

抗阻训练强度对 2 型糖尿病患者血脂水平影响和 Meta 分析

袁瑞¹, 樊腾龙^{2,3}, 李子颐^{3,4}, 吕全军⁵

(1.上海理工大学 体育教学部,上海 200093;2.韩国启明大学 体育学院,大邱 42601,韩国;

3.郑州大学 体育学院(校本部),郑州 450001;4.韩国全州大学 体育学院,

全州 55069,韩国;5.郑州大学第一附属医院,郑州 450052)

摘要:[目的]分析不同强度抗阻训练对 2 型糖尿病患者(T2DM)血脂指标的干预效果.[方法]在国际公认的数据库检索有关抗阻训练对 2 型糖尿病血脂干预的相关文献,筛选后最终纳入 17 项随机对照实验,采用 R 语言进行 Meta 分析.[结果]中低强度抗阻训练对甘油三酯(TG)的治疗效果比高强度抗阻训练好,高强度抗阻训练对总胆固醇(TC),高密度脂蛋白胆固醇(HDL),低密度脂蛋白胆固醇(LDL)的治疗效果优于中低强度抗阻训练.[结论]高强度抗阻训练可作为稳定 T2DM 患者血脂水平、降低心血管风险的辅助手段,针对 TG 过高问题突出的 T2DM 患者群体中低强度抗阻训练的辅助治疗效果更好.

关键词:抗阻训练;2 型糖尿病;血脂;Meta 分析

中图分类号:G806

文献标志码:A

近年来研究发现,高收入国家糖尿病患者的死亡率正在下降,但由于人口结构和生活方式的不同,糖尿病对社会的影响仍在增加^[1].心血管风险在成人糖尿病患者群体中远远高于非糖尿病患者,动脉粥样硬化性心血管疾病也是导致 2 型糖尿病患者(T2DM)死亡和残疾的主要原因^[2].动脉粥样硬化的主要指标有甘油三酯(TG),高密度脂蛋白胆固醇(HDL)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL),在 2 型糖尿病人群中 TG、LDL 对动脉粥样硬化性心血管疾病的预测作用也超过了血红蛋白(HbA1c)^[3].因此,监控 T2DM 患者的血脂水平对于 T2DM 患者维持健康水平非常重要.在非糖尿病患者中,抗阻运动已被证明可以降低血脂并对心血管疾病有保护作用^[4],抗阻运动也被认为是和饮食、药物一样,被推荐为治疗 T2DM 患者的手段.由于抗阻运动自身的低成本性,区别于有氧运动的特殊性和非药理学的治疗本质,其在 T2DM 患者和医护群体中很受欢迎^[5].

抗阻训练对 2 型糖尿病血脂水平影响的 RCT 实验有很多,但是 Meta 分析类文章却不多,关于抗阻训练对 T2DM 患者治疗效果的 Meta 分析更多地重心放在血红蛋白方面.虽然血红蛋白含量是判定 2 型糖尿病患者的重要指标^[6],但血脂水平作为糖尿病患者心血管风险的重要指标是 2 型糖尿病患者死亡和残疾的潜在危险因素^[7].2014 年的一项相关研究中由于纳入研究异质性过高,只进行了描述性分析,没有合并效应量进行后续的 Meta 分析^[8].本研究选择更加全面的文献数据库、更科学的文献搜集策略,本研究的异质性检验 $I^2 < 50\%$ 、 $P > 0.1$,满足 Meta 分析的要求,研究在 PROSPERO 平台注册(注册编号:CRD42022337345).

1 方 法

1.1 数据源和检索策略

研究在 PRISMA 声明指导下,通过对 PubMed,EMBASE,EBSCO host,Cochrane Library,WOS,Scopus

收稿日期:2022-07-11;修回日期:2022-09-08.

基金项目:国家自然科学基金(81673165);河南省高等学校哲学社会科学基础研究重大项目(2021-JCZD-34).

作者简介:袁瑞(1993—),女,河南开封人,上海理工大学体育教学部讲师,博士,研究方向为体育心理学,E-mail:xiaoxiaorui8893@163.com.

通信作者:樊腾龙,E-mail:992875076@qq.com.

数据库进行检索,检索截止日期为 2022-04-05.检索策略采用数据库提供的主题词与自由词结合的检索策略,WOS 数据库的检索策略:(TS=(non insulin dependent diabetes mellitus)OR TS=(Diabetes Mellitus Type 2))AND(TS=(resistance training)OR TS=(resistance exercise))AND TS=(randomized controlled trials),详细的检索策略见附表 I.将 6 个数据库检索到的文献下载导入 Endnote X9,在 Endnote 里进行重复文献的自动和手动删除.剩余的文献由 2 名人员单独进行筛选.

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准

①研究类型为随机对照实验,语种为英文;②研究对象为年龄大于等于 17 岁的 2 型糖尿病患者;③干预组包含只采取抗阻训练干预措施的干预组,对照组为未进行任何训练或只进行拉伸运动;④结果指标包含 TG,TC,HDL,LDL 至少一个指标.

1.2.2 排除标准

①随机对照实验的干预周期小于 8 周;②研究对象除了患有 2 型糖尿病外还有其他疾病(例如:代谢综合征)或者还包括正常人群;③结局指标没有以 $M \pm SD$ 或者 $M \pm SE$ 的形式在论文中展示,或者没有结局指标并且数据指标索取无果;④重复发表的文献.

