

全身振动训练改善膝骨关节炎患者疼痛及关节功能的meta分析*

刘丽莹¹ 孙明立^{1,2}

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是由关节疼痛、僵硬逐渐发展为关节变形、功能障碍的中老年人常见慢性疾病^[1],有研究表明,膝骨关节炎与年龄、营养、膝关节结构异常、股四头肌肌力等存在相关性^[2]。晚期KOA以生活不能自理为特点,因其高患病率和高致残率造成巨大的经济压力和社会负担,严重影响到患者的日常生存质量^[3]。全身振动训练(whole body vibration training, WBVT)拥有安全简单的优势,近些年来已被视为对KOA患者非药物治疗中的一种有效治疗方法^[4-5]。虽然近年对WBVT的临床研究逐渐增多,但是由于单一研究观察的样本量较小,且对其缓解KOA患者疼痛,改善膝关节功能等指标纳入不全面,亟待对其更系统的研究。因此,本研究针对WBVT缓解KOA患者疼痛,改善其膝关节功能的临床效果进行综合分析,旨在为WBVT临床用于KOA患者的康复治疗提供依据。

1 资料与方法

1.1 纳入标准与排除标准

纳入标准:依据1986年美国风湿病协会制定的标准确定为KOA的患者;近期膝盖无损伤或手术治疗;研究类型为随机对照试验;主要结局指标有疼痛评分(VAS量表)、西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)评定和6min步行测试(6MWT)。

排除标准:排除重复发表的文献、综述类文献、动物实验、无法获取全文的文献、治疗周期过短(临床干预<4周)的文献、治疗周期过长(临床干预>16周)、研究对象不符的文献、结局指标不符的文献。

注册号:INPLASY202130067; DOI: 10.37766/inplasy2021.3.0067

1.2 文献检索与筛选

中文数据库包括中国知网(CNKI)、万方和维普数据库;英文数据库包括PubMed、Embase和Cochrane。检索范围为各数据库从建库至2021年5月,文献检索不限发表类型,包括期刊文献、学位论文会议论文等。检索时使用统一的检索策略,必要时进行二次检索。由两名研究员根据纳入和排除

标准独立对检索出的文献进行筛选,对有分歧的文献进行讨论或由第三个人决定是否纳入。中文的检索式如下:(振动 OR 全身振动 OR 全身振动训练)AND(骨关节 OR 骨关节炎 OR 膝骨关节炎);英文的检索式如下:#1 whole body vibration training[MeSH Terms] OR body vibration training OR vibration, #2 osteoarthritis[MeSH Terms] OR osteoarthr* OR arthros* OR degenerative arthriti*, #3 #1AND#2

1.3 数据提取及质量评价

两名研究员独立提取以下数据:题目、第一作者、年份、样本量、干预措施和周期等信息,与WOMAC评分、VAS评分、6min步行测试等指标数据。应用Cochrane偏倚风险评估工具(Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias)进行文献质量评价。

1.4 统计学分析

利用Revman5.4软件进行数据分析。根据结局指标特征选择计算效应量的方法。连续性变量且测量单位相同,采用均数差(mean difference, MD)与95%可信区间(confidence interval, CI)分析;测量量表不同或测量单位不一致,用标准化均数差(standardized mean difference, SMD)分析。采用 χ^2 检验判断异质性, $I^2 \leq 50\%$, $P > 0.1$ 为无异质性,选择固定效应模型(fixed effects model)合并分析;若 $I^2 > 50\%$, $P < 0.1$ 则具有异质性,选择随机效应模型(randomized effects model)分析。通过亚组分析和敏感性分析来探讨可能的异质性原因,漏斗图分析纳入资料的分布,判断发表性偏倚的情况。

2 结果

2.1 文献筛选结果及纳入文献基本特征

检索后共获得文献11篇,其中包含英文文献8篇^[6-13],中文文献3篇^[14-16];总样本量457例,其中试验组样本量232例,对照组样本量225例,检索和筛选流程如图1所示,文献的基本特征如表1所示。

