

高强度间歇训练和中等强度持续训练对成年超重肥胖人群血压影响的元分析

赵广涛¹, 苏利强²

(1.河南财政金融学院 体育与健康管理学院,郑州 450046;2.江西师范大学 体育学院,南昌 330022)

摘要:[目的] 运动改善超重或肥胖人群的血压对心血管疾病的预防有重要意义.比较健康肥胖或超重成人采用高强度间歇训练(HIIT)和中等强度持续训练(MICT)对舒张压(DBP)和舒张压(SBP)的影响.[方法] 通过检索 PubMed、Cochrane、Web of Science 与 CNKI 数据库,共纳入文献 12 篇.纳入文献中 HIIT 与 MICT 组总样本量均为 151 个.采用随机效应模型(Random-effects Model)进行 Meta 分析.[结果] HIIT vs. MICT 对超重/肥胖成人 DBP、SBP 无显著差异;[18,35)岁的亚组 MICT 改善 DBP 效果显著性优于 HIIT,间歇时间小于 2 min 的 HIIT 亚组 HIIT 效果显著性优于 MICT.[结论] 对健康超重或肥胖成人在改善血压方面 HIIT 是高效的运动方式;年龄和训练周期影响 HIIT 和 MICT 改善血压的效果,在年龄低于 35 岁的人群中,MICT 改善 DBP 的效果优于 HIIT,间歇时间小于 2 min 的 HIIT 训练方式改善 DBP 效果低于 MICT.

关键词:高强度间歇训练;中强度持续训练;超重;肥胖;血压

中图分类号:G843

文献标志码:A

高血压是一种动脉血压升高为主要表现的心血管疾病,无论在发达国家还是发展中国家都是一种常见病.据世界卫生组织(WHO)公布的数据显示,高血压并发症心脑血管疾病是人类致死和致残的第一因素^[1].研究显示超重和肥胖是高血压发病的重要危险因素,减肥可降低高血压的发病风险^[2],因此研究运动改善超重或肥胖人群的血压对心血管疾病的预防有重要意义.高强度间歇训练(HIIT)的特点是运动频率低、运动时间短、运动效率高,同时又能减轻体重,改善糖脂肪代谢^[3],因此成为改善血压的研究热点,而中等强度持续训练(MICT)在改善肥胖状况,调节血脂,改善心血管血压也有重要作用,也是 WHO^[4]和美国运动医学学会(ACSM)^[5]推荐改善健康的运动方式,虽然近几年关于运动改善血压已有相应报道,但结果并不一致,而目前已有的 Meta 分析研究结果,有关注于等长收缩训练^[6]、抗阻训练^[7]、短期急性运动^[8]对血压影响,也有 HIIT vs. MICT 对血压影响的 Meta 分析,但纳入受试为体重正常人群^[9],目前尚缺乏 HIIT 对肥胖或超重成人血压影响的系统报告.因此,本研究利用 Meta 分析的方法,关注于 HIIT vs. MICT 在健康超重或肥胖成年人血压改善效果比较,为有效控制超重或肥胖人群高血压的发生提供高效的锻炼方式指导,同时对高血压及并发症心血管疾病的预防有重要意义.

1 研究方法

1.1 文献检索

检索的数据库包括 PubMed、Cochrane、Web of Science 和 CNKI,通过高强度间歇训练("High-intensity

收稿日期:2022-11-15;修回日期:2022-12-09.

基金项目:河南省科技攻关计划项目(232102320310).

作者简介:赵广涛(1979—),男,河南周口人,河南财政金融学院教授,教育学博士、博士后,研究方向为体育人文社会学、运动与公共健康,E-mail:zhgt110@126.com.

通信作者:苏利强(1979—),男,河南辉县人,江西师范大学副教授,教育学博士,硕士研究生导师,研究方向为文献计量、运动与健康促进,E-mail:s-2005100153@163.com.

interval training”、“High-intensity interval exercise”、“High-intensity intermittent exercise”、“Anaerobic interval exercise”、“Sprint interval exercise”、HIIT、HIT、HIIE、SIT)、超重 (overweight) 与肥胖 (obesity、obese) 等关键词进行检索.检索年限为数据库建库至今,最后一次检索日期为 2022-11-08.

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:1)实验设计为随机对照试验(Randomized Controlled Trial,RCT)或临床对照试验(Controlled Clinical Trial,CCT);2)受试者年龄 ≥ 18 岁;3)干预措施为 HIIT 和 MICT;4)干预时间 ≥ 4 周,HIIT 的高强度 $\geq 85\% \text{ VO}_{2\max}$, $\geq 85\%$ 心率储备,75% $\text{HR}_{\max}$ 或者相当这些强度;5) HIIT 的组间歇时间 $\leq 4 \text{ min}$;6)结局(Outcome)指标舒张压(DBP)、收缩压(SBP);7)文献提供基线 BMI,并且 $\text{BMI} \geq 25$;8)以英文或中文为撰写语言的全文文献.

