

运动疗法对糖尿病足患者有效性及安全性的 Meta 分析

詹昱新¹, 王佩¹, 万雅莉¹, 李冰¹, 谢文芳¹, 喻姣花²

摘要:目的 对运动疗法在糖尿病足溃疡患者中的干预效果进行系统评价,为糖尿病足患者运动方案的制订提供循证依据。**方法** 计算机检索中英文数据库中关于运动疗法对糖尿病足患者干预的安全性及有效性的相关文献,检索时限为建库至 2025 年 2 月 28 日。由 2 名研究者独立筛选文献和提取数据,应用 RevMan5.4 软件对纳入文献进行 Meta 分析。**结果** 共纳入 14 篇文献,共 1 040 例糖尿病足患者。Meta 分析结果显示,与常规护理相比,运动疗法可以提高糖尿病足患者的创面愈合有效率[OR=2.72, 95%CI(1.71, 4.33)],促进糖尿病足创面面积缩小[MD=5.43, 95%CI(2.94, 7.92)],改善患者踝肱指数 [MD=0.06, 95%CI(0.04, 0.09)]及经皮氧分压值[MD=5.03, 95%CI(3.25, 6.81)],但在不良事件发生率方面差异无统计学意义[RR=0.54, 95%CI(0.23, 1.31)]。**结论** 运动疗法可以提高糖尿病足患者的伤口愈合有效率,缩小创面面积,改善患者的踝肱指数及经皮氧分压。但需要更多高质量和大样本的研究进行验证。

关键词: 糖尿病足; 运动疗法; 伤口愈合; 踝肱指数; 经皮氧分压; Meta 分析; 循证护理; 系统评价

中图分类号: R473.5; R587.1 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.16.107

The effectiveness and safety of exercise therapy in diabetic foot patients: a meta-analysis

Zhan Yuxin, Wang Pei, Wan Yali, Li Bing, Xie Wenfang, Yu Jiaohua. Department of Neurosurgery, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China

Abstract: Objective To systematically evaluate the effectiveness of exercise therapy in diabetic foot ulcer (DFU) patients, and to provide evidence-based reference for developing exercise protocol. **Methods** We electronically searched Chinese and English databases for literature on the safety and efficacy of exercise therapy in DFU patients, from database inception to February 28, 2025. Two researchers independently screened the literature and extracted data. Meta-analysis was performed using RevMan 5.4 software. **Results** A total of 14 studies involving 1,040 diabetic foot patients were included. Meta-analysis results showed that, compared with usual care, exercise therapy significantly improved the wound healing rate[OR = 2.72, 95%CI (1.71, 4.33)], achieved a greater reduction in wound area [MD = 5.43, 95%CI (2.94, 7.92)], and enhanced the ankle-brachial index [MD = 0.06, 95%CI (0.04, 0.09)] and transcutaneous oxygen pressure (TcPO₂) values [MD = 5.03, 95%CI (3.25, 6.81)]. However, there was no statistically significant difference in the incidence of adverse events between groups [RR = 0.54, 95%CI (0.23, 1.31)]. **Conclusion** Exercise therapy can improve the wound healing rate, reduce wound area, and enhance ankle-brachial index and transcutaneous oxygen pressure in DFU patients. Nevertheless, more high-quality and large sample studies are needed to confirm these findings.

Keywords: diabetic foot; exercise therapy; wound healing; ankle-brachial index; transcutaneous oxygen pressure; meta-analysis; evidence-based nursing; systematic review

糖尿病足是指糖尿病患者因糖尿病所致的下肢远端神经病变和/或不同程度的血管病变导致的足部溃疡和/或深层组织破坏^[1]。糖尿病患者一生中发生糖尿病足的风险为 12%~25%,糖尿病足占非创伤性截肢的 40%~60%^[2]。糖尿病足由于愈合时间较长,创面感染风险高及病死率增加,给医疗保健系统带来负担。治疗管理糖尿病足的关键在于减压、感染管理、血运重建及伤口护理^[3]。糖尿病足国际工作组指南支持以各种形式的足部相关运动来改善发生糖尿病足溃疡的可改变危险因素^[4]。已有多项研究显

