

·循证医学·

移动健康运动干预对身体活动不足的中老年人运动促进的有效性： 系统综述与meta分析*

陈继伟¹ 王 兴¹ 顾子苗¹ 朱 昆^{1,2}

据全球统计超过1/4(约14亿)的成年人由于身体活动不足而面临疾病风险,每年超过300万人因缺乏运动而死亡^[1],运动不足已成为全球第四大死亡风险因素^[2],中老年人运动惰性和久坐行为随年龄增加直线上升,致使身体活动水平下降从而显著提高了慢性疾病风险并降低了健康指数^[3],世界卫生组织建议老年人应至少每周进行150min的中等强度运动^[4-5],但全球统计能够达到最低标准的中老年人仅为20%^[6-7]。

有研究表明定期参与运动锻炼可有效降低中老年人认知和运动功能衰退趋势^[8-9],并减少认知障碍与跌倒发生率^[10],甚至有统计发现身体活动水平更高的老年人死亡率更低^[11],中老年人常存在缺乏运动兴趣、锻炼动机以及运动陪伴的体育参与障碍^[12],而对年轻人有效的自我调节干预和行为改变干预可能对中老年人无效^[13],同时面对面进行的传统运动行为干预对中老年人的运动促进效果并不理想^[12],移动健康运动干预(mobile health exercise intervention, MHEI)是通过电子设备、互联网和其他方式提供运动相关的保健服务,作为可引导中老年人改变特定运动态度和行为的技术,在鼓励与辅助中老年人参与体育锻炼中具有显著作用^[14]。

梳理前人相关研究发现^[15-16]:①同类研究中并未对受试者的身体活动水平进行筛选,纳入了所有身体活动水平的中老年人(因部分中老年人具备良好运动习惯而对MHEI的敏感性较低);②研究中混合了非健康状态的中老年人从而导致混杂因素较高;③研究中亚组分析不充分,并未探究MHEI是否受到干预周期或奖励机制的影响。故本研究拟采用meta分析的方法,对国内外有关MHEI对身体活动不足的中老年人运动促进的研究进行定性分析与定量分析,对不同干预周期、不同对照组、研究是否存在奖励机制、样本量大小、不同受试者年龄和不同测量方式进行了多种亚组分析,以期为该领域研究的科研人员与临床实践者提供可靠的循证依据,以及提供更加安全高效的MHEI方案。

1 研究对象与方法

本研究遵循《系统综述与meta分析优先报告条目》的标准要求^[27]进行meta分析,并已在国际系统评价前瞻性登记册(<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>)中注册,注册号为CRD42024539743 (<https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/#recordDetails>)。

1.1 检索策略

检索期限为建库起始年—2024年4月24日,文献无语言限制,检索采用标题、摘要、主题词相结合的方式以及根据数据库的检索特点进行全面检索,除进行系统检索,还通过阅读相关研究的参考文献进行文献追溯。英文检索词以:aged/senior/old/elder、texting/SMS/text/messaging/mobile/m- health/e- health/eHealth/internet- based/web based/online/DVD- based/smart-phone/mobile phone/wearable/social media/computer、exercise/activity/activities/physical/isometric/aerobic/train/sport/athletic/movement/walk/step/energy/expenditure/sedentary在Web of Science、PubMed、Cochrane library、Embase数据库中检索,中文检索词以:中年/老年、电话/移动健康/电子健康/远程/在线/智能/可穿戴设备/计算机/APP/软件、锻炼/活动/体力/有氧/训练/运动/步行/能量消耗/代谢/久坐在中国知网和中国生物医学文献数据库进行检索。

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准:纳入标准由运动和康复医学相关研究者制定并按照PICOS原则进行:①研究对象(population, P):年龄为50岁及以上的中老年人,评估为身体活动不足(每天至少30min或每周150min的中等强度体育活动,包括工作、日常生活和休闲活动^[17-18]),未存在痴呆症、脑卒中、帕金森病或肢体功能障碍等疾病,能够进行轻度至中度的体育锻炼,性别、种族、国家不限;②干预措施(intervention, I):通过移动健康运动干预,包括利用移动互联网通信技术提供运动相关的各种服务指导程序;③对照条件(comparison, C):线下进行的运动或健康教育,且未接触任何MHEI措施,也包括

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2026.06.018

*基金项目:国家社会科学基金项目(22BTY076)

1 上海体育大学体育教育学院,上海市,200438; 2 通讯作者

第一作者简介:陈继伟,男,博士研究生; 收稿日期:2024-07-02

970 www.rehabi.com.cn

了常规生活的对照组;④结局指标(outcome, O):运动促进的选取指标为各种有关体力活动水平和能量消耗的评估,包括步数和体力活动跟踪等;⑤研究类型(study design, S):只包括了随机对照试验(包含随机交叉和平行对照试验)。

MHEI策略包括:①通过计算机或互联网自动向受试者提供预先设计的体育活动建议(如体育活动的益处、运动类型、运动强度等);②由人工辅助通过电话或智能手机为受试者提供运动辅导(如设定目标、提示、计划等);③使受试者通过电子运动记录(如步数)随时了解运动进度;④通过网络提供运动生活方式资源(如运动类型、运动健康益处、运动场所等);⑤为受试者提供在线平台,分享运动活动经验和支持信息以促进持续性运动;⑥通过可穿戴设备(如智能手机、腕带等)提供自动跟踪和反馈(如步数统计、体力活动时间、能量消耗等);⑦通过在线视频提供体育锻炼的学习指导;⑧提供基于视频游戏的活动,以促进体育活动时间;⑨讲述从久坐不动到积极参加运动成功行为的转变叙述^[19-20]。

