



Research progress in the prevention and treatment of osteoporosis with exercise therapy

Zhou Dezhi^{1*}, Yin Mengxing¹, Li Xiufang¹, Peeranan Pattanamongkol³, Jia Fu^{2#}

¹ Second Clinical Medical College of Yunnan University of Chinese Medicine, Kun Ming, Yunnan Province, CHINA

² Yan'an Hospital of Kunming City, CHINA

³ School of Integrative Medicine, Mae Fah Luang University, THAILAND

Received June 15th, 2022

Accepted June 21st, 2022

Published July 21st, 2022

*Conference presenter:

Zhou Dezhi

#Corresponding author:

Jia Fu, Yan'an Hospital of
Kunming City, China

E-mail: 524821887@qq.com
(Jia Fu)

© 2022, Dezhi, Z. et al.

This is an Open Access article
published under a Creative
Commons (CC BY-NC-ND 0.4)
license.



ABSTRACT

Osteoporosis is a systemic bone disease. Osteoporosis is a systemic bone disease characterized by reduced bone mass per unit volume, degeneration of bone microstructure, thinning of bone density, reduction of bone trabecular number, widening of bone marrow cavity, and reduced bone strength, which are easy to fracture. Exercise therapy can effectively improve the bone mineral density of patients with osteoporosis and significantly intervene in the risk of osteoporosis. In addition, compared with drug therapy, exercise therapy has the advantages of economy and no adverse reactions, which attracts more and more people's attention. However, at present, patients and the public generally lack the correct understanding of exercise therapy, coupled with the characteristics of exercise itself (exercise mode, exercise intensity) and the influence of the patient's own conditions, the efficacy of exercise therapy in the practical application process has not been fully highlighted. This paper summarizes the effect of exercise therapy on osteoporosis, hoping to provide help for the clinical application of exercise therapy in the prevention and treatment of osteoporosis.

Keywords: osteoporosis; exercise therapy; bone density

Introduction

随着社会的发展,人口的增多,中国进入高速老龄化的阶段,加上其他药物的普遍使用,骨质疏松症(osteoporosis, OP)发病率的年平均增长率呈快速增长的势头,再加上骨质疏松性骨折的发病率和死亡率高,骨质疏松症已成为一个重要的健康问题。骨质疏松症是一种全身性骨骼疾病,病理特点为骨量低,骨组织微结构损坏。在正常的生理条件下,成骨细胞和破骨细胞、骨形成和骨吸收这两个过程精确地平衡,以保持骨骼健康。一旦这种平衡被破坏,最终就会发生骨丢失或骨形成过度,而如果骨丢失或骨吸收过多,就很容易导致骨质疏松症的出现。OP按病因可分为原发性和继发性,其中原发性OP最多常见,多发生于绝经后的女性以及老年人。最近研究发现[1],OP对人体的影响逐渐增多,患者出现了之前并没有被描述过的骨坏死和多发性骨质疏松性骨折,随着OP的不断发展,对人类的危害也在加大。OP的危险因素包括种族、

体质问题、峰值骨量低、激素因素、某些药物(例糖皮质激素)的使用、吸烟、活动量减少、钙和维生素D摄入量低、缺乏日晒等[2]。就性别而言,一项最近的研究发现,在50岁以上的中国人群中,女性OP的患病率为29.0%,男性为13.5%[3]。OP患者最严重的并发症就是因低暴力导致的骨折,髌部骨折是OP最严重的并发症。当OP患者发生髌部骨折时,若治疗不当,死亡率将近30%,是老年患者高致残致死率的主要原因之一[4]。而且骨质疏松性骨折后治疗恢复需要投入大量的财力、物力,给患者家庭及整个社会带来沉重负担。

目前临床康复治疗OP主要包括宣传教育、药物治疗、运动疗法、作业疗法及康复工程等。目前,针对骨质疏松的治疗,药物治疗有其优势,但又有不可忽视的副作用,且费用高、时间长。因此,探索安全有效的治疗方法尤为重要。近年来有越来越多的学者认为缺乏运动是导致OP的主要原因之一[5],通过运动疗法能有效减缓骨质流失、