示,不同运动疗法如踝泵运动、非负重运动、伯格运动、有氧运动及专业个性化定制运动在糖尿病足高风险及糖尿病足稳定期人群中疗效显著^[5-7]。但单个研究样本量较小,且运动干预形式及干预效果存在差异,缺乏运动疗法整合性的循证依据,因此,本研究通过 Meta 分析,对各种形式的运动疗法在糖尿病足稳定期患者中应用效果的安全性及有效性进行系统评价,为糖尿病足患者运动方案的制订提供临床循证依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略 检索 PubMed、Web of Science、CINAHL、Embase、Cochrane Library、中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库,检索关于运动疗法对糖尿病足患者干预安全性及有效性的相关文献,检索时限为从建库至 2025 年 2 月 28

作者单位:华中科技大学同济医学院附属协和医院 1. 神经外科
2. 护理部(湖北 武汉,430022)

通信作者:喻姣花, xhhlbzk@163.com

詹昱新:女,硕士,副主任护师,护士长,15377574880@163.com

收稿:2025-03-19;修回:2025-05-15

日。此外,为了防止遗漏,追溯纳入研究的参考文献。采用主题词与自由词组合的方式制订检索策略。中文检索词包括:糖尿病足,糖尿病足溃疡,足溃疡;运动,运动疗法,锻炼,非负重运动,负重运动,踝泵运动,伯格运动,毕格尔运动。英文检索词及检索策略以 PubMed 为例,见表 1。

表 1 PubMed 检索策略

步骤	检索式
#1	“diabetic foot”[MeSH]
#2	“foot ulcers”[Title/Abstract] OR “diabetes foot” [Title/Abstract] OR “DFU”[Title/Abstract]
#3	#1 OR #2
#4	“exercise therapy”[MeSH]
#5	“physical exercise” [Title/Abstract] OR “non weight bearing” [Title/Abstract] OR “weight bearing” [Title/Abstract] OR “ankle pump motion” [Title/Abstract] OR “Buerger exercise”[Title/Abstract]
#6	#4 OR #5
#7	“clinical trial”[Title/Abstract] OR “trial”[Title/Abstract] OR “RCT” [Title/Abstract]
#8	#3 AND #6 AND #7

1.2 文献纳入与排除标准 纳入标准:①研究类型为随机对照试验(RCT);②研究对象为糖尿病足稳定期患者;③干预措施,试验组采用运动疗法或与常规护理联合使用,对照组采用常规护理;④结局指标为愈合有效率、溃疡面积缩小、不良事件发生率、踝肱指数和经皮氧分压值;⑤语种为中文、英文。排除标准:①无法获取全文;②无法获取数据;③同一团队更新发表的论文;④会议论文;⑤未报告研究对象纳入和排除标准,未明确结局指标及设计有明显缺陷的研究。

1.3 文献筛选和资料提取 由 2 名接受过循证方

法学培训的研究员独立按照文献纳入和排除标准进行文献筛选、资料提取,最后交叉核对,如果遇到分歧通过双方讨论或者征求第三方意见解决。确定纳入文献后,基于 Cochrane 手册^[8],提取相关数据,包括作者、糖尿病足/溃疡类型、样本量、试验组和对照组干预措施、运动时间频率、测评时间、结局指标。

1.4 纳入文献的偏倚风险评估 使用 Cochrane 协作网对 RCT 的质量评价工具(RoB 2)^[9],评估纳入文献的偏倚风险。由 2 名研究者独立评估,最后讨论结果并达成一致。

1.5 统计学方法 使用 RevMan 5.4 软件进行 Meta 分析。计量资料采用均数差(Mean Difference, MD)作为效应指标,计数资料采用相对危险度(Relative Risk, RR)或比值比(Odds Ratio, OR)作为效应指标。当 $I^2 \leq 50\%$ 时,采用固定效应模型或随机效应模型;当 $I^2 > 50\%$ 时认为异质性较大,通过亚组分析、Meta 回归或敏感性分析探索异质性来源,若无法明确异质性来源,则采用随机效应模型^[10]。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 文献检索结果 初次检索获得相关文献 2 423 篇(文献筛选流程见附件 1),剔除重复文献后得到文献 1 902 篇,阅读文题与摘要,排除与主题不符、综述、会议文章、指南、研究设计类型不符的文献后初步纳入 275 篇,阅读全文筛选,最终纳入 14 篇文献^[11-24],包括 5 篇^[11-13,17-18] 英文文献,9 篇^[14-16,19-24] 中文文献;共计 1 040 例糖尿病足患者。纳入文献的基本特征见表 2。