1.2.2 排除标准:①综述、评论、会议、学位论文、研究协议以及重复发表的文献;②研究类型为观察性研究(即横断面研究、病例对照研究和队列研究)和非随机对照试验、动物研究;③数据无法提取或联系作者后仍未获得原始数据;④物理治疗证据数据库量表(physiotherapy evidence database, PEDro)修订版得分<4分被评估为方法学质量较差的文献^[21-22]。

1.3 文献筛选与数据提取

检索文献导入Endnote软件进行除重,两位作者分别按照纳入、排除标准筛选文献,提取资料并互相复核,若有分歧,则由第三位作者决定是否纳入。当文献中仅有图片无原始数据时,联系作者后仍未获得原始数据,利用图表提取工具对原始数据进行提取。

1.4 方法学质量评估

文献方法学质量通过PEDro量表进行评估,量表中具有11个条目,采用1(符合)和0(不符合)两点计分,满分为10分(第1项不计入总分),文献质量评分<4分定为质量差,4—5分为中等质量,6—8分为质量较好,9—10分为高质量^[22],由两名作者对文献独立进行评估,当出现争议则由第三名作者讨论解决。

1.5 统计分析

本研究使用Stata 17.0软件进行meta统计分析,因各研究中的评估方法和测试尺度存在差异,故使用标准化均数差(SMD)与95%置信区间(CI)进行效应量合并。研究统一采用随机效应模型进行meta分析,随机效应模型相比固定效应模型置信区间较大且更保守,更加适合分析异质性数据,统计学异质性只能在一定程度上反映临床和方法学异质性(统计学异质性不显著,不代表没有临床和方法学异质性),

而异质性来源较广,只根据异质性大小而选择合并效应模型缺乏严谨性^[23],同时我们对纳入的研究进行了以下分析处理:①为了避免重复分析带来的权重增加,如果研究中使用2个及以上的评估方式测量相同的结局指标,则选择最常用的评估方式^[24];②纳入研究设计若为双臂以上研究时,研究组别包括MHEI以外的实验组或对照组为1种以上不同的对照形式,只根据预定的纳入标准和排除标准将各组别数据按照独立样本进行提取^[24];③为减少合并结果的偶然性发生,在统计中至少3项研究才可纳入meta分析^[24];④对于只报告了标准误差和四分位数的研究,将这些数据转换为标准差^[25];⑤ $I^2<25\%$ 时为无异质性,25%—50%为轻度,50%—75%为中度,>75%为重度^[26-27],当 $I^2>50\%$,通过逐个去除总合并效应量的两端极值对异质性进行敏感性分析^[28];⑥发表偏倚使用漏斗图和Egger检测进行评估,如使用漏斗图和Egger检验后显示具有发表偏倚,则通过剪补法来评估meta分析结果的稳定性^[29],若研究数量少于10项,避免检验效能较低则不使用发表偏倚检测。

本研究遵循了《Cochrane手册》推荐的计算公式^[30]:纳入数据的提取方式为实验干预前后的差异值[平均值(M)和标准差(SD)]。计算公式:

$$M_{\text{纳入}} = M_{\text{干预后}} - M_{\text{基线数据}}$$

$$SD_{\text{纳入}} = \sqrt{SD_{\text{基线数据}}^2 + SD_{\text{干预后}}^2 - (2 \times R \times SD_{\text{基线数据}} \times SD_{\text{干预后}})}$$

其中系数R取值为0.5^[31]。

2 结果

2.1 文献检索结果

通过对数据库进行系统检索共获得文献7503篇,经过标题和摘要的初筛和全文的详细筛选后最终纳入meta分析15篇文献,文献纳入以及筛选流程见图1。

2.2 纳入文献基本特征

共纳入15篇文献^[32-46],受试者均为50岁以上的身体活动不足的中老年人,共纳入3884例,其中实验组1936例,对照组1948例,干预周期为2—24个月,7项研究对照条件为线下运动健康课程^[33-34, 38, 41, 43, 45-46],8项研究为常规生活对照^[32, 35-37, 39-40, 42, 44],3项研究报告了因运动增加导致的轻微身体不适^[32, 40, 43],6项研究报告了为提高干预依从性给予了奖励刺激^[32-33, 38-39, 44, 46](表1)。

2.3 纳入文献的质量评估

15篇文献均对受试者纳入标准详细说明,均对随机分配、基线相似、组间进行统计分析、点测量和变异量值进行报告,8篇文献实施了对受试者分配隐藏^[34, 36-37, 39-42, 44],6篇文献实施了盲法^[34-35, 37, 40-41, 45],有2篇文献受试者中途退出率高于15%^[33, 45],6篇文献实施了意向治疗分析^[34-35, 37, 40, 45-46],纳入文献评估总分平均为7.2分(SD=1.21),表明纳入文献总体方法