1.3 数据的提取和文献质量评估

所有纳入的研究均为报告 TG,TC,HDL,LDL 在基线水平存在显著差异,因此数据提取只提取试验后的数据.2 名研究人员用 EXCEL 对纳入的文献进行数据提取,用统一的表格提取相关数据,最后对异样数据进行复核,如遇到分歧则重新查阅资料进行验证.主要提取数据:①文献的基本信息,如作者、国家、发表年份、干预组 and 对照组的人数、参与人群的特征等;②抗阻训练计划,训练持续时间、训练强度、训练频率、训练是否受监督等;③TG,TC,HDL,LDL 的数据指标.

采用 RoB2 tools 进行文献质量评估,对随机过程、偏离预期干预措施、缺失的结果数据、结果的测量、选择结果报告 5 个方面进行评估,评估结果有低风险、一些问题、高风险(5 个方面有 1 方面是高风险则该文献的评估结果即为高风险).

1.4 抗阻运动强度的划分

根据美国运动医学会 ACSM 对抗阻运动强度的划分将纳入的干预手段分为中低强度抵抗训练(20%~75%的 1RM)和高强度抵抗训练(75%~100%的 1RM)^[9].其中最大重复次数的强度表示方式按照 MICHAEL CLARK 研发的“Repetition Percentages of 1RM”进行换算,将换算后的基于 1RM 的单位为百分数的强度数值代入对应的研究^[10].对于渐进性抵抗训练的强度根据持续时间的权重取平均值.

1.5 数据分析

采用 R Version 4.1.3 进行 Meta 分析,收录整理后的数据格式为单位相同的连续型数据,采用加权均差 MD,95%置信区间 CI 作为效应量指标,研究的异质性评价指标为 I^2 和 Q 检验的 P 值, $I^2 < 50$ 、 $P > 0.1$ 则说明纳入的研究之间不存在异质性,采用固定效应模型; $I^2 \geq 50\%$ 或者 $P \leq 0.1$ 则称研究纳入的实验存在异质性,采用随机效应模型; $I^2 \geq 75\%$ 则差异性显著需要慎重考虑是否采用 Meta 分析.采用 Egger 检验的 P 值来判定研究纳入的实验是否存在发表偏移, $P > 0.05$ 说明不存在发表偏移,通过漏斗图的形式展示发表偏移的结果.研究针对 TG,HDL,LDL,TC 4 项血脂指标按照抗阻运动的强度进行亚组分析.

2 结果与分析

2.1 文献检索

截止时间 2022 年 4 月 5 日,主题词加自由词检索共检索到文献 19 812 篇,筛选出随机对照实验相关文献 1 319 篇.剔除重复随机对照实验类文献 464 篇,剩余文献 855 篇.阅读题目和摘要筛选出文献 233 篇,进行全文阅读,其中剔除研究对象包含 2 型糖尿病但不全是 2 型糖尿病的文獻、对照组进行了非拉伸的文獻,没有干预组进行单独的抵抗性运动的文献,其中试验周期较短的 6 篇,语言排除 3 篇.最终 16 篇文献^[11-26]

被纳入 Meta 分析。

2.2 纳入文献的质量评估

采用 RoB2 tool 进行纳入文献的质量评估;两个研究被排除,一项研究因为血管图像采集或血样储存中的技术问题导致五位参与者被排除在最终结果之外,文献评估质量结果为高风险^[25];另外一项研究因为结果数据丢失严重导致最终的实验组和对照组人数相差较大,文献评估质量结果为高风险^[26]。所有纳入文献的质量评估信息见附表 I。

2.3 纳入文献的特点

纳入 14 项随机对照试验,随机试验参与者来自中国、美国、英国、印度、巴西、加拿大、希腊、斯里兰卡。其中纳入 TG 研究(13 篇)的有 575 名参与者,实验组 284 人,对照组 291 人;纳入 TC 研究(11 篇)的有 366 人,其中实验组 179 人,对照组 187 人;纳入 HDL 研究(13 篇)的共有 505 人,其中实验组 247 人,对照组 258 人;纳入 LDL 研究(11 篇)有 464 人,其中实验组 227 人,对照组 237 人。纳入 TG 的研究包含了 TC, HDL, LDL 的相关研究。详细信息见附表 I。

2.4 Meta 分析结果

2.4.1 抗阻训练对 T2DM 患者 TG 影响的强度亚组分析

在抗阻训练强度对 T2DM 患者 TG 影响的 Meta 分析中共纳入 13 项研究(图 1),实验组人数 284 人,对照组人数 291 人,共计 575 人。其中 8 项研究的抗阻训练强度为高强度,5 项研究的抗阻训练强度为中低强度。异质性检验 I^2 均小于 50%,因此选择固定效应模型(fixed effect)。高强度抗阻训练对 T2DM 患者 TG 影响的效应值 MD=-0.22,95%置信区间[-0.40;-0.03],测试整体效果 $P=0.02<0.05$;中低强度抗阻训练对 T2DM 患者 TG 影响的效应值 MD=-0.29,95%置信区间[-0.51;-0.06],测试整体效果 $P=0.01<0.05$ 。总的效应值 MD=-0.25,95%置信区间[-0.39;-0.10],测试整体效果 $P<0.01$ 。

