

●运动人体科学●

不同运动对原发性高血压患者血压及血脂影响的 Meta 分析

周 颖¹,李江霞¹,牛会康¹,彭 莉²,时丽珍²,王俊辉³

(1.中北大学 体育学院,山西 太原 030051;2.西南大学 体育学院,重庆 400715;3.山西师范大学 体育学院,山西 太原 030092)

摘要: **目的** 通过网状 Meta 分析法系统评估和比较有氧运动、抗阻运动、间歇运动、有氧联合抗阻运动和身心运动对改善原发性高血压(EHT)患者血压和血脂水平的疗效,为 EHT 患者改善血压和血脂水平提供循证依据。**方法** 系统检索 PubMed、Cochrane、Embase、Web of Science、EBSCO 和 CBM 数据库中关于运动改善 EHT 患者血压和血脂的随机对照试验。采用 STATA16.0 和 RevMan 5.3 软件对纳入研究的数据进行 Meta 分析。**结果** 共有 45 项涉及 3 560 名患者的随机对照试验被纳入网状 Meta 分析。结果显示有氧联合抗阻运动对降低收缩压的效果最优($MD=-13.58, 95\%CI[-17.72, -9.44], p<0.05$);身心运动对降低舒张压($MD=-8.61, 95\%CI[-10.52, -6.70], p<0.05$)、甘油三酯($SMD=-0.98, 95\%CI[-1.73, -0.23], p<0.05$)和低密度脂蛋白($SMD=-1.07, 95\%CI[-1.57, -0.56], p<0.05$)的效果最优;有氧运动对降低总胆固醇($SMD=-0.52, 95\%CI[-0.79, -0.25], p<0.05$)的效果最优。累积概率排序结果(SUCRA)与网状 Meta 分析结果一致。**结论** 身心运动、有氧联合抗阻运动和有氧运动是改善原发性高血压患者血压和血脂水平的最佳运动方式。

关键词: 原发性高血压;血脂;血压;有氧联合抗阻运动

中图分类号: G804.26 文献标识码: A 文章编号: 1003-983X(2023)08-0709-07

Comparative Efficacy of Different Exercises on Blood Pressure and Blood Lipids in Patients with Essential Hypertension: A Meta-analysis

ZHOU Ying¹, LI Jiangxia¹, NIU Huikang¹, PENG Li², SHI Lizhen², WANG Junhui³

(1.School of Physical Education, North University of China, Taiyuan Shanxi, 030051; 2.College of Physical Education, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3.College of Sports Science, Shanxi Normal University of China, Taiyuan Shanxi, 030092)

Abstract: **Objective** The efficacy of aerobic exercise, resistance exercise, interval exercise, aerobic combined resistance exercise, and mind-body exercise in improving blood pressure and lipid levels in patients with essential hypertension (EHT) was systematically evaluated and compared by network meta-analysis, which provided an evidence-based basis for improving blood pressure and lipid levels in patients with EHT. **Methods** Randomised controlled trials in PubMed, Cochrane, Embase, Web of Science, EBSCO and CBM databases on exercise improving blood pressure and lipids in people with EHT. Data from included studies were meta-analysed using STATA16.0 and RevMan 5.3 software. **Results** A total of 45 randomised controlled trials involving 3 560 patients were included in the network meta-analysis. The results showed that aerobic combined resistance exercise had the best effect on reducing systolic blood pressure($MD=-13.58, 95\%CI[-17.72, -9.44], p<0.05$), and mind-body exercise had the best effect on reducing diastolic blood pressure($MD=-8.61, 95\%CI[-10.52, -6.70], p<0.05$), triglycerides($SMD=-0.98, 95\%CI[-1.73, -0.23], p<0.05$) and low-density lipoprotein($SMD=-1.07, 95\%CI[-1.57, -0.56], p<0.05$), and aerobic exercise had the best effect on reducing total cholesterol($SMD=-0.52, 95\%CI[-0.79, -0.25], p<0.05$). The cumulative probability ranking results (SUCRA) were consistent with the results of the network meta-analysis. **Conclusion** Mind-body exercise, combined aerobic and resistance exercise, and aerobic exercise are the optimal forms of physical activity for improving blood pressure and lipid levels in patients with EHT.

Keywords: essential hypertension; blood lipids; blood pressure; combined aerobic and resistance exercise

收稿日期:2023-06-15

基金项目:国家社会科学基金项目(21BTY092);山西省研究生教育创新项目(2022Y644)。

第一作者简介:周 颖(1997~),女,安徽合肥人,在读硕士,研究方向:运动健康促进。

通讯作者简介:李江霞(1976~),女,山西太原人,硕士,副教授,研究方向:高校体育教学及社会体育,E-mail: lijx@zbdx79.wecom.work。

原发性高血压(EHT)是一种严重的慢性疾病,高血压和血脂异常共存会导致心血管系统受损,超过一半的心血管疾病患者的死亡与高血压和血脂异常有关。若血压持续升高,不能及时控制,可能会导致心力衰竭、脑卒中^[1]。此外,血脂与血压会相互影响^[2],进行降压治疗后,即使是血压控制良好的患者,若其血脂水平升高,仍会增加心血管疾病的风险^[3]。因此,