增加骨密度、降低跌倒率及骨折风险，而且运动疗法简单实用、副作用低、价格低廉。本文在前人基础上，对运动疗法的治疗效果进行系统的分析，为后续进一步基础研究及临床治疗提出理论依据和建设性建议。

1. 运动疗法

1.1 运动疗法的发展

运动疗法是指根据患者躯体功能障碍的情况，利用器械、徒手或患者自身力量，通过某些运动方式（主动或被动运动等），使患者获得全身或局部运动、感觉功能恢复的训练方法。目的是通过改善患者全身血液循环，使患者最大限度地恢复生活自理能力和劳动能力。我国最早有关于运动疗法的记载始于《黄帝内经》，之后不断发展完善，如果说《黄帝内经》是传统运动疗法的雏形阶段，那么《五禽戏》就是系统化的传统运动疗法 [6]。中国被公认为是世界上最早应用运动疗法的国家之一，早在公元前和公元初开始的“导引术”、“推拿术”、“气功”、“五禽戏”等已流传千年，并一直沿袭至今。只是，由于我国在运动疗法的发展过程中缺乏系统的归纳总结，我国许多传统运动疗法最终并没有形成完整的运动疗法体系，也没有成为国际主流的运动项目。国内外研究显示，接受本体感觉训练、平衡功能训练、水中运动治疗、行走与步态训练等运动疗法，不仅能够改善运动器官和心肺功能，更能提高神经系统调节能力，可有效预防或延缓认知功能的退化，改善患者预后[7]。近年来被广泛应用于认知功能障碍等疾病的临床干预治疗中。

1.2 运动疗法对骨质疏松症的影响

1.2.1 运动时应力刺激对骨骼的影响

机械应力的刺激可以维持骨骼系统的稳定，反之将引起骨代谢紊乱、骨量丢失及骨微结构退化，最终引起骨质疏松。长期卧床、失重等缺乏机械刺激的状态都将引起骨量显著丢失。人体不断进行着骨吸收和骨形成的骨重建过程，骨重建活动使骨组织不断更新，使微小的骨损伤得以修复，并向适应环境因素的方向变化。给机体施加应力负荷可以增加骨转换率，刺激成骨细胞生物活性，增加骨的重建和骨量的积累 [8]。目前，许多研究发现适宜的机械刺激有利于骨组织的形成和预防骨质疏松。有研究者 [9]研究股骨头内骨钙素、基因表达及蛋白质合成在机械应力刺激下不同时期动态变化，发现不适当的机械应力降低股骨头内骨钙素和蛋白质合成。曹盛楠等人[10]采用 Flexcell 体外细胞力学加载装置，施加 0.5Hz 频率、0.8%应变率、每天 2 次、每次 30min 的间歇性牵张力，可促进小鼠成骨分化，表明了应力刺激对成骨细胞分化的促进作用。

1.2.2 运动调节机体内分泌而影响骨代谢

激素在保持骨结构和功能方面具有重要的意义，运动通过改变体内的激素分泌影响骨代谢。适

宜的运动可增加睾酮和雌激素的分泌而促进骨代谢，对女性而言，运动可以改善血清雌二醇，增加雌性激素的释放，从而起到预防作用，Pasqualini 等 [11]发现，长时间运动后，I 型胶原 N-端前肽和成骨细胞数量显著增加，而 I 型胶原 C-末端肽没有明显增加，运动抑制了骨吸收，刺激了骨形成，减缓了骨量流失。我们都知道，血清骨钙素（BGP）和碱性磷酸酶（ALP）作为检测骨成分的重要指标，其成分的变化能够准确的反映出骨在动态平衡中的状态，BGP 会在成骨细胞活跃时分泌量增加。有研究发现，运动干预后患者 BGP 和 ALP 水平显著上升，尿吡啶啉水平有所下降，腺苷三磷酸与腺苷一磷酸比例下降，激活蛋白激酶，即运动在促进成骨细胞活性的同时会抑制破骨细胞的分化 [12]，减少骨吸收。

在传导通路层面，运动可以影响微电位[13]，当运动增加时，产生的负性微电位与钙离子结合，从而促进骨的形成，对骨密度具有改善作用。在对 OPG/RANKL/RANK 轴与 OP 的关系研究中发现，其中骨保护素（osteoprotegerin, OPG）是由前成骨细胞/间质细胞分泌，核因子 κ B 受体活化因子（receptor activator of nuclear factor- κ B, RANK）是破骨细胞前体细胞膜受体，运动可以通过增加 OPG 和降低 RANKL [14]，从而抑制破骨细胞分化来促进骨骼健康。