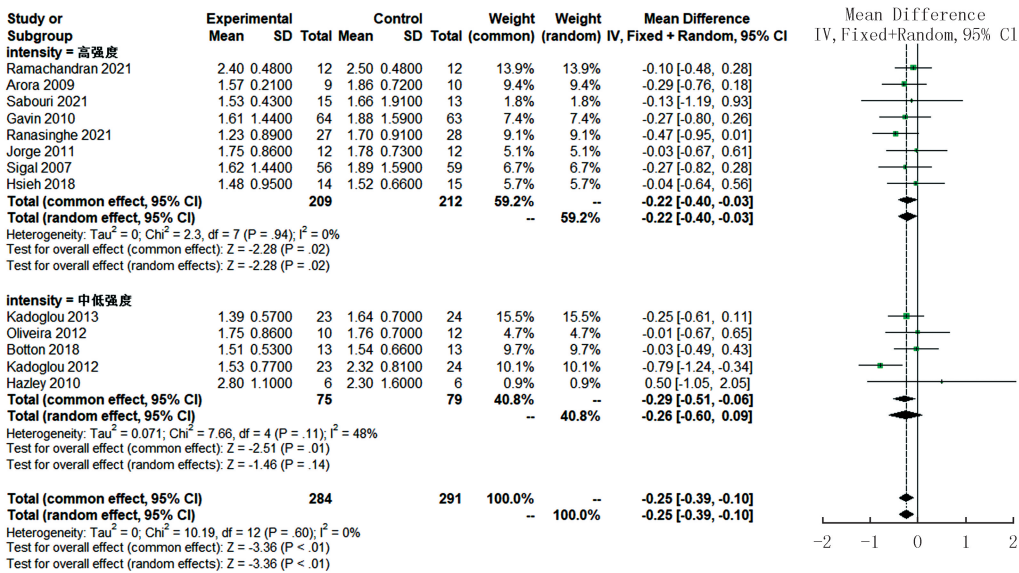


图1 不同强度抗阻训练对T2DM患者TG影响Meta分析结果的森林图

Fig.1 Forest plot of the results of Meta-analysis of the effect of different intensity resistance training on triglycerides in patients with T2DM

2.4.2 抗阻训练对 T2DM 患者 TC 影响的强度亚组分析

在抗阻训练对 T2DM 患者 TC 影响的 Meta 分析中共纳入 11 项研究(图 2),实验组人数 179 人,对照组人数 187 人,共计 366 人。其中 5 项研究的抗阻训练强度为高强度,6 项研究的抗阻训练强度为中低强度。异质性检验 I^2 值均低于 50%,因此都选择固定效应模型。高强度抗阻训练对 T2DM 患者 TC 指标的影响效应值 MD=-0.5,95%的置信区间为[-0.60,-0.09],测试整体效果 $P<0.01$;中低强度抗阻训练对 T2DM 患者 TC 指标影响的效应 MD=-0.23,95%置信区间[-0.55,-0.08],测试整体效果 $P=0.14>0.05$;抗阻训练对 TC 指标影响的效应值 MD=-0.30,95%置信区间[-0.50,-0.11],测试整体效果 $P<0.01$ 。

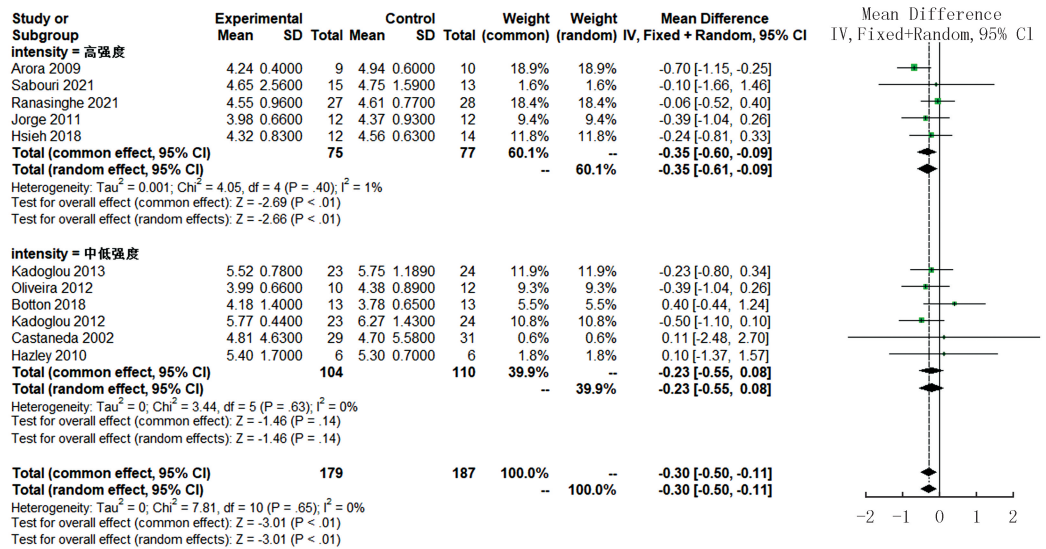


图2 不同强度阻抗训练对T2DM患者TC影响Meta分析结果的森林图

Fig.2 Forest plot of the results of Meta-analysis of the effect of different intensity resistance training on total cholesterol in patients with T2DM