表 2 纳入文献的基本特征

作者	研究对象	样本量(例) (试验组/对照组)	试验组干预措施			对照组 干预措施	结局指标
			干预内容	运动时间频率	测评时间		
Ahmad 等 ^[11]	未愈合神经性糖尿病足	21/20	伯格运动:下肢抬高至 45~60°,保持该位置直到皮肤变白;随后患者以放松的姿势坐着,双脚和腿在床边以依赖的姿势休息,然后进行背屈和足底屈 3 min,再进行内翻和外翻,直到出现发红;最后将腿平放于床上 3~5 min	每周 3 次,共 30 d	基线、干预 4 周后	常规护理	①③
Nwankwo 等 ^[12]	糖尿病足	31/30	个性化定制运动:有氧热身 5 min 后开始骑自行车运动 10 min,并使用专门的鞋垫来减轻溃疡压力	每周 3 次,共 12 周	基线、干预第 2、4、6、8、10、12 周后	常规护理	①②
Flahr ^[13]	神经性糖尿病足	10/9	非负重运动:踝关节内翻、外翻、屈曲和伸展	每天 4 次,每次 10 组,共 12 周	干预第 4、8、12 周后	常规护理	②
王美君等 ^[14]	Wagner 2~4 级	72/84	踝泵运动	每周 5~7 d,每天 3 次,每次 ≥ 10 min	干预及干预 9 周后	常规护理	①②③ ④⑤
张程等 ^[15]	Wagner 2~3 级	33/33	踝泵运动联合抗阻运动	每天 3 次,每次 10 min,连续 1 个月	干预前及干预 1 个月	抗阻运动	①③
粟翔等 ^[16]	Wagner 2~4 级	42/42	个性化定制运动:术前快乐运动;术后踝泵运动;延续有氧运动	快乐运动 10 次为一组,20~30 min;踝泵运动每周 5 d;有氧运动每日 30 min	干预前及干预 2 个月	常规护理	③⑤

续表 2 纳入文献的基本特征

作者/年份	研究对象	样本量(例) (试验组/对照组)	试验组干预措施			对照组 干预措施	结局指标
			干预内容	运动时间频率	测评时间		
Eraydin 等 ^[2]	Wagner 1~2 级	30/30	个性化定制运动:足底前伸、背 前伸、内翻、外翻、绕行、足底和 足背前伸	每日 2 次,每次 20~30 min,持续 12 周	干预前,干预 第 4、8、12 周 后	常规护理	①②④
Suryani 等 ^[18]	近期愈合的糖尿 病足	25/25	个性化定制运动:足部柔韧性和 阻力训练,踝关节跖屈、背屈、内 翻、外翻、指间关节屈伸和跖趾 关节内收、外展、屈伸和伸展	每周 3 次,柔韧性练 习 30 次,弹力带阻力 练习 5~50 次,共 24 周	干预第 12 周 及 24 周	常规护理	③
蔡照红等 ^[19] 2018	0 级糖尿病足	40/40	步行联合伯格运动:平卧,双腿 上举 30~60°,置放在棉被上 2 min;双足下垂床边,同时双足 进行背屈、跖屈左右摆动,足趾 上翘、伸开、收拢直至足部完全 变成粉红色	每天 1 次,共 12 个 月	出院后第 3、 6、12 月	常规护理	③
李群等 ^[20]	Wagner 1~4 级	32/30	非负重运动:仰卧位,双下肢空 中蹬车运动 20 下,交替抬高 20 下,交替屈伸运动 20 下为一个 循环,重复,中间可休息 3~5 min	每天 3 次,每周 5~ 7 d	干预 1 个月 后	常规护理	②③④⑤
李瑞雪等 ^[21]	Wagner 1 级	45/45	药物治疗+踝泵运动	10 次为 1 组,连续 5 组, 共 2 周	干预 2 周后	药物治疗	②
李伟云等 ^[22]	糖尿病足	41/41	非负重运动:空中蹬单车运动及 伯格运动	空中蹬单车运动每 天 3 次,每周运动 5~7 d;伯格运动每 天 2 次	未提及	常规护理	②③④⑤
王显东等 ^[23]	Wagner 2~4 级	63/63	踝泵运动	每次 15 min,每天 3 次,每周 5~7 d	干预 3 个月	常规护理	①③④
张宁等 ^[24]	Wagner 2~3 级	33/30	个性化定制运动:规范化踏车运 动,采用踏车的方式进行坐位或 卧位训练	3~5 次/周,共 12 周	干预前、干预 12 周、16 周和 24 周	常规护理	②

