

国际上运动对人体骨骼影响的 知识基础及研究热点^①

盛 炯¹, 王 兴²

1. 上海立信会计金融学院, 上海 200438; 2. 上海体育学院 体育教育训练学院, 上海 200438

摘要: 目的: 探讨当前国际上运动对骨骼影响研究的知识基础及研究热点. 方法: 利用计算机检索 Web of Science 数据库中 2010—2016 年运动与骨骼相关文献 4587 篇, 运用 CitespaceⅢ 可视化软件绘制共现图谱, 分析研究国家机构分布、高被引文献及高频关键词. 结果: 美国、英国、澳大利亚是该研究领域中的中坚力量; 研究热点主要集中在不同运动干预对绝经妇女、发育期青少年儿童及老年人三类人群骨骼的影响; 知识基础方向主要为骨骼功能适应性理论的实验与发展. 结论: 以客观数据和图谱为依据, 透析运动对骨骼影响研究领域的知识基础和热点, 为该领域的后续研究提供参考.

关 键 词: 运动; 人体骨骼; 科学知识图谱

中图分类号: G804.21

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)06-0176-08

骨骼是组成人体的一个重要器官, 对外起到了运动、支撑和保护身体功能, 对内制造红细胞、白细胞和储藏钙等功能, 骨骼的健康影响到生命活动的质量. 骨质疏松症现已成为世界十大慢性疾病之一^[1], 在美国每年由骨质疏松引起的骨折人数达到 200 万人^[2], 在欧洲每年也高达 350 万人^[3], 《骨质疏松症防治中国白皮书》中提到在中国约有 6944 万人也患有骨质疏松症^[4].

由于骨质疏松症状产生的慢性病症多发于老年人和绝经后的女性, 患者一直承受着肌力下降, 骨骼酸痛, 弯腰驼背等症^[5], 而一旦发生骨折就会造成不可逆转的伤害, 所以早期预防尤其重要. 骨质问题多数为慢性疾病^[6], 饮食习惯和女性体内雌性激素量的改变容易使骨骼钙的吸收产生影响从而引发病症^[7]. 骨骼在长期缺少外力施加的机械负荷下, 也容易出现骨量流失^[8], 如长期卧床、久坐缺乏运动的老人.

运动已被证明是影响骨骼健康的重要因素之一^[9], 通过不同运动干预可以增强骨骼迅速成为各国学者探讨话题. 本文尝试从知识图谱的视角揭示国际上的运动对骨骼的知识基础及研究热点, 为医学工作者们提供理论基础.

1 数据来源与研究方法

本研究数据来源 Web of science 核心合集数据库, 检索时间跨度选择为 2010—2016 年, 每条数据下载为全纪录格式, 进入 Web of science 检索页面, 输入检索主题词为 TS=exercise, 记录为 #1, 输入主题词 TS=sport, 记录为 #2, 将 #1 与 #2 记录用 OR 检索结果记录为 #3, 再输入主题词 TS=bone, 记录为 #4, 输入主题词 TS=skeleton, 记录为 #5, 用 OR 检索 #4 与 #5, 结果记录为 #6, 最后用记录 #3 与 #6

① 收稿日期: 2017-11-30

作者简介: 盛 炯(1981-), 女, 硕士, 主要从事运动与健康促进研究.

用 AND 连接, 时间跨度选择为 2010—2016 年, 语言选择为“English”, 文章类型设置为“Article”. 经核查数据信息完整后纳入文献 4 587 篇, 应用 CiteSpaceⅢ 软件, 采用文献共被引分析方法和词频分析方法绘制知识图谱进行运动对骨骼影响分析, 研究指标包括国家(地区)和机构分布、高频关键词以及高被引文献.

1.1 研究指标

1.1.1 国家(地区)和机构分布

对导入的文献进行分析, 软件参数选择如下; 时间段设置为 2010—2016 年, 时间跨度为 1 年, 节点类型分别选择国家/地区(Country/Territory)和机构(Institution), 数据选取为 Top50, 阈值为(2, 2, 20), (4, 3, 20), (4, 3, 20), 其他均为软件默认, 运行得到结果后选取前 10 位国家与机构进行列表(表 1、表 2).