排除标准:1)受试者患有糖尿病、代谢综合征等慢性疾病或为特殊人群;2)组间结局指标基线值有显著差异;3)一次性急性运动研究;4)结合力量训练、饮食、药物或健康教育等其他手段共同进行干预;5)HIIT 训练无监督.

1.3 数据提取

开始由 2 名作者通过标题和摘要对文献进行初步筛选,然后下载和本研究潜在有关联文献的全文,在论文排除过程中,2 名作者对有异议的文献进行讨论.文献的另外一个获取途径是通过相关文献的参考文献.

1.4 质量评估

参照 COSTIGAN 等^[10]在 HIIT 相关研究的 Meta 分析中采用的风险偏倚评价方法,对纳入文献进行质量评估.共包含 12 个评价项目:1)纳入标准,2)随机分组,3)基线相似性,4)评定者设盲,5)意向性分析,6)受试者退出比例少于 20%,7)样本量满足要求,8)结果报告精确.2 名研究者用“√”(有明确描述)、“×”(无)与“?”(未知或未充分描述)3 个符号对每篇纳入文献进行评估,不一致结果由研究组讨论确定并对每篇文献得到的“√”进行计数.评价标准包括低风险(7~8 个)、中度风险(4~6 个)与高风险(0~3 个)3 个等级.

1.5 统计学处理

本研究采用随机效应模型(Random-effects Model)对纳入的研究进行 Meta 分析.鉴于纳入研究的连续型变量中同一结局指标研究间的变量单位均一致,本研究使用加权均数差(Weighted Mean Difference, WMD)及其 95%可信区间(95% Confidence Interval, 95% CI)进行合并统计分析.根据纳入文献的特点,分别以年龄、BMI、HIIT 训练的高强度以及训练周期等因素进行亚组分析,检验不同亚组间的效应是否存在差异.

采用 I^2 统计量和 Cochran's Q 检验来检验纳入研究间的统计学异质性,当 I^2 分别为 $< 25\%$ 、 $25\% \sim < 50\%$ 、 $50\% \sim < 75\%$ 和 $\geq 75\%$ 时,分别被定义为不存在、低、中和高度异质性.采用 Egger 检验来检测纳入研究是否存在发表偏倚.此外,为了检验本研究结果的可靠性,采用 2 种方法进行敏感性分析:1)固定效应模型(Fixed-effects Model)代替随机效应模型,对所有结果再次进行统计;2)每次去除 1 篇文章,检验每 1 篇文章对于合并效应是否存在显著性影响.

所有统计计算采用 STATA (Version 17)统计软件完成, $P \leq 0.05$ 被定义为具有显著性统计学差异, $0.5 < P \leq 0.1$ 被定义为具有边界显著性统计学差异.

2 研究结果

2.1 文献检索与筛选

各数据库共检索相关文献 256 篇,根据纳入与排除标准,最终纳入文献[11—22]共 12 篇,其中文献[14]采用了 2 种不同的 HIIT 方法,文献[20]采用了 3 种不同的 HIIT 频率.

2.2 纳入文献特征

本研究所纳入的 12 篇文献,共有 302 名受试者,HIIT 组样本量共计 151 人,每组样本量 6~17 人,MICT 组样本量共计 151 人,每组样本量 3~16 人;所有纳入文献中各组训练周期相同,训练频率均为 3~5 次/周,周期为 4~12 周.

对纳入的志愿者采用功率车^[13,15,17-18]、跑台^[11-12,14,18]进行训练,MICT 组监控采用 60%~75%

$HR_{max}^{[11,14]}$ 、50%~60% $VO_{2max}^{[12]}$ 、MET%^[16]、60%~80% $VO_{2peak}^{[13,15,17]}$ 55%~59% HRR(心率储备, Heart Rate Reserve)^[18]来监控运动强度;HIIT 组采用的高强度监控方法有 85%~95% $HR_{max}^{[11,14,16]}$ 和 90% $VO_{2max}^{[12]}$ 、最大用力^[14]、85%最大用力^[15]、200% $W_{max}^{[17]}$ 、120% $VO_{2peak}^{[13]}$ 75%~80% HRR^[18]. 血压测试采用标准测试程序进行.

2.3 风险偏倚

纳入 12 篇文献中 5 篇等级为低风险[7,8],7 篇为中度风险[4,6],0 篇为高风险[0,3](详见表 1).

表 1 纳入文献的风险偏倚评价
Tab. 1 Risk assessment of included literature

文献	评价项目								得分
	纳入标准	随机分组	基线相似性	评定者设盲	意向性分析	退出比例少于 20%	样本量满足要求	结果报告精确	
[11]	√	√	√	√	?	√	×	√	6
[12]	√	√	√	?	?	√	×	√	5
[13]	√	√	√	√	√	√	×	√	7
[14]	√	√	√	√	√	√	√	√	7
[15]	√	√	√	√	√	√	×	√	7
[16]	√	√	√	√	√	√	×	√	7
[17]	√	√	√	?	?	√	×	√	5
[18]	√	√	×	?	?	√	×	√	4
[19]	√	√	√	×	?	×	√	√	5
[20]	√	√	√	×	×	√	√	√	6
[21]	√	√	√	√	?	√	√	√	7
[22]	√	√	√	×	×	√	√	√	6

注:“√”为有明确描述,“×”为没有描述,“?”为未知或未充分描述.