有必要减少 EHT 患者血压和血脂异常的情况,以改善病情。

研究表明 EHT 患者通过有氧运动(AE)、有氧联合抗阻运动(CE)、身心运动(MBE)改善了心血管功能和血脂水平^[1,4],有研究对不同干预对象(绝经后女性、超重与肥胖成年人等)的血压和血脂水平进行网状 Meta 分析^[5-6],但如何选择最有效的运动干预方式进行科学化精准化治疗,已然成为具有研究价值的新问题。与近年来发表的研究不同,我们研究的创新之处:1)增加了干预方式 AE、RE (抗阻运动)、IE (间歇运动)、CE、MBE;2)更新了纳入研究,纳入研究均为过去 20 年的最新研究;3)增加了对 EHT 患者血脂指标的分析。因此,本研究的目的是对目前可获得的最新数据进行网状 Meta 分析,系统总结不同运动对 EHT 患者血压和血脂影响的证据。

1 资料与方法

本研究根据系统评价和网络元分析(PRISMA-NMA)的首选报告项目^[7]进行报告。研究方案已在 PROSPERO 中注册(注册号:CRD42023397666)。

1.1 数据来源和检索

基于 PICOS 原则,根据医学主题(MeSH)术语、关键词和短语的组合确定搜索策略,2 名研究者依次在数据库(PubMed、Cochrane、Embase、Web of Science、CBM 和 EBSCO) 中进行文章搜索,中文检索词为:有氧运动、抗阻运动、有氧联合抗阻运动、间歇运动、身心运动、原发性高血压;英文检索词为:Hypertension、Exercise、physical activity*、aerobic exercise、resistance training、combined training、interval training、randomized controlled trial 等。检索时限均从各数据库建库之日起到 2023 年 2 月。

1.2 研究纳入及排除标准

纳入标准:1)研究类型必须为随机对照试验(RCT)。2)研究对象必须为原发性高血压(EHT)患者。3)干预组必须接受至少 4 周的运动干预,而对照组则采取非运动干预方式。4)包括至少一种心血管功能或血脂指标(SBP、DBP、TC、TG、HDL、LDL)。

排除标准:1)受试者有其他疾病,如继发性高血压或其他并发症等;2)无法获得全文或其他相关资料;3)材料为会议摘要、论文、综述及 Meta 分析类文章。

1.3 文献筛选及数据提取

将搜索结果导入到 EndNote 20 软件中,根据纳入和排除标准,研究团队分为 2 组,独立进行信息筛选与数据提取工作。为保证研究的准确性,在数据处理方面,本团队将整体的信息和数据进行提取后,再交叉核对。此外,在遇到分歧的情况下,将咨询第 3 方专家,辅助本研究团队进行数据判断。

1.4 纳入研究的方法学质量评估

使用 Cochrane 协作工具^[8]评估纳入研究的偏倚风险,评估条目包括:随机分配方法;分配隐藏;参与者和实施者的盲法;结局评估的盲法;结果数据的完整性;选择性报告研究结果;其他偏倚来源。

研究质量由 2 位作者独立评估和分级。对于每种偏倚来源的风险,被分为低、高或不明确,如有任何异议,将征求第 3

位研究者的意见进行讨论和决定。此外,通过 GRADE 质量等级评估框架来评价本网状 Meta 分析的证据等级^[9]。

1.5 统计学分析

将提取的数据转换为干预前后差值的平均值及标准差来计算平均差异,进行初始分析。然后,基于频率学框架^[10],使用 STATA16.0 软件对结果进行网状 Meta 分析。本研究中的结局指标为连续变量,同一测量单位采用平均差(MD),不同测量单位采用标准化平均差(SMD),结合 95%置信区间(CI)计算效应量。

首先进行网状证据图的绘制,若关系图中存在闭环环,则采用环不一致性检验法、整体不一致性检验法以及节点切割法进行不一致性检验,包括直接估计和间接估计的比较,若 $p>0.05$,则不一致性不显著,可采用一致性模型进行分析。

然后,通过累积排序概率图下面积(surface under the cumulative ranking, SUCRA)对不同运动干预的效果进行排序比较,SUCRA 值越大表示越有效^[11]。此外,绘制比较校正漏斗图以评估研究间是否存在发表偏倚风险和小样本效应。

2 研究结果

2.1 文献检索结果

如图 1 所示,检索获得 24 268 篇研究,人工获取 9 篇研究,共 24 277 篇文献。首先在删除重复文献后,通过标题和摘要进行筛选,排除了 16 307 篇不相关的文章;其次,对剩下的 155 项研究进行全文审查,留下 51 篇进行定量合成;而后,6 篇文章由于缺乏严谨的研究设计被排除;最终,45 篇 RCT 研究被纳入网状 Meta 分析。