1.1.2 高频关键词分析

把握领域热点, 对导入文献的高频关键词进行分析, 软件参数选择如下: 将时间间隔选择为 1, 网络节点选择 Keyword 节点, 数据选择为 Top50, 其他均为默认选项, 运行软件得到节点 Nodes=86, 连线 Link=136, 选择显示阈值 130 频次以上的关键词进行分类, 之后将输入搜索关键词“Exercise”“Bone”等从分析结果中剔除, 并将分析结果中的主要信息进行分析(图 1).

1.1.3 高被引文献研究方向

对科学文献索引进行共被引分析, 研究参数选择如下; 时间段选择 2010—2016 年, 节点类型选择共引参考文献(Cited Reference), 数据选取 Top50, 运行后得到节点 Nodes=218, Link=255 的网状视图, 并选取被引次数最高的前 10 篇文献进行分析(图 2).

2 研究结果

2.1 国家(地区)及机构分布

如表 1 所示, 发文量超过 200 篇的国家有 5 个, 其中美国发文量到达了 1 646 篇位居第一, 英国 411 篇位居第二, 中国 235 篇, 位于第 6 位. 研究机构主要包括高校、科研所及医院, 发文量前 100 名的机构中大学占 93 个, 成为该领域研究的中坚力量, 其中哈佛大学发表了 88 篇, 占总数的 1.91%, 这些国家机构为我国从事运动对骨骼影响研究的学者提供了良好的借鉴平台.

表 1 2010—2016 年研究的国家(地区)及机构分布(前 10 位)

国家	发文量	比例/%	机构	发文量	比例/%
USA(美国)	1 646	35.88	HARVARD UNIV(哈佛大学)	88	1.91
ENGLAND(英国)	411	8.96	UNIV MELBOURNE(墨尔本大学)	66	1.43
AUSTRALIA(澳大利亚)	340	7.41	UNIV SAO PAULO(圣保罗大学)	59	1.28
GERMANY(德国)	315	6.86	UNIV TORONTO(多伦多大学)	59	1.28
CANADA(加拿大)	307	6.69	UNIV SYDNEY(悉尼大学)	56	1.22
CHINA(中国)	235	5.12	MCMASTER UNIV(麦克马斯特大学)	56	1.17
ITALY(意大利)	215	4.68	UNIV BRITISH COLUMBIA(不列颠哥伦比亚大学)	54	1.17
JAPAN(日本)	208	4.53	UNIV COPENHAGEN(哥本哈根大学)	50	1.09
BRAZIL(巴西)	202	4.40	UNIV CALIF SAN FRANCISCO(加州大学旧金山分校)	47	1.02
FRANCE(法国)	186	4.05	LUND UNIV(隆德大学)	46	1.01

2.2 研究热点——关键词分析

近 7 年研究运动对骨骼影响的 4587 篇文献的关键词, 从大体可分成三大类, 骨骼特征关键词“osteoporosis 骨质疏松”、“bone-mineral density 骨骼矿物质密度(BMD)”、“strength 力量”、“body-composition 身体成分”. 人群特征关键词“women 妇女”、“children 儿童”、“adolescents 青少年”、“older-adults 老年

人”及控制实验的关键词“随机控制实验 randomized controlled trial”、“风险因素 risk factors”等，可以看出国际上运动对骨骼的影响热点为骨质疏松、骨矿物质密度，研究主要针对人群为妇女、老人和发育期青少年儿童(图 1)。