2.4.3 阻抗训练对 T2DM 患者 HDL 指标影响的强度亚组分析

阻抗训练对 T2DM 患者 HDL 水平影响的 Meta 分析中共纳入 13 项研究(图 3),其中实验组人数 247 人,对照组人数 258 人,共计 505 人.总体异质性 $I^2 = 31\%$,但是在亚组高强度中 $I^2 = 54\%$,因此效应模型选择方面,高强度亚组分析选择随机效应模型,低强度亚组分析选择固定效应模型,最后总的整体评价选择固定效应模型.高强度阻抗训练对 T2DM 患者 HDL 水平影响的效应值 $MD = 0.02$,95%置信区间 $[-0.09, 0.13]$,测试整体效果 $P = 0.68 > 0.05$;中低强度阻抗训练对 T2DM 患者 HDL 水平影响的效应值 $MD = -0.09$,95%置信区间 $[-0.17, -0.01]$,测试整体效果 $P = 0.03 < 0.05$;阻抗训练对 T2DM 患者 HDL 水平影响的效应值 $MD = -0.04$,95%置信区间 $[-0.17, -0.01]$,测试整体效果 $P = 0.18 > 0.05$.

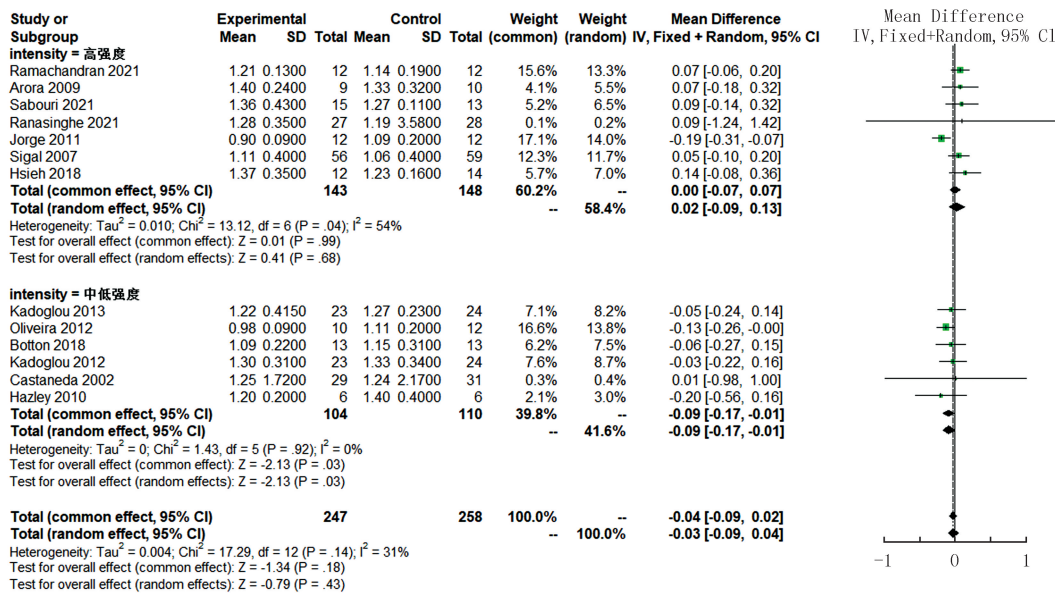


图3 不同强度阻抗训练对T2DM患者HDL影响Meta分析结果的森林图

Fig.3 Forest plot of the results of Meta-analysis of the effect of different intensity resistance training on HDL in patients with T2DM

2.4.4 阻抗训练对 T2DM 患者 LDL 指标影响的强度亚组分析

阻抗训练对 T2DM 患者 LDL 影响的 Meta 分析共纳入 11 项研究(图 4),其中实验组 227 人,对照组

237 人,共计 464 人.其中高强度抗阻训练研究 5 项,中低强度抗阻训练 6 项,异质性检验 I^2 均 $<50\%$,因此选择固定效应模型.高强度抗阻训练对 T2DM 患者 LDL 水平影响的效应值 $MD=-0.24$,95%置信区间 $[-0.42,-0.07]$,测试整体效果 $P<0.01$;中低强度抗阻训练对 T2DM 患者 LDL 水平影响的效应值 $MD=-0.02$,95%置信区间 $[-0.29,0.24]$,测试整体效果 $P=0.87>0.05$;抗阻训练对 T2DM 患者 LDL 水平影响的效应值 $MD=-0.18$,95%置信区间 $[-0.32,-0.03]$,测试整体效果 $P=0.02<0.05$.