1.2.3 运动可增强肌力

肌力对骨质疏松的影响不容忽视。研究显示随着年龄的增加，肌肉力量逐渐下降，骨质疏松症患者更是如此。肌力训练在 OP 患者中受到日益重视，肌力训练有助于稳定关节、增强平衡能力、减少损伤、提高生活质量。陈良慈 [15]研究发现骨质疏松症患者下肢肌力和平衡能力成正相关。此外，还有研究[16]表明运动训练可增强肌肉力量，提高平衡能力，减少跌倒的危险性，降低因骨质疏松引起的骨折发生率。

1.2.4 提高机体的平衡能力和灵活性

平衡是下肢和躯干通过协调运动来调整身体重心在支持面范围内的一种能力，即运动时中枢神经系统接受关节肌肉运动的本体感觉信号，从而对运动进行调节，以达到最平稳、最协调的运动模式，其中任何一个环节异常都可以导致平衡能力下降。运动训练可通过增加本体感觉输入、增强肌力、改善协调性和灵活性而加强平衡能力，有助于降低摔倒的风险和骨折的发生率。有研究发现运动具有能明显提高绝经后骨质疏松女性静态和动态平衡的作用 [17]。太极拳等运动方式也能提高中老年人的平衡能力，霍萧轻 [18]通过实验法，从单脚支撑能力、闭眼站立与睁眼站立保持稳定时人体中心点的左右及前后的位移和速度两个方面，去探讨太极拳对中老年人平衡能力的影响。该研究显示长期从事太极拳练习的中老年人，平衡能力明显较好。

1.2.5 运动促进骨骼关节的血循环和营养状态

运动可使机体血液重新分布, 肌肉、骨骼的血液供应量增加而改善骨骼的营养, 也可对关节软骨产生节律性挤压作用, 促进关节软骨的营养、延缓关节软骨的退变[19]。因此, 运动可改善骨骼和关节的营养代谢, 促进骨的重建和修复, 有利于 OP 患者的骨重塑及骨量恢复。

2. 不同运动方式对骨质疏松症的干预效果

OP 患者应加强体育锻炼, 能够增强患者骨强度, 改善肌腱和韧带的柔韧性和延伸性, 促进骨和肌肉的合成代谢, 增强患者的平衡能力。给予患者适当的运动锻炼, 可以有效改善患者的骨代谢, 实现骨生物力学指标的优化, 延缓骨细胞衰老, 改善骨质疏松疾病的临床症状, 提升患者的生活质量。运动的种类繁多, 因为不同运动项目具有不同的特点, 根据训练方式的不同, 运动疗法又可分为有氧运动、抗阻训练、冲击性运动、负重训练等。不同的运动方式在临床实际应用中也表现出了不同的作用效果。

2.1 有氧运动

有氧运动是指在氧气供应充足的情况下进行的体育运动, 即在运动过程中, 人体吸入的氧气与消耗相等, 达到生理上的平衡状态, 并以大肌群节律性、重复性运动为特征。它主要分为快走、慢跑、游泳、爬山、跳舞等, 具备强度低、有节律、不间断、简单易行、容易坚持等特点。有氧训练可以促进骨形成和抑制骨吸收, 增加骨密度, 还可以改善心肺功能, 并对关节、肌肉、消化等多系统功能都有较好的促进作用。盖卓 [20]选取 40 只 6 月龄 SPF 级雌性 SD 大鼠, 随机分为假手术组 (Sham 组) 和实验组。实验组进行双侧卵巢切除手术, 达到雌激素缺乏导致骨合成代谢减弱的目的, 进而引发骨量减少导致骨质疏松, Sham 组切除卵巢旁等体积脂肪, 并予相应运动训练。研究表明有氧运动联合黄精多糖能显著改善骨小梁数量和疏松程度, 提高去卵巢大鼠骨密度和雌激素水平, 改善骨代谢指标, 提高 OPG/RANKL 比例, 并且联合干预的效果均优于单一干预。