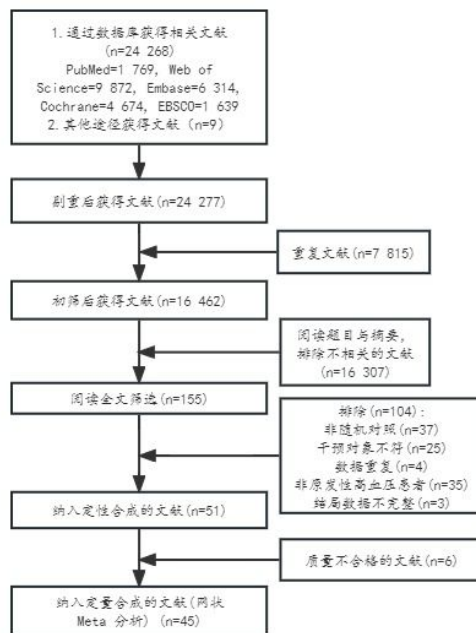


图 1 文献筛选流程及结果

2.2 纳入文献特征

纳入 45 项 RCT 研究^[12-56],共 3 560 名受试者(51%为男性,49%为女性),均为 18 岁以上的患有 EHT 的成年人,其中实验组 1 999 人,对照组 1 561 人。其中有 20 项检验了 AE 的影响,8 项检验了 RE 的影响,13 项检验了 IE 的影响,8 项检

表 1 纳入研究的基本特征

研究者-时间	受试者(干预组/对照组)			干预方式	周期(周)	结局指标
	样本量	平均年龄	男/女			
Lee 2003 ^[12]	29/29	56/57	35/23	MBE	10	SBP DBP
Aghaei 2019 ^[13]	10/10/10	48/49/47	30/0	IE	8	SBP DBP TC TG LDL HDL
Arca 2014 ^[14]	19/19/14	64	0/52	RE/AE	12	TC TG LDL HDL
Beck 2013 ^[15]	15/13/15	21/20/22	30/13	RE/AE	8	SBP DBP
Boeno 2020 ^[16]	15/15/12	46/46/44	19/23	AE/RE	12	SBP DBP TC TG LDL HDL
Caminiti 2021 ^[17]	27/28	68/69	55/0	AE/CE	12	SBP DBP
Chen 2004 ^[18]	52/50	49/49	55/47	AE	10	SBP DBP
Chen 2006 ^[19]	20/20	64/61	22/18	MBE	9	SBP DBP
Cheung 2005 ^[20]	47/41	57/51	37/51	MBE/AE	16	SBP DBP TC TG LDL HDL
Collier 2008 ^[21]	15/15	50/47	20/10	AE/RE	4	SBP DBP
Cruz 2017 ^[22]	28/16	54/52	23/21	CE	12	SBP DBP
Damorim 2017 ^[23]	27/28	64/63	—	AE/RE	17	SBP DBP
Dos Sant 2014 ^[24]	20/20/20	63/64/63	0/60	CE	16	SBP DBP TC TG LDL HDL
Figuerola 2014 ^[25]	13/12	56/56	0/25	IE	12	SBP DBP
Guimarães 2010 ^[26]	16/16/11	50/45/47	13/30	AE/IE	16	SBP DBP
Hansen 2012 ^[27]	31/28/29	53/54/51	49/39	IE/AE	12	SBP DBP
Izadi 2018 ^[28]	15/15	63/61	17/13	IE	6	SBP DBP
Krustrup 2013 ^[29]	22/11	46	33/0	IE	26	SBP DBP HDL LDL
Krustrup 2017 ^[30]	19/12	45/45	0/31	IE	52	SBP DBP TC TG LDL HDL
Lamina 2011 ^[31]	140/112/105	59/58/58	357/0	IE/AE	8	SBP DBP
Lamina 2012 ^[32]	112/105	59/58	217/0	AE	8	SBP DBP
Lima 2017 ^[33]	15/15/14	68/68/70	7/37	AE/CE	10	SBP DBP
Lin 2017 ^[34]	58/58	58	62/54	MBE	26	SBP DBP
Liu 2017 ^[35]	80/77	43/43	95/62	MBE	24	SBP DBP TG
Ma 2018 ^[36]	79/79	70/70	99/49	MBE	24	SBP DBP
Mao 2006 ^[37]	51/11	62/63	15/47	MBE	8	SBP DBP
Mohr 2014 ^[38]	21/20	45/43	0/41	IE	15	SBP DBP
Motlagh 2017 ^[39]	39/39	54/vs 54	37/41	AE	12	SBP DBP
Nualnim 2012 ^[40]	24/19	58/61	11/32	AE	12	SBP DBP TC TG LDL HDL
Pedralli 2020 ^[41]	14/14/14	51/55/54	19/23	AE/RE	8	SBP DBP TC TG LDL HDL
Rodriguez 2017 ^[42]	23/23	54	38/8	IE	26	SBP DBP TC TG LDL HDL
Ruangthai 2019 ^[43]	13/13/16 /12	65/68/67/ 66	11/43	AE/RE/CE	12	SBP DBP TC TG LDL HDL
Shou 2019 ^[44]	98 /100	52/52	103/95	MBE	12	SBP DBP TC TG LDL HDL
Son 2017 ^[45]	10/10	76/75	0/20	CE	12	SBP DBP
Son 2020 ^[46]	12/13	68/68	0/25	RE	12	SBP DBP
Stewart 2005 ^[47]	51/53	63/64	51/53	CE	26	SBP DBP
Sujatha 2014 ^[48]	118/120	30~60	110/128	MBE	12	SBP DBP
Sun 2015 ^[49]	136/130	45~80	48/218	MBE	52	SBP DBP TC TG LDL HDL
Taha 2016 ^[50]	23/23	48/48	0/46	IE	10	SBP DBP
Turky 2013 ^[51]	15/15	53/53	0/30	AE	8	SBP DBP
Westhoff 2007 ^[52]	27/27	67/68	26/28	AE	12	SBP DBP
Westhoff 2008 ^[53]	12/12	66/68	13/11	IE	12	SBP DBP
Wong 2018(1) ^[54]	20/21	59/59	0/41	IE	12	SBP DBP
Wong 2018(2) ^[55]	52/48	74/73	0/100	AE	20	SBP DBP
Xie 2014 ^[56]	25/25	60~70	25/25	MBE	12	SBP DBP