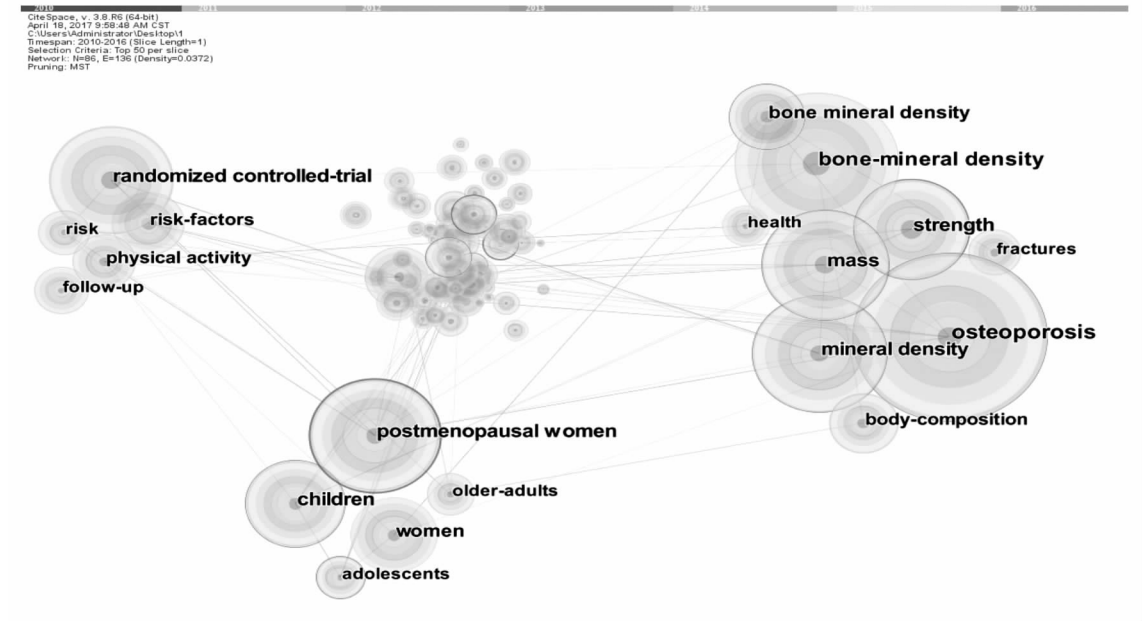


图 1 运动对骨骼影响研究关键词共现图谱

2.3 高被引用的文献分析

通过对知识基础的分析可更直观看出运动疗法对骨骼影响的发展脉络和研究基础，有 3 篇高被引文献均来自 Nikander R，并且 Hind K 发表于 2007 年的实验文章被引用次数最高。前 10 位运动对骨骼研究领域高被引文献如表 2，被高度引用以及参考的文献是运动对骨骼影响领域的经典文献，也是文中提到的运动对骨骼影响研究领域中的知识基础，在本领域中有着极高的学术价值，因此以借助 WOS 数据库中的高被引文为线索进行分析。

表 2 国际研究运动对骨骼影响的领域高被引文献(前 10 位)

频次	作者	被引文献	中心性	年份
93	Hind K	Weight-bearing Exercise and Bone Mineral Accrual in Children and Adolescents: A Review of Controlled Trials.	0.07	2007
92	Nattiv A	The Female Athlete Triad	0.07	2007
68	Guadalupe G A	Exercise and Bone Mass in Adults	0.21	2009
68	Nikander R	Targeted Exercise Against Osteoporosis: a Systematic Review and Meta-analysis for Optimising Bone Strength Throughout Life	0.12	2010
63	Kohrt WM	Physical Activity and Bone Health	0.11	2004
50	Nikander R	Femoral Neck Structure in Adult Female Athletes Subjected to Different Loading Modalities	0.04	2005
44	Nikander R	Targeted Exercises Against Hip Fragility	0.04	1998
43	Sherrington C	Effective Exercise for the Frevention of Falls: a Aystematic Review and Meta-analysis.	0.03	2004
41	Gillespie LD	Interventions for Preventing Falls in Older People Living in the Community	0.07	2009
40	Burge R	Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-related Fractures in the United State	0.03	2007

3 分析与讨论

3.1 运动对不同人群骨调节机制

3.1.1 运动利于维持绝经妇女骨密度

妇女绝经后正常的骨质代谢周期受到雌激素减少的影响,抑制人体生成甲状旁腺激素,导致肾脏转化活性 VitD 减少,肠道对食物钙吸收减少,骨生成的原料不足,从而引起骨质疏松^[10]. 运动被证明有利于体液循环,增加骨骼对血钙的吸收,维持骨密度^[11]. 在 Victor-HHG 的横向研究中^[12]发现瘦体重 BMI 正常组和全身体脂(PBF)较大组对骨质密度(BMD)的影响较大,能保持自身骨量不易发生骨质疏松,较低 BMI 不能维持骨量,但 PBF 较大不利于心脑血管健康. 运动组对增强骨质有一定的治疗效果,并通过运动搭配健康的饮食可以改善体质健康增加瘦体重. James Wee^[13]的研究结果显示初始骨峰值(PBM)较低妇女绝经后患上骨质疏松的几率显著增加,5 次/周的中等强度的活动对减缓骨质疏松症有一定效果, BMI 升高对骨骼有保护作用. 对于绝经妇女运动类型与强度的选择是很必要的,目的在于维持骨密度与骨强度并且预防跌倒引起的骨折,因此适合选择中等强度的练习方法^[14]. Roghani T^[15]研究发现有氧运动可以促进骨代谢 N-端肽的合成,比运动前增加了 49.68%,说明运动对骨合成有一定促进作用. Moreira LD 等^[16]分析中提到有轻微骨质疏松或预防中的妇女可以选择联合锻炼(有氧+抗阻+高跳)组合练习.

