

不同运动方式对久坐成年人代谢指标影响的网状Meta分析

谭林, 祁俊菊*, 宋跃, 向恣栎

贵州大学医学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2026年3月22日; 录用日期: 2026年4月15日; 发布日期: 2026年4月27日

摘要

久坐行为在成年人中普遍存在, 代谢综合征患病率高达28.6%, 增加多种健康风险。为明确不同运动方式对久坐成年人代谢指标的影响, 本研究采用网状Meta分析, 纳入21项随机对照试验(共799例受试者, 久坐时间 ≥ 8 小时/天), 干预措施包括有氧运动、高强度间歇训练、抗阻运动及有氧结合抗阻运动。结果显示, 有氧运动对BMI、WC、RHR指标改善效果显著; 高强度间歇运动在改善DBP、SBP方面效果最佳, 在LDL改善上与有氧结合抗阻运动效果接近; 抗阻运动对Weight、BFP、TG指标影响显著; 有氧结合抗阻运动则在FBG、HDL、TC指标上效果更好。各运动方式优势不同, 联合运动疗效优于单一运动, 建议久坐成年人根据自身情况选择适宜的运动方式、强度与频率。

关键词

久坐行为, 运动干预, 代谢指标, 网状Meta分析, 随机对照实验

A Network Meta-Analysis of the Effects of Different Exercise Patterns on Cardiac Metabolic Parameters in Sedentary Adults

Lin Tan, Junju Qi*, Yue Song, Ziyue Xiang

Medical College of Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: March 22, 2026; accepted: April 15, 2026; published: April 27, 2026

Abstract

Prolonged sedentary behavior is prevalent among adults, with a metabolic syndrome prevalence

*通讯作者。

文章引用: 谭林, 祁俊菊, 宋跃, 向恣栎. 不同运动方式对久坐成年人代谢指标影响的网状 Meta 分析[J]. 护理学, 2026, 15(4): 235-251. DOI: 10.12677/ns.2026.154126

rate as high as 28.6%, which increases multiple health risks. To clarify the effects of different exercise modalities on cardiometabolic indicators in sedentary adults, this study employed a network meta-analysis, incorporating 21 randomized controlled trials (totaling 799 participants, sedentary duration ≥ 8 hours/day). Intervention measures included aerobic exercise, high-intensity interval training, resistance training, and aerobic-resistance combined exercise. Results demonstrated that aerobic exercise significantly improved BMI, WC, RHR. High-intensity interval training demonstrated optimal efficacy in improving DBP and SBP, while its effect on LDL modification was comparable to that of aerobic exercise combined with resistance training. Resistance training significantly influenced body Weight, BFP, and TG levels, whereas aerobic exercise combined with resistance training showed superior effects on FBG, HDL, and TC. Different exercise modalities exhibit distinct advantages, with combined exercise demonstrating superior efficacy compared to single modalities. Sedentary adults are advised to select appropriate exercise modalities, intensity, and frequency based on individual circumstances.

Keywords

Sedentary Behavior, Exercise Intervention, Cardiac Metabolic Index, Network Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会进程的不断加快, 人们的生活方式发生了显著变化, 久坐行为已成为普遍现象, 久坐不动的生活方式与多种健康问题息息相关。心代谢指标在心血管疾病的发生、发展以及干预中具有重要作用, 心代谢指数与死亡率高度相关, 一项有关全球成年人群代谢综合征患病率的研究中显示[1], 全球代谢综合征患病率为 12.5%~31.4%; 另一项研究显示, 久坐成年人代谢综合征患病率为 28.6% [2]。代谢综合征是一组以胰岛素抵抗为核心, 伴有高血压、高血糖、高血脂及肥胖等多种代谢异常为特征的病理状态, 其全球患病率较高, 且久坐行为进一步加剧了这一风险[3][4]。心代谢作为强调心血管系统与代谢系统之间紧密关系的一个总称, 其指标涵盖了心血管系统的多项参数(如血压、心率)以及代谢系统的多项参数(如血糖、血脂、肥胖等)。久坐行为, 作为一种在清醒状态下长时间保持坐姿或躺姿且能量消耗较低的行为模式, 由于其独立于身体活动水平的特性[1], 使得久坐成年人面临更高的代谢综合征、慢性疾病及过早衰老风险[5]-[7]。

运动作为改善心代谢指标的有效手段, 其不同方式、周期、强度和持续时长, 对心代谢指标的影响存在显著差异[8], 研究显示, 每天增加 30~40 分钟的中等强度或高强度的身体活动可以减少久坐 10 小时对身心健康造成的负面影响[9]。以往的研究主要集中在一般人群或特定疾病患者, 很少关注久坐成年人这一群体, 且多聚焦于单一运动方式的效果评估。寻找有效的干预措施以预防和减少心代谢指标异常对于改善久坐成年人的健康状况具有重要的意义。因此, 本研究采用网状 Meta 分析方法, 旨在同时比较不同运动方式之间的相对优势, 并综合评估多种关键心代谢指标在不同运动方式下的变化, 以便为久坐人群的健康管理提供更具针对性的预防措施, 改善整体健康状况, 减少心代谢综合征的发生, 并为临床实践提供循证依据。

2. 资料与方法

2.1. 纳入和排除标准

2.1.1. 纳入标准

根据 PICOS 原则[10]确定本研究的纳入标准:

- 1) 研究对象: ≥ 18 岁的久坐人群, 即坐姿行为 ≥ 8 小时;
- 2) 干预措施: 运动干预 ≥ 8 周。实验组接受以下几种运动中的一项或几项: ① 有氧运动(Aerobic Exercise, AE): 快走、慢跑、跳绳、爬山、健身操、骑行、打篮球、游泳等以氧气供应为主的运动项目; ② 高强度间歇训练(High-Intensity Interval Training, HIIT); ③ 抗阻运动(Resistance Training, RT): 以增强肌肉力量或耐力为主的运动项目; ④ 有氧结合抗阻运动(Aerobic Exercise + resistance training, AE + RT)。对照组为空白对照或其他轻微运动干预方式;

3) 结局指标: 血糖(空腹血糖、糖化血红蛋白)、血脂(总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白)、血压(收缩压、舒张压、心率)、肥胖(身体质量指数、体脂率、腰围);

- 4) 研究类型: 随机对照实验(RCT)。

2.1.2. 排除标准

- 1) 学位论文、综述类、会议摘要类、信函类文献;
- 2) 重复发表的文献;
- 3) 非中、英文文献;
- 4) 无法提取有效数据的文献;
- 5) 没有基线结果的文献。

2.2. 检索方式

计算机检索中国知网、万方数据库、中国生物医学文献数据库、Embase、Cochrane Library、Science Direct、EBSCO、PubMed、Web of Science 等数据库, 检索时限为 2000 年至 2025 年 4 月 15 日。中文检索词: 运动、训练、锻炼、久坐、代谢、心脏代谢; 英文检索词: Sport、Exercise、Training、Sedentary、Metabolism、Cardiac metabolism。主题词检索策略: 主题 = (“运动” OR “训练” OR “锻炼”) AND 主题 = (“久坐”) AND 主题 = (“代谢” OR “心脏代谢” OR “健康”) AND 主题 (“随机对照实验”); (TS = (“Exercise” OR “Training”)) AND (TS = (“Sedentary”)) AND (TS = (“Metabolism”)) OR (TS = (“Cardiac metabolism”)) OR (TS = (“randomized controlled trial”))。以 Web of Science 为例, 检索策略见表 1。

Table 1. Literature retrieval strategy

表 1. 文献检索策略

Literature search strategy (WOS)		
Steps	Search query	Number of documents
1	(TS = (“Exercise” OR “Training” OR “Sport”))	957,481
2	(TS = (“Sedentary”))	76,512
3	(TS = (“Metabolism”)) OR (TS = (“Cardiac metabolism”))	9,262,009
4	#1AND#2AND#3	973

2.3. 数据提取

将所有纳入的文献首先排除重复文献并阅读文题, 排除明显不相关的文献后, 再进一步阅读文献摘

要及关键词以确定是否与本研究相关,最后阅读全文确定所纳入文献。本研究使用 NoteExpress 进行文献管理,使用 Excel2020 进行数据提取,数据提取的内容包括作者、发表年份、样本量、研究对象基本资料、干预频率(次/周)、运动时长(min/次)、运动周期、运动方式、结局指标。

2.4. 质量评价方法

本研究采用 Cochrane (RoB 2) 偏倚风险评价工具对文献质量进行评估,评估包含 5 个领域,即随机分配方案的合理性、是否偏离预定的干预措施、是否对缺失结果进行报告以及这些缺失数据是否会导致选择性报告偏倚、测量结果是否存在偏倚、研究结果是否存在选择性报告。每个领域通过“是”“可能是”“否”“可能否”“无信息”来进行回答,进而对所纳入的文献进行整体偏倚风险评价,评价结果为“低风险”“中风险”和“高风险”,本研究仅纳入中风险及以下的文献,以减少结果的偏倚。

