

太极拳运动对骨量骨密度及骨转换标志物影响

张玲莉, 吴伟, 余竹生(上海体育学院, 上海市 200438)

文章亮点:

- 1 此问题的已知信息: 太极拳是受中国传统哲学影响最深的一个拳种, 作为一种身心运动正逐渐被国外所认可, 其既可作为一种预防疾病、保持健康的运动方式, 也可以作为某些健康问题的干预手段。运动通过促进或抑制成骨细胞和破骨细胞的发育, 提高或抑制成骨细胞和破骨细胞的活性, 对骨转换起加速或延迟的作用。
- 2 文章增加的新信息: 总结太极拳对老年人和骨质疏松症患者骨量、骨密度等相关指标的实验研究, 发现太极拳通过影响骨转换相关激素、调节雌激素和细胞因子来维持骨量; 进一步推论其机制可能是通过抑制骨吸收、促进骨形成来维持老年人的骨量, 但是太极拳对于骨质疏松症患者骨量的影响尚未明确。
- 3 临床应用的意义: 通过检测老年人和骨质疏松症患者骨量、骨密度以及血、尿样本中骨转换标志物的水平, 对于评价太极拳对骨代谢状态的影响有重要意义, 同时为推广太极拳运动提供了理论依据。

关键词:

组织构建; 骨组织工程; 太极拳; 骨形成; 骨吸收; 骨量; 骨密度; 骨转换生化标志物; 雌激素; I型胶原交联N末端肽; I型胶原C末端肽; 脱氧吡啶啉; 前胶原肽(PICP和PINP)

主题词:

太极; 骨密度; 代谢; 组织工程

基金资助:

“上海市人类运动能力开发与保障重点实验室(上海体育学院)(11DZ2261100)”资助

缩略语:

I型前胶原羧基末端(C端)前肽: procollagen type I carboxy-terminal propeptide, PICP; I型前胶原氨基末端(N端)前肽: procollagen type I amino-terminal propeptide, PINP

摘要

背景: 太极拳作为一种身心运动正逐渐被国外所认可, 其既可作为一种预防疾病、保持健康的运动方式, 也可以作为某些健康问题譬如骨质疏松症的干预手段。

目的: 分析太极拳对老年人和骨质疏松症患者骨量、骨密度以及血液和尿样本中骨转换标志物水平的影响。

方法: 计算机检索 PubMed 数据库和万方医学网相关文章, 英文检索词为“Taichi, bone mass, bone mineral density, bone turnover biochemical markers, bone formation, bone resorption, estrogen, alkaline phosphatase, PICP, PINP, pyridinoline”; 中文检索词为“太极拳; 骨量; 骨密度; 骨转换生化标志物; 骨形成; 骨吸收; 雌激素; 碱性磷酸酶; I型前胶原羧基末端(C端)前肽和氨基末端(N端)前肽; 吡啶啉”。收集太极拳运动对骨骼影响的相关文章 48 篇进行探讨。

结果与结论: 总结太极拳对老年人和骨质疏松症患者骨量、骨密度等相关指标的实验研究, 发现太极拳通过影响骨转换相关激素、调节雌激素和细胞因子来维持人体骨密度和骨矿含量。由于动物学实验行不通, 加之涉及到机制研究的骨组织形态计量学、蛋白和 RNA 定位定量、细胞活性增殖分化实验一概无法进行, 所以太极拳对骨骼的影响机制研究较少, 仅仅只能从血液和尿液中骨转化生化标记物的水平来判断, 虽然生化标志物较之于骨密度较早地出现变化, 多项研究也结合骨密度指标, 进一步推论其机制可能是通过抑制骨吸收、促进骨形成来维持老年人的骨量, 但是太极拳对于骨质疏松症患者骨量的影响尚未明确。

张玲莉, 吴伟, 余竹生. 太极拳运动对骨量骨密度及骨转换标志物影响[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(51): 8317-8321.

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.51.021

Effects of T'ai Chi on bone density and bone turnover markers

Zhang Ling-li, Wu Wei, Yu Zhu-sheng (Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract

BACKGROUND: T'ai Chi as a physical and mental movement is gradually being recognized abroad. It can be used as a kind of exercise for preventing disease and remaining health, and of course, it can also be used as an intervention in some health problems such as osteoporosis.

OBJECTIVE: To analyze the effect of T'ai Chi on bone mass, bone mineral density and levels of bone turnover markers in the blood and urine samples of the elderly and osteoporosis patients.