2.2 纳入研究的文献质量评价

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.08.019

*基金项目:辽宁省教育厅高等学校基本科研项目(LJKZ1048)

1 沈阳体育学院运动健康学院,沈阳市,110102; 2 通讯作者

第一作者:刘丽莹,女,本科生; 收稿日期:2021-02-26

纳入的 11 篇文献中全部提及“随机”或“随机对照试验”,4 篇提及采用随机数字表或计算机随机生成序列等具体随机方法,有 6 篇文献提到了具体的分配隐藏措施,1 篇文献进行试验实施者与受试者的盲法,6 篇文献对结局指标进行盲法评估,此外,3 篇文献报道了失访或数据缺失的处理,11 篇文献均不确定是否存在其他偏倚。各研究的偏倚风险所占情况和研究结果分别见图 2—3。

2.3 meta 分析结果

2.3.1 WBVT 降低疼痛的 meta 分析:WBVT 降低 VAS 疼痛评分:在纳入的 11 项研究中,共 7 项研究^[6,10-12,14-16]报道 VAS 疼痛评分,研究对象共计 332 例(WBVT 组 176 例,对照组 156 例),meta 分析结果显示,各研究间存在异质性($I^2=61\%$, $P=0.02$),故用随机效应模型分析,采用 MD 进行分析。合并效应量 MD= - 0.66,95%CI 为(- 1.14, - 0.18), $P<0.01$,具有显著性意义,与对照组相比,WBVT 组降低疼痛评分效果更优,且有显著性意义,见图 4。

WBVT 降低 WOMAC 疼痛评分:在纳入的 11 项研究中,共 5 项研究^[6-9,11]纳入指标,研究对象共计 222 例(全身振动训

图 1 文献筛选流程图

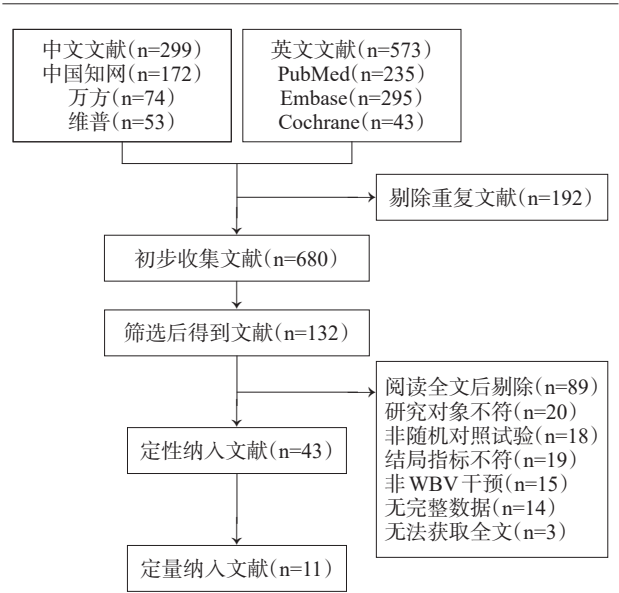


图 2 偏倚风险分布情况

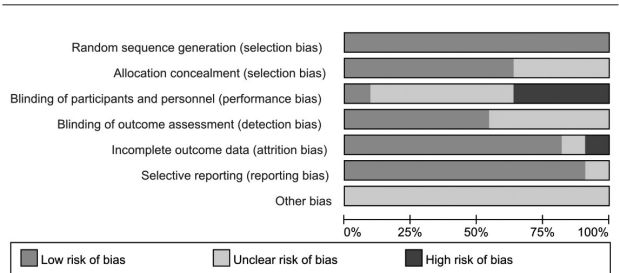
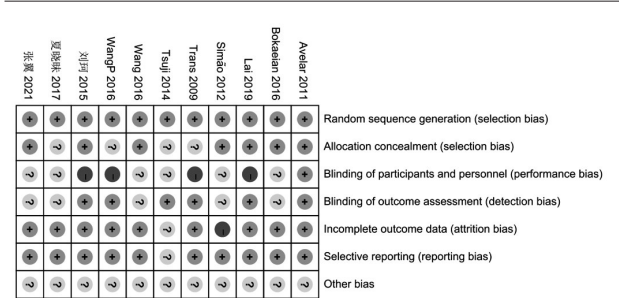