2.5. 统计学方法

为了更好地了解不同运动方式对久坐成年人代谢指标的影响,减少直接使用干预后的数据引起的偏倚,本研究采用实验组和对照组干预前后均值与标准差的差值作为合并效应量,均值与标准差的差值采用以下公式计算。由于结局指标采用的单位不同,本研究采用以下公式进行单位换算,以“消除”单位的影响。

根据 PRISMA Network meta-analysis 指南,采用 Stata 18.0 软件绘制网络证据图、漏斗图以及 SCURA 图。采用开启“宏”功能的 Excel 文件版本的 ROB2.0 进行文献偏倚风险评价(图 1)。

$$CV_{Mean} = C_3 - A_3$$

$$CV_{SD} = \sqrt{SD(B)^2 + SD(F)^2 - (2 \times R \times SD(B) \times SD(F))}$$

$$TC / HDL / LDL = 1 mmol / L = 1 mg / dL \times 0.02586$$

$$Triglycerides = 1 mmol / L = 1 mg / dL \times 0.01129$$

Figure 1. Formula for mean and standard deviation before and after treatment, unit conversion of TC/HDL/LDL/triglycerides

图 1. 治疗前与治疗后的均值与标准差公式、TC/HDL/LDL/Triglycerides 单位换算

3. 结果

3.1. 文献筛选流程及结果

通过数据库初步检索共获得文献 2254 篇。利用 NoteExpress 对文献进行整理,剔除重复文献 350 篇,通过阅读标题和摘要排除文献 1797 篇,对剩余 107 篇文献进行摘要和全文阅读,最后纳入文献 21 [11]-[31]篇。具体流程见图 2。

3.2. 纳入研究的基本特征

本研究共纳入 21 [11]-[31]篇文献,799 例受试者。涉及 4 种运动方式,纳入研究集中于近 10 年,具体特征详见表 2。

3.3. 纳入文献质量评价结果

在纳入的 21 篇[11]-[31]文献中,高质量文献为 9 篇,中等质量文献为 12 篇,其中 4 篇在“测量结果是否存在偏倚”条目上存在高风险评价,文献质量评价见图 3。

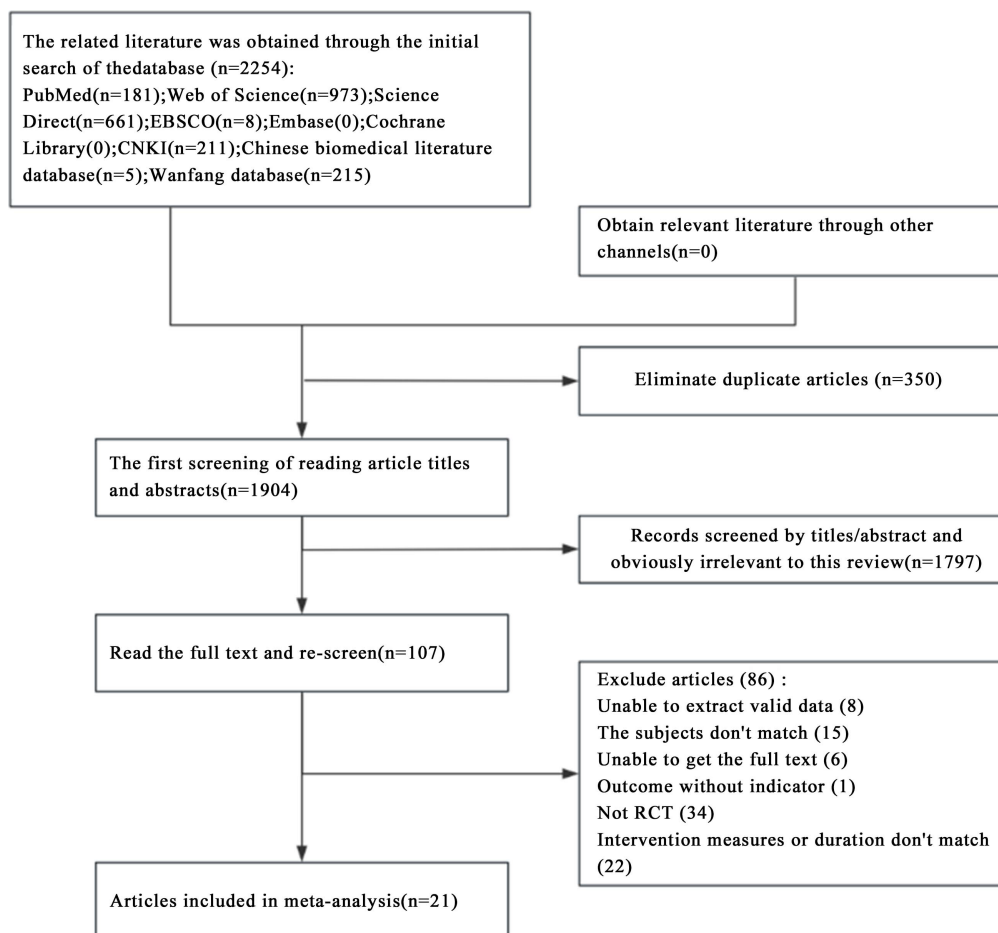


Figure 2. Literature screening process

图 2. 文献筛选流程

Table 2. Basic characteristics of included literature

表 2. 纳入文献基本特征

Studies were included	Country	Age	Subject characteristics		Experimental group interventions				Outcome measures
			Experimental group	Control group	Intervention mode	Duration/time	Weekly frequency	Period	
			Sample size (M/F)	Sample size (M/F)					
Yinjie Zhang (2016) [11]	China	40.68 ± 3.88	20 (0/20)	20 (0/20)	AE	60 min/time	3 times/week	8 weeks	Weight, BMI, BFP, WC
Tai Li (2021) [12]	China	/	27	27	AE + RT	60 min/time	3 times/week	12 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, Weight, BMI, WC
Luke J Connolly (2014) [13]	Britain	39.51 ± 5.41	13 (0/13)	14 (0/14)	AE	15 min/time	2 times/week	16 weeks	SBP, DBP, RHR, Weight, BFP
Kelian Gao (2024) [14]	Iran	46.2 ± 4.6	10 (10/0)	11 (11/0)	RT	45 min/time	3 times/week	12 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, Weight, BMI, BFP, WC
Ebrahim Shakiba (2025) [15]	Iran	/	11 (11/0)	11 (11/0)	RT	60 min/time	3 times/week	12 weeks	Weight, BMI
Sana Hafeez (2025) [16]	Pakistan	31.50 ± 5.15	36 (15/21)	36 (19/17)	AE + RT	60 min/time	3 times/week	16 weeks	FBG, HbA1c, TG, HDL, LDL

续表

Qi Xu (2024) [17]	China	20.2 ± 1.0	30	30	AE	60 min/time	5 times/week	16 weeks	Weight, BFP, WC
Dejan Reljic (2020) [18]	Germany	/	30	19	HIIT	14 min/time	2 times/week	12 weeks	FBG, HbA1c, TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, Weight, BMI, BFP, WC
Rafael Zapata-lamana (2015) [19]	Chile	45.1 ± 14.18	18 (0/18)	15 (0/15)	RT	36 min/time	2 times/week	12 weeks	TC, TG, HDL, LDL, BMI, BFP
Piero Biteli (2021) [20]	Brazil	59.96 ± 7.15	11 (0/11)	13 (0/13)	AE + RT	75 min/time	3 times/week	20 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, BFP, WC
Abbas Malandish (2022) [21]	Iran	53.19 ± 3.59	14 (0/14)	13 (0/13)	AE	50~60 min/time	3 times/week	12 weeks	SBP, DBP, RHR, Weight, BMI, BFP
Ayane S. Resende (2021) [22]	Brazil	25.54 ± 4.76	12 (12/0)	12 (12/0)	AE	50 min/time	3 times/week	10 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, Weight, BMI, BFP
Guner Cicek (2024) [23]	Türkiye	32.26 ± 6.30	15 (0/15)	15 (0/15)	HIIT	21~29 min/time	3 times/week	12 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, Weight, BMI, WC
M. Mohr (2014) [24]	Denmark	44.02 ± 3.13	21 (0/21)	20 (0/20)	AE	60 min/time	3 times/week	15 weeks	TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, RHR, Weight
Mikko P. Tulppo (2003) [25]	Finland	35.41 ± 10.22	16 (16/0)	11 (11/0)	AE	60 min/time	6 times/week	8 weeks	SBP, DBP, RHR, Weight, BMI
Gary O'Donovan (2005) [26]	United Kingdom	39.59 ± 17.86	13 (13/0)	15 (15/0)	AE	30~40 min/time	3 times/week	24 weeks	TC, TG, HDL, LDL, Weight, BMI, WC
Raul A Martins (2010) [27]	Portugal	76 ± 8	32	31	AE + RT	45 min/time	3 times/week	16 weeks	TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, Weight, BMI, WC
Fernanda M. Silva (2022) [28]	Portugal	48.26 ± 7.89	12 (3/9)	19 (4/15)	AE + RT	55 min/time	3 times/week	16 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, Weight, BMI, BFP, WC
Mark A Tully (2007) [29]	Northern Ireland	47.23 ± 5.41	42 (16/26)	20 (5/15)	AE	30 min/time	5 times/week	12 weeks	TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, Weight, BMI, WC
Jonathan Berg (2022) [30]	Norway	31.13 ± 8.50	13 (9/4)	17 (11/6)	AE	45 min/time	2 times/week	8 weeks	SBP, DBP, RHR, Weight, BMI, BFP
Elizabeth C. Schroeder (2019) [31]	United States	57.50 ± 7.55	17 (7/10)	17 (6/11)	RT	60 min/time	3 times/week	8 weeks	FBG, TC, TG, HDL, LDL, SBP, DBP, RHR, Weight, BMI, BFP, WC

