2.721					
$P$ 值			0.104			0.606					

组别	例数	月经史(岁, $\bar{x}\pm s$ )		患病情况[例(%)]		因患病服药情况[例(%)]		本人骨折情况[例(%)]	
		初潮年龄	绝经年龄	是	否	是	否	是	否
太极3年以上组	41	13.9±1.7	50.8±3.5	15(36.6)	26(63.4)	8(19.5)	33(80.5)	5(12.2)	36(87.8)
太极1年以上组	41	13.9±1.5	50.2±3.0	21(51.2)	20(48.8)	13(31.7)	28(68.3)	10(24.4)	31(75.6)
非太极组	41	13.5±1.6	50.5±4.2	22(53.7)	19(46.3)	17(41.5)	24(58.5)	3(7.3)	38(92.7)
$F/\chi^2$ 值		1.064	0.299	2.806		4.646		5.076	
$P$ 值		0.348	0.742	0.246		0.098		0.079	

组别	例数	父母髌骨骨折[例(%)]		兄弟姐妹髌骨骨折[例(%)]		父母其他骨折[例(%)]		兄弟姐妹其他骨折[例(%)]	
		是	否	是	否	是	否	是	否
太极3年以上组	41	4(9.8)	37(90.2)	1(2.4)	40(97.6)	3(7.3)	38(92.7)	3(7.3)	38(92.7)
太极1年以上组	41	2(4.9)	39(95.1)	0(0)	41(100)	4(9.8)	37(90.2)	2(4.9)	39(95.1)
非太极组	41	5(12.2)	36(87.8)	0(0)	41(100)	0(0)	41(100)	1(2.4)	40(97.6)
$F/\chi^2$ 值			1.398		2.016		3.938		1.051
$P$ 值			0.497		0.365		0.14		0.591

组别	例数	每天进食牛奶或奶粉情况[例(%)]			每天进食豆浆情况[例(%)]			近期服用钙片情况[例(%)]		近期服用维生素D类补剂等情况[例(%)]	
		经常	偶尔	从不	经常	偶尔	从不	是	否	是	否
太极3年以上组	41	24(58.5)	13(31.7)	4(9.8)	8(19.5)	29(70.7)	4(9.8)	11(26.8)	30(73.2)	11(26.8)	30(73.2)
太极1年以上组	41	22(53.7)	17(41.5)	2(4.9)	8(19.5)	23(56.1)	10(24.4)	15(36.6)	26(63.4)	12(29.3)	29(70.7)
非太极组	41	23(56.1)	11(26.8)	7(17.1)	4(9.8)	27(65.9)	10(24.4)	9(22)	32(78)	9(22)	32(78)
$F/\chi^2$ 值			4.376			5.309		2.236		0.591	
$P$ 值			0.358			0.257		0.327		0.744	

## 二、三组骨密度的差异情况

在三个解剖区域中,随着锻炼年限的增加,左、右侧股骨颈骨密度,左、右全髋骨密度,腰椎2、腰椎4、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>骨密度都有增加的趋势,但差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。3年以上组左、右侧股骨颈骨密度均大于非太极组,差异具有统计学意义( $P<0.01$ ),左、右侧全髋骨密度均大于非太极组,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。详见表2。

## 三、三组骨小梁评分的差异情况

在三个解剖区域中,随着锻炼年限的增加,腰椎1TBS、腰椎2TBS、腰椎3TBS、腰椎4TBS以及L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS随着锻炼年限的增加,都有增加的趋势,但差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。3年以上组腰椎

4TBS、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS均大于非太极组,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。详见表3。

## 讨 论

本研究结果发现,太极拳规律锻炼3年以上对绝经后女性骨密度和骨微结构有积极作用。骨密度指标方面,在两侧股骨颈、两侧全髋部位均出现了高于无规律锻炼的对照组情况;在骨小梁评分指标方面,第4腰椎和腰椎1~4总评分也均出现高于无规律锻炼对照组的趋势。结果表明,长期太极拳锻炼(3年以上)显示出更为明显的骨健康益处。这一发现为骨质疏松的预防和治疗提供了更加精准的支持