注:①创面面积;②创面愈合有效率;③踝肱指数;④不良事件;⑤经皮氧分压值。

2.2 纳入文献的偏倚风险结果 5 篇文献^[11-13,17-18]的整体偏倚风险为“低风险”,9 篇文献^[14-16,19-24]的整体偏倚风险为“可能存在风险”。在随机化过程方面,7 篇文献^[14-15,19-20,22-24]未详细描述随机的方法,被评为“可能存在风险”。在偏离既定干预措施方面,5 篇文献^[11-13,17-18]对研究对象、干预者实施了盲法,被评为“低风险”,其余 9 篇文献对是否实施盲法未进行描述,评为“可能存在风险”;在结局数据缺失及选择性报告结果方面,纳入文献均为“低风险”。在结局测量方面,3 篇文献^[21-22,24]未准确描述测量工具,评为“可能存在风险”。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 运动疗法对糖尿病足创面愈合有效率的影响 8 篇文献^[12-14,17,20-22,24]报告了运动疗法对糖尿病足创面愈合有效率的影响,研究间异质性较低 ($I^2 = 22\%$, $P = 0.25$),考虑到干预措施的临床异质性较高,选择随机效应模型。研究结果显示干预后试验组糖尿病足创面愈合有效率高于对照组 [$OR = 2.72$, $95\%CI(1.71, 4.33)$, $P < 0.001$]。亚组分析结果显示,采用非负重运动,试验组和对照组糖尿病足创面愈合有效率比较,差异有统计学意义

[$OR = 5.21$, $95\%CI(2.23, 12.19)$, $P < 0.001$];采用踝泵运动,试验组和对照组糖尿病足创面愈合有效率比较,差异有统计学意义 [$OR = 2.25$, $95\%CI(1.26, 4.01)$, $P = 0.006$]。个性化定制运动,两组差异无统计学意义 [$OR = 2.15$, $95\%CI(0.76, 6.06)$, $P = 0.150$]。见图 1。