Note: Aerobic Exercise = AE; High-Intensity Interval Training = HIIT; Resistance Training = RT; Aerobic Exercise + resistance training = AE + RT; fasting blood glucose = FBG; hemoglobin A1c = HbA1c; total cholesterol = TC; triglyceride = TG; high density lipoprotein = HDL; low density lipoprotein = LDL; Systolic blood pressure = SBP; diastolic blood pressure = DBP; rest heart rate = RHR; body mass index = BMI; body fat % = BFP; waist circumference = WC; body composition = BC.

3.4. 网状 Meta 分析结果

3.4.1. 久坐人群心代谢指标影响网络证据图

本研究均以单一运动方式与空白对照或其他轻微运动干预效果作直接优劣比较，以此构建不同运动方式对久坐成年人心代谢指标影响的网络证据图(图 4)。在网络证据图中，每个节点代表不同的运动方式，

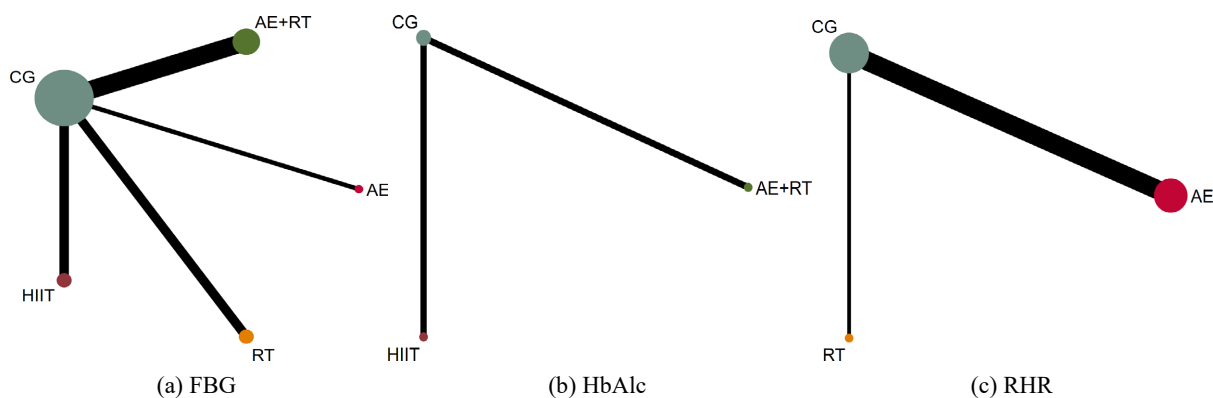
节点的大小反映了不同的运动方式所纳入的样本数量，节点之间的连线表示两者之间的直接比较，线条的粗细程度则与直接比较的研究数量成正比。

Unique ID	Study ID	Weight	Randomization process	Deviations from intended interventions	Missing outcome data	Measurement of the outcome	Selection of the reported result	Overall
1	Yinjie Zhang(2016)	1	?	+	+	+	?	+
2	Tai Li(2021)	1	?	+	+	+	?	+
3	Luke J Connolly(2014)	1	?	?	+	+	?	!
4	Mikko P. Tulppo(2003)	1	?	+	+	+	?	+
5	Piero Biteli (2021)	1	?	+	+	+	?	+
6	Qi Xu (2024)	1	?	?	+	?	+	!
7	Kelian Gao (2024)	1	?	?	+	?	+	!
8	Sana Hafeez (2025)	1	?	?	+	!	+	!
9	Rafael Zapata-lamana (2015)	1	?	+	+	?	+	!
10	Raul A Martins (2010)	1	?	?	+	?	?	!
11	Ebrahim Shakiba (2025)	1	?	?	+	+	+	+
12	Elizabeth C. Schroeder (2019)	1	?	+	+	+	+	+
13	Mark A Tully (2007)	1	?	+	+	+	+	+
14	M. Mohr (2014)	1	?	?	+	?	?	!
15	Ayane S. Resende (2021)	1	+	?	+	!	+	!
16	Jonathan Berg (2022)	1	?	?	+	?	+	!
17	Guner Cicek (2024)	1	+	?	+	+	+	+
18	Fernanda M. Silva1 (2022)	1	?	?	+	?	+	!
19	Dejan Reljic (2020)	1	+	?	+	!	+	!
20	Abbas Malandish (2022)	1	+	+	+	?	+	+
21	Gary O'Donovan (2005)	1	+	+	+	!	?	!

+ Low risk
? Some concerns
! High risk

Figure 3. Literature inclusion bias risk assessment diagram

图 3. 纳入文献偏倚风险评价图



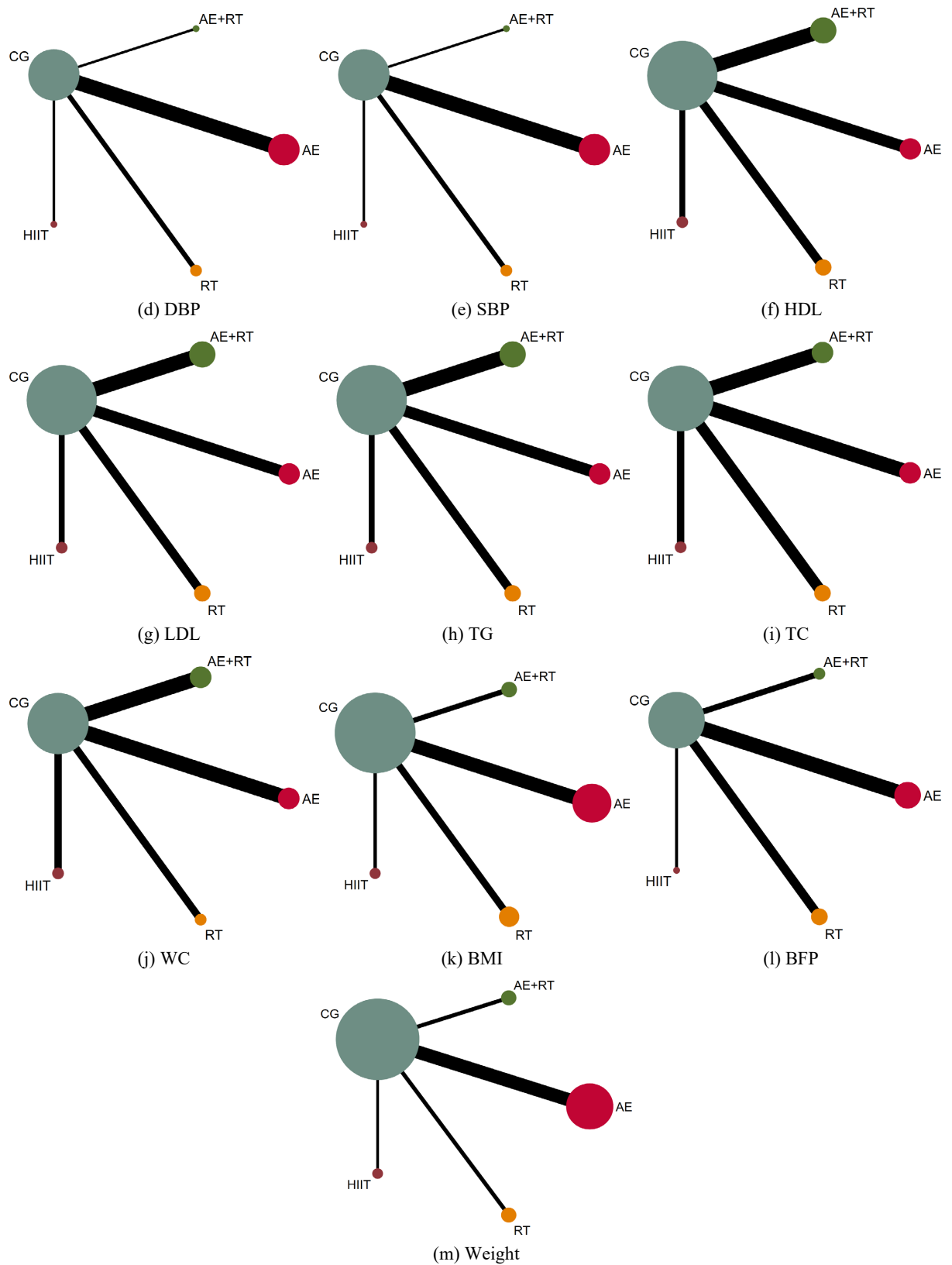


Figure 4. Network evidence map of cardiometabolic indicators in sedentary adults under different physical activity modalities
图 4. 不同运动方式对久坐成年人代谢指标的网络证据图