注:AE:有氧运动;RE:抗阻运动;IE:间歇运动;CE:有氧联合抗阻运动;MBE:身心运动;SBP:收缩压;DBP:舒张压;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL:高密度脂蛋白;LDL:低密度脂蛋白。

验了 CE 的影响,11 项检验了 MBE 的影响;对照组不进行任何规律运动。文献特征表如表 1 所示。

2.3 方法学质量评估

纳入研究中,42 项描述了具体的随机序列方法;30 项表明了分配隐藏;7 项结局失访比例大于 20%,其余研究的数据完整性良好;由于运动干预的特殊性,大多数研究不符合受试者和实施人员双盲的标准,但因结局指标均为客观指标,对结局判断无影响,所以可评估为低风险;此外,所有研究均未出现选择性报告;其他偏倚主要为低风险偏倚,因此,从整体上看,纳入文献的整体质量较高。偏倚风险图详见图 2。

另外,通过 GRADE 评价方法^[9]评估证据的可信度,发现大多数直接比较结果的置信度为中等,表明真实值很有可能接近估计值,但 2 者仍存在较大差异的可能性;大多数间接比较结果的置信度为低或极低,表明真实值可能与估计值存在较大差异,因此我们对效应估计值的确信程度有限。

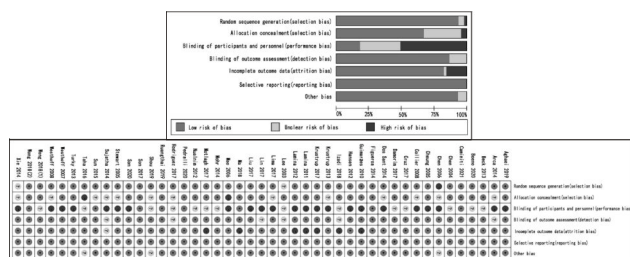


图 2 Cochrane 风险偏倚评估图

2.4 合并效应量结果

2.4.1 不一致性检验

通过环不一致性检验,得出 $p>0.05$,说明纳入的不一致性不显著。然后采用拟合不一致性模型进行整体不一致性检验,得出 $p>0.05$,说明直接比较和间接比较一致性好。最后采用节点分割法进行局部不一致性检验,即检验间接比较和直接比较之间的差异性,得出 $p>0.05$,说明直接比较和间接比较之间无显著差异,结果可信。以上 3 项分析的结果显示,一致性假设成立,可以进行进一步的网状 Meta 分析。

2.4.2 网状 Meta 分析结果

网状证据图(图 3)表示各干预措施之间的关系,图中圆点表示各运动类型,点越大表示受试者数量越多;各点之间连接线越粗表示原始研究数量越多;若 2 种干预措施之间不存在连接线,则表明 2 者之间不存在直接比较,可采用网状 Meta 分析进行间接比较。

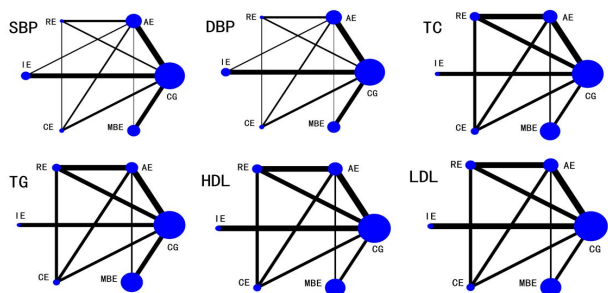


图 3 各干预措施间的网状关系图

注:CG:对照组。

SBP 的数据分析显示,对于 EHT 患者,AE($MD=-11.23, 95\% CI [-14.02, -8.44]$)、RE($MD=-8.04, 95\% CI [-12.53, -3.54]$)、IE($MD=-10.31, 95\% CI [-13.49, -7.12]$)、CE($MD=-13.58, 95\% CI [-17.72, -9.44]$)、MBE($MD=-12.36, 95\% CI [-15.89, -8.84]$)的改善效果均显著优于对照组($p<0.05$)。通过 5 种运动的两两间接比较发现,除了 CE 优于 RE($MD=-5.55, 95\% CI [-11.01, -0.09]$),其他两两比较之间的差异均无统计学差异($p>0.05$)。