3.1.2 运动、饮食促进获得发育期骨骼密度

目前已有许多研究证实,运动能增加青年时期的 PBM 储存^[17]. 在身体发育阶段通过运动能使儿童快速增加 BMD^[18]. Baxter J 等^[19]证明了此观点,他发现在青春发育期会有大量的骨矿物质迅速地沉积在骨质中,成年人骨中有约 40%的骨量是在青春时期获得的. Hind K 等^[17]提出青春发育前通过运动可以增加 1%~6%的额外骨量,在青春发育后却只能增加 0.3%~2%的骨量,这也称之为儿童发育的窗口期. 在过去十年的流行病学研究表明,影响儿童发育常见的是缺乏 VitD^[20],因此充足的 VitD 是维持于青少年骨骼健康的关键因素, VitD 源主要存在食物中,而运动能增加光照时间,促进人体合成 VitD^[21]. 青少年骨发育另一个因数在于生长激素(growth hormone, GH)的释放,实验研究认为运动时间大于 10min 且强度大于乳酸阈时,能够刺激 GH 的释放, GH 分泌总量增加^[22]. 强度是刺激 GH 分泌的必要条件, Kraemer 等^[23]将优秀的运动员进行递增负荷跑台训练(60%,75%,90%,100%Vo₂max),每级维持 10 min,结束后一段时间取血发现, GH 在 75%Vo₂max 出现升高,在 100%Vo₂max 时出现峰值. Adam S^[24]在研究中证实青年运动员中对抗冲击较剧烈的项目,如篮球、足球等项目,运动员的骨骼 BMD 要明显强于非对抗性的运动如游泳、骑单车等. 这些结果提示我们在青春发育期前可以实施科学监控并适当接触对抗类运动项目以提高成年前的 PBM^[25].

3.1.3 运动减缓老年人骨量丢失

老年人主观原因是由于老年人身体机能已经衰退,活动减少导致骨骼的机械负荷刺激减少,加快了身体骨量的流失^[26],客观原因为自身系统对外界应力感知减弱,加上老年男性雄激素分泌减少,雄激素通过与芳香化酶转化为雌激素,导致骨消耗大于骨合成^[27]. 无运动史老年人的关节活动范围小,机体长期缺少应力刺激,打破了先前体内成骨细胞与破骨细胞之间的 OPG-RANKL-RANK 信号通路的平衡,降低了 OPG 蛋白与 RANKL 蛋白的竞争能力,造成 OPG/RANKL 比值下降,导致破骨细胞活性增强^[28]. 运动可以降低破骨细胞的增值. 有研究显示有氧运动能增加自身的平衡能力并提高下肢骨密度,但对于老年人而言,有氧运动更易长期坚持和掌握^[29]. 在老年人群的运动处方中医务监督就显得尤为重要,应避免爆发性与憋气的力量练习,运动遵循渐进原则,最大心率保持 220-年龄,还要根据自身运动史、肌肉力量和自身健康条件^[17]. Sinaki M^[30]在实验中发现患有骨质疏松的病人通过一段时间的瑜伽训练,腰背部疼痛得到明显改善. 太极拳可以变相增加下肢自身负重,有研究指出下肢负重对预防股骨骨量丢失效果最好,配合自身扭转同时可以保护股骨颈及大转子,太极拳还有利于训练协调性、平衡能力,同时预防跌倒增加柔韧性^[31].