表1 纳入文献研究

第一作者、年份、国家	试验组/ 对照组(例)	年龄(试验组/ 对照组)	干预方式		干预周期、总干预次数、 单次干预时间		测量方式	结局指标
			试验组	对照组	试验组	对照组		
Bernardine M 2005 美国 ^[46]	90	68.5±7.16	定期远程运动 咨询	OSHE	6月/16次/ 10—15min	6月/3次/30min	PAP(体力活动)、 加速度计	①、②
Abby C 2007 美国 ^[45]	61/66	61.6±5.9/ 60.5±6.0	计算机远程运 动咨询	OSHE	12月/15次/ 10—15min	12月/未报告/ 未报告	PAR	①、②
Gregory S 2007 澳大利亚 ^[44]	93/93	74.1±6.2/ 74.3±5.9	定期远程运动 咨询	OL	12周/8次/ 10—25min	无干预	AHSPAQ(min/周)	①
Abby C 2008 美国 ^[43]	19/18	60.7±6.8/ 59.6±7.6	智能程序远程 运动监督	OSHE	8周/112次/ 未报告	8周/未报告/ 未报告	CHAMPS问卷 (min/周)	①、②
Brian C 2008 美国 ^[42]	523/526	57.1±0.22	定期远程运动 咨询	OL	6月/1—7次/ 未报告	无干预	CHAMPS问卷 (min/周)	②
Brian C 2010 美国 ^[41]	523/526	57.1±0.22	智能程序远程 运动监督	OSHE	24月/1—7次/ 未报告	24月/未报告/ 未报告	CHAMPS问卷 (min/周)	②
Timothy W 2013 美国 ^[40]	132/131	71.7±5.6/ 70.8±5.2	智能程序远程 运动监督	OL	12月/未报告/ 未报告	无干预	计步器(步/天)	③
Irvine A 2013 美国 ^[39]	178/190	60.3±4.7/ 60.3±5.1	虚拟视频体育 建议	OL	6月/12次/ 10—15min	无干预	自我描述问卷 (SDQ)(min/周)	①
Abby C 2013 美国 ^[38]	20/20	68.3±8.2	虚拟视频体育 建议	OSHE	4月/未报告/ 未报告	4月/未报告/ 未报告	计步器(步/天)	①、③
Carolien A 2013 荷兰 ^[37]	114/112	64.7±3.0/ 64.9±2.8	智能程序远程 运动监督	OL	12周/未报告/ 未报告	无干预	加速度计(min/天)	①
Warren G 2014 美国 ^[36]	24/24	79.1±8.0/ 79.8±6.0	定期远程运动 咨询	OL	6月/未报告/ 未报告	无干预	加速度计(单位/天)	①
David P 2014 荷兰 ^[35]	114/112	64.7±3.0/ 64.9±2.8	虚拟运动指导	OL	3月/未报告/ 未报告	无干预	加速度计(min/天)	①
Mueller AM 2016 马来西亚 ^[34]	22/21	63.64±4.58/ 62.90±4.48	定期远程运动 监督	OSHE	24周/24次/ 未报告	24周/未报告/ 未报告	国际身体活动问卷 (IPAQ)(min/周)	①、②
Taylor W 2019 美国 ^[33]	57/51	67.4±6.4/ 66.1±4.9	虚拟运动指导	OSHE	12周/未报告/ 未报告	12周/未报告/ 未报告	计步器(步/天)	③
Junxin Li 2022 美国 ^[32]	11/10	72.2±6.9/ 74.6±6.2	定期远程运动 咨询	OL	16周/未报告/ 未报告	无干预	智能手表(min/周)	①

注:①体力活动时间;②能量消耗水平;③步行跟踪;OSHE(offline sports health education),线下运动健康教育;OL(ordinary life),常规生活;PAR,7天体育活动回忆(体力活动min/week,能量消耗kCal/d);AHSPAQ,奥克兰心脏研究体力活动问卷。

学质量较好。

2.4 meta 分析结果

2.4.1 汇总结果:体力活动时间结局指标共纳入21个效应量,结果显示统计具有中度异质性($I^2=74.48\%$)且具有显著性差异($SMD=0.51$,95%CI:[0.34,0.68], $P<0.01$),能量消耗水平结局指标共纳入9个效应量,结果显示统计具有中度异质性($I^2=85.69\%$)且具有显著性差异($SMD=0.31$,95%CI:[0.10,0.52], $P<0.01$),表明MHEI能够提高身体活动不足的中老年人体力活动时间与能量消耗水平(图2—3)。

2.4.2 亚组分析结果:研究间合并统计存在较高异质性,为探索研究间异质性来源并检验统计结果是否会受到不同调节因素的影响,对不同干预周期、不同对照组、研究期间是否存在奖励机制、样本量大小、受试者不同年龄和不同测量方式进行亚组分析表明,除了12个月体力活动($SMD=0.11$,95%CI:[-0.08,0.30], $P=0.25$)统计结果没有发现显著性差异,其他结果表明MHEI并没有受到不同干预周期、不同对照组、研究期间是否存在奖励机制、样本量大小、受试者不同