DBP 的数据分析显示,对于 EHT 患者,AE($MD=-6.16, 95\% CI [-7.70, -4.62]$)、RE($MD=-4.34, 95\% CI [-6.85, -1.82]$)、IE($MD=-5.92, 95\% CI [-7.73, -4.11]$)、CE($MD=-5.99, 95\% CI [-8.28, -3.70]$)、MBE($MD=-8.61, 95\% CI [-10.52, -6.70]$)的改善效果均显著优于对照组($p<0.05$)。至于这 5 种运动的间接比较结果,我们发现 MBE 优于 AE($MD=-2.45, 95\% CI [-4.80, -0.10]$)、MBE 优于 RE($MD=-4.27, 95\% CI [-7.37, -1.17]$)、MBE 优于 IE($MD=-2.69, 95\% CI [-5.30, -0.08]$);其他两两比较之间没有统计学差异($p>0.05$)。

TC 的数据分析显示,对于 EHT 患者,AE($SMD=-0.52, 95\% CI [-0.79, -0.25]$)、RE($SMD=-0.48, 95\% CI [-0.83, -0.12]$)、CE($SMD=-0.42, 95\% CI [-0.80, -0.05]$)、MBE($SMD=-0.49, 95\% CI [-0.68, -0.31]$)的改善效果均显著优于对照组($p<0.05$),IE 对 TC 虽有改善作用,但无统计学意义。两两间接比较显示,各运动相互比较的差异无统计学意义($p>0.05$)。

基于对 TG 数据的分析,5 种运动干预措施的直接和间接比较、与对照组的比较结果中,唯一有统计学意义的是 MBE($SMD=-0.98, 95\% CI [-1.73, -0.23]$)($p<0.05$)。

基于对 HDL 数据的分析,5 种运动干预措施的直接和间接比较、与对照组的比较结果中,所有干预方式的差异均无统计学意义($p>0.05$)。

LDL 数据分析显示,对于 EHT 患者,AE($SMD=-0.74, 95\% CI [-1.18, -0.29]$)、IE($SMD=-0.57, 95\% CI [-1.10, -0.05]$)、MBE($SMD=-1.07, 95\% CI [-1.57, -0.56]$)的改善效果均显著优于对照组($p<0.05$),RE 和 CE 对 LDL 虽有改善作用,但无统计学意义。两两间接比较显示,各运动干预措施相互比较的差异无统计学意义($p>0.05$)。

2.4.3 不同干预措施排序结果

得出网状 Meta 分析结果后,绘制累积排序概率图下面积(SUCRA)(图 4),比较不同运动干预对结局指标的改善程度。具体排序结果如下。

SBP:CE(87.8%)>MBE(75.2%)>AE(61.1%)>IE(48.9%)>RE(27%)。

DBP:MBE(98.2%)>AE(62%)>CE(57.2%)>IE(55.7%)>RE(27%)。

TC:AE(72.2%)>MBE(67.3%)>RE(63%)>CE(53.3%)>IE(43.1%)。

TG:MBE(91.3%)>AE(56.1%)>CE(45.7%)>RE(44.8%)>IE(43.2%)。

HDL:AE(80.7%)>CE(72.2%)>IE(56.4%)>RE(43.8%)>MBE(20.7%)。

LDL:MBE(92.9%)>AE(68.4%)>IE(50.6%)>RE(44.7%)>CE(41.6%)。

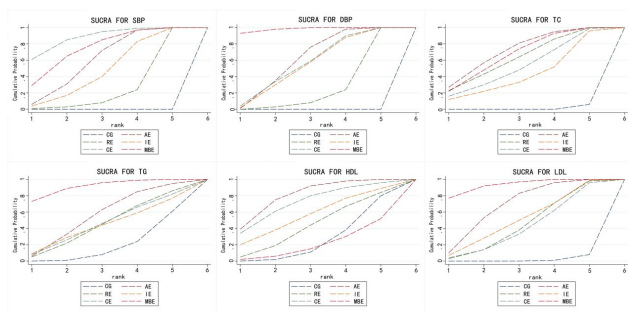


图 4 各干预措施有效性的 SUCRA 曲线

2.5 发表偏倚分析结果

通过绘制比较校正漏斗图(图 5),观察到各研究点基本围绕 $x=0$ 垂直线周围对称分布,表明本研究存在发表偏倚或小样本效应的可能性较低。

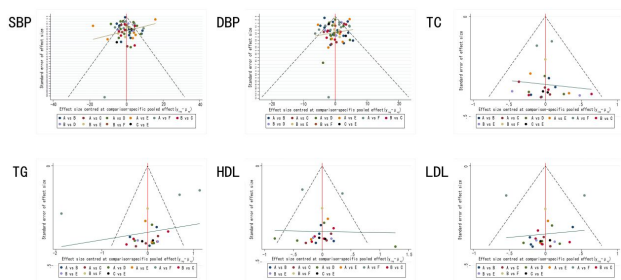


图 5 比较校正漏斗图

3 讨论

本研究结果表明,运动干预可以有效改善 EHT 患者心血管功能和血脂水平。其中,CE 改善 SBP 最有效;MBE 对于改善 DBP、TG、LDL 最有效;AE 改善 TC 最有效。

3.1 运动干预对 EHT 患者 SBP、DBP 的影响

降低血压是治疗 EHT 患者的首要目标。有规律的运动可以帮助改善血压异常,研究证明 SBP 每降低 10mmHg,心血管疾病风险降低 20%,总死亡率降低 13%^[57]。通过网状 Meta 分析,发现 CE 是改善 SBP 和 DBP 的最佳运动类型;这与以往的研究基本一致^[58],唯一不一致的在于,MBE 成为 EHT 患者的最佳治疗方式,根据检索结果,在此之前没有任何一项研究将 MBE 与 AE、CE、IE、RE 进行比较。因此,MBE 结合 AE、CE 可能是改善 EHT 患者血压水平的最佳运动干预措施。