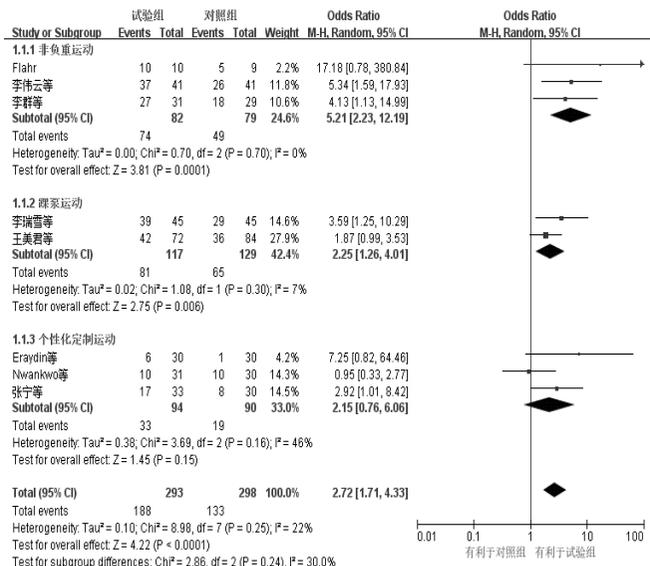


图 1 运动疗法对糖尿病足创面愈合有效率影响的森林图

2.3.2 运动疗法对糖尿病足创面面积缩小值的影响 6 篇文献^[11-12,14-15,17,23] 报告了运动疗法对糖尿病足创面面积缩小值的影响。研究间异质性较高 ($I^2 = 91\%$, $P < 0.001$), 逐一剔除文献后异质性仍高, 根据干预形式不同进行亚组分析后异质性仍未降低, 采用随机效应模型。干预后试验组糖尿病足创面面积缩小值高于对照组, 差异有统计学意义 [$MD = 5.43$, $95\%CI(2.94, 7.93)$, $P < 0.001$]。亚组分析结果显示, 采用踝泵运动, 试验组和对照组创面面积缩小值比较, 差异有统计学意义 [$MD = 3.56$, $95\%CI(1.80, 5.33)$, $P < 0.001$]; 采用个性化定制运动, 试验组和对照组创面面积缩小值比较, 差异无统计学意义 [$MD = 9.69$, $95\%CI(-1.51, 20.88)$, $P = 0.090$]; 采用伯格运动, 试验组和对照组创面面积缩小值比较, 差异有统计学意义 [$MD = 4.73$, $95\%CI(1.86, 7.60)$, $P = 0.001$]。见图 2。

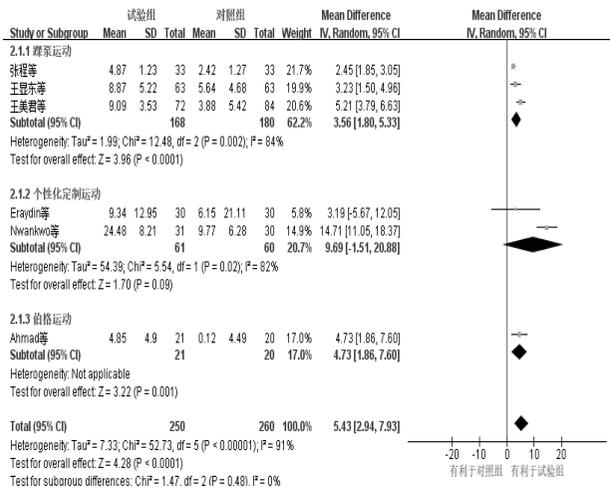


图 2 运动疗法对糖尿病足创面面积缩小值影响的森林图

2.3.3 运动疗法对糖尿病足踝肱指数的影响 9 篇文献^[11,14-16,18-20,22-23] 报告了运动疗法对糖尿病足患者踝肱指数的影响, 研究间异质性较高 ($I^2 = 88\%$, $P < 0.001$), 经剔除 1 篇文献^[15] 后异质性下降 ($I^2 = 21\%$, $P = 0.26$)。采用随机效应模型, 干预后试验组踝肱指数高于对照组, 差异有统计学意义 [$MD = 0.06$, $95\%CI(0.04, 0.09)$, $P < 0.001$]。亚组分析结果显示, 采用非负重运动, 试验组和对照组踝肱指数比较, 差异无统计学意义 [$MD = 0.03$, $95\%CI(0.03, 0.09)$, $P = 0.360$]; 采用踝泵运动, 试验组和对照组踝肱指数比较, 差异有统计学意义 [$MD = 0.11$, $95\%CI(0.00, 0.21)$, $P = 0.040$]; 采用个性化定制运动, 试验组和对照组踝肱指数比较, 差异无统计学意义 [$MD = 0.05$, $95\%CI(-0.02, 0.12)$, $P = 0.190$]; 采用伯格运动, 试验组和对照组踝肱指数比较, 差异有统计学意义 [$MD = 0.06$, $95\%CI(0.03, 0.08)$, $P < 0.001$]。见图 3。