年龄以及不同测量方式的影响而改变具有显著性差异的结果(均 $P<0.05$),因12个月体力活动统计只纳入了3项研究,其统计结果可靠性较低(表2)。

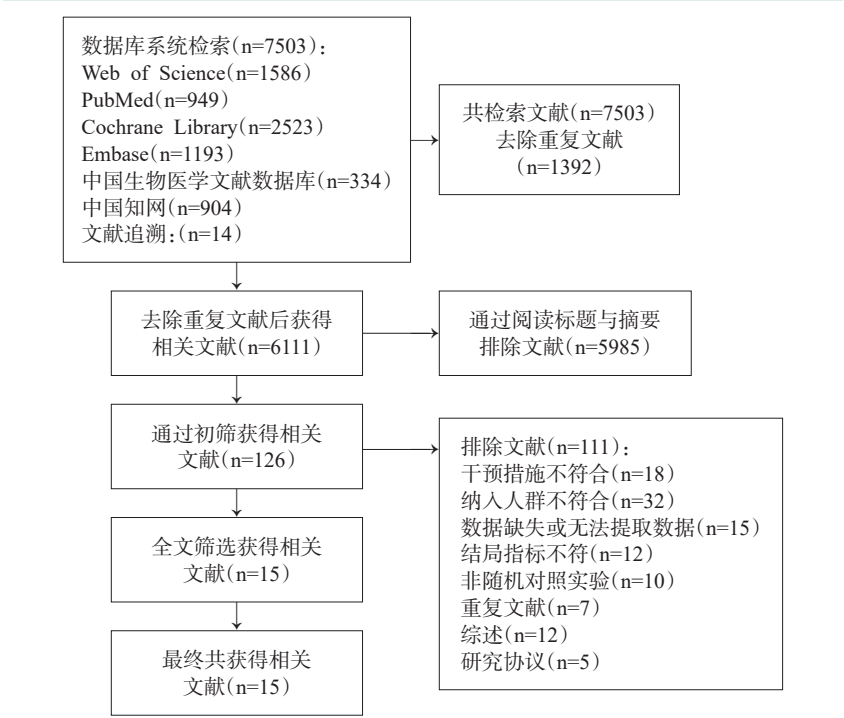
2.5 敏感性分析

通过逐一剔除总合并效应量以外的个别极值研究发现,剔除后异质性虽有所下降但显著性差异的统计结果并未改变,统计结果的合并效应量点估计值仍在原效应量95%置信区间内,对体力活动时间结局指标剔除6项研究($SMD=0.45$,95%CI:[0.31,0.60], $P=0.00$; $I^2=49.90\%$, $P=0.03$),对能量消耗水平结局指标剔除1项研究($SMD=0.27$,95%CI:[0.20,0.33], $P=0.00$; $I^2=0.00\%$, $P=0.11$),表明合并结果具有较高稳定性。

2.6 发表偏倚

通过漏斗图对发表偏倚进行检测表明漏斗图分布平均性较好(图4)。对体力活动时间 Egger 检验显示 $Prob>|z|=0.0861$, $P>0.05$,能量消耗水平 $Prob>|z|=0.4229$, $P>0.05$,表明均无发表偏倚。

图1 文献筛选流程图



3 讨论

本研究是目前首次通过MHEI对身体活动不足的中老年人进行运动促进有效性的meta分析,通过定量方式得出研究结果发现,经MHEI后身体活动不足的中老年人的体力活动时间和能量消耗水平均有显著提升效果。前人研究表明,中老年人的执行功能衰退严重,对于运动计划的实施和执行以及如何获得社会支持或克服障碍能力较差^[47-48],在传统运动计划干预下中老年人的行为改变程度相比年轻人较差,而通过MHEI方式能有效增强行为改变的收益效果,且在促进中老年人运动方面更有效^[12],基于脑可塑性原理,体力活动的提升可减缓执行功能衰退的曲线轨迹,可促进脑功能发育有关的生理生化改变,且执行功能对运动干预效应较为敏感,执行功能得到改善同时会继而促进运动干预的依从性^[49]。有研究表明中老年人个人健康状况、年龄、电子健康素养、经济状况