2.2 抗阻训练

抗阻力运动又称力量运动或抗阻运动, 指的是肌肉在克服外来阻力时进行的主动运动, 可以有效延缓肌力下降、加速肌肉功能的恢复。主要包括克服弹性物体运动、负重抗阻运动和力量训练器械等, 目前被广泛应用于运动康复和肌肉萎缩训练 [21]。已经有大量的相关实验表明, 抗阻运动可以改善骨密度, 减少骨矿物质流失 [22], 增加如 1 型胶原蛋白氨基末端前肽等骨代谢产物含量。有研究表明, 抗阻训练联合其他运动方式可以显著提高骨量, 且研究表明抗阻训练可以提高绝经后女性的骨密度, 还能提高肌肉耐力和动态平衡能力 [23]。表

明了一定量的抗阻训练可以有效防治骨质疏松症。还有研究表明, 以上研究结果表明, 抗阻力训练有助于提高 OP 患者的肌力和精神状态, 对 OP 患者的肌肉功能水平的提高有促进作用。

2.3 冲击性运动

冲击性运动是指机体运动中受力点对机体的瞬间反作用力, 可根据是否需要站立分为高冲击力运动 (如跑步) 和低冲击力运动 (如游泳), 这种作用力刺激骨骼, 促使骨量增加。冲击性运动能提高骨密度和骨强度, 高冲击力运动比低冲击力运动更有利于达到理想的骨量峰值。有研究表明高强度家庭式冲击性运动对于低骨量的绝经后女性是安全可行的, 且能改善骨密度 [24]。因此应针对患者 OP 的严重程度, 选择不同强度的重击性运动项。

2.4 负重运动

负重运动是指通过器械或其他外物传达到骨骼的力对骨骼产生应力-应变刺激, 进而促进骨形成。张玮 [25]等通过总结分析不同运动治疗对围绝经期综合征的影响, 证实负重运动对骨密度的增长有效。不过由于负重运动强度过大, 对于大多数 OP 患者并不适宜, 因此运用负重运动是需考虑 OP 患者是否可以耐受。

2.5 振动训练

振动训练是一种新兴的非传统的训练方法, 让受试者借助于振动平台的振动刺激使人体产生适应性反应的外界干预方法。振动训练被认为是一种改善绝经后女性腰椎和股骨颈骨密度的有效方法, 且可以有效抵消老年人的肌肉力量损失, 降低跌倒率和骨折发生率。基础研究提示低频振动训练增加股骨小梁密度能促进骨折愈合, 恢复骨骼力学性能 [26], 利于去卵巢大鼠骨质疏松改善和骨损伤愈合。

2.6 传统运动

我国的传统运动疗法注重维持身体健康的同时培育心神合一。该项运动注重顺应自然、阴阳平衡、身心合一, 从而达到修身养性的目的。太极拳、八段锦、气功便是几种常见的传统运动方式。已有研究表明, 传统运动兼具运动和心理训练的优点, 与单一的运动方式相比, 长期的传统运动对老年人身心健康的发展具有更佳的效益 [27]。

但需要注意的是, 不管是哪种运动方式, 对于患有严重 OP 的患者, 必须避免涉及躯干弯曲或旋转的动作以及超过患者自身能力范围外的大幅度、大强度的运动。

3. 不同运动强度对骨质疏松症的干预效果

运动强度是决定运动负荷的主要因素之一, 不同运动强度所表现出的效果是不同的。研究发现高强度下肢运动相较于中小强度运动, 一方面可以长时间 (一年左右) 维持骨矿物质和骨密度的稳定, 增加血清骨钙素的含量。另一方面也增加了机体的

灵敏度和力量,降低了跌倒骨折风险 [28],提高生活水平。

运动强度对不同人群影响是有区别的,同一运动项目,在接受范围内,强度越大其对人体骨质的影响越明显,有利于骨密度维持稳定。而人体作为一个复杂的个体,因为个体差异性,在制定运动处方的时候应该具有针对性,根据实际情况制定最恰当的运动强度。