图 3 偏倚风险结果



练组 104 例,对照组 118 例),meta 分析结果显示,各研究间无异质性($I^2=0$, $P=0.85$),采用固定效应模型分析。5 项研究中 Avelar 等^[7]与 Simão 等^[8]的研究采用 0—100 分制,其他 3 项研究均采用 0—10 分制,由于纳入研究的测量单位不同,故采用 SMD 进行分析。合并效应量 SMD= - 0.38,95%CI 为(- 0.65, - 0.11), $P<0.01$,提示与对照组相比,WBVT 组降低疼痛评分效果更优,且有显著性意义,见图 5。

2.3.2 WBVT 改善 KOA 功能的 meta 分析:WBVT 降低 WOMAC 功能评分:在纳入的 11 项研究文献中,共 8 项文献^[6-9,11-12,15-16]纳入此研究指标,研究对象共计 322 例(试验组 155 例,对照组 167 例),meta 分析结果显示,各研究之间无异质性($I^2=0$, $P=0.43$),故采用固定效应模型进行分析。8 项研究所采用的测量单位不一致,应用 SMD 进行分析。合并效应量 SMD= - 0.36,95%CI 为(- 0.58, - 0.14), $P<0.01$,提示与对照组相比,WBVT 组改善 KOA 患者功能的效果更优,且具有显著性意义,见图 6。

WBVT 干预对 6min 步行测试结果的影响:在纳入的所有研究文献中,共 5 篇^[6-8,11,13]使用 6min 步行测试评估受试者功能性活动的结果,研究对象共 235 例(试验组 111 例,对照组 124 例),如森林图所示,各项研究之间存在低度异质性($I^2=19\%$, $P=0.3$),故选择固定效应模型,采用 MD 进行分析。合并效应量 MD=10.52,95%CI=(3.54, 17.49), $P<0.01$,提示 WBVT 对增加 KOA 患者 6min 内的步行距离有显著性意义,见图 7。

2.3.3 亚组分析:针对异质性较高的主要结局指标 VAS 疼痛评分,分别以干预措施、干预周期分组,进行亚组分析,结果显示治疗周期可能为本研究异质性的来源,而治疗措施不是本研究异质性的来源,如表 2 所示。

2.3.4 敏感性分析:对有异质性的主要结局指标(VAS 疼痛评分)的文献进行敏感性分析,剔除数据差异较大的文献后^[10],VAS 疼痛结局指标的异质性仍存在,并且固定效应模型分析结果与随机效应模型一致,试验组均显著优于对照组,表明剔除异常文献后不影响分析结果。