图2 移动健康运动干预(MHEI)对体力活动时间影响的meta分析森林图

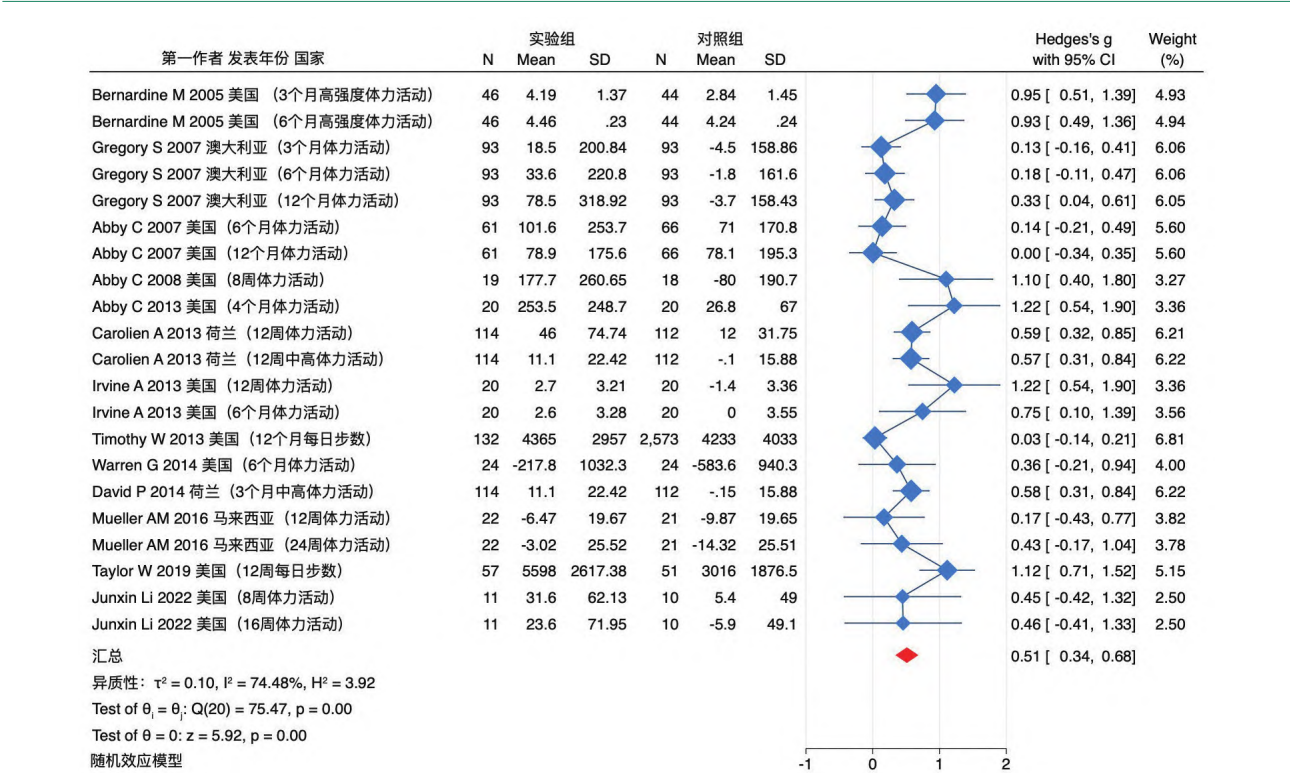


表2 不同亚组的meta分析结果

调节变量	统计数量	效应量(SMD)		异质性	
		95%CI值	P值	I ² (%)	P值
干预周期					
3个月及以下(体力活动)	10	0.66[0.43,0.88]	<0.01	69.24	<0.01
3—6个月(体力活动)	8	0.51[0.24,0.79]	<0.01	58.28	<0.05
12个月(体力活动)	3	0.11[-0.08,0.30]	0.25	36.69	0.20
2—6个月(能量消耗)	6	0.41[0.04,0.77]	<0.05	81.01	<0.01
12—24个月(能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—
不同对照组					
线下运动健康课程(体力活动)	9	0.66[0.36,0.97]	<0.01	75.97	<0.01
线下运动健康课程(能量消耗)	6	0.30[0.24,0.37]	<0.01	0	<0.05
常规生活(体力活动)	12	0.40[0.24,0.57]	<0.01	63.53	<0.01
常规生活(能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—
是否存在奖励机制					
奖励(体力活动)	11	0.67[0.40,0.93]	<0.01	72.88	<0.01
未报告/无(体力活动)	10	0.36[0.17,0.56]	<0.01	66.93	<0.01
奖励(能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—
未报告/无(能量消耗)	6	0.29[0.22,0.36]	<0.01	0.01	0.43
样本量大小					
≥100(体力活动)	12	0.42[0.22,0.63]	<0.01	80.78	<0.01
<100(体力活动)	9	0.70[0.46,0.95]	<0.01	31.93	0.18
≥100(能量消耗)	6	0.27[0.20,0.34]	<0.01	0.01	0.05
<100(能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—
年龄					
45—60岁(体力活动)	7	0.48[0.13,0.84]	<0.05	68.33	<0.05
60岁以上(体力活动)	14	0.53[0.33,0.73]	<0.01	77.17	<0.01
45—60岁(能量消耗)	8	0.27[0.20,0.33]	<0.01	0	0.11
60岁以上(能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—
测量方式					
客观测量(加速度计等-体力活动)	12	0.47[0.24,0.70]	<0.01	72.67	<0.01
主观测量(问卷评估-体力活动)	9	0.57[0.32,0.82]	<0.01	76.32	<0.01
客观测量(加速度计等-能量消耗)	8	0.27[0.20,0.33]	<0.01	0.00	0.11
主观测量(问卷评估-能量消耗)	<3 ^①	—	—	—	—

注:①合并统计数量<3项。

以及对互联网获取信息的信任程度都会影响MHEI的有效性^[50—51],尤其是长期居家或资源获取较为困难的中老年人,且自我效能感较高的中老年人有望寻求与健康相关的资源从而应对慢性疾病来适应与年龄相关的衰退^[52],但在本次纳入研究中并未报告受试者对MHEI的主观效能感。

研究还发现,MHEI的显著性差异结果并没有受到不同干预周期、不同对照组、研究期间是否存在奖励机制、样本量大小、受试者不同年龄以及主客观测量方式的混杂因素影响。MHEI以引人入胜和广泛可用的方式表现出相对较大的成本优势^[53],虽然研究中未存在研究人员的现场干涉,但有研究表明受试者是否受到奖励和监督对运动促进的效益影响较大^[54],本研究虽未发现奖励机制对研究结果的混杂影响,但MHEI需提供较少受到人工监督干预的同时依然具有显著提升效果的精良程序^[53]。在设计MHEI时中老年人的具体需求是影响实验依从性和持续性的重要因素之一,如视力、听力和认知情况等,缺乏对衰老相关的身体困难考虑会阻碍受试者顺利参加,如能够创造互动机会并满足多种健康需求的设计程序能够使健康收益最大化^[55—56],本次纳入研究中并未对受试者的个性特征进行初步观察从而调整干预程

序,中老年人同质化水平较低,需考虑个体间和个体内的异质性,以及强调支持和奖励的重要性是促进积极干预的关键,还表明性别差异会对受试者的情感沟通与反馈产生影响,未来MHEI需个性化并匹配受试者需求,提高行为、偏好、背景和生活方式与受试者的相关性^[57],同时中老年人的健康素养相比年轻人较差(网络的接受程度),以及根据网络途径做出健康决策的能力较弱^[58],而MHEI对提高中老年人的健康素养有显著效果,如促进健康知识和技能的掌握^[57],健康状态良好的中老年人拥有更多学习需求,但教育和信息资源地区分配不均,该群体得到改善的机会受限,而移动教育模式能够依托互联网技术弥补这一缺陷^[59],本次纳入研究中也并未报告受试者的所在地区(农村或城市),可能会对研究结果产生偏移。

在对体力活动4—12个月的评估发现,各研究实验组的体力活动时间相比对照组平均增加70min,超过世界卫生组织建议老年人应至少每周进行150min运动时间的45%^[4],表明MHEI对身体活动不足的中老年人运动促进具有显著效果。移动健康运动干预尚未广泛普及,老年人对MHEI的接受程度较低,甚至对MHEI持消极态度,尤其在偏远地区,经