3 Meta 分析结果

3.1 合并效应结果

采用 STATA 分析软件对纳入的文献进行合并效应量检验(附表 I).HIIT vs. MICT 对超重/肥胖成人 DBP 的影响无显著差异(WMD 为-0.63,95% CI 为-0.91~2.17, $P=0.424$),各研究间存在异质性($I^2=76.1\%$, $P<0.001$)(附表 I),敏感性分析见附图 I~II,Egger 检验结果见附表 I;SBP 的影响无显著差异(WMD 为-0.75,95% CI 为-3.26~1.75, $P=0.557$),各研究间存在异质性($I^2=79.9\%$, $P<0.001$)(见附表 I,附表 II).

3.2 敏感性分析

通过对 12 篇所纳入文献进行敏感性分析,如改变研究质量差异、纳入标准、统计模型以及效应量的选择等,重新进行 Meta 分析,发现合并结果改变不明显(图 1 和图 2),说明本研究的 Meta 分析结果较为可信.

3.3 效应量的亚组分析结果

HIIT 与 MICT 对超重/肥胖成人血压影响的可能受年龄、BMI、训练周期、训练强度等因素的影响,本研究按平均年龄分为年龄 ≥ 35 岁和 18 岁 $\leq$ 年龄 <35 岁组,按平均 BMI 分为 BMI ≥ 30 和 25 $\leq$ BMI <30 亚组,按照 HIIT 的高强度训练持续时间分为 Intensity ≥ 2 min 和 Intensity <2 min 亚组,按照训练周期分为 Duration ≥ 6 周和 4 周 $\leq$ Duration <6 周亚组.通过对潜在影响因素进行亚组分析结果显示, <35 岁的亚组(WMD 为 2.15,95% CI 为 0.67~3.62, $P=0.004$)MICT 改善 BDP 效果显著性优于 HIIT;Intensity <2 min 的亚组(WMD 为 1.91,95% CI 为 0.02~3.80, $P=0.047$)MICT 效果显著性优于 HIIT(附表 III).