2.3.5 发表偏倚检测:对包含 VAS 疼痛评分、WOMAC 疼痛评分、WOMAC 功能评分和 6min 步行测试 4 项结局指标的文

表1 文献纳入基本特征

纳入研究	样本量(例)	年龄(岁)	运动方案		干预时长(周)	结局指标
	E/C	E/C	E	C		
Wang 等 ^[6] 2016	49/50	61.2±9.6/61.5±9.1	WBVT+股四头肌阻力训练	股四头肌阻力训练	16	①②③
Avelar 等 ^[7] 2011	11/10	75.0±5.0/71.0±4.0	WBVT+深蹲训练	深蹲训练	12	②③
Simão 等 ^[8] 2012	12/23	71±5.3/69±3.7	WBVT+深蹲训练	深蹲训练	12	②③
Trans 等 ^[9] 2009	13/15	58.7±11.0/61.1±8.5	WBVT训练	无任何训练	8	②
Tsuji 等 ^[10] 2014	29/9	62.1±5.5/60.9±4.6	WBVT+家庭训练	家庭训练	8	①
Wang 等 ^[11] 2016	19/20	61.1±7.1/61.5±7.3	WBVT+股四头肌强化	股四头肌强化	16	①②③
Bokaeian 等 ^[12] 2016	15/13	51.8±8.3/54.0±3.9	WBVT+股四头肌强化	股四头肌强化	8	①②
Lai 等 ^[13] 2019	20/21	64.10±4.56/65.00±4.39	WBVT+深蹲训练	深蹲训练	8	③
夏晓咪等 ^[14] 2017	28/28	≥38	WBVT+有氧训练	有氧训练	4	①
张翼等 ^[15] 2021	16/16	60.38±6.30/51.94±6.14	WBVT+运动疗法	传统治疗+运动疗法	8	①②
刘珂等 ^[16] 2015	20/20	56.50±3.35/58.20±2.25	WBVT+传统治疗	传统治疗	4	①②

注:E: 试验组,C: 对照组;结局指标:①VAS视觉模拟评分;②西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC);③6min步行距离(6MWT)

表2 以治疗措施、干预周期分组对VAS疼痛评分的meta分析结果

治疗措施/干预周期	例数	I ² (%)	MD	95%CI	P值
股四头肌强化+WBVT	166	56	-0.83	(-1.68, 0.02)	=0.06
非股四头肌强化+WBVT	166	65	-0.53	(-1.14, 0.07)	=0.08
治疗周期>8周	138	18	-1.11	(-1.63, -0.59)	<0.05
治疗周期≤8周	194	61	-0.44	(-1.03, 0.16)	=0.15

献进行了发表偏倚分析,结果如图8所示,可见倒漏斗图基本对称,表明发表偏倚不明显。

3 讨论

有相关研究指出,KOA的发病率将随着人口老龄化的加剧而进一步增高^[17],严重影响了中老年人的生活质量。KOA治疗的目的在于缓解关节疼痛、改善关节功能、阻断或延缓疾病进展和提高患者生存质量^[18],目前KOA治疗主要分手术治疗、药物治疗和康复治疗三大类,包括物理疗法和运动疗法在内的康复治疗是减少KOA患者最终进行手术治疗的重要疗法^[19],近年来,越来越多的研究者开始研究WBVT对KOA患者的疗效^[4-5],但由于WBVT在骨关节康复医学领域的研究开始较晚,导致相关研究的数量有限。KOA康复治疗的最终目的是使患者能够最大可能的回归社会,提高生存质量,本研究着重关注WBVT对缓解KOA患者疼痛,改善KOA功能表现的临床效果,共纳入11篇文献报道,457例患者,通过反映疼痛程度和膝关节功能表现的主要临床指标进行meta分析,结果发现,WBVT确实能有效降低VAS疼痛评分,并且降低了WOMAC量表疼痛和功能的评分,提高了6min步行测试结果,证明其对KOA患者缓解疼痛和改善膝关节功能等方面确有疗效。为了避免样本量和文献

质量可能对研究结果的影响,本研究针对异质性较高的主要结局指标VAS疼痛评分采用了亚组分析和敏感性分析,发现干预周期可能为本研究中异质性主要来源。

关于WBVT缓解疼痛和改善膝关节功能的作用机制,目前研究较少。有研究发现WBVT可能通过改善骨骼的微观结构、延缓关节软骨的退变,进而缓解骨关节疼痛、改善膝关节功能^[20]。另有研究表明,WBVT可能通过调控炎症细胞的活性及炎症因子的分泌,阻断KOA的进展^[8,21]。此外也有研究报道,WBVT可改善股四头肌功能,恢复KOA患者本体感觉,改善神经肌肉的调控,发挥改善膝关节的功能^[9,22]。但