3.4.2. 一致性检验

由于本研究均以单一运动方式与空白对照或其他轻微运动干预效果作直接优劣比较,网络证据图没有闭环,不需要进行不一致性检验。因此,本研究采用一致性模型进行检验,结果显示,整体一致性检验 $\text{Prob} > F$ 大于 0.05,表明各研究间不存在显著的 inconsistency。

3.4.3. 不同运动方式对血糖指标影响的有效性排序

与空白对照或其他轻微运动干预方式相比,有氧运动 + 抗阻运动对久坐成年人血糖指标的干预较为显著(图 5)。累积概率曲线图显示,FBG 指标的最佳概率排序为有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 90.3) > 高强度间歇运动(SUCRA = 48.3) > 抗阻运动(SUCRA = 47.8) > 有氧运动(SUCRA = 44.4) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 19.2)。

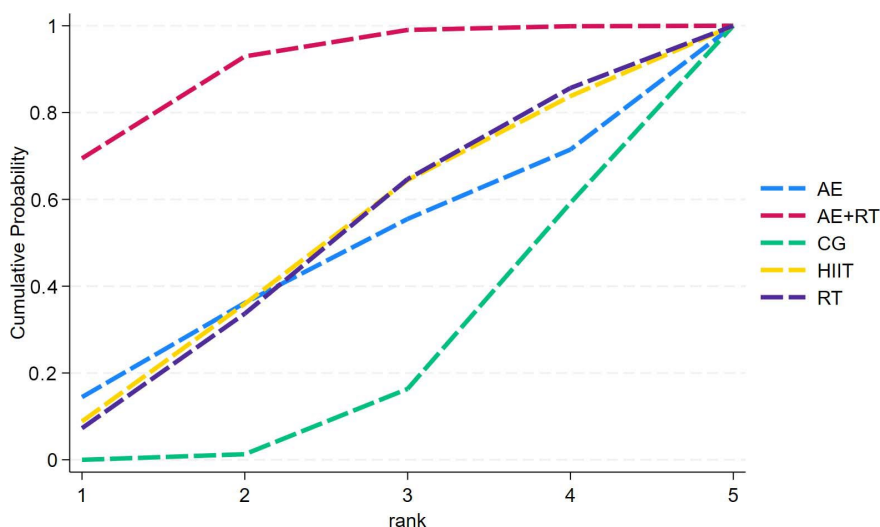


Figure 5. Cumulative probability ranking curve of the effectiveness of different exercise modalities on blood glucose indicators

图 5. 不同运动方式对血糖指标影响有效性的累积概率排序曲线

3.4.4. 不同运动方式对血脂指标影响的有效性可能排序

在与空白对照或其他轻微运动干预方式相比中,有氧运动 + 抗阻运动、高强度间歇运动、抗阻运动对久坐成年人血脂指标的影响较为显著(图 6)。累积概率曲线图显示,HDL 指标的最佳概率排序为有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 96.1) > 抗阻运动(SUCRA = 62.6) > 高强度间歇运动(SUCRA = 56.5) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 20.2) > 有氧运动(SUCRA = 14.6); LDL 指标的最佳概率排序为高强度间歇运动(SUCRA = 77.0) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 73.5) > 抗阻运动(SUCRA = 47.5) > 有氧运动(SUCRA = 46.0) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 6.1); TC 指标的最佳概率排序为有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 77.7) > 抗阻运动(SUCRA = 60.3) > 有氧运动(SUCRA = 55.6) > 高强度间歇运动(SUCRA = 51.8) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 4.5); TG 指标的最佳概率排序为抗阻运动(SUCRA = 84.3) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 71.0) > 有氧运动(SUCRA = 47.9) > 高强度间歇运动(SUCRA = 33.7) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 13.0)。

3.4.5. 不同运动方式对血压指标影响的有效性可能排序

与空白对照或其他轻微运动干预方式相比,高强度间歇运动、有氧运动对久坐成年人血压指标的干

预较具有显著性(图 7)。在累积概率图中, DBP 指标的最佳概率排序为高强度间歇运动(SUCRA = 94.7) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 53.5) > 抗阻运动(SUCRA = 50.6) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 35.8) > 有氧运动(SUCRA = 15.4); SBP 指标的最佳概率排序为高强度间歇运动(SUCRA = 89.8) > 抗阻运动(SUCRA = 55.0) > 有氧运动(SUCRA = 48.4) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 34.9) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 21.8); RHR 指标的最佳概率排序为有氧运动(SUCRA = 87.5) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 36.8) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 25.6)。

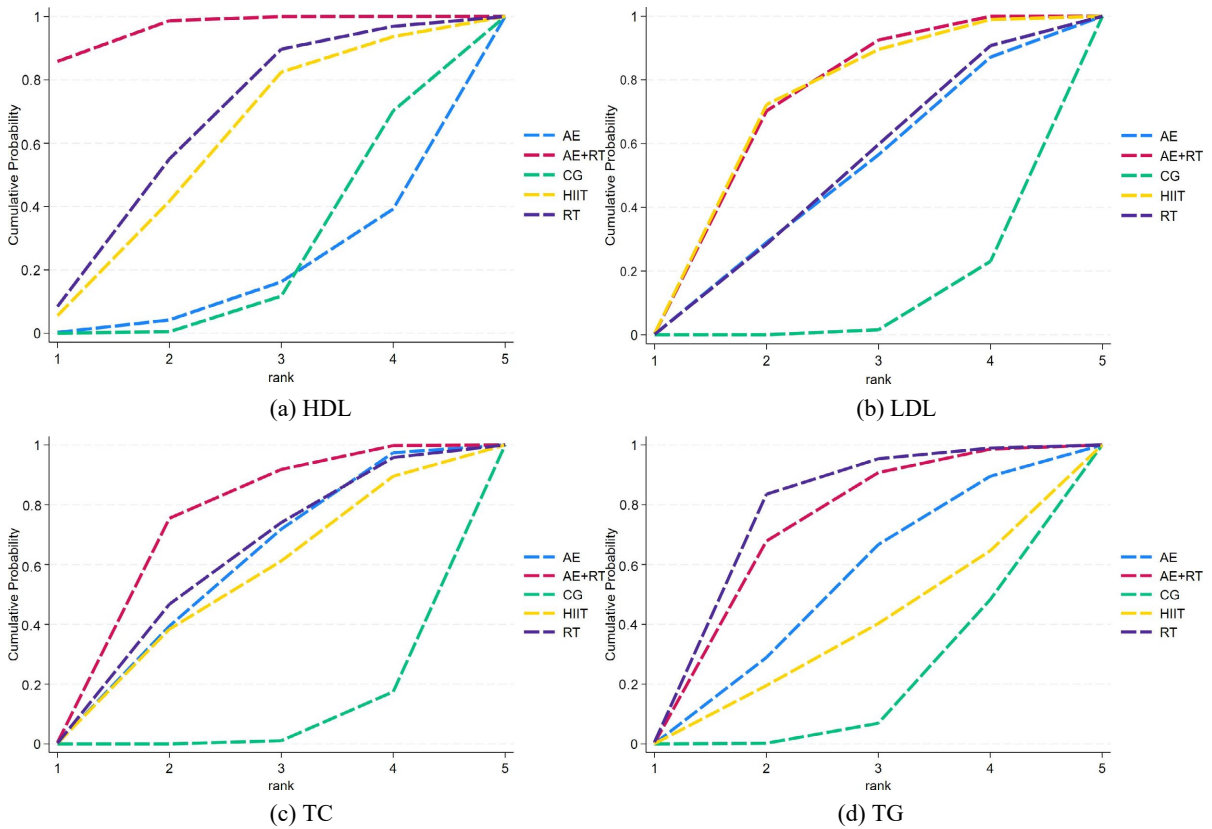
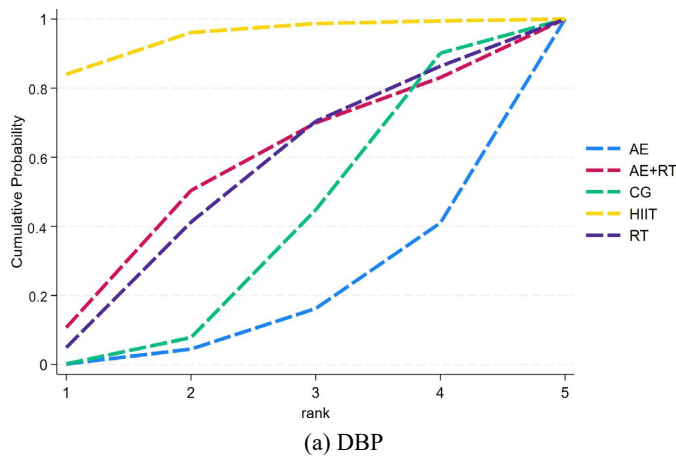