4. 运动疗法结合其他方式对骨质疏松症的影响

4.1 运动疗法联合中药治疗干预骨质疏松症

银杏叶提取物作为中药治疗 OP 的新型药物,被越来越多专家所关注,仇业鹏等[29]将其与运动疗法联合干预 OP,发现血清雌二醇、丙二醛、血清骨钙、碱性磷酸酶和雌性激素等指标均得到提高,骨吸收和骨转换率降低,骨密度也得到维持。另外还有应用雷火灸[30]等中医手段与运动联合干预,在实际的应用中,运动疗法很好的融入到了中医的治疗方案中,两者结合表现出了明显的效果。

4.2 运动疗法联合针灸治疗干预骨质疏松症

针对脑卒中患者,应用温针灸联合运动疗法[31]来干预脑卒中后 OP,发现这一结合对骨代谢指标的的提升具有明显效果,比单一手段更有作用,有效地减少了继发性骨折的发生。范萍[32]通过观察电针配合游泳运动对去卵巢骨质疏松症大鼠的骨组织形态学及 OPG 表达的影响,单用电针相比,电针配合游泳运动可有效改善去卵巢骨质疏松症大鼠的骨组织形态,并提高大鼠的骨密度、提升 OPG 的表达。

4.3 运动疗法联合西药治疗干预骨质疏松症

在骨质疏松症疾病的治疗中,治疗药物主要分为抗骨吸收药物、合成代谢药物及促骨矿化药物。药物疗法可以有效改善骨质疏松患者的临床症状,加快患者的康复,但是具有一定的副作用,而临床上采用运动疗法加上西药联合治疗逐渐发展为热门趋势。

在西医方面,有研究者将阿仑膦酸钠[33]与运动疗法结合,表现出了比单独干预更有益的效果,提高了患者的骨强度,这就警示要在正确的指引下进行西药药物加用治疗 OP,减少不必要的西药毒副作用的伤害。

4.4 运动疗法联合物理因子治疗干预骨质疏松症

物理因子治疗作为临床康复常用的治疗方法,其联合运动疗法对 OP 患者的功能恢复起到非常重要的作用,一方面相应的物理因子治疗能强化 OP 患者的神经功能,提高患者肢体的控制能力,增强力量,能是患者更有效的完成运动训练。另一方面,相应的物理因子治疗能缓解患者运动训练后的肌肉紧张,能使肌肉达到良好的恢复状态。有研究[34]探讨通过引导下脊神经后支阻滞联合运动疗法来治疗高龄骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折

(OVCF) 患者,结果表明该联合疗法治疗高龄 OVCF 患者效果显著,可有效缓解疼痛,改善腰椎功能障碍,降低并发症发生率。因此,运动疗法联合物理因子治疗对于 OP 的功能恢复有良好的作用。

5. 运动疗法干预骨质疏松症可能存在的问题

虽然目前国内外已进行了大量的研究调查与实验,但对各种运动疗法的持续时间、强度、频率、适用对象、安全系数等方面尚未达成共识。此外,目前国内外在研究兼具科学性与实用性的个体化运动疗法领域仍处于薄弱阶段。运动疗法对 OP 的治疗起着积极有效的作用,但真正的实施过程中,又受到各种因素制约,难以达到预期效果。

5.1 运动处方的制定缺乏针对性

很多患者的 OP 往往是由于其他病症所引起的,因此,如何有针对性地制定干预措施也是另一大难题。研究表明[35],当 OP 患者患有癌症时,由于身体机能状态的原因,采用低强度运动就可以维持骨密度,起到较好的防治作用。人体的特异性及疾病不同,导致同一运动处方并不适应于所有患者,根据患者状态设计具有针对性的运动处方,可以保证有效治疗的同时,免受二次伤害。

5.2 运动疗法干预骨质疏松症评估方式及持久问题

运动疗法相较于药物治疗,短期干预难以产生显著变化,只有长期坚持才可以发挥最大的效果。很多老年人认为单一的运动处方限制了他们的运动类型,过于枯燥的项目和长期训练,会使他们感到乏味而不能坚持。目前 OP 最常用的检测方式是双能 X 线吸收法,但不足以解决日常人群的检测需求,并且难以检测骨骼内部结构的变化,一段时间的治疗结果难以直观地展现在患者眼前,患者难以在短时间内通过客观的数据去验证运动疗法对于自身的影响。总体来看,虽然很多运动实验干预 OP 患者取得了不错的效果,但由于个体差异,以及其他疾病影响,使得运动疗法的具体方案还需要大量临床试验验证以及针对性的运动处方,督促患者坚持完成,保证运动疗效。