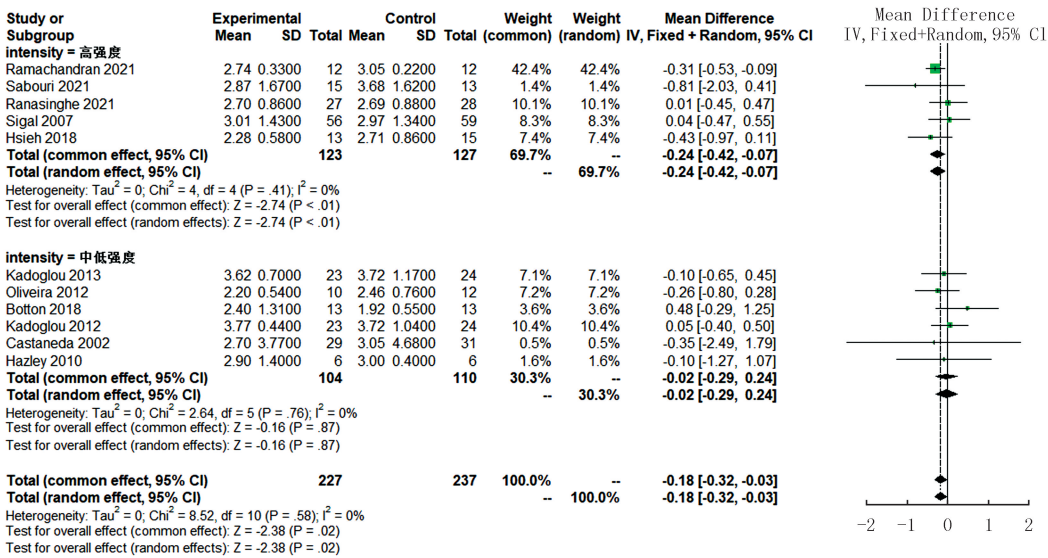


图4 不同强度抗阻训练对T2DM患者LDL影响Meta分析结果的森林图

Fig.4 Forest plot of the results of Meta-analysis of the effect of different intensity resistance training on LDL in T2DM patients

2.4.5 发表偏移分析

图 5 所示的漏斗图表明 4 个漏斗图在视觉和统计学上都不存在显著的不对称(Egger’s 检验 P 值均大于 0.05),说明纳入抗阻训练强度对 T2DM 患者 TG,TC,HDL,LDL 的研究均不存在发表偏移,Meta 分析的结果相对可靠.

2.4.6 抗阻训练强度对 T2DM 患者血脂指标可能的影响结果

综合结果显示经过一段时间的抗阻训练可降低 T2DM 患者 TG,TC,LDL 水平,在统计学意义上实验组和对照组差异显著.亚组分析中高强度抗阻训练和中低强度抗阻训练均可降低 T2DM 患者的 TG 水平,且效果均具有统计学显著性,中低强度训练在 TG 的治疗效果略优于高强度抗阻训练.

对 TC 指标的治疗效果在统计学意义上也具有显著性.在亚组分析中,虽然高强度和中低强度抗阻训练最后的合并效应值和对照组比较均降低了,但是高强度抗阻训练治疗效果具有统计学显著性;而中低强度抗阻训练治疗效果不具有统计学显著性.

对 HDL 指标的治疗效果来看,综合效应值为正值说明抗阻训练对 T2DM 患者具备治疗效果,但是这种治疗效果不具有统计学显著性;在亚组分析中,高强度抗阻训练对 T2DM 患者 HDL 指标引起的差异同样不具有统计学显著性;中低强度抗阻训练引起 T2DM 患者 HDL 指标下降,且具有统计学显著性,因此可以说相对于中低强度抗阻训练而言高强度的抗阻训练可以减缓血脂中 HDL 含量减少的趋势.

对 LDL 指标的治疗效果方面,抗阻训练具备治疗效果($MD=-0.18$)且具有统计学显著性,在亚组分析中,高强度抗阻训练对 T2DM 患者 LDL 水平具有治疗效果,且治疗效果具有统计学显著性,中低强度的抗阻训练对 T2DM 患者 LDL 水平具有治疗效果,但是这种治疗效果不具有统计学显著性.

综上,抗阻训练对于 T2DM 患者的 TG,TC,LDL 具有治疗效果,经过一段时间的抗阻训练 T2DM 患者的 4 种血脂指标均有所下降,但是 HDL 是一种抗动脉粥样硬化的脂蛋白,是冠心病的保护因子,俗称“血管清道夫”^[27].提高 HDL 含量才是想要的治疗效果,在进一步的亚组分析中发现高强度的抗阻训练相对于中低强度的抗阻训练对于提高 HDL 含量更有意义.高强度抗阻训练在针对 T2DM 患者降低 LDL 和 TC 指标

方面也优于中低强度的抵抗性训练.中低强度的抗阻训练在降低 T2DM 患者的 TG 指标方面优于高强度抗阻训练的治疗效果,但是在降低 T2DM 患者 LDL 指标方面具备轻微的治疗效果,这种治疗效果不具备统计学显著性.漏斗图不存在显著的不对称也说明 Meta 分析结果是比较可靠的.