4 讨 论

本研究是对健康超重或肥胖成人 HIIT 和 MICT 改善血压进行了 Meta 分析,通过合并效应分析,发现

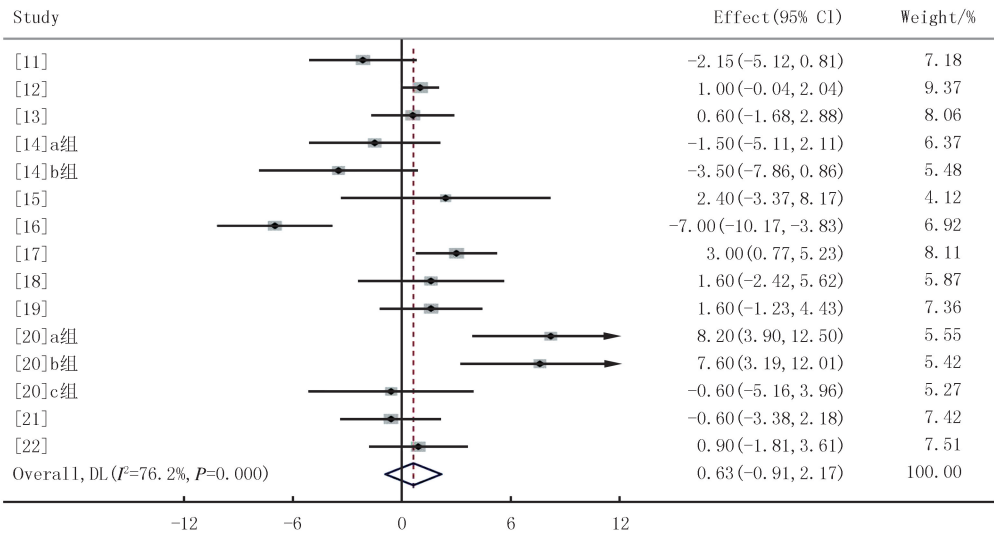


图1 DBP合并效应图
Fig.1 Emerged effects of DBP

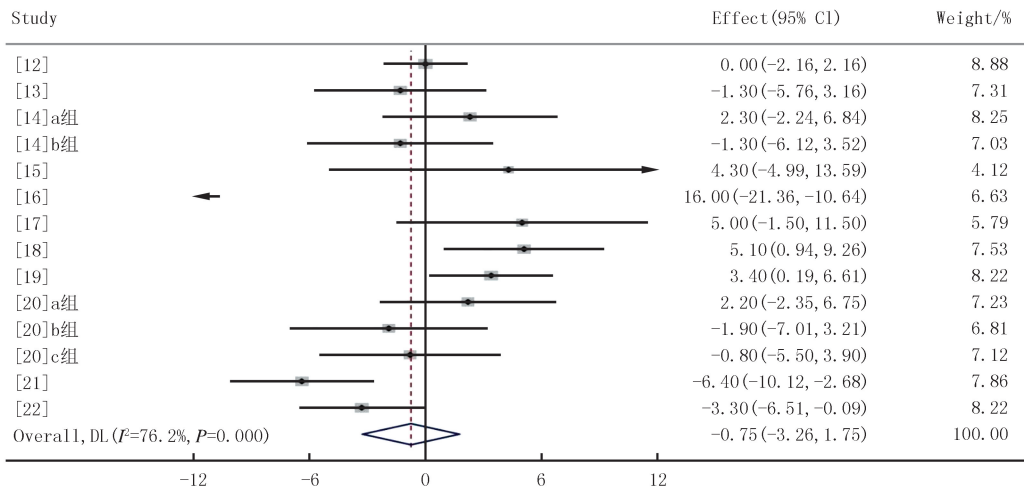


图2 SBP合并效应图
Fig.2 Emerged effects of SBP

HIIT 在 DBP 和 SBP 的改善效果方面和 MICT 没有显著性差异,但是 HIIT 每次运动耗时 20~50 min,而 MICT 每次运动耗时 45~60 min,可见 HIIT 和 MICT 取得相似效果的同时 HIIT 耗时较少,体现了 HIIT 的高效性.本研究发现在年龄、训练周期、BMI 和 Intensity 各自的亚组内,HIIT 和 MICT 对 SBP 影响的差异不具显著性,而对 DBP 的影响差异性效果不同.

4.1 年龄对血压的影响

本研究发现 HIIT vs. MICT 对健康超重或肥胖成人 DBP、SBP 的影响没有显著性差异,经过亚组分析结果发现,年龄<35 的亚组(WMD 为 2.15,95% CI 为 0.67~3.62, $P=0.004$)MICT 效果显著性优于 HIIT. 随着年龄的增加,高血压的发病风险也增加,血管内皮功能受损增强,造成动脉弹性下降,使得 DBP 受到影响,另外静息心率,动脉血管弹性回缩压力,心脏舒张功能和血液黏稠度等因素引起的外周阻力变化与 DBP 也密切相关.

1) 研究显示 HIIT 可使安静心率下降,心率下降主要引起 DBP 降低^[23].本研究结果发现在 BMI 较大和年龄较大的亚组 HIIT 改善 DBP 效果更优.CHEEMA 等^[16]采用了 HIIT 和 MICT 分别干预肥胖人群12 周后,发现 HIIT 可以使平均安静心率从 66 次/min 下降到了 62 次/min,下降幅度为 4 次/min,而 MICT 组可

使平均安静心率从 75 次/min 下降到了 74 次/min,下降幅度为 1 次/min,同时对应的 HIIT 和 MICT 分别使 DBP 平均下降了($7\times 20\ 265/152$) Pa 和 0 Pa,可见心率的下降与 DBP 的下降相对应.提示 HIIT 比 MICT 降低安静心率的劣势造成了 HIIT 改善 DBP 的优势.

2) HIIT 和 MICT 都可以有效降低血压,但是研究结果显示 HIIT 比 MICT 更有效地改善血管顺应性,由于 HIIT 进行高低强度来回变换,产生了更高的剪切应力梯度,使血管内皮功能改善,改善血管硬化,促进血管弹性增加,这可能是 HIIT 改善 DBP 效果优于 MICT 的机制之一.

3) HIIT 对内脏脂肪分解代谢显著优于 MICT,内脏脂肪的减少可以减轻血管的硬化程度^[24],从而改善血管的弹性和减轻血管的外周阻力.

4) 心脏舒张功能对血压也有重要影响,有学者对 88 名原发性高血压患者随机分成 HIIT 组和 MICT 组,进行为期 12 周的训练,通过 24 h 动态血压监测显示 HIIT 组收缩压下降($12\times 20\ 265/152$) Pa,MICT 组下降($4.5\times 20\ 265/152$) Pa,HIIT 组舒张压下降($8\times 20\ 265/152$) Pa,MICT 组下降($3.5\times 20\ 265/152$) Pa,在 2 个组别中心脏收缩功能都有明显的改善,而心脏舒张功能中只有在高强度训练组中有明显改善,HIIT 组中血管外周阻力的减小有显著性变化.可见 HIIT 改善心脏舒张功能优于 MICT.

5) 高血脂引起的血液黏稠增加是引起 DBP 升高的原因之一^[25],改善血液黏稠度可减小外周阻力从而改善血压.HIIT 对肾上腺素、去甲肾上腺素和生长激素分泌方面比 MICT 更占优势^[26].这些激素可以使脂肪的分解作用加强、血液黏稠度降低,血液循环的外周阻力减小,从而改善 DBP.