Figure 6. Cumulative probability ranking curve of the effectiveness of different exercise modalities on lipid profile indicators
图 6. 不同运动方式对血脂指标影响有效性的累积概率排序曲线



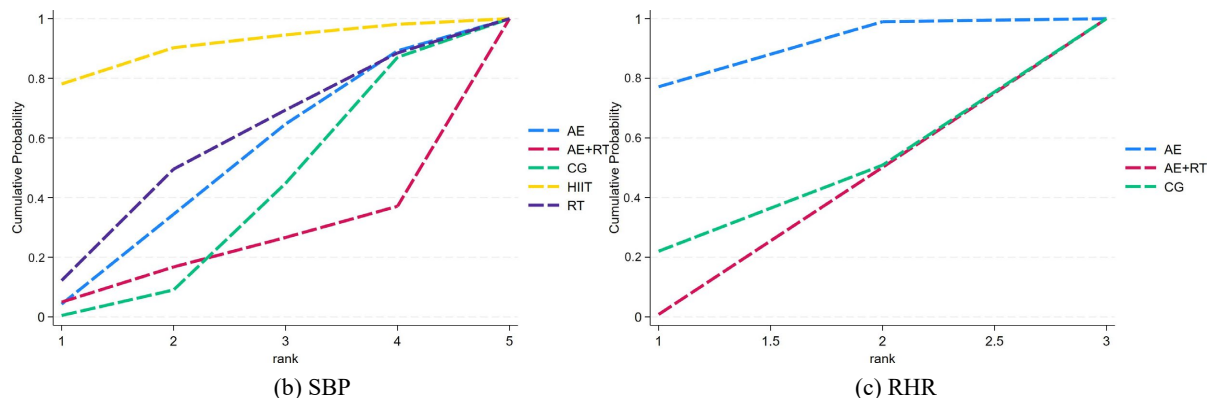


Figure 7. Cumulative probability ranking curve of the effectiveness of different exercise modalities on blood pressure indicators

图 7. 不同运动方式对血压指标影响有效性的累积概率排序曲线

3.4.6. 不同运动方式对身体成分指标影响的有效性可能排序

与空白对照或其他轻微运动干预方式相比, 有氧运动、抗阻运动对久坐成年人身体成分指标的影响较为显著(图 8)。累积概率曲线图显示, Weight 指标的最佳概率排序为抗阻运动(SUCRA = 82.2) > 高强度间歇运动(SUCRA = 58.0) > 有氧运动(SUCRA = 58.0) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 39.5) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 12.3); BMI 指标的最佳概率排序为有氧运动(SUCRA = 63.1) > 抗阻运动

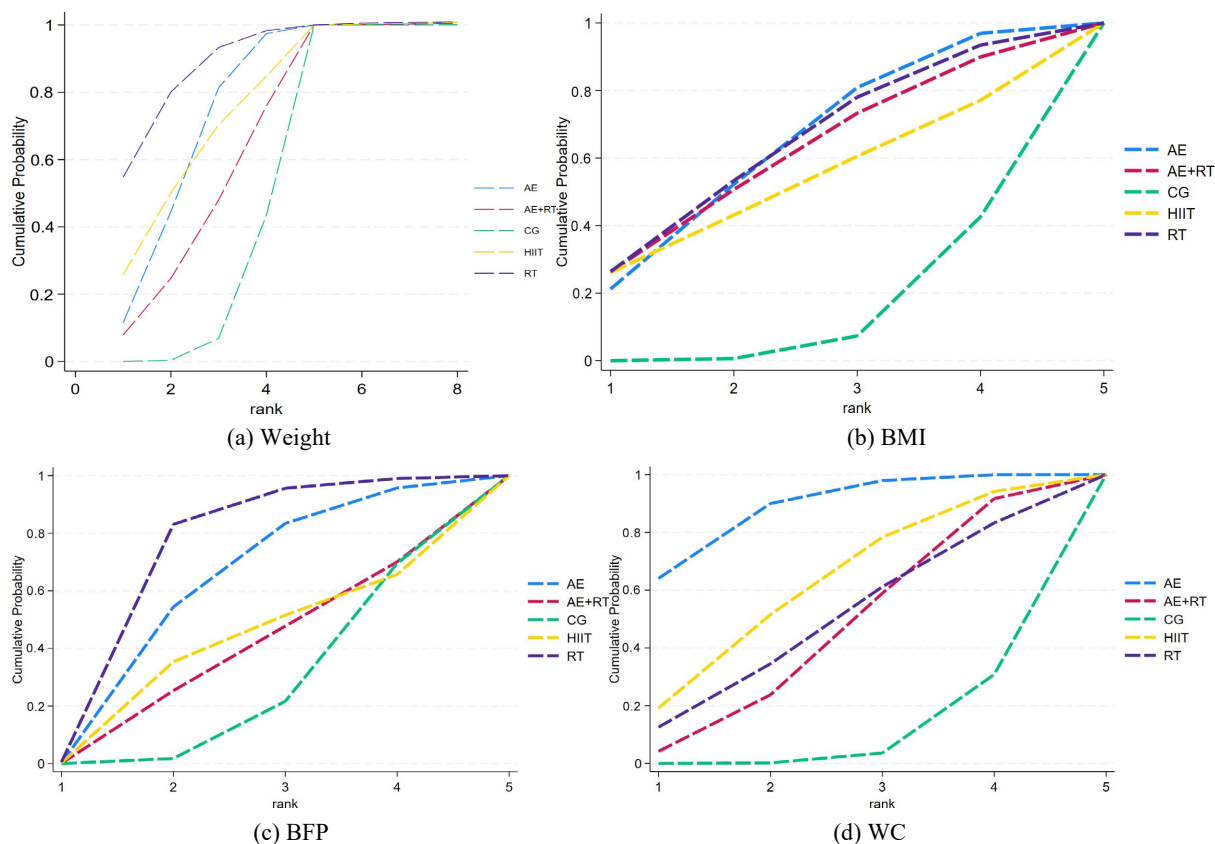


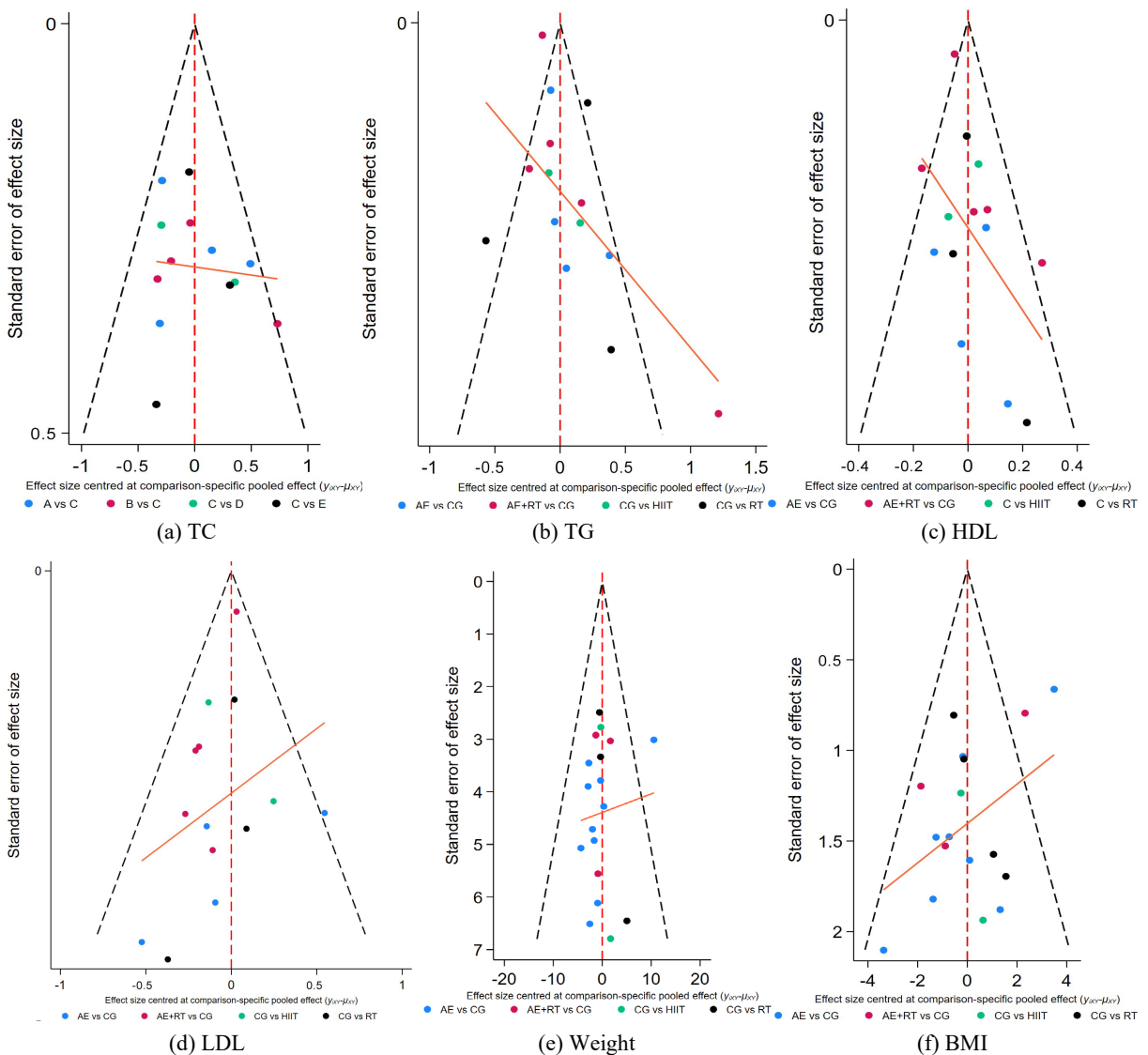
Figure 8. Cumulative probability ranking curve of the effectiveness of different exercise modalities on body composition indicators