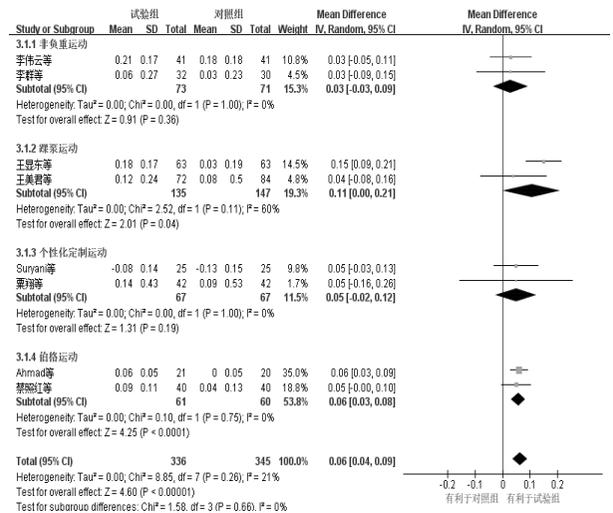


图 3 运动疗法对糖尿病足踝肱指数影响的森林图

2.3.4 运动疗法对糖尿病足不良事件发生率的影响 5 篇文献^[14,17,20,22-23] 报告了运动疗法对糖尿病足患者不良事件发生率的影响, 研究间异质性较高 ($I^2 = 62\%$, $P = 0.030$), 逐一剔除文献后异质性仍未降低。选择随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示, 差异无统计学意义, 未观察到运动疗法会增加糖尿病足溃疡患者不良事件发生率 [$RR = 0.54$, $95\%CI(0.23, 1.13)$, $P = 0.170$]。见图 4。

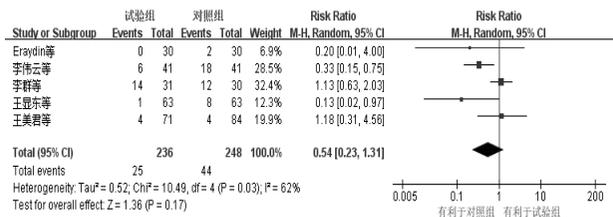


图 4 运动疗法对糖尿病足不良事件发生率影响的森林图

2.3.5 运动疗法对糖尿病足经皮氧分压值的影响 4 篇文献^[14,16,20,22] 报告了运动疗法对糖尿病足患者经皮氧分压值的影响, 研究间异质性较低 ($I^2 = 0\%$, $P = 0.840$), 选择随机效应模型。研究结果显示, 干预后试验组糖尿病足经皮氧分压值高于对照组, 差异有统计学意义 [$RR = 5.03$, $95\%CI(3.25, 6.81)$, $P < 0.001$]。见图 5。

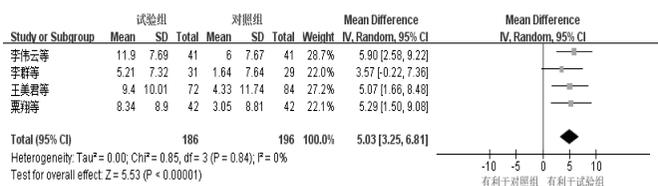


图 5 运动疗法对糖尿病足患者经皮氧分压值影响的森林图

3 讨论

3.1 运动疗法能提高糖尿病足患者创面愈合有效率,促进创面面积缩小 本研究结果显示,运动疗法对糖尿病足患者的创面愈合有效性效果显著。分析原因为足部运动可以促进糖尿病足患者的关节和肌肉运动,增加该区域的血流量,并提供足够的伤口灌注,血流良好的伤口床能够形成新的肉芽组织,并提供营养和氧气,维持对微生物的免疫反应^[25],从而促进创面面积缩小或创面愈合。伯格运动通过改变体位来锻炼收缩血管,并通过调节重力和肌肉收缩来刺激外周循环,从而增加血流量和伤口灌注,促进创面愈合^[26]。踝泵运动依靠肌肉的收缩产生挤压作用,促进血液回流,通过改善血液循环,提高伤口灌注,改善伤口愈合。对糖尿病足患者,减轻足部压力是避免糖尿病足恶化的重要举措,非负重运动可在减轻足部压力的基础上改善代谢和足部血流状态,从而促进氧合和肉芽组织生长,提高创面愈合率^[27]。合并后结果显示,定制运动的效果差异不存在统计学意义,可能与定制运动本身较大的差异化相关,其适用性有待加强。

3.2 运动疗法能提高糖尿病足患者的踝肱指数及经皮氧分压 本研究结果显示,运动疗法能提高糖尿病足患者踝肱指数及经皮氧分压值。踝肱指数可反映患者下肢血管皮肤的微循环状况,了解和掌握周围的动脉灌注状态。经皮氧分压可反映毛细血管中的血流,可用于伤口愈合评估^[28]。研究指出,伯格运动后重力诱导效应与腿部肌肉收缩效应的结合,刺激血管内皮释放一氧化氮,引起血管平滑肌松弛,促使血管扩张和血流量增加,从而改善患者血流灌注及微循环情况,改善患者踝肱指数^[29]。踝泵运动通过肌肉的收缩产生挤压作用,促进血液回流,改善血液循环和血流灌注,改善患者踝肱指数。同时研究指出,伯格运动、踝泵运动能够对外周循环的氧合血红蛋白水平及足部皮肤灌注压产生改善作用^[30],从而优化下肢外周循环水平,改善经皮氧分压等指标。