表2 不同锻炼年限股骨颈、全髋、腰椎骨密度差异( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	左股骨颈BMD(g/cm <sup>2</sup> )	右股骨颈BMD(g/cm <sup>2</sup> )	左全髋BMD(g/cm <sup>2</sup> )	右全髋BMD(g/cm <sup>2</sup> )
太极3年以上组	41	0.86±0.12	0.85±0.12	0.94±0.13	0.94±0.13
太极1年以上组	41	0.83±0.14	0.82±0.14	0.91±0.13	0.91±0.13
非太极组	41	0.77±0.11	0.78±0.11	0.87±0.11	0.87±0.11
F值		5.426	3.778	3.009	2.713
P值		0.006	0.026	0.053	0.07

组别	例数	腰椎1BMD(g/cm <sup>2</sup> )	腰椎2BMD(g/cm <sup>2</sup> )	腰椎3BMD(g/cm <sup>2</sup> )	腰椎4BMD(g/cm <sup>2</sup> )	L <sub>1</sub> ~L <sub>4</sub> BMD(g/cm <sup>2</sup> )
太极3年以上组	41	0.92±0.13	1.02±0.19	1.10±0.15	1.13±0.18	1.05±0.15
太极1年以上组	41	0.92±0.15	1.00±0.17	1.11±0.20	1.11±0.21	1.05±0.18
非太极组	41	0.91±0.11	1.00±0.14	1.08±0.16	1.08±0.16	1.02±0.14
F值		0.176	0.348	0.291	0.644	0.383
P值		0.839	0.707	0.748	0.527	0.683

注:太极3年以上组左股骨颈BMD、右股骨颈BMD、左全髋BMD、右全髋BMD、腰椎1BMD、腰椎2BMD、腰椎3BMD、腰椎4BMD、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>BMD与太极1年以上组比较, $t=1.311, P=0.192; t=1.159, P=0.249; t=0.888, P=0.376; t=0.942, P=0.348; t=0.061, P=0.952; t=0.748, P=0.456; t=0.255, P=0.8; t=0.336, P=0.737; t=0.180, P=0.858$ 。太极1年以上组左股骨颈BMD、右股骨颈BMD、左全髋BMD、右全髋BMD、腰椎1BMD、腰椎2BMD、腰椎3BMD、腰椎4BMD、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>BMD与非太极组比较, $t=1.961, P=0.052; t=1.579, P=0.117; t=1.537, P=0.127; t=1.374, P=0.172; t=0.476, P=0.635; t=0.054, P=0.957; t=0.750, P=0.454; t=0.773, P=0.441; t=0.652, P=0.516$ 。太极3年以上组左股骨颈BMD、右股骨颈BMD、左全髋BMD、右全髋BMD、腰椎1BMD、腰椎2BMD、腰椎3BMD、腰椎4BMD、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>BMD与非太极组比较, $t=3.273, P=0.001; t=2.738, P=0.007; t=2.425, P=0.017; t=2.316, P=0.022; t=0.544, P=0.588; t=0.693, P=0.489; t=0.496, P=0.621; t=1.107, P=0.270; t=0.831, P=0.407$

表3 不同锻炼年限骨小梁评分差异(分,  $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	腰椎1TBS	腰椎2TBS	腰椎3TBS	腰椎4TBS	L <sub>1</sub> ~L <sub>4</sub> TBS
太极3年以上组	41	1.27±0.10	1.34±0.11	1.37±0.08	1.42±0.08	1.35±0.08
太极1年以上组	41	1.26±0.11	1.31±0.08	1.36±0.09	1.40±0.08	1.33±0.08
非太极组	41	1.24±0.10	1.30±0.09	1.36±0.08	1.38±0.09	1.32±0.07
F值		1.271	2.039	0.457	2.881	2.001
P值		0.284	0.135	0.634	0.060	0.140