3.2 运动对 EHT 患者血脂水平的影响

TC 与心血管疾病密切相关。本研究显示,AE 是改善 EHT 患者 TC 水平的最佳运动干预措施。首先,AE 可以增强心肺功能,提高氧耗量,促进血液循环,加速胆固醇的代谢和排泄,进而降低 TC;其次,AE 可以降低应激水平,减少应激激素的分泌,从而降低 TC。因此,AE 可能更有效地改善 EHT 患者的 TC 水平。

关于改善 EHT 患者 LDL 水平,排名前 3 的运动干预是 MBE、AE 和 IE。研究表明,运动对 LDL 水平的改善可能与肝细胞膜低密度脂蛋白受体 (LDL-R) 活性的提高有关,通过 LDL-R 介导 LDL 进入肝细胞进行代谢,从而降低体内 LDL 水平。然而,MBE、AE、IE 这 3 种干预的确切机制尚不完全清楚,但

研究已经证明了 MBE、AE、IE 对改善 LDL 水平的益处^[4,59]。

关于改善 EHT 患者 HDL 水平,排名前 3 的运动干预是 AE、CE、IE。值得注意的是,虽然运动可以改善 EHT 患者的 HDL 水平,但本研究的结果并不具有统计学意义。这与之前的研究结果一致^[6],但在相关研究中,关于运动是否对 HDL 水平具有显著有效的改善存在争议^[60]。因此,还有待纳入更高质量的文献进行探讨。

关于改善 EHT 患者的 TG 水平,研究显示最佳的运动干预是 MBE。运动对 TG 的改善可能与激素敏感脂肪酶(HSL)有关,运动促进肌肉细胞中 HSL 的活性,加速 TG 分解为游离脂肪酸,进入线粒体进行氧化和供能,有助于降低 TG 的浓度^[61]。因此,与单一运动模式相比,将呼吸、有氧运动和技能结合的 MBE 对降低 TG 水平更为有效。

3.3 优势与局限

创造性地将 MBE 与 AE、CE、IE、RE 进行比较,通过网状 Meta 分析评估这 5 种运动对 EHT 患者心血管功能及血脂水平的改善效果,为患者选择适当的运动方法进行治疗提供了更多参考。并采用 GRADE 方法评估证据质量,以明确研究证据的可信度。同时,纳入的研究设计均为随机对照试验,在提高了证据水平的同时,增强了效应值结果的说服力。

然而,本研究也存在局限性:1)未基于运动强度和持续时间进行亚组分析,因此无法提供更精确的运动方案;2)研究在个体层面(如年龄、降压药)和实施层面(如运动设备、监督、干预总周期和频次)仍然存在差异;3)只纳入了英文和中文文章,可能会导致一些信息缺失。

4 结论

本研究的网状 Meta 分析表明,对于原发性高血压患者,身心运动、有氧运动和有氧联合抗阻运动对于原发性高血压患者的收缩压、舒张压、总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白等指标的改善效果最优。然而,考虑到上述限制,应谨慎解释结果,未来的研究应评估运动对原发性高血压患者心血管功能改善的可持续性进行更多的多臂随机对照试验,以确定最佳的运动干预机制和计划。

参考文献:

- [1] ZHAO H, LI D, LI Y, et al. Efficacy and safety of acupuncture for hypertension: an overview of systematic reviews [J]. Complementary therapies in clinical practice, 2019, 34: 185-194.
- [2] 郑剑勇, 吴文秀, 苏依所, 等. 成人血脂异常与高血压的相关性分析 [J]. 中国慢性病预防与控制, 2015, 23(12): 915-918.
- [3] THOMOPOULOS C, PARATI G, ZANCHETTI A. Effects of blood-pressure-lowering treatment on outcome incidence in hypertension: 10 - Should blood pressure management differ in hypertensive patients with and without diabetes mellitus Overview and meta-analyses of randomized trials [J]. Journal of hypertension, 2017, 35(5): 922-944.
- [4] 费夕, 刘明欣, 李超, 等. 运动对高血压患者血脂影响的网状 Meta 分析 [J]. 中国循证医学杂志, 2021, 21(12): 1424-1431.
- [5] GAO Y, YU L, LI X, et al. The effect of different traditional Chi-