上述原因分析了 HIIT 在改善 DBP 的优势,但也不能充分证明 HIIT 改善血压优于 MICT,MICT 在改善血压方面也较好的作用,本研究结果看,HIIT 的优势对年龄大于 35 岁人群更为明显,而 MICT 对小于 35 岁人群中改善 DBP 效果更佳,分析原因可能是小于 35 岁人群血管机能较好,同时 MICT 通过较长时间的运动刺激可以调节交感神经、增加血管弹性、提高心脏舒张功能、降低血液黏稠度、减小心动周期改善 DBP.本研究结果提示在改善 DBP 方面,HIIT 和 MICT 在不同年龄阶段取得的效果不同,不同运动疗法的降压机制还有待深入研究.

4.2 训练强度对血压的影响

本研究结果看,MICT 在改善 DBP 方面效果优于间歇时间小于 2 min 的 HIIT.从每搏出量和心脏功能入手分析血压的改善,同等条件下,每搏输出量的增加可以使血压升高^[27],运动改善心脏功能基于早期运动负荷引起的每搏输出量的增加^[28],引起心肌收缩力加强、舒张末期容积增加和收缩末期容积减少,继而左心室功能重塑以及射血分数增加,使心肌肥厚,心腔增加和心室舒张充盈增强以及血管弹性增强.这些综合作用使血压得以稳定.有研究显示 HIIT 提升每搏输出量显著优于 MICT^[29].本研究结果显示 MICT 在改善 DBP 方面效果优于间歇时间小于 2 min 的 HIIT.推断原因可能是间歇时间小于 2 min 的 HIIT 促进每搏输出量的增加(提高血压作用),但可能心肌重塑,血管弹性改善(稳定血压作用)作用相对落后,使每搏输出量对血压的影响较大,表现出 HIIT 改善血压效果差于 MICT.有关 HIIT 改善血压与训练强度的关系,以及不同运动方式对心脏、血管和血压的影响是复杂的^[30],至于运动方式和运动周期改善血压是每搏输出量作用还是心脏和血管功能重塑的作用还需深入研究.

5 局限性

本研究不足之处在于纳入文献的异质性较大,虽然通过亚组分析减小了亚组间的异质性,但部分亚组还存在较大异质性.这可能会影响结果的可靠性.本研究通过采用随机效应模型来避免异质性较大带来的不良影响;采用了平均年龄和平均 BMI 进行了亚组分析,不可避免在年龄>35 岁的亚组中会有年龄<35 岁的受试者,BMI>30 的亚组中有 BMI<30 的受试者.这一现象会限制亚组分析的准确性,但是总体来看这种亚组区分方法可以发现年龄和 BMI 对血压影响的趋势;另外有些研究对于阴性结果没有报道,可能导致部分原始数据缺失,从而影响结局指标的分析,使其结果受到一定的局限性.

6 结 论

对健康超重或肥胖成人在改善血压方面 HIIT 是高效的运动方式;年龄和训练周期影响 HIIT 和 MICT

改善血压的效果,在年龄低于35岁的人群中,MICT改善DBP的效果优于HIIT,间歇时间小于2 min的HIIT训练方式改善DBP效果低于MICT.

附 录

附图 I ~ II、附表 I ~ III 见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2023.06.018).