注:太极3年以上组腰椎1TBS、腰椎2TBS、腰椎3TBS、腰椎4TBS、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS与太极1年以上组比较, $t=0.3, P=0.764; t=1.427, P=0.156; t=0.755, P=0.452; t=1.381, P=0.170; t=1.053, P=0.294$ 。太极1年以上组腰椎1TBS、腰椎2TBS、腰椎3TBS、腰椎4TBS、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS与非太极组比较, $t=1.194, P=0.235; t=0.524, P=0.601; t=0.131, P=0.896; t=1.018, P=0.311; t=0.947, P=0.346$ 。太极3年以上组腰椎1TBS、腰椎2TBS、腰椎3TBS、腰椎4TBS、L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>TBS与非太极组比较, $t=1.512, P=0.133; t=1.951, P=0.053; t=0.886, P=0.377; t=2.390, P=0.018; t=2.00, P=0.048$

方案,强调了长期运动对骨骼健康的重要性,对老年女性群体的骨质疏松防治具有重要的指导意义。

骨密度能够反映出骨组织内成分的变化和骨张力与骨应力曲线的改变状况,也是反映骨健康水平的敏感指标,在骨质疏松症的早期诊断、骨折风险预判方面被临床医学广泛采用<sup>[14]</sup>。本研究中,锻炼年限更长的绝经后女性股骨颈骨密度显著高于无规律锻炼人群,这与Qin等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。而锻炼1年以上对改善绝经后女性的骨密度和骨微结构的效果不明显,各部位的骨密度和骨小梁评分与对照组比较均无显著差异。这与有些学者的研究结果不同,如一项对练习太极拳1年(大于1 h/次)的绝经后女性测试发现,太极拳组比对照组在腰椎1、2和4、左股骨颈骨密度有显著性差异<sup>[15]</sup>。赵静等<sup>[16]</sup>对平均锻炼2年以上(5~7次/周,50~60 min/次)的太极、快走、广场舞的老年女性进行调查指出,太极组与无健身爱好的对照组比较,股骨颈和腰椎2~4骨密度均值具有显著差异。并且三种运动方式比较之后发现,单纯的快走对提升老年女性股骨颈骨密度效果不及太极拳。分析造成上述不同研究结果的原因可能与锻炼频率以及每次锻炼持续时间不同有关,锻炼年限短的参与者,依从性相对较差,锻炼频率和每次持续时间相对较少,锻炼效果相对较差。结果提示,未来更多锻炼频率和每次锻炼持续时间的亚组研究显得更为重要。

骨小梁评分是一个相对较新的灰度纹理参数,它提供了关于骨微结构的信息<sup>[17]</sup>。TBS已被证明是脆性骨折的良好预测因子,而不依赖于骨密度和临床危险因素<sup>[12]</sup>。最近一项研究提出了TBS中国标准,即 $TBS \leq 1.31$ 的中国男性和 $TBS \leq 1.27$ 的中国女性可被认为骨微结构减少,发生骨质疏松骨折的风险更高<sup>[12]</sup>。然而,目前体育活动对TBS影响的实证研究相对较少,尤其是在老年运动人群中使用TBS的研究数量更是有限。据我们所知,本研究首次调查了中国绝经后中老年女性太极拳锻炼者的TBS情况,本研究的结果将有助于后续研究确定老年运动人群TBS的特点。一项20周的随机对照试验结果表明,高强度的跳跃运动干预方案对老年妇女的腰椎TBS有显著改善,骨折风险显著降低<sup>[18]</sup>。Jain等<sup>[19]</sup>的研究指出每天只要5~20 min中等到剧烈体力活动(Moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)就有更高的BMD和TBS。研究进一步指出,对于年龄较大者来说,体力活动水平较高的人骨折风险更低。