图3 移动健康运动干预(MHEI)对能量消耗水平影响的meta分析森林图

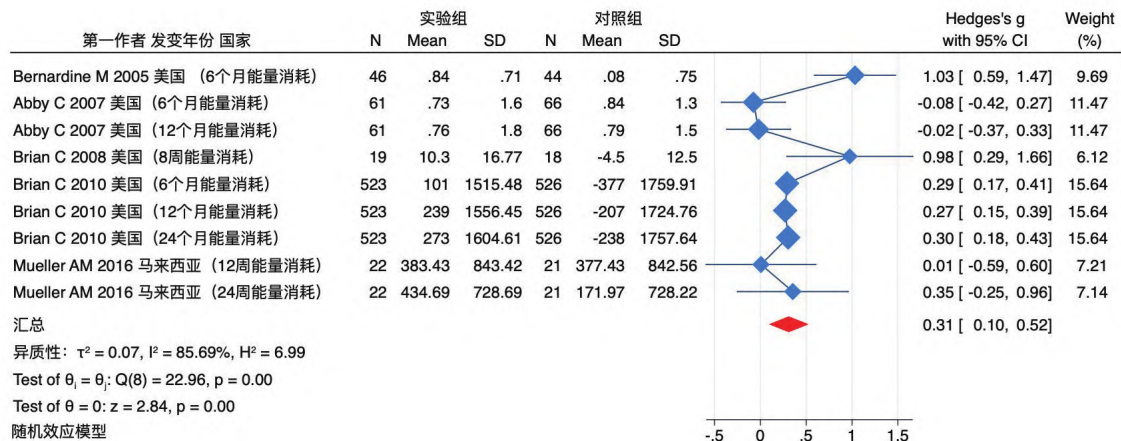
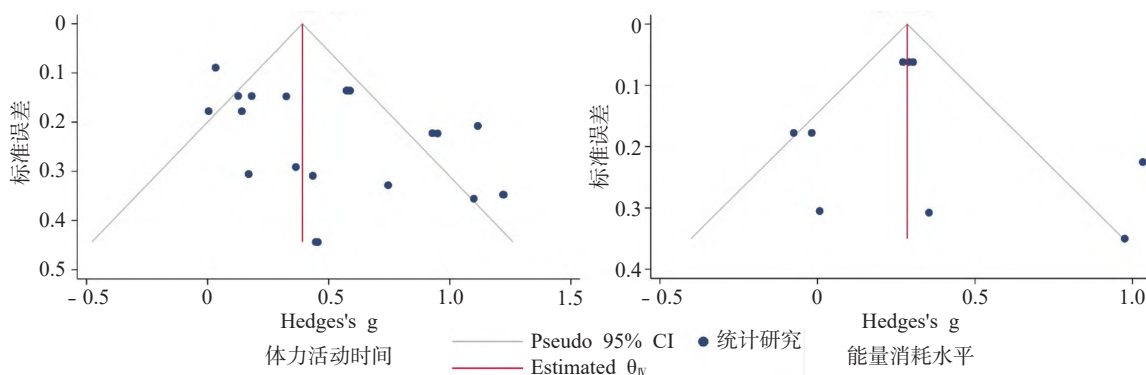


图4 移动健康运动干预(MHEI)对体力活动时间和能量消耗水平影响的漏斗图



济现实问题限制了老年农村居民使用移动健康运动干预服务的能力^[60-61],MHEI有效性的前提之一是受试者对干预计划的认可程度并随时间推移持续遵守,但即便在精心设计的理想研究条件下,其持续使用的依从情况难以维持,导致运动促进的收益降低,原因可能为受试者对MHEI的准备程度较低,且中老年人较少使用通信技术设备,或认为该技术存在使用障碍等^[62-63],本次纳入研究并未报告受试者对MHEI的认可程度与反馈评价,且仅2项研究在实验中退出率超过15%^[33,45],研究结果较为理想。同时研究还发现,MHEI与线下运动健康课程和常规生活两种对照形式相比并没有发现显著差异,此次研究结果表明,线下运动健康课程并不会对身体活动不足的中老年人产生较好的运动促进效果。

4 结论

①综合分析得出MHEI对身体活动不足的中老年人的体力活动时间和能量消耗水平具有显著促进作用;②亚组分析表明MHEI未受到不同干预周期、不同对照组、是否存在奖励机制、样本量大小、受试者不同年龄以及不同测量方式

的影响且具有显著性差异,因此MHEI可被认为是对身体活动不足的中老年人运动促进的有效方式;③中老年人因身体活动不足而面临疾病和死亡风险较高,故此研究发现对促进中老年人身心健康具有重要指导意义,为中老年人运动促进提供了新的长期持续且低成本方式,应受到相关科研人员、医疗工作者和健康保健者的重视。

参考文献

- [1] Althoff T, Sosic R, Hicks JL, et al. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality[J]. Nature, 2017, 547(7663): 336.
- [2] Kerr NR, Booth FW. Contributions of physical inactivity and sedentary behavior to metabolic and endocrine diseases[J]. Trends in Endocrinology and Metabolism, 2022, 33(12): 817.
- [3] Stathi A, Greaves CJ, Thompson JL, et al. Effect of a physical activity and behaviour maintenance programme on functional mobility decline in older adults: the REACT (Retirement in Action) randomised controlled trial[J]. Lancet Public Health, 2022, 7(4): E316.
- [4] Bull FC, AL-Ansari SS, Biddle S, et al. World health organiza-