3.2 骨骼功能适应性理论的实验与发展

3.2.1 运动应力刺激骨的生长

Nikander R^[32] 是被引用次数最高的作者,他设计了不同运动项目对成年女性运动员骨结构的研究,结果显示在对身体产生大冲力的跨栏、排球等跳跃项目中,髌骨 BMD 比其它低冲力负荷项目更高,髌关节结构更加稳定,表明外界对骨骼产生的冲力与自身克服阻力运动是刺激骨骼生长的主要因素. Nikander R^[33] 等又通过实验发现股骨颈骨折是危害老年健康的重要因素之一,而足球、踏板操,产生分散的中强度冲力对股骨负荷要求较低,并能有效提高股骨皮质骨周围厚度,能避免一个方向持续运动造成疲劳堆积,有效针对骨骼训练预防髌关节骨脆性提供合理的依据. 骨骼在承受外应力刺激的同时也产生疲劳堆积,当损伤在骨骼一个应变范围内,损伤后的骨重建对骨结构修复增加,因此 Forst 的骨力学调控理论提出动态应力产生的骨适应大于静态应力,骨骼与外界适应达到新的平衡. Kohrt WM 等^[34] 总结了少年、中年、老年时期最适宜的运动项目,并分析了动态应力对不同年龄人群的影响,发现跳跃练习能迅速提高青少年下肢 BMD. Guadalupe Grau A^[35] 概述了 2009 年之前实验涉及训练和骨测量的横断面和纵向研究,发现通常需要高强度和产生高冲击力的运动方式才具有最大的成骨潜能,对于患有骨质疏松症的人,一般都要进行负重运动,同时也应提倡有助于改善平衡、运动和姿势的运动,以减少跌倒的可能性及其相关的发病率和死亡率.

3.2.2 年龄差异与营养摄入对骨骼的影响

Burge R^[2] 通过社会调查预测在 2025 年美国 65~74 岁的人相比 2007 年增加了约 87%,亚裔人患上骨质疏松的几率更高,这跟人种体内分泌的睾酮量差异有关,在青年时期提升骨峰值对骨质疏松预防尤其重要. 有研究显示,将训练时间相同的发育前练网球的女子运动员与发育后练网球运动员作比较,发现发育前组的手臂骨骼 PBM 整体高于发育后者,证明女性在发育前年龄范围内参与运动,对骨骼生长可能会导致更高的 PBM 密度. 这个实验也引出后续学者对“窗口期”骨骼发育增长的机制研究^[36]. Bass^[37] 认为骨骼生长依赖于 GH 的释放,通过运动可以促进刺激 GH 分泌,扩大 GH 总的释放量. 另外 Hind K^[17] 也证明了以上观点,他认为促性腺激素释放素能促进骨骼的生长,运动加上饮食摄入双重的效果对骨质的影响才是明显的. 已经有许多文献证明运动对骨骼的生长具有促进作用,然而在节食的情况下大量运动对 BMD 会产生副作用, Nattiv A^[38] 在研究中指出女性节食而大量运动减重易导致“女运动员三联征”(临床表现为:进食障碍、下丘脑功能性闭经、骨质疏松),而其中一种疾病的发生常会伴随另外两种疾病,最关键的原因在于食物能量摄入不足,所以运动前保证营养摄入均衡很有必要.

3.2.3 运动增加骨强度,降低老年人跌倒风险

骨密度和骨质量都属于骨骼强度的一部分,骨强度的主要决定因素为骨骼的尺寸、胶原蛋白、羟磷灰、密度和适应环境的生理结构等^[39]. 大多数研究都使用双能 X 线骨密度仪作为工具测量骨骼 BMD,通过 BMD 来预测骨折的风险程度^[40],而约有 80% 的骨折发生在正常的 BMD 上^[41]. 从骨承受的外力结构上分析,单纯的密度分析还不能准确地得出骨骼强度,应通过 CT 等手段观察并骨小梁结构和横截面结构. Nikande R^[42] 通过 Meta 分析纳入训练 6 个月以上的习惯久坐的儿童、成年人和老年人,结果发现在青春前期儿童对比发育后股骨横截面变粗和骨小梁增加的趋势明显并且骨骼增长与运动成正相关,成年人在经过训练后股骨截面的皮质骨也出现扩大优势,部分人骨小梁与 BMD 增加涨幅较为明显. 老年组分析发现骨小梁与皮质骨变化均不明显,只有在 CT 检查发现运动组骨皮质变厚趋势强于对照组^[43]. 预防老年人骨折的另一个重要因素是提升自身平衡能力,由于老年人的脑干和小脑中细胞数量减少,中枢肾上腺素能系统发生退性变化,限制了精确地控制身体运动的能力. 运动干预能维持其对全身各器官系统的调节作用而保持骨骼的弹性、韧性,提高骨骼的抗断能力,延缓减少骨骼的老年性退化^[44].