Conclusion

综上所述,运动疗法是防治原发性骨质疏松症的一大手段,可以有效减缓骨质疏松的发展进程。从运动疗法的注意事项方面来说,OP 患者在选择运动项目前,需全面地了解自身病情;在运动量选择方面,要秉持着因人而异的原则,各个年龄阶段的患者,其运动量有着较大的差距;在运动强度方面,在不引发骨质疏松症患者疼痛或者疲劳的范围内,患者运动强度越大,越有利于骨密度的提升,改善患者骨质疏松症状;在频率方面,OP 患者的运动锻炼频率选择,主要以次日不感疲劳为主;在运动锻炼的阶段性问题,OP 患者需秉持

着“持之以恒”的原则，有规律、有计划地进行运动，建立良好的运动习惯，降低骨质的流失，从而改善患者的临床症状。

但作为一种疗法，运动疗法目前没有明确的适应症、禁忌症以及注意事项。同时，运动处方的制定既需要保证其安全性和有效性，也要兼顾个体的差异，故针对不同的年龄制定不同的运动处方，并需要遵循个体化原则，这些都还待进一步研究。另外，人们不仅仅是需要知道运动有益于人体健康，更加需要知道自己适合怎样的运动，每种运动的优劣，这就需要加大运动的教育力度和宣传，提高人们对运动的认知。最后，疾病的防治是一个长期坚持的过程，我们需要定期对疾病的进展进行了解，从而及时制定相应的运动方案，以达到最好的疗效。

References

- [1] Zmierczak H G, Taylor G, Cundy T. A Novel Disorder of Osteoporosis, Osteonecrosis, and Metaphyseal Fracture[J]. JBMR Plus, 2020,4(6):e10365.
- [2] Lin L P, Lai W J, Hsu S W, et al. Early Osteoporosis Risks and Associated Factors among Caregivers Working in Disability Institutions: IOF One-Minute Osteoporosis Risk Check[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020,17(9).
- [3] Cheng X, Zhao K, Zha X, 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.
- [4] 徐又佳, 高焱, 刘功稳. 骨质疏松性髋部骨折的治疗和管理策略[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019,25(05):585-589.
- [5] 周丽娟, 宋斌. 黄埔区居民骨质疏松相关知识及行为干预效果评估研究[J]. 中国社区医师, 2021,37(26):176-178.
- [6] 苑城睿, 陶萍. 运动是良医:传统运动疗法的健康促进研究[J]. 武术研究, 2019,4(03):119-121.
- [7] 张婷, 李玉, 郑健. 中医运动处方临床应用研究进展[J]. 新中医, 2019,51(11):27-31.
- [8] 赵婷婷. 负重跑台联合 LIPUS 对去卵巢大鼠骨质疏松改善和骨损伤愈合的效果及分子机制研究[D]. 陕西师范大学, 2019.
- [9] 李彦慧. 初级纤毛-PGE2 相关信号通路在高频低载振动促进成骨中的作用及机制研究[D]. 吉林大学, 2020.
- [10] 曹盛楠, 师彬, 孙国栋, 等. 生物力学作用对骨髓间充质干细胞增殖和成骨分化影响研究进展[J]. 山东科学, 2021,34(02):65-74.
- [11] Pasqualini L, Ministrini S, Lombardini R, et al. Effects of a 3-month weight-bearing and resistance exercise training on circulating osteogenic cells and bone formation markers in postmenopausal women with low bone mass[J]. Osteoporos Int, 2019,30(4):797-806.
- [12] 陈祥和, 余慧琳, 徐帅, 等. AMPK 介导运动改善 2 型糖尿病骨代谢紊乱的明星分子[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019,25(11):1650-1654.
- [13] 崔伊瑞, 高俊霞. 田径运动负荷强度对绝经后女性骨密度的影响研究[J]. 文体用品与科技, 2020(17):48-49.
- [14] Tobeiha M, Moghadasian M H, Amin N, et al. RANKL/RANK/OPG Pathway: A Mechanism Involved in Exercise-Induced Bone Remodeling[J]. Biomed Res Int, 2020,2020:6910312.
- [15] 陈良慈. 核心稳定训练对骨质疏松症患者平衡功能、下肢肌力及跌倒发生的影响[J]. 临床研究, 2019,27(03):15-17.
- [16] 鲁雯, 袁薇, 吴清宁, 等. 力量及平衡运动锻炼在预防老年人跌倒中的应用[J]. 当代护士 (上旬刊), 2020,27(09):118-120.
- [17] 王文汇. 重视围绝经期女性的骨代谢改变[J]. 中国临床医生杂志, 2019,47(02):127-131.
- [18] 霍萧轻. 太极拳对中老年人的平衡能力的影响研究[J]. 体育风尚, 2019(01):10-11.
- [19] 汪雕雕, 田壮, 张矗, 等. 骨质疏松症患者骨代谢相关指标比较分析[J]. 标记免疫分析与临床, 2021,28(10):1659-1664.
- [20] 盖卓. 有氧运动联合黄精多糖对去卵巢骨质疏松大鼠及 OPG/RANKL/RANK 系统影响的研究[D]. 哈尔滨体育学院, 2021.
- [21] 李紫梦, 靳英辉, 王云云, 等. 运动干预轻度认知功能障碍病人的证据总结与评价[J]. 护理研究, 2019,33(06):944-951.
- [22] Sibonga J, Matsumoto T, Jones J, et al. Resistive exercise in astronauts on prolonged spaceflights provides partial protection against spaceflight-induced bone loss[J]. Bone, 2019,128:112037.
- [23] Boiko F L, Schoenfeld B J, Smolarek A C, et al. Effect of 12 Weeks of Resistance Training on Motor Coordination and Dynamic Balance of Older Woman[J]. Rejuvenation Res, 2021,24(3):191-197.
- [24] 黄旭. 间歇式高频率低载荷机械振动治疗骨质疏松的动物实验研究与短期临床观察[D]. 吉林大学, 2016.
- [25] 张玮, 矫玮. 不同运动治疗围绝经期综合征的研究进展[J]. 当代体育科技, 2019,9(32):17-22.