- nese exercises on blood lipid in middle-aged and elderly individuals: a systematic review and network meta-analysis[J]. *Life*, 2021, 11(7): 714.
- [6] BATRAKOU LIS A, JAMURTAS A Z, METSIOS G S, et al. Comparative efficacy of 5 exercise types on cardiometabolic health in overweight and obese adults: a systematic review and network meta-analysis of 81 randomized controlled trials[J]. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 2022, 15(6): 433–452.
- [7] HUTTON B, SALANTI G, CALDWELL D M, et al. The PRISMA extension statement for reporting of systematic reviews incorporating network meta-analyses of health care interventions: checklist and explanations[J]. *Annals of internal medicine*, 2015, 162(11): 777–784.
- [8] HIGGINS J P T, ALTMAN D G, GØTZSCHE P C, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials [J]. *BMJ*, 2011, 343:d5928. DOI: 10.1136/bmj.d5928.
- [9] SALANTI G, DEL GIOVANE C, CHAIMANI A, et al. Evaluating the quality of evidence from a network meta-analysis[J]. *PloS one*, 2014, 9(7): e99682. DOI: 10.1371/journal.pone.0099682.
- [10] SALANTI G. Indirect and mixed - treatment comparison, network, or multiple - treatments meta - analysis: many names, many benefits, many concerns for the next generation evidence synthesis tool [J]. *Res Synth Methods*, 2012, 3(2):80–97.
- [11] MBUAGBAW L, ROCHWERG B, JAESECHKE R, et al. Approaches to interpreting and choosing the best treatments in network meta-analyses[J]. *Systematic reviews*, 2017, 6: 1–5.
- [12] LEE M S, LEE M S, CHOI E S, et al. Effects of Qigong on blood pressure, blood pressure determinants and ventilatory function in middle-aged patients with essential hypertension[J]. *Am J Chin Med*, 2003, 31(3): 489–497.
- [13] BAHMANBEGLOU N A, EBRAHIM K, MALEKI M, et al. Short-Duration High-Intensity Interval Exercise Training Is More Effective Than Long Duration for Blood Pressure and Arterial Stiffness But Not for Inflammatory Markers and Lipid Profiles in Patients With Stage 1 Hypertension[J]. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 2019, 39(1): 50–55.
- [14] ARCA E A, MARTINELLI B, MARTIN L C, et al. Aquatic Exercise is as Effective as dry Land Training to Blood Pressure Reduction in Postmenopausal Hypertensive Women[J]. *Physiother Res Int*, 2014, 19(2): 93–98.
- [15] BECK D T, MARTIN J S, CASEY D P, et al. Exercise training improves endothelial function in resistance arteries of young prehypertensives[J]. *Journal of Human Hypertension*, 2013, 28(5): 303–309.
- [16] BOENO F P, RAMIS T R, MUNHOZ S V, et al. Effect of aerobic and resistance exercise training on inflammation, endothelial function and ambulatory blood pressure in middle-aged hypertensive patients[J]. *Journal of Hypertension*, 2020, 38(12): 2501–2509.
- [17] CAMINITI G, IELLAMO F, MANCUSO A, et al. Effects of 12 weeks of aerobic versus combined aerobic plus resistance exercise training on short-term blood pressure variability in patients with hypertension[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2021, 130(4): 1085–1092.
- [18] TSAI J, YANG H, WANG W, et al. The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension.[J]. *Clinical & Experimental Hypertension*, 2004, 26(3):255–265.
- [19] 陈香仙, 吕慧青. 太极拳运动对高血压患者血浆 NO 浓度及 RBC 膜钠、钙泵酶活性的影响[J]. *北京体育大学学报*, 2006(10): 1359–1361.
- [20] CHEUNG B, LO J, FONG D, et al. Randomised controlled trial of qigong in the treatment of mild essential hypertension[J]. *Journal of Human Hypertension*, 2005, 19(9): 697–704.
- [21] COLLIER S R, KANALEY J A, CARHART R, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives[J]. *Journal of human hypertension*, 2008, 22(10): 678–686.
- [22] DE BARROS CRUZ L G, BOCCHI E A, GRASSI G, et al. Neurohumoral and endothelial responses to heated water-based exercise in resistant hypertensive patients[J]. *Circulation Journal*, 2017, 81(3): 339–345.
- [23] DAMORIM I R, SANTOS T M, BARROS G W P, et al. Kinetics of hypotension during 50 sessions of resistance and aerobic training in hypertensive patients: a randomized clinical trial [J]. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 2017, 108: 323–330.
- [24] DOS SANTOS E S, ASANO R Y, IRÊNIO FILHO G, et al. Acute and chronic cardiovascular response to 16 weeks of combined eccentric or traditional resistance and aerobic training in elderly hypertensive women: a randomized controlled trial[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, 28(11): 3073–3084.
- [25] FIGUEROA A, KALFON R, MADZOMATA, et al. Whole-body vibration exercise training reduces arterial stiffness in postmenopausal women with prehypertension and hypertension [J]. *Menopause*, 2014, 21(2): 131–136.
- [26] GUIMARÃES G V, CIOLAC E G, CARVALHO V O, et al. Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension[J]. *Hypertension Research*, 2010, 33(6): 627–632.
- [27] MOLMEN-HANSEN H E, STOLENNT, TJONNA A E, et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients[J]. *European journal of preventive cardiology*, 2012, 19(2): 151–160.
- [28] IZADI M R, GHARDASHI AFOUSI A, ASVADI FARD M, et al. High-intensity interval training lowers blood pressure and improves apelin and NOx plasma levels in older treated hypertensive individuals[J]. *Journal of physiology and biochemistry*, 2018, 74: 47–55.
- [29] KRUSTRUP P, RANDERS M B, ANDERSEN L J, et al. Soccer improves fitness and attenuates cardiovascular risk factors in hypertensive men[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2013, 45(3): 553–560.
- [30] KRUSTRUP P, SKORADAL M B, RANDERS M B, et al. Broad-spectrum health improvements with one year of soccer training in inactive mildly hypertensive middle-aged women[J]. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2017, 27(12): 1893–1901.
- [31] LAMINA S. Comparative effect of interval and continuous training programs on serum uric acid in management of hypertension: a randomized controlled trial[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, 25(3): 719–726.
- [32] LAMINA S, OKOYE G C. Effects of aerobic exercise training on psychosocial status and serum uric acid in men with essential hypertension: a randomized controlled trial[J]. *Annals of medical and health sciences research*, 2012, 2(2): 161–168.