图 8. 不同运动方式对身体成分指标影响有效性的累积概率排序曲线

(SUCRA = 63.0) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 59.6) > 高强度间歇运动(SUCRA = 51.8) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 12.5); BFP 指标的最佳概率排序为抗阻运动(SUCRA = 83.0) > 有氧运动(SUCRA = 62.8) > 高强度间歇运动(SUCRA = 44.3) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 36.9) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 22.9); WC 指标的最佳概率排序为有氧运动(SUCRA = 87.6) > 高强度间歇运动(SUCRA = 60.6) > 抗阻运动(SUCRA = 48.8) > 有氧运动 + 抗阻运动(SUCRA = 44.6) > 空白对照或其他轻微运动(SUCRA = 8.4)。

3.5. 发表偏倚分析

对 FBG、TC、TG、HDL、LDL、DBP、SBP、RHR、Weight、BMI、BFP、WC 进行发表偏倚分析,发现大部分研究均匀分布在红色线两侧且大致对称,提示本研究存在发表偏倚风险的可能性较低;而 TG、HDL、Weight、BMI、WC、FBG 漏斗图显示有个别指标位于黑色虚线三角形外,这可能是由于纳入的原始文献中存在的样本差别、研究设计所导致,这种差别和研究设计可能会对本研究进行指标分析时产生一定影响(图 9)。



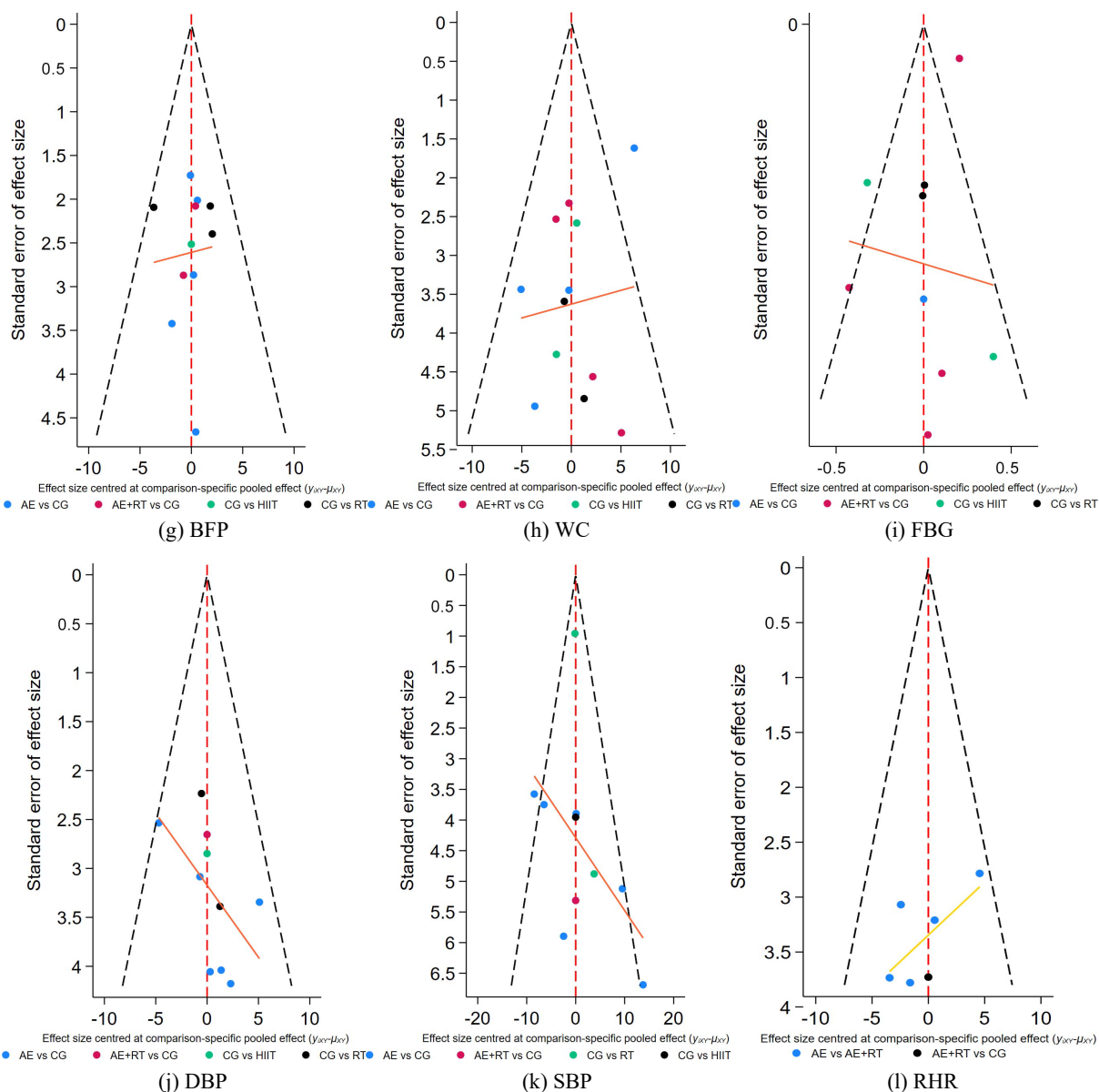


Figure 9. Analysis of publication bias
图 9. 发表偏倚分析

4. 讨论

4.1. 有氧运动

有氧运动是以氧气供应为主的运动项目，即运动时间为 15~60 min，运动频率为每周 2~5 次，运动周期为 8~24 周。运动方式如快走、慢跑、跳绳、爬山、健身操、骑行、打篮球、游泳等。本研究结果显示，有氧运动是改善久坐成年人 BMI、WC、RHR 指标的最佳干预方式，同时对(SUCRA > 50.0) BFP、Weight、TC 具有良好的改善效果。在 Alex Armstrong 等[32]人的荟萃分析中表明，与非运动组相比，规律的有氧运动可以降低腰围，即使体重变化不显著，也能通过规律的有氧运动降低心血管疾病和代谢疾病的风险，并指出高强度的有氧运动在减少腰围方面可能更有效。而在 Huiying Wang 等[33]人的研究中发现，有氧运动是减少 BMI 的最佳运动类型，这与本研究得出的结果一致。其他研究也表明，有氧运动能够有效

降低腰围和 BMI, 改善代谢功能和心肺功能, 同时维持性激素水平, 且由于其高效和易实施的方式, 有氧运动对久坐成年人人群中的超重或肥胖个体更具适应性[21] [33]。

4.2. 高强度间歇运动

HIIT 的特征在于高强度运动阶段与低强度恢复阶段的交替进行, 且每个阶段持续时间较短, 从而实现其独特的训练模式, 运动时间为 14~29 min, 运动频率为每周 2~3 次, 运动周期为 12 周。本研究发现, 高强度间歇运动在改善 DBP、SBP 和 LDL 方面效果最佳, 同时对(SUCRA > 50.0) WC、BMI、Weight、HDL、TC 指标也具有良好的效果。在一项有关研究中发现, 长期久坐更容易导致心肌梗死和中风[34] [35], 高强度间歇运动相对传统的有氧训练而言, 其在肌肉力量和爆发力上更有优势, 并且能够显著改善心血管功能, 加速心肌梗死和中风患者的康复过程。短期(<12 周)高强度间歇运动对改善超重或肥胖久坐人群的最大摄氧量(VO₂max)、DBP 指标具有显著作用, 而长期(≥12 周)高强度间歇运动能够明显改善这类人群 WC、BFP、RHR、DBP、SBP、Weight 以及 VO₂max [18] [23] [36]。