METHODS: Databases of PubMed and Wanfang were retrieved with key words of “Taichi, bone mass, bone mineral density, bone turnover biochemical markers, bone formation, bone resorption, estrogen, alkaline

张玲莉, 女, 1989年生, 汉族, 安徽省淮南市人, 上海体育学院在读博士, 主要从事运动训练与骨代谢的研究。

通讯作者: 余竹生, 教授, 上海体育学院, 上海市 200438

中图分类号: R318

文献标识码: A

文章编号: 2095-4344

(2015)51-08317-05

稿件接受: 2015-09-24

http://www.crter.org

Zhang Ling-li, Studying for doctorate, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

Corresponding author: Yu Zhu-sheng, Professor, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

Accepted: 2015-09-24

phosphatase, PICP, PINP, pyridinoline” in English and Chinese, respectively, by screening titles and abstracts to search papers related to Tai Chi effects on the bone. Finally, 48 relevant papers were discussed.

RESULTS AND CONCLUSION: Tai Chi effects on bone mass, bone density and other related indicators of the elderly and patients with osteoporosis in some experimental research were summarized and we found that Tai Chi maintains bone mass through influencing bone turnover related hormones, estrogen and cytokines. Because the general zoology experiment and the involved mechanism studies about bone histomorphometry, positioning and quantification of protein and RNA, active cell proliferation and differentiation experiments cannot work, little is reported on the effects of Tai Chi on bone mechanism. We can only make a judgment based on the levels of bone turnover markers in the blood and urine. Although the bone biochemical markers have earlier changes than the bone mineral density and based on the bone mineral density, several studies have further deduced that Tai Chi can maintain the bone mass in the elderly by inhibiting bone resorption and promoting bone formation, Tai Chi effects on the bone mass of osteoporosis patients are still unclear.

Subject headings: Tai Ji; Bone Density; Metabolism; Tissue Engineering

Funding: a grant from Shanghai Key Laboratory for Development and Protection of Human Exercise Capacity (Shanghai University of Sport), No. 11DZ2261100

Zhang LL, Wu W, Yu ZS. Effects of Tai Chi on bone density and bone turnover markers. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2015;19(51): 8317-8321.

0 引言 Introduction

太极拳是受中国传统哲学影响最深的一个拳种,其拳理的核心是太极学说,它是以太极说为中心,包括无极说、阴阳说等理论在内的中国古典哲学体系,体现了中国传统的养生文化和健身特色^[1-2]。研究发现,太极拳作为一种身心运动正逐渐被国外所认可^[1, 3-8],其既可作为一种预防疾病、保持健康的运动方式,也可以作为某些健康问题的干预手段。

脊椎动物的骨骼起源于3个不同的位置:神经管脊外胚层-大部分颅面骨,生骨节、成熟体节的分化部分-肋骨和椎骨,侧板中胚层-四肢骨骼。骨骼是运动系统的重要组成部分,骨以不同形式的骨连接联结在一起,形成人体体形的基础,并为肌肉提供了广阔的附着点。运动可以改善骨代谢、提高骨密度和预防骨质疏松症,几乎所有研究都提示运动与骨量的变化有着明确关系^[9]。体育锻炼是影响骨量的主要因素之一,虽不能完全控制随着年龄增长、绝经等导致的骨矿含量的减少,但对骨的血液循环有着积极的作用,有助于防止骨流失,有效刺激骨细胞的生成^[10-11]。太极拳作为具有提高身心健康、辅助治疗慢性病及康复的一项运动项目^[12],其运动强度在24.74%-45.00%VO_{2max}^[13],是一种中低强度的运动特别适合老年人^[14]。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 资料来源

检索人相关内容: 第一作者。

检索时间范围: 1998年1月至2015年6月。

检索数据库: PubMed数据库(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), 万方医学网(<http://med.wanfangdata.com.cn/>)。

检索词: 英文检索词包括“Taichi, bone mass, bone mineral density, bone turnover biochemical markers, bone formation, bone resorption, estrogen, alkaline

phosphatase, PICP, PINP, Pyridinoline”; 中文检索词包括“太极拳; 骨量; 骨密度; 骨转换生化标志物; 骨形成; 骨吸收; 雌激素; 碱性磷酸酶; I型前胶原羧基末端(C端)前肽和氨基末端(N端)前肽; 吡啶啉”。