4 结 论

研究运动对骨骼影响的国家主要来自美国、英国和澳大利亚,高产文机构中美国哈佛大学位于首位,

研究热点集中在探讨不同运动对绝经后妇女、发育期青少年儿童及老年人三类人群的骨骼影响,对绝经妇女以有氧、抗阻、跳跃训练最佳,发育期儿童练习对抗、球类效果为最佳,老年人运动处方为有氧、渐进抗阻训练结合太极拳和瑜伽预防骨质疏松。运动对骨骼影响领域的高被引文献研究方向主要集中在应力刺激细胞促进体内生长激素、探究年龄差异与营养摄入对骨骼的影响、运动增加骨强度降低老年人跌倒风险。

参考文献:

- [1] LIU E Y, WACTAWSKI-WENDE J, DONAHUE R P, et al. Does Low Bone Mineral Density Start in Post-Teenage Years in Women with Type 1 Diabetes? [J]. *Diabetes Care*, 2003, 26(26): 2365—2369.
- [2] BURGE R, DAWSONHUGHES B, SOLOMON D H, et al. Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-Related Fractures in the United States, 2005—2025 [J]. *J Bone Miner Res*, 2007, 22(3): 465—475.
- [3] HERNLUND E, SVEDBOM A, IVERGÅRDM M, et al. Osteoporosis in the European Union: Medical Management, Epidemiology and Economic Burden. A Report Prepared in Collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA) [J]. *Arch Osteoporosis*, 2013, 8(1): 1—115.
- [4] 中国健康促进基金会骨质疏松防治中国白皮书编委会. 骨质疏松症中国白皮书 [J]. *中华健康管理学杂志*, 2009, 3(3): 148—154.
- [5] 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治指南(2011年) [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2011, 4(1): 2—17.
- [6] WANG X X, ZHANG Y L, HUANG Q F. Discussion on the Main Pathogenesis in Traditional Chinese Medicine and Etiology about Primary Osteoporosis [J]. *Chin J Integr Med*, 2010, 8(12): 1119—23.
- [7] GOH V H, HART W G. Aging and Bone Health in Singaporean Chinese Pre-Menopausal and Postmenopausal Women [J]. *Maturitas*, 2016, 89: 16—21.
- [8] RAUTAVA E, LEHTONENVEROMAA M, KAUTIAINEN H, et al. The Reduction of Physical Activity Reflects on the Bone Mass among Young Females: A Follow-up Study of 142 Adolescent girls [J]. *Osteoporosis Int*, 2007, 18(7): 915—922.
- [9] SILVA M J, BRODT M D, WOPENKA B, et al. Decreased Collagen Organization and Content Are Associated with Reduced Strength of Demineralized and Intact Bone in the SAMP6 Mouse [J]. *J Bone Miner Res*, 2006, 21(1): 78—88.
- [10] ROSSOUW J E, ANDERSON G L, PRENTICE R L, et al. Risks and Benefits of Estrogen Plus Progestin in Healthy Postmenopausal Women: Principal Results from the Women's Health Initiative Randomized Controlled Trial [J]. *Revista Medica De Chile*, 2002, 288(3): 321—333.
- [11] JI M X, YU Q, JI M X, et al. Primary Osteoporosis in Postmenopausal Women [J]. *Chronic Diseases Translational Medicine*, 2015, 1(1): 9—13.
- [12] HAGHIGHI A, SAMIMAGHAM H, GOHARDEHI G. Calcium and Vitamin D Supplementation and Risk of Kidney Stone Formation in Postmenopausal Women [J]. *Iran J Kidney Dis*, 2013, 7(3): 210—213.
- [13] WEE J, SNG B Y, SHEN L, et al. The Relationship Between Body Mass Index and Physical Activity Levels in Relation to Bone Mineral Density in Premenopausal and Postmenopausal Women [J]. *Arch Osteoporosis*, 2013, 8(1): 1—8.
- [14] ROBERTS B J, THRALL E, MULLER J A, et al. Comparison of Hip Fracture Risk Prediction by Femoral aBMD to Experimentally Measured Factor of Risk [J]. *Bone*, 2010, 46(3): 742—746.
- [15] ROGHANI T, TORKAMAN G, MOVASSEGHE S, et al. Effects of Short-Term Aerobic Exercise with and Without External Loading on Bone Metabolism and Balance in Postmenopausal Women with Osteoporosis [J]. *Rheumatol Int*, 2013, 33(2): 291—298.
- [16] MOREIRA L D, OLIVEIRA M L, LIRANIGALVÃO A P, et al. Physical Exercise and Osteoporosis: Effects of Different Types of Exercises on Bone and Physical Function of Postmenopausal Women [J]. *Arq Bras Endocrinol*, 2014, 58(5): 514—522.
- [17] HIND K, BURROWS M. Weight-Bearing Exercise and Bone Mineral Accrual in Children and Adolescents: A Review of