参 考 文 献

- [1] OPARIL S, SCHMIEDER R E. New approaches in the treatment of hypertension[J]. *Circulation Research*, 2015, 116(6): 1074-1095.
- [2] NETER J E, STAM B E, KOK F J, et al. Influence of weight reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Hypertension*, 2003, 42(5): 878-884.
- [3] 苏利强, 陈海春, 温岱宗, 等. 生命科学新技术在体育科学领域的应用: 以 UPLC-QTOF 在 HIIT 减脂研究中的应用为例[J]. *上海体育学院学报*, 2020, 44(10): 34-47.
SU L Q, CHEN H C, WEN D Z, et al. Application of advanced detection technology of life science in sports science: effect of HIIT in fat reduction using UPLC-QTOF[J]. *Journal of Shanghai University of Sport*, 2020, 44(10): 34-47.
- [4] CHAPUT J P, WILLUMSEN J, BULL F, et al. 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17 years: summary of the evidence[J]. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2020, 17(1): 141.
- [5] 美国运动医学学会. ACSM 运动测试与运动处方指南[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2019.
- [6] KELLEY G A, KELLEY K S. Isometric handgrip exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Journal of Hypertension*, 2010, 28(3): 411-418.
- [7] CORNELISSEN V A, FAGARD R H. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Journal of Hypertension*, 2005, 23(2): 251-259.
- [8] CARPIO-RIVERA E, MONCADA-JIMÉNEZ J, SALAZAR-ROJAS W, et al. Acute effects of exercise on blood pressure: a meta-analytic investigation[J]. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 2016, 106(5): 422-433.
- [9] RAMOS J S, DALLECK L C, TJONNA A E, et al. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sports Medicine*, 2015, 45(5): 679-692.
- [10] COSTIGAN S A, EATHER N, PLOTNIKOFF R C, et al. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(19): 1253-1261.
- [11] SCHJERVE I E, TYLDUM G A, TJONNA A E, et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults[J]. *Clinical Science*, 2008, 115(9): 283-293.
- [12] SIJIE T, HAINAI Y, FENGYING Y, et al. High intensity interval exercise training in overweight young women[J]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2012, 52(3): 255-262.
- [13] KEATING S E, MACHAN E A, O'CONNOR H T, et al. Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults[J]. *Journal of Obesity*, 2014, 2014: 834865.
- [14] LUNT H, DRAPER N, MARSHALL H C, et al. High intensity interval training in a real world setting: a randomized controlled feasibility study in overweight inactive adults, measuring change in maximal oxygen uptake[J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e83256.
- [15] FISHER G, BROWN A W, BOHAN BROWN M M, et al. High intensity interval- vs moderate intensity- training for improving cardio-metabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial[J]. *PLoS One*, 2015, 10(10): e0138853.
- [16] CHEEMA B S, DAVIES T B, STEWART M, et al. The feasibility and effectiveness of high-intensity Boxing training versus moderate-intensity brisk walking in adults with abdominal obesity: a pilot study[J]. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 2015, 7: 3.
- [17] COCKS M, SHAW C S, SHEPHERD S O, et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P) H oxidase protein ratio in obese men[J]. *The Journal of Physiology*, 2016, 594(8): 2307-2321.
- [18] VELLA C A, TAYLOR K, DRUMMER D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults[J]. *European Journal of Sport Science*, 2017, 17(9): 1203-1211.
- [19] GEROSA-NETO J, PANISSA V L G, MONTEIRO P A, et al. High- or moderate-intensity training promotes change in cardiorespiratory fitness, but not visceral fat, in obese men: a randomised trial of equal energy expenditure exercise[J]. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2019, 266: 150-155.
- [20] CHIN E C, YU A P, LAI C W, et al. Low-frequency HIIT improves body composition and aerobic capacity in overweight men[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2020, 52(1): 56-66.
- [21] CLARK T, MOREY R, JONES M D, et al. High-intensity interval training for reducing blood pressure: a randomized trial vs. moderate-intensity continuous training in males with overweight or obesity[J]. *Hypertension Research*, 2020, 43(5): 396-403.

[22] DE OLIVEIRA G H, BOUTOUYRIE P, SIMÕES C F, et al. The impact of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on arterial stiffness and blood pressure in young obese women: a randomized controlled trial[J]. Hypertension Research, 2020, 43(11): 1315-1318.

[23] DOGRA S, SPENCER M D, PATERSON D H. Higher cardiorespiratory fitness in older trained women is due to preserved stroke volume [J]. Journal of Sports Science & Medicine, 2012, 11(4): 745-750.

[24] 徐嘉宝, 吴卫东. 有氧运动通过脂联素/p38MAPK 延缓高脂膳食大鼠肝脏炎症[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2022, 50(1): 139-143.

XU J B, WU W D. Aerobic exercise retarded liver inflammation by adiponectin/p38MAPK in rats with high fat diet[J]. Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition), 2022, 50(1): 139-143.

[25] WILLARD-GRACE R, CHEN E H, HESSLER D, et al. Health coaching by medical assistants to improve control of diabetes, hypertension, and hyperlipidemia in low-income patients: a randomized controlled trial[J]. Annals of Family Medicine, 2015, 13(2): 130-138.

[26] WILLIAMS C B, ZELT J G E, CASTELLANI L N, et al. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise[J]. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 2013, 38(12): 1236-1244.

[27] 李良鸣, 罗智. 运动对动脉血压的影响及其机制[J]. 体育学刊, 1997, 4(2): 60-62.

LI L M, LUO Z. Effect of exercise on arterial blood pressure and its mechanism[J]. Journal of Physical Education, 1997, 4(2): 60-62.

[28] 黄玉山, 邓树勋, 郭红. 女大学生心血管功能对健身运动处方锻炼的应答[J]. 体育科学, 2005, 25(6): 55-58.

HUANG Y S, DENG S X, GUO H. Response of cardiovascular function to physical exercise prescription of female college students[J]. China Sport Science, 2005, 25(6): 55-58.

[29] HELGERUD J, HØYDAL K, WANG E, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2007, 39(4): 665-671.

[30] 王恒, 马骁. 血管紧张素转化酶(ACE)基因 I/D 多态性与运动能力关系[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2021, 49(5): 119-124.

WANG H, MA X. The relationship between Angiotensin-converting enzyme gene I/D polymorphism and athletic ability[J]. Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition), 2021, 49(5): 119-124.