1.2 入选标准

纳入标准: ①太极拳对老年人和骨质疏松患者骨量和骨密度影响相关的文章。②太极拳对骨形成生化标志物的影响相关的文章。

排除标准: 与研究目的相关性差及内容重复。

1.3 质量评估 检索得到的包括英文文献和中文文献,通过阅读标题和摘要进行初筛,排除因研究目的不符和重复性文章,查阅全文,判断与纳入标准一致的文章,最后选择48篇进行归纳总结。

2 结果 Results

2.1 太极拳可维持人体骨密度和骨矿含量 骨代谢指标可以敏感地反映短时间内骨变化水平的情况,其最终结果会直接表现为骨量和骨密度的变化。成年人和老年人骨骼的骨量主要取决于骨峰值和后来的丢失率。骨代谢的紊乱很容易引起骨疾病的发生,比如骨质疏松症,进而存在骨折风险。现在公认发生骨质疏松症的原因主要是失重和女性绝经后相关雌激素分泌下降^[15-16],也发于男性^[17]。因此,预防由于骨量减少而造成的骨质疏松症,有效的方法就是提高年轻时的骨峰值,并通过改变生活方式减缓骨量丢失率,譬如改变久坐的静止生活方式。

骨量的获得主要是在发育期生长期间,且一般在23岁左右达到骨峰值。峰值骨量和强度对于骨折风险来说是两个重要影响因素。年轻时增加峰值骨量可以有效地防止随着年龄增长而造成的骨质流失,降低跌倒风险。另外,静止性生活、卧床、吸烟、饮酒过度、咖啡因过量等不良生活方式因素也是骨质疏松症发生的风险因素。

王忠山^[18]对习太极拳老人进行为期3年的追踪调查发现,长期从事太极拳运动可使体内骨矿含量自然丢失

率降低,使骨密度多年保持稳定。杜新星等^[19]研究发现太极柔力球运动可有效减轻围绝经期女性因增龄而引起的骨密度下降的趋势,同时能提高血液镁、钙和磷的含量,对于维持围绝经期女性的骨矿含量,保持骨健康具有积极作用。Qin等^[20]研究发现规律性的太极拳运动可以提高绝经后女性的骨密度。上述研究通过受试者自身前后纵向对比,发现习练太极拳虽不至于改变因增龄和雌激素下降而造成人体的骨量丢失、骨密度下降,但至少可以维持骨量和骨密度。

高元元等^[21]通过比较常年练习太极拳老年女性和无锻炼习惯老年女性的骨强度、骨密度,发现长期练习太极拳的老年女性其跟骨骨强度、第二腰椎骨密度、股骨颈骨密度均显著高于对照组。刘长江等^[22]研究发现,从事规律性太极拳锻炼的退休知识女性组的骨密度显著高于对照组。Woo等^[23]研究太极拳和抗阻运动对社区老年人骨密度的影响。结果表明,太极拳组和抗阻运动组老年女性全髋关节骨密度均比对照组流失减少,但老年男性却未出现差异。龚敏等^[24]研究发现,长期练习太极拳老年组各部位的骨密度均显著高于普通老年组,提示长期坚持太极拳练习可有效地减轻老年人因增龄而引起的骨密度下降。周勇等^[25-26]研究发现,干预后绝经后女性太极推手组骨矿含量全面增加,骨密度增大,而对照组则骨量丢失,骨密度下降;并且发现在停训后一段时间内太极推手锻炼有维持骨量的效应。上述研究通过设计组别不同进行横向比较,发现太极拳组较之于对照组-不运动组的受试者其骨量或骨密度均呈现出较好趋势。

Wayne等^[27]纵向研究发现参加太极训练的绝经后女性其骨密度下降率降低;横断面研究发现长期的太极训练其骨密度高于同龄久坐不动控制组,且绝经后的骨密度下降率降低;且并没有相关不良反应出现。

总结多项研究分析发现,健康老年人习练太极拳进行自身前后对比,和无运动的老年人相比,改变静止性的生活方式,从而减缓骨丢失,降低骨丢失率,维持现有的骨密度和骨矿含量。