Controlled Trials [J]. Bone, 2007, 40(1): 14—27.

- [18] MCDEVITT H, AHMED S F. Establishing Good Bone Health in Children [J]. Paed Child Health-Can, 2010, 20(2): 83—87.
- [19] BAXTER-JONES A D, FAULKNER R A, FORWOOD M R, et al. Bone Mineral Accrual from 8 to 30 Years of Age: An Estimation of Peak Bone Mass [J]. J Bone Miner Res, 2011, 26(8): 1729—1739.
- [20] PEKKINEN M, VILJAKAINEN H, SAARNIO E, et al. Vitamin D is a Major Determinant of Bone Mineral Density at School Age [J]. Plos One, 2012, 7(7): e40090.
- [21] SIGURDSSON G, FRANZSON L, THORGEIRSDOTTIR H, et al. Vitamin D Intake and Serum 25-OH-Vitamin D Concentration in Different Age Groups of Icelandic Women [J]. Laeknabladid, 1999, 85(5): 398—405.
- [22] LUGER A, WATSCHINGER B, DEUSTER P, et al. Plasma Growth Hormone and Prolactin Responses to Graded Levels of Acute Exercise and to a Lactate Infusion [J]. Neuroendocrinology, 1992, 56(1): 112—117.
- [23] KRAEMER R R, DURAND R J, ACEVEDO E O, et al. Rigorous Running Increases Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor-I Without Altering Ghrelin [J]. Exp Biol Med, 2004, 229(3): 240—246.
- [24] TENFORDE A S, FREDERICSON M. Influence of Sports Participation on Bone Health in the Young Athlete: A Review of the Literature [J]. Pm & R the Journal of Injury Function & Rehabilitation, 2011, 3(9): 861—867.
- [25] SCHMITT H, FRIEBE C, SCHNEIDER S, et al. Bone Mineral Density and Degenerative Changes of the Lumbar Spine in Former Elite Athletes [J]. Int J Sports Med, 2005, 26(6): 457—463.
- [26] BELAVY D L, BAECKER N, ARMBRECHT G, et al. Serum Sclerostin and DKK1 in Relation to Exercise Against Bone Loss in Experimental Bed Rest [J]. J Bone and Miner Metab, 2016, 34(3): 354—365.
- [27] MARQUES E A, WANDERLEY F, MACHADO L, et al. Effects of Resistance and Aerobic Exercise on Physical Function, Bone Mineral Density, OPG and RANKL in Older Women [J]. Exp Gerontology, 2011, 46(7): 524—532.
- [28] OMINSKY M S, LI X, ASUNCION FJ, et al. RANKL Inhibition with Osteoprotegerin Increases Bone Strength by Improving Cortical and Trabecular Bone Architecture in Ovariectomized Rats [J]. J Bone Miner Res, 2008, 23(5): 672—682.
- [29] ROGHANI T, TORKAMAN G, MOVASSEGHE S, et al. Effects of Short-Term Aerobic Exercise with and Without External Loading on Bone Metabolism and Balance in Postmenopausal Women with Osteoporosis [J]. Rheumatol Int, 2013, 33(2): 291—298.
- [30] SINAKI M. Yoga Spinal Flexion Positions and Vertebral Compression Fracture in Osteopenia or Osteoporosis of Spine: Case Series [J]. Pain Practice, 2012, 13(1): 68—75.
- [31] BONAIUTI D, SHEA B, IOVINE R, et al. Exercise for Preventing and Treating Osteoporosis in Postmenopausal Women [J]. Cochrane Db Syst Rev, 2002, 50(3): CD000333.
- [32] NIKANDER R, SIEVÄNEN H, HEINONEN A, et al. Femoral Neck Structure in Adult Female Athletes Subjected to Different Loading Modalities [J]. J Bone Miner Res, 2005, 20(3): 520—528.
- [33] NIKANDER R, KANNUS P, DASTIDAR P, et al. Targeted Exercises Against Hip Fragility [J]. Osteoporosis Int, 2009, 20(8): 1321—1328.
- [34] KOHRT W M, BLOOMFIELD S A, LITTLE K D, et al. American College of Sports Medicine Position Stand: Physical Activity and Bone Health [J]. Med Sci in Sport Exer, 2004, 36(11): 1985—1996.
- [35] GUADALUPEGRAU A, FUENTES T, GUERRA B, et al. Exercise and Bone Mass in Adults [J]. Sports Med, 2009, 39(6): 439—468.
- [36] KANNUS P, HAAPASALO H, SANKALO M, et al. Effects of Starting Age of Physical Activity on Bone Mass in Dominant Arm of Tennis and Squash Players [J]. Ann of Intern Med, 1995, 123(1): 27—31.
- [37] BASS S, PEARCE G, BRADNEY M, et al. Exercise Before Puberty May Confer Residual Benefits in Bone Density in Adulthood: Studies in Active Prepubertal and Retired Female Gymnasts [J]. J Bone Miner Res, 1998, 13(3): 500—7.
- [38] NATTIV A, LOUCKS A B. The Female Athlete Triad [J]. Med Sci Sport Exer, 2007, 39(10): 1867—1882.
- [39] SEEMAN E. Bone Quality: The Material and Structural Basis of Bone Strength [J]. J Bone Miner Metab, 2008, 26(1):