3.3 运动疗法未增加糖尿病足患者不良事件发生风险 本研究纳入文献的不良事件多为心血管事件、低血糖或高血糖。分析原因为运动会增加身体对葡萄糖的需求,但糖尿病患者的胰岛素分泌功能可能受损,导致血糖调节不足^[31]。糖尿病患者常伴有自主神经系统功能障碍,这种失调可能导致心血管系统的不稳定,增加心血管事件的风险^[32]。同时糖尿病患者的血管常出现动脉硬化等病变,运动过程中可能导致血管痉挛或斑块脱落,从而增加心血管事件的发生风险^[20]。本研究结果显示,对照组和试验组不良事件发生率差异无统计学意义,提示运动疗法未增加糖尿病足患者不良事件发生风险。但从患者安全性的角度考虑,在运动时应选择适用于糖尿病足稳定期人群,

避免加速伤口感染及其他不良事件发生。同时运动前应对患者进行评估,在专业人员指导下进行运动,保障患者运动的安全性及科学性^[33]。

4 小结

系统评价显示,运动疗法可以提高糖尿病足患者的创面愈合有效率,缩小创面面积,改善患者的踝肱指数及经皮氧分压。但纳入的研究在质量和数量上有所限制,需要更多高质量和大样本的研究进行验证。

附件 1:文献筛选流程,请用微信扫描二维码查看。



参考文献:

- [1] 李姗姗,黄红艳,郑洁.糖尿病足住院患者决策信息需求问题提示列表的构建及可行性评估[J].护理学杂志,2024,39(9):36-40.
- [2] Rathnayake A, Saboo A, Malabu U H, et al. Lower extremity amputations and long-term outcomes in diabetic foot ulcers: a systematic review[J]. World J Diabetes, 2020,11(9):391-399.
- [3] Aagaard T V, Moeini S, Skou S T, et al. Benefits and harms of exercise therapy for patients with diabetic foot ulcers: a systematic review [J]. Int J Low Extrem Wounds,2022,21(3):219-233.
- [4] Tran M M, Haley M N. Does exercise improve healing of diabetic foot ulcers? A systematic review[J]. J Foot Ankle Res,2021,14(1):19.
- [5] Zhao Y, Cai K, Wang Q, et al. Effect of tap dance on plantar pressure, postural stability and lower body function in older patients at risk of diabetic foot;a randomized controlled trial[J]. BMJ Open Diabetes Res Care,2021,9(1):e001909.
- [6] Thakur A, Sharma R, Sharma S K, et al. Effect of Buerger Allen exercise on foot perfusion among patient with diabetes mellitus;a systematic review & meta-analysis[J]. Diabetes Metab Syndr,2022,16(2):102393.
- [7] Perrin B M, Southon J, McCaig J, et al. The effect of structured exercise compared with education on neuropathic signs and symptoms in people at risk of neuropathic diabetic foot ulcers;a randomized clinical trial[J]. Medicina (Kaunas),2021,58(1):59.
- [8] Higgins J P T, Thomas J, Chandler J, et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 6. 2 [EB/OL]. (2021-02-01)[2024-05-22]. <https://training.cochrane.org/handbook>.
- [9] Sterne J, Savovic J, Page M J, et al. RoB 2:a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. BMJ, 2019,366:14898.