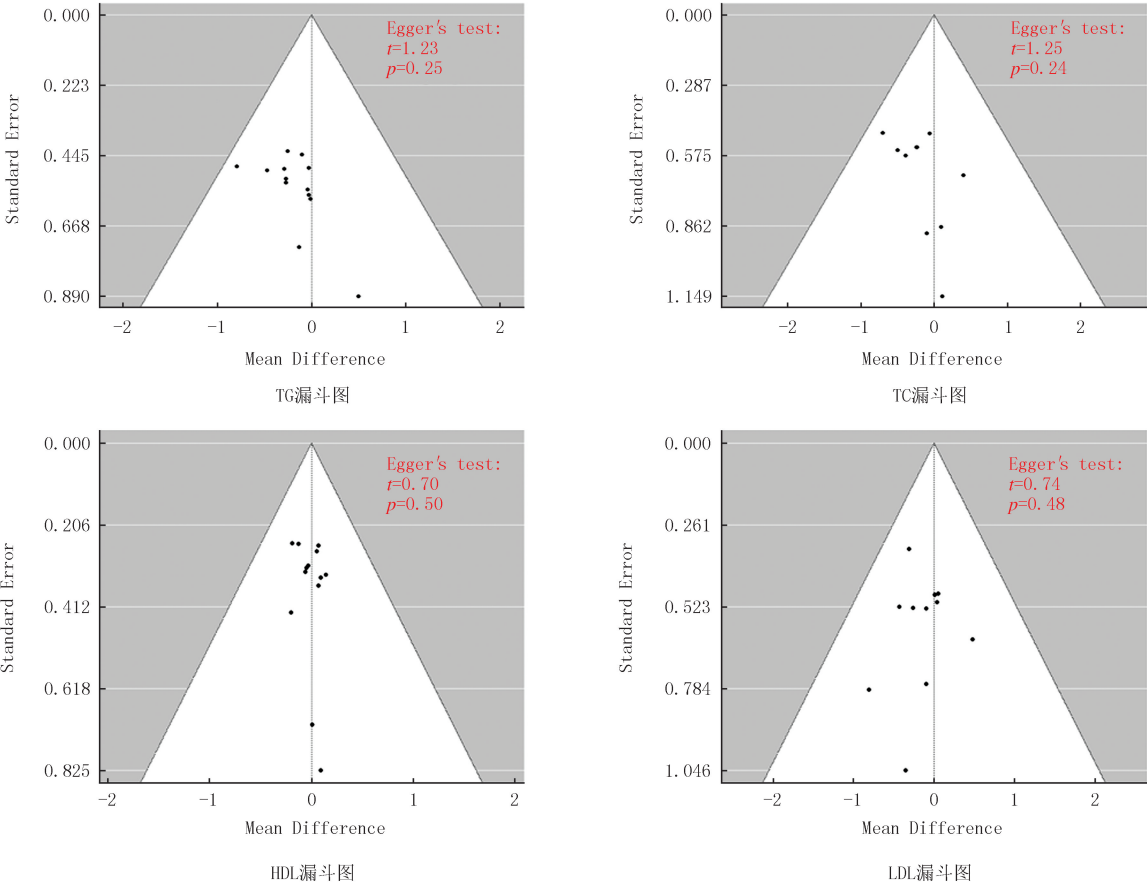


图5 抗阻训练对T2DM患者血脂水平影响Meta分析的漏斗图

Fig.5 Funnel plot of Meta-analysis of the effect of resistance training on lipid levels in patients with T2DM

纳入文献的 Meta 分析表明抗阻训练对 T2DM 患者降低 TG,TC,LDL 含量具有一定作用,对提升 HDL 含量的作用不明显.相对而言高强度抗阻训练的治疗水平上要优于中低强度的抗阻训练,在针对需要降低 TG 含量指标的 T2DM 患者来说中低强度的抗阻训练无疑是预防心血管疾病的更好方式.

3 讨 论

T2DM 患者的运动辅助疗法有很多,其中有氧训练和抗阻训练也是最受关注的两种手段.有氧训练例如慢跑、快走、骑自行车等需要大量的肌肉参与才能完成,同时还需要较长的时间,抗阻训练相对而言具有自身独有的优势,首先抗阻训练不需要大量的肌肉参与,其次抗阻训练可在短时间内达到一定的训练强度^[28],并且抗阻训练尤其在针对需要住院治疗、伴随有残疾、外伤等状况的 T2DM 患者更具有有氧运动所不具有的优势^[29].抗阻训练对 T2DM 患者血红蛋白、胰岛素等血糖控制已经得到了验证^[30],以及体重、皮下脂肪、力量功能、血管功能、内皮功能等均有相关研究,但是关于抗阻训练对 T2DM 患者血脂水平影响的综述类文章相对还较少.系统评价不同强度抗阻训练对 T2DM 患者血脂水平影响对 Meta 分析还没有,因此本研究一定程度上弥补了运动干预治疗 2 型糖尿病研究的不足.

已有研究认为相对于有氧运动而言抵抗性运动对 T2DM 患者的 HDL 含量指标提高没有效果,对 TG,TC,LDL 降低具有效果^[11].本研究在扩展前人研究的同时也弥补了该领域缺乏亚组分析的不足,研究结果从实用的角度为医疗保健专业人员(如医生、陪护人员)在选择抗阻训练作为 T2DM 患者预防心血管疾病的

辅助治疗手段时提供了帮助。本研究首次提出:相对于中低强度的抗阻训练,高强度抗阻训练对 2 型糖尿病患者的治疗效果更好;在保证安全的前提下,T2DM 患者抗阻训练强度选择方面优先考虑高强度抗阻训练,如果患者甘油三酯含量过高中低强度的抗阻训练可以代替高强度抗阻训练作为预防心血管疾病的辅助治疗手段。

本研究有以下两点局限性:首先,当前符合筛选标准的随机对照实验仍然相对较少,检索到的相关实验提供的血脂指标有限;其次,纳入高强度和中低强度 2 个分组的实验数量存在差异,抗阻训练对 2 型糖尿病 HDL 指标影响的高强度亚组中异质性略高($I^2 = 54\%$)。后续需要更多的此类随机对照实验来验证异质性存在的原因。