2.2 太极拳可增加骨质疏松患者的骨密度 骨质疏松症是一种慢性疾病,其特点是低骨量和骨组织结构恶化,骨骼脆弱^[26],骨吸收大于骨形成,破坏了骨代谢这一平衡而导致的,分为原发性骨质疏松症、继发性骨质疏松症和特发性骨质疏松症3种^[28]。其中原发性属于最常见的一种,随年龄增长必须发生的生理性退行性病变,又可以分为绝经后骨质疏松症和老年性骨质疏松症。虽然激素替代疗法和骨吸收药物的补充可以阻止由于绝经后造成的低骨量,但是也会带来一定的负面影响^[29]。宋桦^[30]研究太极拳锻炼对原发性骨质疏松症患者骨密度及骨代谢的影响,发现实验后太极拳锻炼的患者腰椎、股骨密度明显增加。

太极拳对停经后骨质疏松妇女的研究较少,建议使用多元化工具测量同一指标以提供更完善的成效评价,

譬如针对骨形成即成骨细胞含量可检测血清中的碱性磷酸酶、骨钙素和胶原前肽(PICP和PINP);针对骨吸收即破骨细胞水平可检测血清中的羟脯氨酸(HOP),也可检测尿液中的脱氧吡啶啉和I型胶原C端肽;结合双能X射线扫描的骨密度指标等等,增加研究信效度^[31]。

2.3 太极拳维持或增加骨量的调节机制

2.3.1 太极拳对骨转换相关激素的影响 骨骼活动的评价完全取决于对其组成细胞数量和活性的测量,对于骨形成而言是成骨细胞数量和活性的测量,对于骨吸收而言是破骨细胞数量和活性的测量。通过促进或抑制成骨细胞和破骨细胞的发育,提高或抑制成骨细胞和破骨细胞的活性,对骨重建起加速或延迟的作用。破骨细胞不断清除旧骨、成骨细胞形成类骨质并进行矿化的过程即为骨转换,这两个过程在时间和空间上紧密耦联并发生在同一骨重建单位中。

骨量是骨吸收和骨形成的结果,在发育前和发育期间,骨形成速率超过骨吸收的速率,骨骼迅速增长。成年后,骨吸收和骨形成达到一个平衡状态,骨量保持稳定。绝经后女性,骨吸收超过骨形成,导致骨丢失和骨质疏松的发生。

Yoshimura等^[32]对400名男女从40岁到79岁间历时40年做追踪调查,在最后10年进行太极拳干预,测试血液尿液中骨转换标记物生物化学指标,结果表明,70-79岁年龄段男性的前胶原肽N端肽(PINP)显著下降,女性的PINP、胶原衍生交联(I型胶原C端肽、I型胶原交联N末端肽)、脱氧吡啶啉均显著下降,表明太极拳可以抑制骨吸收。PINP骨形成标志物,其浓度变化反映新合成的I型胶原的变化^[33],I型胶原C端肽、I型胶原交联N末端肽、脱氧吡啶啉均为骨吸收生化标志物^[34]。Yoshimura等^[35]在另一篇文章中实验结果也显示,停经后女性经过习练太极拳后I型胶原C端肽、I型胶原交联N末端肽显著下降。

Shen等^[36-38]研究显示,绿茶多元酚(GTP)的补充和太极运动增加了绝经后并伴有骨量减少的女性的骨碱性磷酸酶(BAP)-骨生成标记物,提高骨碱性磷酸酶/抗酒石酸酸性磷酸酶的比值(BAP/TRAP);太极运动则增加血清中甲状旁腺激素,骨转换血清标志物的一种。补充绿茶多元酚(GTP结合太极运动,可以改善绝经后半骨量减少妇女的肌肉力量^[36](图1)。

从上述的研究可以看出,检测指标均为血液或尿液中的骨转换相关生化标志物,经过太极干预后,机体内I型胶原C端肽、I型胶原交联N末端肽、脱氧吡啶啉显示破骨细胞活性和水平的标记物的下降,以及碱性磷酸酶、甲状旁腺激素代表成骨细胞活性的标志物的增加,可以推论,太极拳是通过抑制骨吸收、促进骨形成来维持老年人骨量的。但同时意识到两点,Yoshimura等^[35]进行的系列性实验中结果显示,PINP这一骨形成