1—8.

[40] KANIS J A, MCCLOSKEY E V, JOHANSSON H, et al. A Reference Standard for the Description of Osteoporosis [J]. Bone, 2008, 42(3): 467—75.

[41] JÄRVINEN T L, SIEVÄNEN H, JOKIHAARA J, et al. Revival of Bone Strength: The Bottom Line [J]. J Bone Miner Res, 2005, 20(5): 717—720.

[42] NIKANDER R, SIEVÄNEN H, HEINONEN A, et al. Targeted Exercise Against Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-Analysis for Optimising Bone Strength Throughout Life [J]. BMC Medicine, 2010, 8(1): 1—16.

[43] GILLESPIE L D, ROBERTSON M C, GILLESPIE W J, et al. Interventions for Preventing Falls in Older People Living in the Community [J]. Cochrane Db Syst Rev, 2009, 2(2): 1—189.

[44] 杨 艳. 补充白刺多糖联合有氧运动对衰老大鼠心肌和骨骼肌的保护作用 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(9): 11—16.

Knowledge Base and Research Focus on Influence of International Sports on Human Skeleton

SHENG Jiong¹, WANG Xing²

1. Shanghai Lixin University of Accounting and Finance, Shanghai 200438, China;
2. School of Physical Education and Sport Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China;

Abstract: To investigate the current international sports knowledge base and research hotspot in the research of the effects on bone, using a computer search Web of Science database from 2010 to 2016 (4587 literatures associated with bone), and using Citespace III visualization software, co-occurrence mapping analysis research state institutions distribution, highly cited literature, and the high frequency keywords. Results show that the United States, Britain, Australia, are the backbone of the research field; the research focus is mainly focused on the different exercise intervention on postmenopausal women, the children and the old three people bones of puberty; knowledge base direction mainly for experiment and development of bone functional adaptation theory. It is concluded that, based on objective data and graph, dialysis movement effect on bone based and hotspot research in the field of knowledge, provide a reference for further research in this field.

Key words: exercise; human skeleton; map of scientific knowledge

责任编辑 汤振金