- tion 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour[J].British Journal of Sports Medicine, 2020, 54(24): 1451.
- [5] 田野.运动健身两极化现象发生机制与对策:基于身体活动最小努力理论,运动成瘾交互模型[J].体育科学,2023,43(6):61.
- [6] Meredith SJ, Cox NJ, Ibrahim K, et al. Factors that influence older adults' participation in physical activity: a systematic review of qualitative studies[J]. Age and Ageing, 2023, 52(8): afad145.
- [7] McMahon SK, Lewis BA, Guan W, et al. Effect of intrapersonal and interpersonal behavior change strategies on physical activity among older adults: a randomized clinical trial[J]. JAMA Network Open, 2024, 7(2): e240298.
- [8] 戴兴鸿, 卢燕燕, 郑紫亚, 等. 八段锦和健身走运动对中老年女性平衡能力与肌力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(3):319.
- [9] 李婷, 张宪亮, 赵娜, 等. 高强度间歇训练在改善老年人认知功能中的应用及机制研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(12):1777.
- [10] 蔡治东, 舒展, 王兴, 等. 急性弹力带运动对高龄老年人工作记忆的影响:来自fNIRS的证据[J]. 中国体育科技, 2023, 59(9):46.
- [11] Duarte Junior MA, Martinez-Gomez D, Pintos-Carrillo S, et al. Associations of physical activity type, volume, intensity, and changes over time with all-cause mortality in older adults: The Seniors-ENRICA cohorts[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2024, 34(1):e14536.
- [12] French DP, Olander EK, Chishilm A, et al. Which behaviour change techniques are most effective at increasing older adults' self-efficacy and physical activity behaviour? A systematic review[J]. Annals of Behavioral Medicine, 2014, 48(2):225.
- [13] Kwan RYC, Lee D, Lee PH, et al. Effects of an mHealth brisk walking intervention on increasing physical activity in older people with cognitive frailty: Pilot randomized controlled trial[J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2020, 8(7):e16596.
- [14] Robert C, Erdt M, Lee J, et al. Effectiveness of ehealth nutritional interventions for middle-aged and older adults: systematic review and meta-analysis[J]. J Med Internet Res, 2021, 23(5):e15649.
- [15] Kwan RYC, Salihu D, Lee PH, et al. The effect of e-health interventions promoting physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis[J]. European Review of Aging and Physical Activity, 2020, 17(1):7.
- [16] Ambrens M, Alley S, Oliveira JS, et al. Effect of eHealth-delivered exercise programmes on balance in people aged 65 years and over living in the community: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials[J]. BMJ Open, 2022, 12(6):e051377.
- [17] Zager Kocjan G, Avsec A, Kavcic T. Feeling too low to be active: Physical inactivity mediates the relationship between mental and physical health[J]. Social Science & Medicine, 2024, 341:116546.
- [18] Kari JT, Nerg I, Huikari S, et al. The individual-level productivity costs of physical inactivity[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2023, 55(2):255—263.
- [19] Biancone P, Secinaro S, Marseglia R, et al. E-health for the future. Managerial perspectives using a multiple case study approach[J]. Technovation, 2023, 120:102406.
- [20] Cameron P, Munyan K. Systematic review of telehealth telemedicine and e-Health[J]. Telemedicine and E-Health, 2021, 27(11):1203.
- [21] Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy evidence database (PEDro) scale[J]. Journal of Physiotherapy, 2020, 66(1):59.
- [22] 王芑, 蔡治东, 江婉婷, 等. 单次运动对中老年人执行功能作用的网状meta分析[J]. 中国心理卫生杂志, 2023, 37(2):151.
- [23] Saeterbakken AH, Stien N, Andersen V, et al. The effects of trunk muscle training on physical fitness and sport-specific performance in young and adult athletes: a systematic review and meta-analysis[J]. Sports Medicine, 2022, 52(7): 1599.
- [24] Owen PJ, Miller CT, Mundell NL, et al. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis[J]. British Journal of Sports Medicine, 2020, 54(21):1279.
- [25] De Miguel-Rubio A, Alba-Rueda A, Millan-Salguero EM, et al. Virtual reality for upper limb rehabilitation in patients with obstetric brachial palsy: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Journal of Medical Internet Research, 2023, 25:e47391.
- [26] 董高芳, 赵晓博, 刘阳. 高强度间歇训练与中等强度持续训练间情绪反应及运动享受感的差异比较:meta分析[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(6):805.
- [27] 曾静, 薛夏利, 王杨, 等. 基于速度的力量训练对最大力量及爆发力影响的研究进展[J]. 成都体育学院学报, 2023, 49(3):98.
- [28] 张丽英, 王杰宁, 于小明. 机器人辅助训练对脑卒中患者上肢运动功能效果的meta分析[J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(2):156.
- [29] Duval S, Tweedie R. Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis[J]. Biometrics, 2000, 56(2):455.
- [30] Nasser M. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions[J]. American Journal of Public Health, 2020, 110(6):753.
- [31] Jukic I, Ramos AG, Helms ER, et al. Acute effects of cluster and rest redistribution set structures on mechanical, metabolic, and perceptual fatigue during and after resistance training: a systematic review and meta-analysis[J]. Sports Med, 2020, 50(12):2209.
- [32] Li JX, Szanton SL, McPhillips MV, et al. An mHealth-facilitated personalized intervention for physical activity and sleep in community-dwelling older adults[J]. Journal of Aging and Physical Activity, 2022, 30(2): 261.
- [33] Rowley TW, Lenz EK, Swartz AM, et al. Efficacy of an individually tailored, internet-mediated physical activity intervention in older adults: a randomized controlled trial[J]. Journal of Applied Gerontology, 2019, 38(7):1011.
- [34] Muller AM, Khoo S, Morris T. Text messaging for exercise promotion in older adults from an upper-middle-income country: randomized controlled trial[J]. Journal of Medical Internet Research, 2016, 18(1):e5.