标志物却下降了。90%以上的骨基质是由I型胶原组成,成骨细胞合成I型前胶原分子,其羧基末端和氨基末端有延伸的多肽,分泌到胞外后被特异性酶分解,去除两端的多肽,产生血清I型前胶原羧基末端(C端)前肽(PICP)和I型前胶原氨基末端(N端)前肽(PINP),因此PICP和PINP反映了I型胶原的合成和转化,二者水平升高提示I型胶原合成加快,骨形成活跃。PICP和PINP受昼夜节律和饮食的影响较小^[39-40],且不受激素影响^[41],是反映骨形成更为特异和敏感的指标,这一点有待实验论证。另一方面,上述实验受试者的选取均为骨量减少的老年人,并未使原发性骨质疏松患者,所以仅仅只能推论太极拳运动可以通过抑制骨吸收、促进骨形成来维持老年人骨量,对于骨质疏松症患者骨量的影响尚未明确。

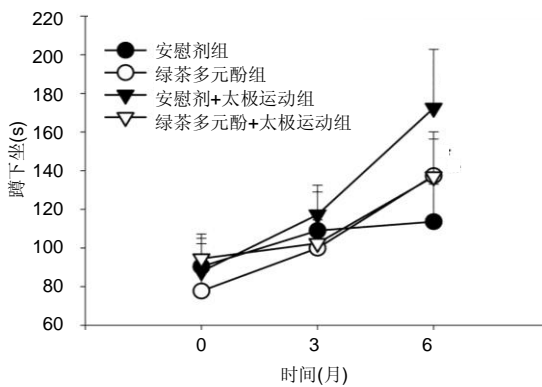


图1 补充绿茶多元酚(GTP)和太极运动对肌力的影响^[36]

因此,太极拳可以通过减缓由于老化和绝经而引起的骨量丢失,进而提高骨密度和骨矿含量,预防骨质疏松,其中较低的运动强度适合老年人从事锻炼。

2.3.2 太极拳通过调节雌激素和细胞因子来维持骨量 太极拳对各种细胞因子,譬如肿瘤坏死因子、白细胞介素1、白细胞介素6,白细胞介素8,白细胞介素10有影响^[42],提高CD34⁺数^[43]。其中白细胞介素6及肿瘤坏死因子是近年来被认为病理条件下调节骨吸收的重要因子,与雌激素的关系更是研究热点^[44]。

董莲萍等^[45]研究发现雌激素缺乏引起绝经后骨质疏松症,雄激素缺乏可引起破骨细胞骨重建活性的增强,也可引起骨质疏松症。梁君慧等^[46]报道绝经后妇女血清中雌二醇、生长激素与骨密度呈正相关。Qian等^[47]对GTP的补充和太极运动的研究也得出二者有效降低氧化应激的水平,可以改善绝经后老年女性骨健康状况。

雌激素对骨细胞和骨髓细胞有直接作用,并分泌局部调节因子,或调节这些细胞对局部调节因子和全身激素的反应性而影响骨代谢;还可通过调节骨髓中免疫细胞和造血细胞,产生一种或多种调节因子而间接作用于骨组织^[28]。

3 结语 Conclusion

太极拳作为具有提高身心健康、辅助治疗慢性病及

康复的一项运动项目^[12],较之于有氧运动来说,骨密度增加,且效果明显,易于持久锻炼;较之于抗阻运动来说,强度适合,运动量易控制,特别适合于老年体弱多病强身健体之用。Jahnke等^[48]通过搜索大量的文献得出在健康方面相关研究中太极拳和气的功用相似、等价,平衡能力得到改善。

太极拳对骨骼的影响机制研究较少,主要有两个方面:一是动物学实验行不通,虽然太极拳的运动强度约在24.74-45.00%VO_{2max}^[13],但是其对骨骼、关节、协调平衡性的影响效果绝不是仅仅24.74%-45.00%VO_{2max}的承重运动(跑台)或非承重运动(游泳)等项目可以达到的;二是涉及到机制研究的骨组织荧光标记技术、骨组织形态计量学、蛋白和RNA定位定量、细胞活性增殖分化实验一概无法进行。所以仅仅只能从宏观的骨密度、血液和尿液中骨转化生化标记物的水平来判断,虽然生化标志物较之于骨密度较早地出现变化,多项研究也结合骨密度指标,但太极拳引起骨转换变化的机制始终未得到定论。

作者贡献: 设计为第一作者和通讯作者,资料收集为全体作者,第一作者成文,通讯作者审校。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 没有与相关伦理道德冲突的内容。

文章查重: 文章出版前已经过CNKI反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 本刊实行双盲外审制度,文章经国内小同行外审专家审核,符合本刊发稿宗旨。