Effects of HIIT and MICT on blood pressure in overweight
and/or obese adults: a meta-analysis

Zhao Guangtao¹, Su Liqiang²

(1. College of Sport and Health Management, Henan Finance University, Zhengzhou 450046, China;
2. College of Sport, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

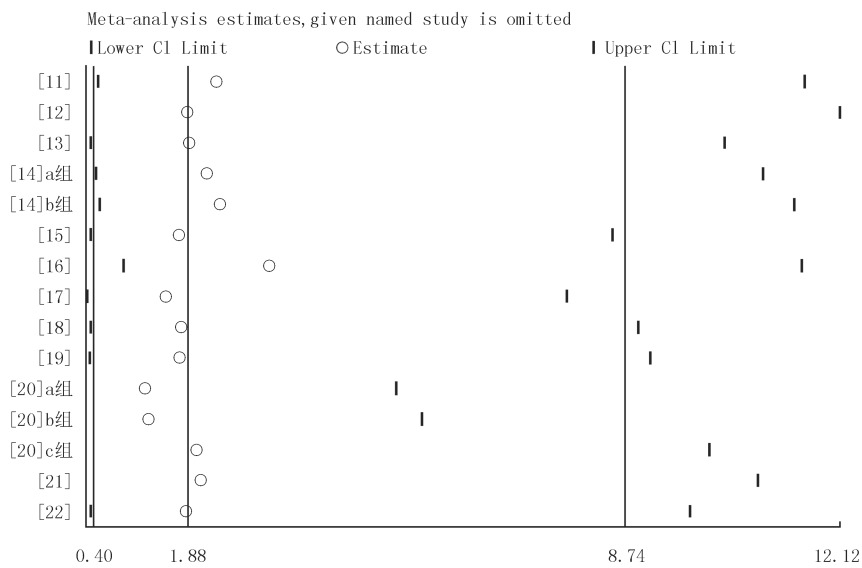
Abstract: [Objective] Exercise to improve blood pressure in overweight or obese people is significant for the prevention of cardiovascular disease. To investigate the effects of high-intensity intermittent training(HIIT) and moderate intensity continuous training (MICT) for healthy obesity or overweight adults on the improvement of diastolic blood pressure(DBP) and systolic blood pressure(SBP). [Method] PubMed, Cochrane, Web of Science and CNKI database were consulted in the literature, totally including 12 literature and the total sample size of HIIT and MICT is 151 and 151 literatures respectively. Meta-analysis was performed through using a random-effects model. [Result] There was no significant difference for HIIT vs. MICT in overweight/obese adult DBP. MICT in subgroup of 18≤age<35 was better than HIIT in improvement of BDP effect, and the effect of MICT improving DBP was better than that of HIIT in subgroup of intensity<2 min. [Conclusion] For healthy overweight or obese adults, HIIT is an effective way to improve blood pressure; age and training cycle affect the effect of HIIT and MICT on improving blood pressure. Among people under 35 years of age, MICT is better than HIIT in improving DBP, while HIIT training with interval less than 2 min improves DBP less than MICT.

Keywords: high intensity interval training; moderate intensity continuous training; overweight; obesity; blood pressure

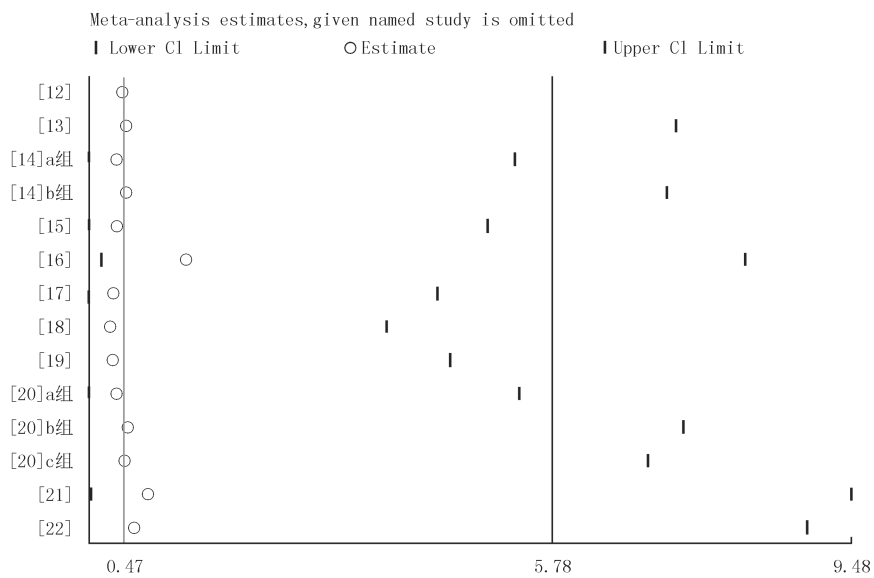
[责任编辑 杨浦 刘洋]