附 录

附表 I 见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2023.03.018)。

参 考 文 献

- [1] DAGENAIS GILLES R, GERSTEIN HERTZEL C, ZHANG X H, et al. Variations in diabetes prevalence in low-, middle-, and high-income countries: results from the prospective urban and rural epidemiological study[J]. *Diabetes Care*, 2016, 39(5): 780-787.
- [2] DAL CANTO E, CERIELLO A, RYDÉN L, et al. Diabetes as a cardiovascular risk factor: an overview of global trends of macro and micro vascular complications[J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2019, 26(2): 25-32.
- [3] HIRANO T. Pathophysiology of diabetic dyslipidemia[J]. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2018, 25(9): 771-782.
- [4] MAESTA N, NAHAS E A P, NAHAS-NETO J, et al. Effects of soy protein and resistance exercise on body composition and blood lipids in postmenopausal women[J]. *Maturitas*, 2007, 56(4): 350-358.
- [5] THOMAS D, ELLIOTT E J, NAUGHTON G A. Exercise for type 2 diabetes mellitus[J]. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2006, 3(3): 1-34.
- [6] COPELAND K C, SILVERSTEIN J, MOORE K R, et al. Management of newly diagnosed type 2 diabetes mellitus(T2DM) in children and adolescents[J]. *Pediatrics*, 2013, 131(2): 364-382.
- [7] COSTA J, BORGES M, DAVID C, et al. Efficacy of lipid lowering drug treatment for diabetic and non-diabetic patients: metaanalysis of randomised controlled trials[J]. *BMJ*, 2006, 332(7550): 1115-1124.
- [8] YANG Z, SCOTT C A, MAO C, et al. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sports Medicine*, 2014, 44(4): 487-499.
- [9] RATAMESS N. ACSM's foundations of strength training and conditioning[M]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2021.
- [10] MICHAEL C. Repetition Percentages of 1RM[EB/OL]. [2022-06-06]. <https://strengthlevel.com/one-rep-max-calculator>.
- [11] RAMACHANDRAN S, PAUL J, SUNDARAM M S, et al. Effects of whole-body vibration therapy among type II diabetes mellitus-a pilot single blind randomized clinical trial[J]. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 2021, 14(3): 1465-1468.
- [12] EKTA A, SHWETA S, SANDHU J S. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes[J]. *The Indian Journal of Medical Research*, 2009, 129(5): 515-519.
- [13] SABOURI M, HATAMI E, POURNEMATI P, et al. Inflammatory, antioxidant and glycemic status to different mode of high-intensity training in type 2 diabetes mellitus[J]. *Molecular Biology Reports*, 2021, 48(6): 5291-5304.
- [14] GAVIN C, SIGAL R J, COUSINS M, et al. Resistance exercise but not aerobic exercise lowers remnant-like lipoprotein particle cholesterol in type 2 diabetes: a randomized controlled trial[J]. *Atherosclerosis*, 2010, 213(2): 552-557.
- [15] RANASINGHE C, DEVAGE S, CONSTANTINE G R, et al. Glycemic and cardiometabolic effects of exercise in South Asian Sri Lankans with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial Sri Lanka diabetes aerobic and resistance training study(SL-DARTS)[J]. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 2021, 15(1): 77-85.
- [16] JORGE M L M P, DE OLIVEIRA V N, RESENDE N M, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Metabolism*, 2011, 60(9): 1244-1252.
- [17] KADOGLUOU N P E, FOTIADIS G, KAPELOUZOU A, et al. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with Type2 diabetes[J]. *Diabetic Medicine*, 2013, 30(2): 41-50.
- [18] SIGAL RONALD J, KENNY GLEN P, BOULÉ NORMAND G, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial[J]. *Annals of Internal Medicine*, 2007, 147(6): 357-369.
- [19] DE OLIVEIRA V N, BESSA A, JORGE M L M P, et al. The effect of different training programs on antioxidant status, oxidative stress, and metabolic control in type 2 diabetes[J]. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2012, 37(2): 334-344.

[20] HSIEH P L, TSENG C H, TSENG Y J, et al. Resistance training improves muscle function and cardiometabolic risks but not quality of life in older people with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial[J]. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 2018, 41(2): 65-76.

[21] BOTTON C E, UMPIERRE D, RECH A, et al. Effects of resistance training on neuromuscular parameters in elderly with type 2 diabetes mellitus: a randomized clinical trial[J]. *Experimental Gerontology*, 2018, 113: 141-149.

[22] KADOGLU NIKOLAOS P E, GRIGORIOS F, ZOI A, et al. The effects of resistance training on ApoB/ApoA-I ratio, Lp(a) and inflammatory markers in patients with type 2 diabetes[J]. *Endocrine*, 2012, 42(3): 561-569.

[23] CARMEN C, LAYNE JENNIFER E, LEDA M O, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2002, 25(12): 2335-2341.

[24] HAZLEY L, INGLE L, TSAKIRIDES C, et al. Impact of a short-term, moderate intensity, lower volume circuit resistance training programme on metabolic risk factors in overweight/obese type 2 diabetics[J]. *Research in Sports Medicine*, 2010, 18(4): 251-262.

[25] RECH A, BOTTON C E, LOPEZ P, et al. Effects of short-term resistance training on endothelial function and inflammation markers in elderly patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial[J]. *Experimental Gerontology*, 2019, 118: 19-25.

[26] PLOTNIKOFF R C, EVES N, JUNG M, et al. Multicomponent, home-based resistance training for obese adults with type 2 diabetes: a randomized controlled trial[J]. *International Journal of Obesity*, 2010, 34(12): 1733-1741.

[27] WANG L. Genetic and dietary effects on physical properties, assembly and secretion of apoB-containing lipoproteins[M]. Texas: A&M University, 2003.