- [35] Vroeghe D, Wijsman C, Broekhuizen K, et al. Dose-response effects of a web-based physical activity program on body composition and metabolic health in inactive older adults: additional analyses of a randomized controlled trial[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2014, 16: e265.
- [36] Thompson W, Kuhle C, Koepp G, et al. "Go4Life" exercise counseling, accelerometer feedback, and activity levels in older people[J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2014, 58(3):314—319.
- [37] Wijsman CA, Westendorp RGJ, Verhagen EA, et al. Effects of a web-based intervention on physical activity and metabolism in older adults: randomized controlled trial[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2013, 15(11):e233.
- [38] King AC, Bickmore TW, Campero MI, et al. Employing virtual advisors in preventive care for underserved communities: results from the COMPASS study[J]. *Journal of Health Communication*, 2013, 18(12):1449.
- [39] Irvine AB, Gelatt VA, Seeley JR, et al. Web-based intervention to promote physical activity by sedentary older adults: randomized controlled trial[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2013, 15(2):e19.
- [40] Bickmore TW, Silliman RA, Nelson K, et al. A randomized controlled trial of an automated exercise coach for older adults[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2013, 61(10):1676.
- [41] Martinson B, Sherwood N, Crain AL, et al. Maintaining physical activity among older adults: 24-month outcomes of the keep active minnesota randomized controlled trial[J]. *Preventive Medicine*, 2010, 51:37.
- [42] Martinson B, Crain AL, Sherwood N, et al. Maintaining physical activity among older adults: six months outcomes of the keep active minnesota randomized controlled trial[J]. *Preventive Medicine*, 2008, 46:111—119.
- [43] King A, Ahn D, Oliveira B, et al. Promoting physical activity through hand-held computer technology[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, 34:138.
- [44] Kolt G, Schofield G, Kerse N, et al. Effect of telephone counseling on physical activity for low-active older people in primary care: a randomized, controlled trial[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2007, 55:986.
- [45] King A, Friedman R, Marcus B, et al. Ongoing physical activity advice by humans versus computers: the community health advice by telephone (CHAT) trial[J]. *Health Psychology*, 2007, 26:718.
- [46] Pinto B, Goldstein M, Ashba J, et al. Randomized controlled trial of physical activity counseling for older primary care patients[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2005, 29:247.
- [47] Conte FP, Okely JA, Hamilton OK, et al. Cognitive change before old age (11 to 70) predicts cognitive change during old age (70 to 82)[J]. *Psychological Science*, 2022, 33(11):1803.
- [48] Huang X, Zhao X, Li B, et al. Comparative efficacy of various exercise interventions on cognitive function in patients with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and network meta-analysis[J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2022, 11(2):212.
- [49] 陈彦璋, 金晶, 周成林. 身体活动对老年人认知灵活性的影响及其大脑激活特征——基于工作记忆的中介效应[J]. *西安体育学院学报*, 2023, 40(4):480.
- [50] Jung SO, Son YH, Choi E. E-health literacy in older adults: an evolutionary concept analysis[J]. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2022, 22(1):28.
- [51] 葛振兴, 李晓光, 王慧. 老年数字化健康管理研究进展[J]. *生命科学*, 2023, 35(8):984.
- [52] Pourrazavi S, Kouzekanani K, Asghari Jafarabadi M, et al. Correlates of older adults' e-Health information-seeking behaviors[J]. *Gerontology*, 2022, 68(8):935.
- [53] Delbaere K, Valenzuela T, Lord SR, et al. E-health standing-Tall balance exercise for fall prevention in older people: results of a two year randomised controlled trial[J]. *British Medical Journal*, 2021, 373:n740.
- [54] 许文鑫, 郭凯林. 我国社区居民体育锻炼的同群效应: 基于CGSS数据的实证分析[J]. *中国体育科技*, 2024, 60(1):3.
- [55] Wilson J, Heinsch M, Betts D, et al. Barriers and facilitators to the use of e-health by older adults: a scoping review[J]. *BMC Public Health*, 2021, 21(1):1556.
- [56] Coley N, Andre L, Hoevenaer-Blom MP, et al. Factors predicting engagement of older adults with a coach-supported eHealth intervention promoting lifestyle change and associations between engagement and changes in cardiovascular and dementia risk: secondary analysis of an 18-month multinational randomized controlled trial[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(5):e32006.
- [57] Stara V, Soraci L, Takano E, et al. Intrinsic capacity and active and healthy aging domains supported by personalized digital coaching: survey study among geriatricians in Europe and Japan on eHealth opportunities for older adults[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2023, 25:e41035.
- [58] Yu J, De Antonio A, Villalba-Mora E. Design of an integrated acceptance framework for older users and eHealth: influential factor analysis[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(1):e31920.
- [59] 李晶. 中国老年教育的现实需求和供给对策[J]. *中国远程教育*, 2022, (5): 26.
- [60] Rasi-Heikkinen P, Airola E. Health services and eHealth from the perspective of older rural residents of Finnish Lapland[J]. *Journal of Rural Studies*, 2023, 97:177.
- [61] Wu Q, Ngien A, Jiang S. Descriptive norms and eHealth use among older adults: a cross-country comparative study[J]. *Health Communication*, 2024, 39(12):2971—2982.
- [62] Knapova L, Kloczek A, Elavsky S. The role of psychological factors in older adults' readiness to use eHealth technology: cross-sectional questionnaire study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22(5):e14670.
- [63] Li S, Hu M, An R, et al. Relationship between eHealth literacy and healthy aging in older Chinese people: the mediating effect of health behaviors[J]. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2024, 25(2):237.