附表 I 纳入文献的特征表
Attached tab. I Literature characteristics and quality assessment

文献	平均年龄/岁	BMI	运动模式	运动次数/周	训练周期/周	MICT 组			HIIT 组			
						样本量	强度	运动时间/min	样本量	时间,强度	时间间歇强度	运动时间/min
[11]	46.9	36.7	跑台	3	12	13	60%~70% HR _{max}	47	14	4×4 min,85%~95% HR _{max}	3 min,50%~60% HR _{max}	42
[12]	19.8	27.7	跑台	5	12	16	50% VO _{2max}	55	17	5×3 min,85% VO _{2max}	3 min 50% VO _{2max}	42
[13]	41.8	28.2	功率车	3	12	13	65% VO _{2peak}	45	13	6×60 s,120% VO _{2peak}	120 s,low instensity	20~24
[14]a 组	48.2	32.1	跑台	3	12	7	65%~75% HR _{max}	48	9	4×4 min,85%~95% HR _{max}	3 min,65%~75% HR _{max}	40
[14]b 组	50.3	32.4	跑台	3	12	7	65%~75% HR _{max}	48	9	3×30 s,all out	4 min,low instensity	24
[15]	20	29	功率车	5	6	10	55%~65% VO _{2peak}	45~60	13	4×30 s,85%peak power	4 min,15%peak power	20
[16]	43	32	跑台	4	12	6	4MET	50	6	10×2 min>75%HR _{max}	1 min,standing or pacing	50
[17]	25	35.8	功率车	5	4	8	65% VO _{2peak}	40~60	8	(4~7)×30 s,200%W _{max}	120 s,30 W	10~30
[18]	26.2	31.6	跑台、功率车	4	8	9	55%~59% HRR	30	8	10×1 min,75%~80% HRR	1 min,35%~40% HRR	30
[19]	29.6	35.1	跑台	3	6	13	65% VO _{2max}	30	13	10×1 min,100% VO _{2max}	1 min,passive recovery	30
[20]a 组	22.8	26.4	跑台	3	12	3	60% HR _{max}	40	9	12×1 min,90% HRR	1 min,70%HRR(1/周)	40
[20]b 组	22.8	26.4	跑台	3	12	3	60% HR _{max}	40	10	12×1 min,90% HRR	1 min,70%HRR(2/周)	40
[20]c 组	22.8	26.4	跑台	3	12	3	60% H _{Rmax}	40	14	12×1 min,90% HRR	1 min,70%HRR(3/周)	40
[21]	27	29.0	功率车	3	6	12	65%~75% HR _{max}	30	16	10×1 min,90% HR _{max}	1 min,15%W _{max}	24
[22]	26.5	35	跑台	?	8	14	65%~75% HR _{max}	41	11	4×4 min,85%~95% HR _{max}	3 min,65%~75% HR _{max}	28



附图 I DBP敏感性分析图
Attached fig. I DBP sensitivity analysis



附图 II SBP敏感性分析图
Attached fig. II SBP sensitivity analysis

附表Ⅱ 合并效应结果
Attached tab.Ⅱ Results of emerged effects

指标	研究篇数	合并效应检验		异质性		Egger 检验 <i>P</i>
		WMD(95%)	<i>P</i>	<i>I</i> ² /%	<i>P</i>	
DBP	15	0.63(−0.91,2.17)	0.424	76.2	<0.001	0.898
SPB	14	−0.75(−3.26,1.75)	0.557	79.9	<0.001	0.879

附表Ⅲ 亚组分析结果
Attached tab.Ⅲ Results of subgroup analysis

结局指标	亚组	潜在影响因素	研究篇数	加权均数差			异质性
				(95% CI)	<i>P</i>	Weight/ %	<i>I</i> ² /%
DBP	年龄	18~35 岁	5	2.15 (0.67,3.620) ^M	0.004	66.00	60.1
		>35 岁	10	−2.59(−5.35,0.160)	0.065	34.00	73.5
	BMI	25~30	4	0.81(−0.07,1.700)	0.073	28.97	0.00
		>30	11	0.66 (−1.77,3.090)	0.595	71.03	82.5
	Intensity	≥2min	5	−1.58(−4.37,1.210)	0.268	37.33	84.2
		<2min	10	1.91 (0.02,3.800) ^M	0.047	62.67	66.6
	Duration	>6 周	11	0.32(−1.70,2.340)	0.756	72.99	81.0
		4~6 周	4	1.58 (−0.14,3.30)	0.073	27.01	24.8
	SBP	8~35 岁	10	0.35(−2.01,2.71)	0.771	71.79	70.2
		>35 岁	5	−3.97 (−11.38,3.43)	0.293	28.21	89.6
	BMI	25~30	4	−1.65(−5.41,2.12)	0.391	28.16	70.0
		>30	10	−0.48(−3.89,2.93)	0.783	71.84	83.2
	Intensity	≥2 min	4	−3.98(−9.88,1.98)	0.190	30.97	91.1
		<2 min	10	0.54(−2.00,3.09)	0.675	69.03	65.9
	Duration	>6 周	4	−1.34(−4.21,1.53)	0.360	74.01	80.1
		4~6 周	10	1.15(−5.07,7.36)	0.717	25.99	84.0

注:^M 表示 MICT 降低血压效果优于 HIIT.