图4 WBVT降低VAS疼痛评分的森林图

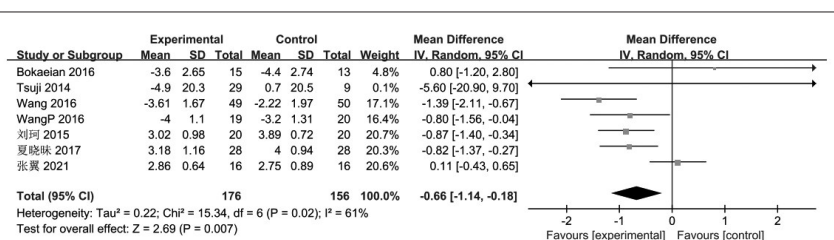


图5 WBVT降低WOMAC疼痛评分的森林图

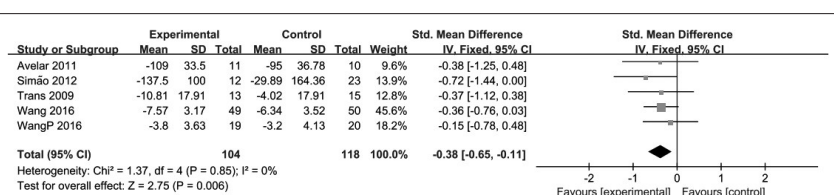


图6 WBVT对WOMAC 功能评分的影响

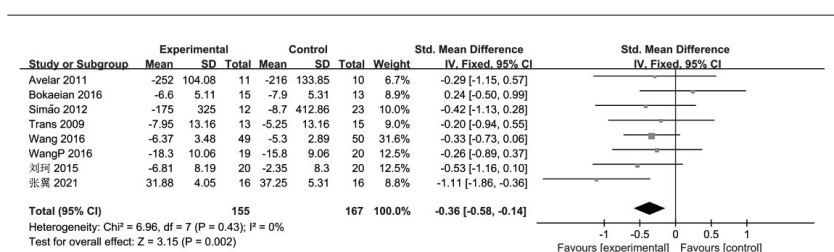
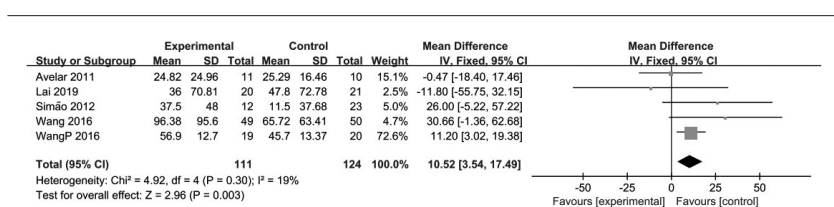


图7 WBVT对6min步行测试结果的影响



关于WBVT缓解骨关节疼痛、改善膝关节功能的机制有待于进一步深入研究。

本篇meta分析的结果可能由于以下原因而存在一定的局限性:①只纳入公开发表的中文、英文文献,而对其他语种的文献未能纳入。②由于对WBVT改善KOA患者疼痛及功能的报道相对不多,因此纳入样本量较少,还需要扩大样本量,从而为临床提供更有力的证据。③现有证据大多都是常规康复治疗基础上的辅助治疗研究,缺少WBVT与其他康复疗法的直接比较。

综上所述,基于目前的临床证据,WBVT可以降低KOA患者的疼痛并改善膝关节功能表现,具体体现在其可降低VAS疼痛评分,降低WOMAC疼痛评分和WOMAC功能指标评分,增加6min步行测试的行走距离,证明在疼痛及功能方面,WBVT确实对KOA患者存在积极影响,但仍需开展更多高质量、大样本的随机对照试验来补充本文结论的证据。