在一项关于老年人肌肉力量和身体功能与TBS关系的研究中指出,最大肌肉力量和TBS之间有适度的关联,上肢力量(主要是背部和肩膀)是TBS的最强的预测因子,针对背部力量的运动锻炼对于预防老年人椎体骨折非常重要<sup>[20]</sup>。从太极拳健身项目特点分析,很多动作要求练习者采取半蹲姿势,不断控制身体姿势的稳定性,保持气沉丹田的状态进行练习,这对肩背部和腰腹部肌群起到不断刺激的作用,因此,长期练习太极拳对受试者腰椎产生应力变化,进而对骨密度和骨微结构有积极影响。太极拳作为运动锻炼的手段,锻炼年限更长的中老年女性腰椎TBS明显更高,并且TBS可能比BMD更早发生反应,指标表现更灵敏。同时这也有可能是因为,老年人的腰椎退行性改变尤其是腰椎椎体的骨质增生和硬化会影响DXA腰椎BMD测量结果的假性增高。虽然TBS腰椎测量的感兴趣区与DXA腰椎BMD测量的感兴趣区相同,但研究表明TBS可不受腰椎退行性改变的影响。这可解释为TBS主要反映骨微结构的像素之间的灰阶差异,而腰椎退行性改变多在腰椎椎体的周边,且影像致密、灰阶差异小,因此其对TBS所测量的椎体内微结构的影响并不明显,而对DXA测量所含的周边BMD影响较大<sup>[21]</sup>。

太极拳对骨健康的益处影响可能是具有时间依赖性的。例如,郁嫣嫣和龚敏均以太极拳锻炼5年为分界,探讨了太极拳对骨密度影响。龚敏等<sup>[22]</sup>将太极拳锻炼5年以上(5~7次/周,1 h/次)的老年人与不参加有意识锻炼的普通老年人进行比较,发现太极拳锻炼5年以上的老年人股骨颈BMD和腰椎2~4 BMD均显著高于普通老年人。该研究进一步将老年太极拳锻炼者分为锻炼年限5~10年组和锻炼年限大于10年组,两组所有部位的骨密度均无显著差别。该研究指出太极拳练习年限超过5年后,锻炼的年限对各部位骨密度的影响并不明显。郁嫣嫣等<sup>[23]</sup>同样以5年为界,将1年以上的太极拳锻炼者(大于1 h/次)分为1~5年和大于5年两组进行比较,发现两组在左股骨颈、腰椎1和2部位BMD均有显著性差异。Qin等<sup>[24]</sup>的研究认为,平均太极拳锻炼8.7年(>3.5 h/周)的绝经后女性在股骨颈和腰2~4部位BMD显著高于不运动对照组。结合本研究的结果,平均锻炼增加到10.5年后,绝经后中老年女性太极拳锻炼者不仅在股骨颈和全髋部位显著高于非太极组,而腰椎骨小梁评分也出现了明显差异,结果提示足够长时间的太极拳锻炼可能是在骨微结构上提升



了骨健康水平。

本研究存在一定的局限性:首先,本研究并不能完全排除其他因素(如日照、绝经前已经开始进行太极拳锻炼等)对实验结果造成的影响,并且基线数据收集主要集中于某特定区域,未进一步扩大至更广泛的地理范围。其次,本研究为观察性横断面研究,仅能报告更长时间的锻炼年限可能和更高的BMD和TBS之间的联系,无法确定是否存在因果关系。最后,本研究的组间比较结果需谨慎解读,受样本量限制,部分分析可能存在统计不确定性,未来需要更大规模研究验证。