- [10] 胡雁,周英凤.循证护理实践从入门到进阶[M].上海:复旦大学出版社,2024:146.
- [11] Ahmad A M, Mohammed A A, Khalifa W A, et al. Effect of Buerger-Allen exercise on wound healing in patients with diabetic foot ulcers;a randomised controlled trial[J]. J Wound Care,2024,33(Sup4a):xcix-xcviii.
- [12] Nwankwo M J, Okoye G C, Victor E A, et al. Effect of twelve weeks supervised aerobic exercise on ulcer healing and changes in selected biochemical profiles of diabetic foot ulcer subjects[J]. Int J Diabetes Res,2014,3(3):41-48.
- [13] Flahr D. The effect of nonweight-bearing exercise and protocol adherence on diabetic foot ulcer healing:a pilot study[J]. Ostomy Wound Manage,2010,56(10):40-50.
- [14] 王美君,张磊,王鹏华,等.踝泵运动对糖尿病足溃疡创面愈合效果的影响[J].中华现代护理杂志,2018,24(2):147-151.
- [15] 张程,杜茜茜.踝泵运动联合抗阻运动在老年糖尿病足患者康复中的应用效果分析[J].中国烧伤创疡杂志,2024,36(2):110-113.
- [16] 粟翔,涂娟,刘清华.以运动为导向的循证护理对糖尿病足溃疡患者创面愈合的影响[J].齐鲁护理杂志,2022,28(19):97-100.
- [17] Eraydin S, Avsar G. The effect of foot exercises on wound healing in type 2 diabetic patients with a foot ulcer;a randomized control study[J]. J Wound Ostomy Continence Nurs,2018,45(2):123-130.
- [18] Suryani M, Samekto W, Susanto H, et al. Effect of foot-ankle flexibility and resistance exercise in the secondary prevention of plantar foot diabetic ulcer[J]. J Diabetes Complications,2021,35(9):107968.
- [19] 蔡照红,朱瑜瑜,张峰,等.步行联合 Buerger 运动在 0 级糖尿病足治疗中的应用研究[J].中国基层医药,2018,25(5):545-548.
- [20] 李群,张金华,于凤泉.非负重运动处方在糖尿病足溃疡治疗中的有效性及安全性分析[J].中国医学创新,2015,12(5):16-19.
- [21] 李瑞雪,韩璐璐,尹飞,等.踝泵运动治疗 1 级糖尿病足患者临床疗效分析[J].临床军医杂志,2021,49(7):780-781.
- [22] 李伟云,田桂芹,胡亚丽,等.非负重运动处方在糖尿病足溃疡治疗中的有效性探讨[J].山西医药杂志,2021,50(11):1848-1850.
- [23] 王显东,刘明兴.踝泵运动对糖尿病足溃疡创面愈合的干预作用[J].西部中医药,2020,33(11):115-117.
- [24] 张宁,白姣姣,孙皎,等.踏车运动对老年糖尿病足溃疡患者康复效果的影响[J].老年医学与保健,2019,25(5):618-620,628.
- [25] 中华医学会糖尿病学分会,中华医学会感染病学分会,中华医学会组织修复与再生分会.中国糖尿病足防治指南(2019版)(II)[J].中华糖尿病杂志,2019,11(3):161-189.
- [26] Chang C C, Chen M Y, Shen J H, et al. A quantitative real-time assessment of Buerger exercise on dorsal foot peripheral skin circulation in patients with diabetes foot [J]. Medicine (Baltimore),2016,95(46):e5334.
- [27] 陶静,刘清华,胡鹏,等.非负重运动锻炼对糖尿病足溃疡患者影响的系统评价[J].循证护理,2023,9(10):1745-1752.
- [28] Arsenault K A, McDonald J, Devereaux P J, et al. The use of transcutaneous oximetry to predict complications of chronic wound healing:a systematic review and meta-analysis[J]. Wound Repair Regen,2011,19(6):657-663.
- [29] Basmallah C N, Farida I, Badriyah F L. The effect of Buerger Allen exercise on ankle brachial index (ABI) values in diabetes mellitus type 2 patients;literature review[J]. Journal Ilmiah Keperawatan Stikes Hang Tuah Surabaya,2022,17(1):44-54.
- [30] 《多学科合作下糖尿病足防治专家共识(2020版)》编写组.多学科合作下糖尿病足防治专家共识(2020版)全版[J].中华烧伤杂志,2020,36(8):E01-E52.
- [31] Kanaley J A, Colberg S R, Corcoran M H, et al. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes:a consensus statement from the American College of Sports Medicine[J]. Med Sci Sports Exerc,2022,54(2):353-368.
- [32] Win M M T M, Fukai K, Nyunt H H, et al. Hand and foot exercises for diabetic peripheral neuropathy:a randomized controlled trial[J]. Nurs Health Sci,2020,22(2):416-426.
- [33] 郭庆娇,顾颖,欧阳静,等.运动防治糖尿病足的最佳证据总结[J].中华烧伤与创面修复杂志,2023,39(7):671-678.

(本文编辑 吴红艳)