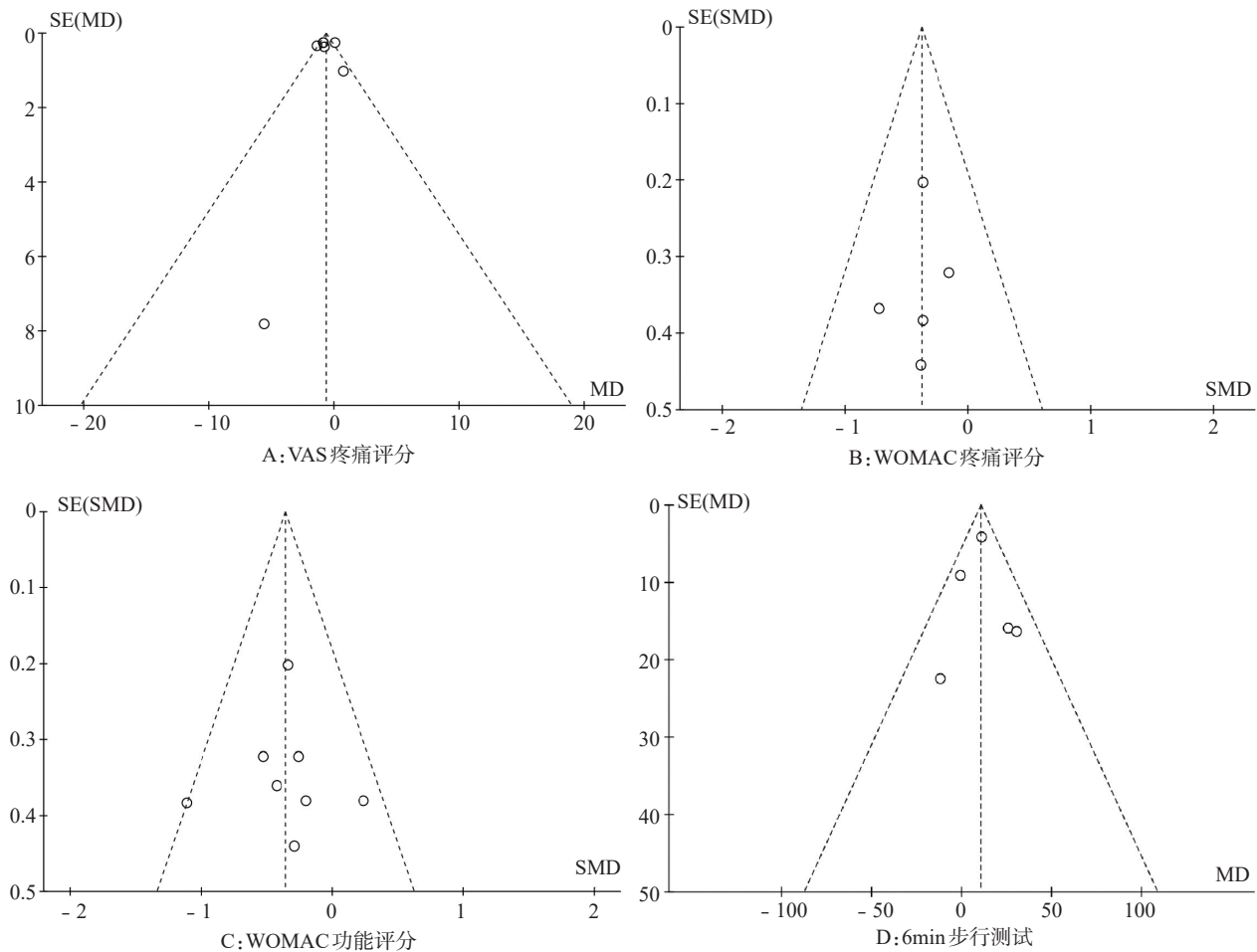
参考文献

- [1] Bieleman HJ, Bierma-Zeinstra SMA, Oosterveld FGJ, et al. The effect of osteoarthritis of the hip or knee on work participation[J]. Journal of Rheumatology, 2011, 38 (9): 1835—1843.
- [2] Cheung PP, Gossec L, Dougados M. What are the best markers for disease progression in osteoarthritis (OA)?[J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2010, 24(1):81—92.
- [3] Englund M, Turkiewicz A. Osteoarthritis increasingly common public disease[J]. Lakartidningen, 2014, 111 (21): 930—931.
- [4] Wang P, Yang X, Yang Y, et al. Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Rehabil, 2015, 29: 939—951.

sis[J]. Clin Rehabil, 2015, 29: 939—951.