## 参 考 文 献

- Shevraja E, Reginster JY, Lamy O, et al. Update on the clinical use of trabecular bone score (TBS) in the management of osteoporosis: results of an expert group meeting organized by the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO), and the International Osteoporosis Foundation (IOF) under the auspices of WHO Collaborating Center for Epidemiology of Musculoskeletal Health and Aging [J]. *Osteoporos Int*, 2023, 34(9): 1501-1529.
- Eastell R, O'Neill TW, Hofbauer LC, et al. Postmenopausal osteoporosis [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2016, 2: 16069.
- Ireland A, Mittag U, Degens H, et al. Greater maintenance of bone mineral content in male than female athletes and in sprinting and jumping than endurance athletes: a longitudinal study of bone strength in elite masters athletes [J]. *Arch Osteoporos*, 2020, 15(1): 87.
- Russo CR. The effects of exercise on bone. Basic concepts and implications for the prevention of fractures [J]. *Clin Cases Miner Bone Metab*, 2009, 6(3): 223-228.
- 段德键, 武冬, 李文博, 等. 太极拳促进健康研究的现实审思与未来向度 [J]. *北京体育大学学报*, 2024, 47(3): 145-156.
- Wu HY, Wang YR, Wen GW, et al. Tai Chi on bone mineral density of postmenopausal osteoporosis: A protocol for systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine*, 2020, 99e21928.
- Xie BC, Chen SC, Wu JH, et al. The effects of Tai Chi exercise on bone mineral density in postmenopausal women [J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2018, 59(6): 1093-1094.
- Liu F, Wang S. Effect of Tai Chi on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized control trials [J]. *J Chin Med Assoc*, 2017, 80(12): 790-795.
- Zou LY, Wang CY, Chen K, et al. The effect of taichi practice on attenuating bone mineral density loss: a systematic review and Meta-Analysis of randomized controlled trials [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(9): 1000.
- 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2022, 15(6): 573-611.
- McCloskey EV, Odén A, Harvey NC, et al. A Meta-Analysis of trabecular bone score in fracture risk prediction and its relationship to FRAX [J]. *J Bone Miner Res*, 2016, 31(5): 940-948.
- Wu HH, Wu B, Zhang SJ, et al. Establishing age-adjusted trabecular bone score curves using dual-energy X-ray absorptiometry in Chinese women and men: a cross-sectional study [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13(4): 2478-2485.
- Silva BC, Leslie WD, Resch H, et al. Trabecular bone score: a non-invasive analytical method based upon the DXA image [J]. *J Bone Miner Res*, 2014, 29(3): 518-530.
- Qin L, Choy W, Leung K, et al. Beneficial effects of regular Tai Chi exercise on musculoskeletal system [J]. *J Bone Min Metab*, 2005, 23: 186e90.
- 邹军, 林菲, 张丽, 等. 长期太极拳运动对绝经后妇女骨密度和平衡能力的影响 [J]. *中国康复理论与实践*, 2011, 17(1): 80-82.
- 赵静, 程亮. 不同方式长期运动对老年女性骨密度的影响 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2020, 26(1): 50-53.
- Silva BC, Walker MD, Abraham A, et al. Trabecular bone score is associated with volumetric bone density and microarchitecture as assessed by central QCT and HRpQCT in Chinese American and white women [J]. *J Clin Densitom*, 2013, 16(4): 554-561.
- Pinho JP, Forner-Cordero A, Rodrigues Pereira RM, et al. A High-Intensity exercise intervention improves older women lumbar spine and distal tibia bone microstructure and function: a 20-Week randomized controlled trial [J]. *IEEE J Transl Eng Health Med*, 2020, 8: 1-8.
- Jain RK, Vokes T. Physical activity as measured by accelerometer in NHANES 2005-2006 is associated with better bone density and trabecular bone score in older adults [J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 29.
- Seaton MP, Nichols JF, Rauh MJ, et al. Associations of lean mass, muscular strength, and physical function with trabecular bone score in older adults [J]. *J Clin Densitom*, 2023, 26(3): 1-5.
- 余卫, 管文敏. 腰椎骨小梁分数临床应用 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2019, 12(1): 82-93.
- 龚敏, 张素珍, 王斌, 等. 长期太极拳练习对老年人骨密度的影响 [J]. *中国临床康复*, 2003, 7(15): 2238-2239.
- 郁嫣嫣, 祁奇, 余波, 等. 太极拳锻炼对绝经后女性骨密度的影响 [J]. *中国康复理论与实践*, 2012, 18(2): 155-157.
- Qin L, Au S, Choy W, et al. Regular Tai Chi chuan exercise May retard bone loss in postmenopausal women: a case-control study [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2002, 83(10): 1355-1359.

(收稿日期: 2024-09-05)

(本文编辑: 吕红芝)

孙金秋, 杨俊超, 苏佳, 等. 太极拳锻炼对绝经后女性骨密度和骨小梁评分的影响 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2025, 11(1): 22-28.