[28] KRAEMER W J, RATAMESS N A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(4): 674-688.

[39] DUNSTAN DAVID W, DALY ROBIN M, NEVILLE O, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2002, 25(10): 1729-1736.

[30] ISHIGURO H, KODAMA S, HORIKAWA C, et al. In search of the ideal resistance training program to improve glycemic control and its indication for patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sports Medicine*, 2016, 46(1): 67-77.

Effect of resistance training intensity on blood lipid levels in patients with type 2 diabetes and Meta-analysis

Yuan Rui¹, Fan Tenglong^{2,3}, Li Ziyi^{3,4}, Lü Quanjun⁵

(1. Department of Physical Education, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Department of Physical Education, Keimyung University, Daegu 42601, Korea; 3. School of Physical Education(Main Campus), Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 4. Department of Physical Education, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea; 5. The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: [Objective]To systematically evaluate the intervention of different resistance intensity training on lipid indices in patients with type 2 diabetes mellitus(T2DM). [Methods]The literature on resistance training on lipid intervention in type 2 diabetes mellitus was searched in internationally recognized databases, and 17 randomized controlled trials were finally included after screening, and Meta-analysis was performed using R language. [Results]The treatment effect of low and medium-intensity resistance training on triglycerides(TG)was better than that of high-intensity resistance training, and the treatment effect of high-intensity resistance training on total cholesterol(TC), high-density lipoprotein cholesterol(HDL)and low-density lipoprotein cholesterol(LDL) was better than that of low-strength-grade resistance training. [Conclusion]High-intensity resistance training can be used as an adjunct to stabilize lipid levels and reduce cardiovascular risk in patients with T2DM, and low-intensity resistance training is more effective as an adjunct to treatment in a group of patients with T2DM with high TG.

Keywords: resistance training; type 2 diabetes mellitus; lipids; Meta-analysis

[责任编辑 刘洋 杨浦]

附表 I 纳入 Meta 分析的实验特征 Attached tab. I Characteristics of experiments included in the Meta-analysis											
文献	地区/ 国家	RT/ CN	女性/%	年龄	RT 行为	强度	重复 次数	组数	每周 频次	持续时 间/周	HbA1C 水平/%
文献[11]	印度	12/12		51.4±2.2	压腿、伸腿、坐位屈腿、坐位小腿上升、侧滑轮、水平压胸、蝶形划船	70%~80%	12	2	3	12	8.34±0.67
文献[12]	印度	9/10	50	54±3.9	主要肌肉群-二头肌、三头肌、上背部、腹肌、膝关节外展和伸肌	70%~80%	10	3	2	8	7.67±1.18
文献[13]	伊朗	15/13	53.6	51.8±3.9	卧推、卷腿、压腿、伸腿、下拉和压肩	81%	10	3	3	12	7.52±0.88
文献[14]	加拿大	64/63	36.22	54.8±7.4	划船、卧推、二头肌弯曲训练器、俯卧撑、三头肌下拉、腿弯举	81%	8	2~3	2~3	24	7.69±0.88
文献[15]	斯里兰卡	27/28	50	19.2±8.1	二头肌、肱三头肌、胸肌群、核心肌群、四头肌群、腓绳肌群、小腿、斜方肌群、背阔肌群和臀大肌群	81%	8	3	2	12	8.27±1.70
文献[16]	巴西	12/12	62.5	53.8±9.4	腿压、卧推、下拉、坐划船、肩压、腹部弯曲和膝盖弯曲	89%~94%	10	2	3	12	7.65±1.79
文献[17]	希腊	23/24	70.2	57±6.3	坐腿压、膝伸、膝屈、胸压、下拉、头顶压、肱二头肌弯曲、肱三头肌伸展	70%	8~10	2~3	4	24	7.9±0.75
文献[18]	加拿大	56/59	37.5	54.1±7.4	二头肌弯举、卧推、腿部弯举、三头肌下拉、侧下拉	81%	8	2~3	3	22	7.69±0.89
文献[19]	巴西	10/12	63.6	53.7±9.4	腿推、卧推、下拉、坐划船、肩推、腹部弯曲、膝盖弯曲	≥50%	8~12	4	3	12	7.71±1.73
文献[20]	中国	14/15	63.3	71.2±4.4	胸压、肩压、二头肌弯曲、臀部外展、站立屈髋、腿压、站立抬小腿、腹部仰卧起坐	75%	8~12	3	3	12	7.25±0.76
文献[21]	巴西	13/13	40.9	69.6±6.9	压腿、伸腿、卷腿、臀部外展，斜卧推举，低位划船，肱二头肌卷曲，肱三头肌卷曲	67%	12	3	3	12	7.07±0.67
文献[22]	希腊	23/24	74.5	63.1±4.9	坐腿按压、膝盖伸展，膝盖弯曲，胸部按压，下拉，头顶按压，肱二头肌弯曲，肱三头肌伸展	60%~80%	6~8	2~3	3	12	7.45±0.45
文献[23]	美国	29/31	64.5	66±1.6	胸和腿按压、上背部，膝盖伸展和屈曲	60%~80%	8	3	3	16	8.55±0.30
文献[24]	英国	6/6	41.7	54±9	腿压、胸压、腿弯曲、腿伸展、背阔肌下拉、上拉、坐排、坐起和二头肌弯曲	50%~60%	15	3	2	8	7.30±0.95