- [5] Zafar H, Alghadir A, Anwer S, et al. Therapeutic effects of whole-body vibration training in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96:1525—1532.
- [6] Wang P, Yang L, Liu C, et al. Effects of whole body vibration exercise associated with quadriceps resistance exercise on functioning and quality of life in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial[J]. Clinical Rehabilitation, 2016, 30(11): 1074—1087.
- [7] Avelar NCP, Simão AP, Tossige-Gomes R, et al. The effect of adding whole-body vibration to squat training on the functional performance and self-report of disease status in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized, controlled clinical study[J]. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 2011, 17(12): 1149—1155.
- [8] Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R, et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2012, 93(10): 1692—1700.
- [9] Trans T, Aaboe J, Henriksen M, et al. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis[J]. The Knee, 2009, 16(4): 256—261.
- [10] Tsuji T, Yoon J, Aiba T, et al. Effects of whole-body vibration exercise on muscular strength and power, functional mobility and self-reported knee function in middle-aged and older Japanese women with knee pain[J]. The Knee, 2014, 21(6): 1088—1095.
- [11] Wang P, Yang L, Li H, et al. Effects of whole-body vibration training with quadriceps strengthening exercise on functioning and gait parameters in patients with medial compartment knee osteoarthritis: a randomised controlled preliminary study[J]. Physiotherapy, 2016, 102(1): 86—92.
- [12] Bokaeian HR, Bakhtiary AH, Mirmohammadkhani M, et al. The effect of adding whole body vibration training to strengthening training in the treatment of knee osteoarthritis: A randomized clinical trial[J]. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2016, 20(2): 334—340.
- [13] Lai Z, Lee S, Hu X, et al. Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis

图8 主要结局指标的文献倒漏斗图



- [J]. Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions, 2019, 19(3): 333.
- [14] 夏晓咪, 刘臻, 陆飞, 等. 全身振动训练联合有氧训练治疗膝关节骨性关节炎的疗效观察[J]. 影像研究与医学应用, 2017, 1(11):186—188.
- [15] 张翼, 秦佳维, 何泽祥, 等. 全身振动训练联合运动疗法在膝关节骨性关节炎中的应用效果[J]. 中国当代医药, 2021, 28(8):77—80.
- [16] 刘珂, 陈光, 黄月乔, 等. 全身振动训练对膝关节骨性关节炎有效性的随机对照研究[J]. 生物医学工程与临床, 2015, 19(6): 609—612.
- [17] Fejer R, Ruhe A. What is the prevalence of musculoskeletal problems in the elderly population in developed countries? A systematic critical literature review[J]. Chiropractic & Manual Therapies, 2012, 20(1): 1—52.
- [18] 陈国键, 容向宾, 龙飞攀, 等. 运动疗法在膝关节骨性关节炎中的应用[J]. 中医正骨, 2019, 31(3):38—41,45.
- [19] Zhang W, Nuki G, Moskowitz RW, et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: Changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009 [J]. Osteoarthritis and Cartilage, 2010, 18(4): 476—499.
- [20] Ye W, Guo H, Yang X, et al. Pulsed electromagnetic field versus whole body vibration on cartilage and subchondral trabecular bone in mice with knee osteoarthritis[J]. Bioelectromagnetics, 2020, 41(4):298—307.
- [21] Tossige-Gomes R, Avelar NC, Simão AP, et al. Whole-body vibration decreases the proliferative response of TCD4(+) cells in elderly individuals with knee osteoarthritis[J]. Braz J Med Biol Res, 2012, 45(12):1262—1268.
- [22] Simão AP, Mendonça VA, Avelar NCP, et al. Whole body vibration training on muscle strength and brain derived neurotrophic factor levels in elderly woman with knee osteoarthritis: A randomized clinical trial study[J]. Front Physiol, 2019, 10:756.