4.3. 抗阻运动

抗阻运动是以增强肌肉力量或耐力为主的运动项目, 运动时间为 36~60 min, 运动频率为每周 3 次, 运动周期为 8~12 周。本研究结果显示, 抗阻运动在改善 Weight、BFP、TG 指标方面具有显著相关性。一项研究显示[37], 抗阻运动通过刺激人体产生更多的抗氧化酶, 增强人体抗氧化防御系统, 特别是对于提高唐氏综合征患者体内的抗氧化能力具有显著作用。而在 Kelian Gao [14]等人的研究中发现, 抗阻运动能够显著改善久坐成年人的 omentin-1 和 adiponectin 水平, 对炎症和代谢指标产生调节作用, 并通过增加抗阻训练, 可以加速甘油三酯的分解[38], 改善脂蛋白代谢过程。此外, 抗阻训练作为一种非药物干预方式, 通过消耗能量、减少食欲刺激、改变身体成分以及调节激素, 在增加瘦体质量上也存在一定优势[15] [31]。与传统观念不同的是, 在一项关于抗阻训练的研究中[39]发现, 无论抗阻训练是否达到力竭都能增加肌肉肥大, 且两者之间并没有明确的差异, 而肌肉肥大能够增加个体的力量、速度和耐力。对于久坐成年人人群来说, 进行适度的抗阻训练降低体脂率, 预防肥胖和慢性疾病, 同时有助于提高生活质量。

4.4. 有氧结合抗阻运动

有氧结合抗阻运动综合了有氧运动和抗阻运动的特点, 运动时间为 45~75 min, 运动频率为每周 3 次, 运动周期为 12~20 周。本研究结果显示, 有氧结合抗阻训练在 FBG、HDL、LDL、TC 指标的改善上具有显著作用, 同时, 对(SUCRA > 50.0) BMI、DBP、TG 指标具有良好的改善效果。有研究[12] [16] [40]显示, 有氧训练通过增加脂肪氧化, 降低甘油三酯水平的同时能够提高高密度脂蛋白水平, 减少骨质疏松风险; 抗阻训练则是通过训练肌肉力量提高个体对葡萄糖的耐受力, 进一步改善胰岛素敏感性, 二者作用结合, 对糖化血红蛋白和血脂谱的改善效果显著高于单一的训练方式。在一项研究中[27] [31]显示, 通过规律性的有氧训练能够增加脑血流量和释放脑源性神经营养因子(BDNF), 促进神经细胞的生长和修复, 从而改善认知功能; 而抗阻训练则通过肌肉训练, 提高心脏在运动中的负荷以及提升个体身体协调性, 改善行动能力, 进一步支持心血管功能的改善。这种结合训练还可以降低血压, 特别是舒张压, 其可能的原因与改善血管内皮功能、降低交感神经系统活性有关。

4.5. 非预期结果探讨与可能性生理学机制解释

在本研究中, 有氧运动对 DBP (SUCRA = 15.4)、HDL (SUCRA = 14.6), 有氧结合抗阻运动对 SBP (SUCRA = 21.8)指标的改善并没有显著效果, 甚至低于空白对照组或其他轻微运动干预。这一研究发现

与以往研究结果有所不同。可能的原因是本研究所纳入的有氧运动相关研究范围较广，且部分研究所涉及的研究对象为绝经期女性，导致效应稀释。而有氧结合抗阻运动研究在运动强度、运动形式配比、运动总时长以及干预周期等方面存在较大异质性，从生理学机制来看，有氧运动主要通过锻炼心肺功能、改善血管弹性来降低血压，而抗阻运动在短期内可能因肌肉收缩导致外周血管阻力增加，从而引起血压的暂时升高，若有氧运动和抗阻运动结合不当，则会降低协同增效的效果。

4.6. 局限性与未来研究启示

尽管本研究取得了一定的发现，但依然存在一定的局限性。首先，在确定文献纳入标准时，并没有对所纳入研究对象是否肥胖、是否患有其他代谢疾病等进行区分，不同情况的个体采用运动疗法可能存在个体差异性。其次，本研究所探讨的是较为单一的运动疗法对久坐成年人群心代谢健康的影响，而对于双臂及以上研究并未纳入，可能遗漏不同运动方式联合干预的潜在优势，从而导致一定程度的偏倚。在未来的研究中，应重点关注以下方面：一是纳入多臂研究中不同运动疗法进行分析，以更好地比较不同运动疗法之间存在的差异性；二是结合长期随访和多种生物标志物检测，全面评估运动干预的心代谢健康效应；三是探索运动干预的潜在机制，加强运动干预的依从性评估，优化运动方案的实施流程，以提高其在实际应用中的可行性。

5. 结论

本研究通过网状 Meta 分析，系统评估了不同运动方式对久坐成年人心代谢指标的影响。结果显示，有氧运动在改善 BMI、WC 和 RHR 方面具有显著优势；高强度间歇训练(HIIT)在降低 DBP、SBP 和 LDL 方面效果最佳；抗阻运动对 Weight、BFP 和 TG 的改善效果显著；而有氧结合抗阻运动在 FBG、HDL、LDL 和 TC 指标上表现较优。基于研究发现，在采取运动干预心代谢指标时，建议以血压控制为主要目标者评估心血管风险后优先选择 HIIT；需全面改善血糖和血脂者推荐 AE + RT；以减脂增肌为目标者宜采用 RT；初学者或心血管高危人群可从低强度有氧运动起步、并根据个体情况进行个性化调整。总之，久坐成年人群在采取运动干预方式时，应结合自身健康水平、健康目标、时间资源及健康强度等选择合适的方式，以达到改善心代谢指标的目的。

基金项目

贵州大学引进人才科研项目合同书《贵大人基合字》(2023) 12 号；多重慢病老年患者健康素养与生存质量的影响机制研究，贵州省卫生科技研究项目 gzwkj2025-154。

参考文献

- [1] Noubiap, J.J., Nansseu, J.R., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J.R., Nyaga, U.F., Ngouo, A.T., *et al.* (2022) Geographic Distribution of Metabolic Syndrome and Its Components in the General Adult Population: A Meta-Analysis of Global Data from 28 Million Individuals. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **188**, Article ID: 109924. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109924>
- [2] Salari, N., Ahmadi, M., Ghasemi, H., Yarani, R. and Mohammadi, M. (2024) The Global Prevalence of Sedentary Time in Diabetes and Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Iranian Journal of Public Health*, **53**, 2020-2029. <https://doi.org/10.18502/ijph.v53i9.16455>
- [3] Saklayen, M.G. (2018) The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*, **20**, Article No. 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>
- [4] Liu, Q., Zhang, Y., Chen, S., Xiang, H., Ouyang, J., Liu, H., *et al.* (2024) Association of the Triglyceride-Glucose Index with All-Cause and Cardiovascular Mortality in Patients with Cardiometabolic Syndrome: A National Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 80. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02152-y>
- [5] Tremblay, M.S., Aubert, S., Barnes, J.D., Saunders, T.J., Carson, V., Latimer-Cheung, A.E., *et al.* (2017) Sedentary Behavior Research Network (SBRN)—Terminology Consensus Project Process and Outcome. *International Journal of*