学术术语: 骨转换标志物? 骨转换标志物是一些骨骼重建过程中,存在于血液或尿液中的产物,可用于评价骨吸收和骨形成率是否正常,提示潜在的骨骼疾病。骨转换标志物还可预测骨折风险,监测骨骼疾病患者的疗效,如骨质疏松症。

作者声明: 文章第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] 晏利姣,郝玉芳.运用Endnote和Refvix文献分析软件对太极拳相关英文文献的分析[J].中国运动医学杂志,2013,32(7):629-632.
- [2] 孔祥华,刘小平.太极拳概念的界定[J].体育学刊,2009,16(7):102-104.
- [3] 吴松.太极拳对老年人的健身功效研究述评[J].搏击·武术科学,2006,3(1):39-42.
- [4] 王雪芹.太极拳的生理医学效应研究进展[J].中国体育科技,2011,47(4):113-120.
- [5] 崔巴特尔,王卓涛,李立,等.太极拳运动对老年人身心健康影响的研究进展[J].中国老年学杂志,2011,31(9):1716-1718.
- [6] 楼文赞.太极拳锻炼对人体作用的研究[J].南京体育学院学报,2003,17(6):170-171.

- [7] 赵凤娟,颜波.浅析太极拳的健身功能[J].搏击武术科学,2010,7(3):40-41.
- [8] Kelly GA, Kelly KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women:a meta analysis of controlled trials. *Am J Phys Med Rehabil.*2001;80(1):65-77.
- [9] 金续忠,沙海燕.运动与骨密度的研究进展[J].安徽体育科技, 2003, 24(4):50-53.
- [10] Elaine MM.Designing exercise programs to lower fracture risk in mature women. *Strength Conditioning J.*2006; (1):24-30.
- [11] Mayhew PM, Thomas CD, Clement JG, et al. Relation between age, femoral neck cortical stability, and hip fracture risk. *Lancet.* 2005;9480:129-136.
- [12] 张静文,杨扬,唐宏亮.太极拳干预社区中老年人亚健康状态的临床随机对照试验[J].南京体育学院学报:自然科学版,2011, 10(6):18-20.
- [13] 李建国.老年健身太极拳运动强度探析[J].科技信息,2013, (21):174.
- [14] Lui PP, Qin L, Chan KM. Tai Chi Chuan exercises in enhancing bone mineral density in active seniors. *Clin Sports Med.* 2008; 27(1):75-86, viii.
- [15] Yoshimura N, Hashimoto T, Morioka S, et al. Determinants of bone loss in a rural Japanese community: the Taiji Study. *Osteoporos Int.* 1998;8(6):604-610.
- [16] Yoshimura N, Kasamatsu T, Sakata K, et al. The relationship between endogenous estrogen, sex hormone-binding globulin, and bone loss in female residents of a rural Japanese community: the Taiji Study. *J Bone Miner Metab.* 2002;20(5):303-310.
- [17] Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al. Capacity of endogenous sex steroids to predict bone loss in Japanese men: 10-year follow-up of the Taiji Cohort Study. *J Bone Miner Metab.* 2011; 29(1):96-102.
- [18] 王忠山.习太极拳老人骨健康状况的多年追踪研究[J].体育科学, 2000;20(1):79-81.
- [19] 杜新星,张明军,苟波,等.太极柔力球运动对围绝经期女性雌激素及骨代谢指标的影响[J].西安体育学院学报,2014,31(4):459-463.
- [20] Qin L, Choy W, Leung K, et al. Beneficial effects of regular Tai Chi exercise on musculoskeletal system. *J Bone Miner Metab.* 2005;23(2):186-190.
- [21] 高元元,王志鹏,刘晓军.长期习练太极拳对老年女性骨健康状况与骨代谢的影响[J].北京体育大学学报,2010,33(9):60-62.
- [22] 刘长江,刘刚.规律性太极拳锻炼对退休知识女性血脂、瘦素水平及骨密度的影响[J].辽宁体育科技,2014,36(3):55-58.
- [23] Woo J, Hong A, Lau E, et al. A randomised controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. *Age Ageing.* 2007;36(3):262-268.
- [24] 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.
- [25] 周勇.传统体育对绝经女性骨密度的影响[J].北京体育大学学报, 2004,27(3):354-360.
- [26] 周勇,李靖,陈冰,等.太极推手锻炼与补钙对绝经女性骨密度的影响[J].中国运动医学杂志,2005,24(1):106-108.
- [27] Wayne PM, Kiel DP, Krebs DE, et al. The effects of Tai Chi on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(5):673-680.
- [28] 楼华.老年性骨质疏松及其运动疗法的干预[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(52):10671-10674.