- [26] 赵婷婷. 负重跑台联合 LIPUS 对去卵巢大鼠骨质疏松改善和骨损伤愈合的效果及分子机制研究[D]. 陕西师范大学, 2019.
- [27] 曾令烽, 杨伟毅, 梁桂洪, 等. 传统太极功法干预对改善骨密度流失疗效及安全性的系统评价: 广州市第十二届健康教育与健康促进学术交流活动, 中国广东广州, 2020[C].
- [28] 马远征, 王以朋, 刘强, 等. 中国老年骨质疏松诊疗指南(2018)[J]. 中国老年学杂志, 2019,39(11):2557-2575.
- [29] 仇业鹏, 张庭然. 跑步运动配合银杏叶提取物摄入对去卵巢肥胖骨质疏松大鼠骨密度、血脂和抗氧化能力影响研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019,25(03):343-350.
- [30] Zhu L, Xu D M, Wu W Z, et al. [Effect of thunder-fire moxibustion combined with vibration training on low back pain of primary osteoporosis][J]. Zhongguo Zhen Jiu, 2020,40(1):17-20.
- [31] 范培武, 李斌, 黄炎. 温针灸联合运动疗法治疗脑卒中后骨质疏松临床研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2020,26(03):337-339.
- [32] 范萍. 电针配合游泳运动对去卵巢骨质疏松症大鼠骨组织形态学及 OPG 表达的影响 [D]. 湖南中医药大学, 2019.
- [33] 杨勉. 阿仑膦酸钠联合运动疗法治疗女性围绝经期骨质疏松临床效果观察[J]. 临床军医杂志, 2020,48(02):230-234.
- [34] 陈佳, 杨涛, 李振峰, 等. 超声引导下脊神经后支阻滞联合运动疗法治疗高龄骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折患者的临床效果[J]. 临床医学研究与实践, 2021,6(14):4-8.
- [35] 傅文生, 张庭然. 中低强度跑台运动结合低频振动干预对阿霉素诱发的心脏毒性作用和骨质疏松的影响研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019,25(02):216-223.