- Behavioral Nutrition and Physical Activity*, **14**, Article No. 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>
- [6] Bauman, A.E., Petersen, C.B., Blond, K., Rangul, V. and Hardy, L.L. (2017) The Descriptive Epidemiology of Sedentary Behaviour. In: Leitzmann, M.F., Jochem, C. and Schmid, D., Eds., *Sedentary Behaviour Epidemiology*, Springer, 73-109. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61552-3_4
- [7] Raffin, J., de Souto Barreto, P., Le Traon, A.P., Vellas, B., Aubertin-Leheudre, M. and Rolland, Y. (2023) Sedentary Behavior and the Biological Hallmarks of Aging. *Ageing Research Reviews*, **83**, Article ID: 101807. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101807>
- [8] Qiu, Y., Fernández-García, B., Lehmann, H.I., Li, G., Kroemer, G., López-Otín, C., *et al.* (2023) Exercise Sustains the Hallmarks of Health. *Journal of Sport and Health Science*, **12**, 8-35. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.10.003>
- [9] Luo, M., Yu, C., Del Pozo Cruz, B., Chen, L. and Ding, D. (2023) Accelerometer-Measured Intensity-Specific Physical Activity, Genetic Risk and Incident Type 2 Diabetes: A Prospective Cohort Study. *British Journal of Sports Medicine*, **57**, 1257-1264. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106653>
- [10] Amir-Behghadami, M. and Janati, A. (2020) Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) Design as a Framework to Formulate Eligibility Criteria in Systematic Reviews. *Emergency Medicine Journal*, **37**, 387-387. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2020-209567>
- [11] 张英杰. 有氧运动对久坐女性的基础代谢和体质的影响[J]. 运动精品(学术版), 2016, 35(9): 79-81.
- [12] 李泰, 黄家章, 刘鹏, 等. 运动和膳食干预对久坐人群的健康影响研究[J]. 中国食物与营养, 2021, 27(7): 77-80.
- [13] Connolly, L.J., Scott, S., Mohr, M., Ermidis, G., Julian, R., Bangsbo, J., *et al.* (2014) Effects of Small-Volume Soccer and Vibration Training on Body Composition, Aerobic Fitness, and Muscular PCR Kinetics for Inactive Women Aged 20-45. *Journal of Sport and Health Science*, **3**, 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.07.003>
- [14] Gao, K., Su, Z., Meng, J., Yao, Y., Li, L., Su, Y., *et al.* (2024) Effect of Exercise Training on Some Anti-Inflammatory Adipokines, High Sensitivity C-Reactive Protein, and Clinical Outcomes in Sedentary Adults with Metabolic Syndrome. *Biological Research for Nursing*, **26**, 125-138. <https://doi.org/10.1177/10998004231195541>
- [15] Shakiba, E., Sheikholeslami-Vatani, D., Rostamzadeh, N. and Karim, H. (2019) The Type of Training Program Affects Appetite-Regulating Hormones and Body Weight in Overweight Sedentary Men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, **44**, 282-287. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0197>
- [16] Hafeez, S., Rehman, S.S.U., Riaz, S., Hafeez, I., Hafeez, Z. and Mumtaz, H. (2025) Impact of Exercise Manual Program on Biochemical Markers in Sedentary Prediabetic Patients: A Randomized Controlled Trial. *Medicina*, **61**, Article No. 190. <https://doi.org/10.3390/medicina61020190>
- [17] Xu, Q., Qi, K., Liu, G., Li, T. and Clemente, F.M. (2024) Effects of a 16-Week Recreational Small-Sided Games Soccer Intervention on Body Composition and Physical Fitness in Sedentary Young Adults: A Randomized Controlled Study. *Heliyon*, **10**, e25242. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25242>
- [18] Reljic, D., Frenk, F., Herrmann, H.J., Neurath, M.F. and Zopf, Y. (2020) Low-Volume High-Intensity Interval Training Improves Cardiometabolic Health, Work Ability and Well-Being in Severely Obese Individuals: A Randomized-Controlled Trial Sub-Study. *Journal of Translational Medicine*, **18**, Article No. 419. <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02592-6>
- [19] Zapata-Lamana, R., Cigarroa, I., Díaz, E. and Saavedra, C. (2015) Reducción del riesgo cardiovascular en mujeres adultas mediante ejercicio físico de sobrecarga. *Revista médica de Chile*, **143**, 289-296. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872015000300002>
- [20] Biteli, P., Barbalho, S.M., Detregiachi, C.R.P., dos Santos Haber, J.F. and Chagas, E.F.B. (2021) Dyslipidemia Influences the Effect of Physical Exercise on Inflammatory Markers on Obese Women in Post-Menopause: A Randomized Clinical Trial. *Experimental Gerontology*, **150**, Article ID: 111355. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111355>
- [21] Malandish, A. and Rahmati-Yamchi, M. (2022) The Effect of Moderate Intensity Aerobic Exercise on Cardiovascular Function, Cardiorespiratory Fitness and Estrogen Receptor Alpha Gene in Overweight/Obese Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology Plus*, **2**, Article ID: 100026. <https://doi.org/10.1016/j.jmccpl.2022.100026>
- [22] Resende, A.S., Leite, G.S.F. and Lancha Junior, A.H. (2021) Changes in the Gut Bacteria Composition of Healthy Men with the Same Nutritional Profile Undergoing 10-Week Aerobic Exercise Training: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, **13**, Article No. 2839. <https://doi.org/10.3390/nu13082839>
- [23] Cicek, G., Ozcan, O., Akyol, P., Isik, O., Novak, D. and Küçük, H. (2024) The Effect of Aerobic and High-Intensity Interval Training on Plasma Pentraxin 3 and Lipid Parameters in Overweight and Obese Women. *PeerJ*, **12**, e18123. <https://doi.org/10.7717/peerj.18123>
- [24] Mohr, M., Lindenskov, A., Holm, P.M., Nielsen, H.P., Mortensen, J., Weihe, P., *et al.* (2014) Football Training Improves Cardiovascular Health Profile in Sedentary, Premenopausal Hypertensive Women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **24**, 36-42. <https://doi.org/10.1111/sms.12278>

- [25] Tulppo, M.P., Hautala, A.J., Mäkikallio, T.H., Laukkanen, R.T., Nissilä, S., Hughson, R.L., *et al.* (2003) Effects of Aerobic Training on Heart Rate Dynamics in Sedentary Subjects. *Journal of Applied Physiology*, **95**, 364-372. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00751.2002>
- [26] O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S.R., Kearney, E.M., Nevill, A.M., Jones, D.W., *et al.* (2005) Changes in Cardiorespiratory Fitness and Coronary Heart Disease Risk Factors Following 24 Wk of Moderate- or High-Intensity Exercise of Equal Energy Cost. *Journal of Applied Physiology*, **98**, 1619-1625. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01310.2004>
- [27] Martins, R.A., Verissimo, M.T., Coelho e Silva, M.J., Cumming, S.P. and Teixeira, A.M. (2010) Effects of Aerobic and Strength-Based Training on Metabolic Health Indicators in Older Adults. *Lipids in Health and Disease*, **9**, Article No. 76. <https://doi.org/10.1186/1476-511x-9-76>
- [28] Silva, F.M., Duarte-Mendes, P., Carvalho, E., Soares, C.M., Farinha, C., Serrano, J., *et al.* (2022) Effects of Combined Training during the COVID-19 Pandemic on Metabolic Health and Quality of Life in Sedentary Workers: A Randomized Controlled Study. *Frontiers in Public Health*, **10**, Article ID: 1040714. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1040714>
- [29] Tully, M.A., Cupples, M.E., Hart, N.D., McEneny, J., McGlade, K.J., Chan, W., *et al.* (2007) Randomised Controlled Trial of Home-Based Walking Programmes at and Below Current Recommended Levels of Exercise in Sedentary Adults. *Journal of Epidemiology and Community Health*, **61**, 778-783. <https://doi.org/10.1136/jech.2006.053058>
- [30] Berg, J., Haugen, G., Wang, A.I. and Moholdt, T. (2022) High-Intensity Exergaming for Improved Cardiorespiratory Fitness: A Randomised, Controlled Trial. *European Journal of Sport Science*, **22**, 867-876. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1921852>
- [31] Schroeder, E.C., Franke, W.D., Sharp, R.L. and Lee, D. (2019) Comparative Effectiveness of Aerobic, Resistance, and Combined Training on Cardiovascular Disease Risk Factors: A Randomized Controlled Trial. *PLOS ONE*, **14**, e0210292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210292>
- [32] Armstrong, A., Jungbluth Rodriguez, K., Sabag, A., Mavros, Y., Parker, H.M., Keating, S.E., *et al.* (2022) Effect of Aerobic Exercise on Waist Circumference in Adults with Overweight or Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obesity Reviews*, **23**, e13446. <https://doi.org/10.1111/obr.13446>
- [33] Wang, H., Cheng, R., Xie, L. and Hu, F. (2024) Comparative Efficacy of Exercise Training Modes on Systemic Metabolic Health in Adults with Overweight and Obesity: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article ID: 1294362. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1294362>
- [34] Ghozy, S., Zayan, A.H., El-Qushayri, A.E., Parker, K.E., Varney, J., Kallmes, K.M., *et al.* (2022) Physical Activity Level and Stroke Risk in us Population: A Matched Case-Control Study of 102,578 Individuals. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, **9**, 264-275. <https://doi.org/10.1002/acn3.51511>
- [35] Hung, C., Su, C. and Wang, D. (2025) The Role of High-Intensity Interval Training (HIIT) in Neuromuscular Adaptations: Implications for Strength and Power Development—A Review. *Life*, **15**, Article No. 657. <https://doi.org/10.3390/life15040657>
- [36] Batacan, R.B., Duncan, M.J., Dalbo, V.J., Tucker, P.S. and Fenning, A.S. (2017) Effects of High-Intensity Interval Training on Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Intervention Studies. *British Journal of Sports Medicine*, **51**, 494-503. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>
- [37] Rosety-Rodriguez, M., Bernardi, M., Elosegui, S., Rosety, I., Diaz, A.J., Rosety, M.A., *et al.* (2021) A Short-Term Resistance Training Circuit Improved Antioxidants in Sedentary Adults with Down Syndrome. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2021**, Article ID: 8811153. <https://doi.org/10.1155/2021/8811153>
- [38] He, M., Hu, S., Wang, J., Wang, J., Găman, M., Hariri, Z., *et al.* (2023) Effect of Resistance Training on Lipid Profile in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, **288**, 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2023.06.023>
- [39] Refalo, M.C., Helms, E.R., Trexler, E.T., Hamilton, D.L. and Fyfe, J.J. (2023) Influence of Resistance Training Proximity-To-Failure on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, **53**, 649-665. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01784-y>
- [40] Zhang, J., Tam, W.W.S., Hounsri, K., Kusuyama, J. and Wu, V.X. (2024) Effectiveness of Combined Aerobic and Resistance Exercise on Cognition, Metabolic Health, Physical Function, and Health-Related Quality of Life in Middle-Aged and Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **105**, 1585-1599. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.10.005>