- [29] Schmitt NM, Schmitt J, Dören M.The role of physical activity in the prevention of osteoporosis in postmenopausal women-An update. *Maturitas.* 2009;63(1):34-38.
- [30] 宋桦.太极拳锻炼对原发性骨质疏松症患者骨密度及骨代谢的影响[J].体育学刊,2008,15(15):106-108.
- [31] Chang TJ, Ting YT, Sheu SL, et al. Effects of tai chi in postmenopausal women with osteoporosis: a systematic review. *Hu Li Za Zhi.* 2014;61(5):75-84.
- [32] Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al. Biochemical markers of bone turnover as predictors of osteoporosis and osteoporotic fractures in men and women: 10-year follow-up of the Taiji cohort. *Mod Rheumatol.* 2011;21(6):608-620.
- [33] 许爱萍.骨代谢标志物与绝经后妇女骨质疏松症的相关性研究[J].检验医学与临床,2009,6(24):2109-2110.
- [34] 张玲莉,陈炳霖,邹军.运动影响骨转换:促进或抑制骨细胞/破骨细胞的发育和活性[J].中国组织工程研究,2014, 18(42):6838-6843.
- [35] Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al.Changes in serum levels of biochemical markers of bone turnover during 10 years among Japanese men and women: associated factors and birth-cohort effect. *The Taiji Study.J Bone Miner Metab.* 2011;29(6):699-708.
- [36] Shen CL, Chyu MC, Yeh JK, et al. Effect of green tea and Tai Chi on bone health in postmenopausal osteopenic women: a 6-month randomized placebo-controlled trial. *Osteoporos Int.* 2012;23(5):1541-1552.
- [37] Shen CL, Chyu MC, Yeh JK, et al. Green tea polyphenols and Tai Chi for bone health: Designing a placebo-controlled randomized trial. *BMC Musculoskelet Disord.*2009;10:110.
- [38] Shen CL, Chyu MC, Pence BC,et al. Green tea polyphenols supplementation and TaiChi exercise for postmenopausal osteopenic women: safety and quality of life report. *BMC Complement Altern Med.*2010;10:76.
- [39] Clowes JA, Hannon RA, Yap TS, et al. Effect of feeding on bone turnover markers and its impact on biological variability of measurements. *Bone.*2002;30(6):886-890.
- [40] Koivula MK, Risteli L, Risteli J. Measurement of aminoterminal propeptide of type I procollagen(PINP) in serum. *Clinical biochemistry.*2012;45(12):920-927.
- [41] Hernández MV, Guabens N, Alvarez L, et al. Immunocytochemical evidence on the effects of glucocorticoids on type I collagen synthesis in human osteoblastic cells. *Calcified tissue international.*2004;74(3):284-293.
- [42] Mendoza-Núñez VM, Hernández-Monjaraz B, Santiago-Ororio E, et al. Tai Chi exercise increases SOD activity and total antioxidant status in saliva and is linked to an improvement of periodontal disease in the elderly. *Oxid Med Cell Longev.* 2014,2014:603853.
- [43] Ho TJ, Ho LI, Hsueh KW, et al. Tai Chi intervention increases progenitor CD34(+) cells in young adults. *Cell Transplant.* 2014, 23(4-5):613-620.
- [44] 肖扬,王万春.细胞因子与骨质疏松症[J].中国临床康复, 2006, 10(32): 126-129.
- [45] 董莲萍,陈澍.老年糖尿病患者骨密度及骨代谢相关因素的探讨[J].中国老年学杂志,2001,21(1):30-31.
- [46] 梁君慧,巩志勇,赵冰,等.绝经后妇女骨密度改变与血清激素水平变化[J].中国骨质疏松杂志,2000,6(1):65-68.
- [47] Qian G, Xue K, Tang L, et al. Mitigation of oxidative damage by green tea polyphenols and Tai Chi exercise in postmenopausal women with osteopenia. *PLoS One.* 2012;7(10):e48090.
- [48] Jahnke R, Larkey L, Rogers C, et al. A comprehensive review of health benefits of qigong and tai chi. *Am J Health Promot.* 2010; 24(6):e1-e25.