- [33] LIMA L G, BONARDI J, CAMPOS G O, et al. Combined aerobic and resistance training: are there additional benefits for older hypertensive adults? [J]. *Clinics*, 2017, 72: 363–369.
- [34] 林秋, 鄢行辉. 健身八段锦对老年高血压患者康复的促进作用 [J]. *中国老年学杂志*, 2017, 37(12): 3024–3026.
- [35] 刘健. 太极拳结合健康管理治疗社区原发性高血压病人群的研究 [J]. *中医药导报*, 2017, 23(5): 64–66.
- [36] MA C, ZHOU W, TANG Q, et al. The impact of group-based Tai chi on health-status outcomes among community-dwelling older adults with hypertension [J]. *Heart & Lung*, 2018, 47(4): 337–344.
- [37] MAO H N, SHA P. Effect of Tai Chi exercise on blood pressure, plasma nitrogen monoxidum and endothelin in hypertensive patients [J]. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*, 2006, 10 (48): 65–67.
- [38] MOHR M, LINDENSKOV A, HOLM P M, et al. Football training improves cardiovascular health profile in sedentary, premenopausal hypertensive women [J]. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2014, 24: 36–42.
- [39] MORLACH Z, HIDARNIA A, KAVEH M H, et al. Effect of theory-based training intervention on physical activity and blood pressure in hypertensive patients: a randomized control trial [J]. *Iran Red Crescent Med J*, 2017, 19(7): e55610. DOI: 10.5812/ircmj.55610.
- [40] NUALNIM N, PARKHURST K, DHINDSA M, et al. Effects of swimming training on blood pressure and vascular function in adults >50 years of age [J]. *American Journal of Cardiology*, 2012, 109(7): 1005–1010.
- [41] PEDRALLI M L, MARSCHNER R A, KOLLET D P, et al. Different exercise training modalities produce similar endothelial function improvements in individuals with prehypertension or hypertension: A randomized clinical trial [J]. *Scientific reports*, 2020, 10(1): 7628.
- [42] MORA-RODRIGUEZ R, RAMIREZ-JIMENEZ M, FERNANDEZ-ELIAS V E, et al. Effects of aerobic interval training on arterial stiffness and microvascular function in patients with metabolic syndrome [J]. *The Journal of Clinical Hypertension*, 2017, 20(1): 11–18.
- [43] RUANGTHAI R, PHOEMSAPTHAWEE J. Combined exercise training improves blood pressure and antioxidant capacity in elderly individuals with hypertension [J]. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2019, 17(2): 67–76.
- [44] SHOU X L, WANG L, JIN X Q, et al. Effect of Tai chi exercise on hypertension in young and middle-aged in-service staff [J]. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2019, 25(1): 73–78.
- [45] SON W M, SUNG K D, CHO J M, et al. Combined exercise reduces arterial stiffness, blood pressure, and blood markers for cardiovascular risk in postmenopausal women with hypertension [J]. *Menopause*, 2017, 24(3): 262–268.
- [46] SON W M, PEKAS E J, PARK S Y. Twelve weeks of resistance band exercise training improves age-associated hormonal decline, blood pressure, and body composition in postmenopausal women with stage 1 hypertension: a randomized clinical trial [J]. *Menopause*, 2020, 27(2): 199–207.
- [47] STEWART KJ, BACHER AC, TURNER KL, et al. Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial [J]. *Archives of Internal Medicine*, 2005, 14(7): 13–14.
- [48] SUJATHA T, JUDIE A. Effectiveness of a 12-week yoga program on physiopsychological parameters in patients with hypertension [J]. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 2014, 6(4): 329–335.
- [49] SUN J, BUYS N. Community-based mind-body meditative tai chi program and its effects on improvement of blood pressure, weight, renal function, serum lipoprotein, and quality of life in Chinese adults with hypertension [J]. *The American journal of cardiology*, 2015, 116(7): 1076–1081.
- [50] TAHA M M, MOHAMED M A E R, HASANIN M E. Effect of High Intensity Interval Training on Endothelial Function in Postmenopausal Hypertensive Patients: Randomized Controlled Trial [J]. *International Journal of Physiotherapy*, 2016, 3(1): 39–44.
- [51] TURKY K, ELNAHAS N, ORUCH R. Effects of exercise training on postmenopausal hypertension: implications on nitric oxide levels [J]. *The Medical journal of Malaysia*, 2013, 68(6): 459–464.
- [52] WESTHOFF T H, Franke N, SCHMIDT S, et al. Too old to benefit from sports? The cardiovascular effects of exercise training in elderly subjects treated for isolated systolic hypertension [J]. *Kidney & Blood Pressure Research*, 2007, 30(4): 240–247.
- [53] WESTHOFF T H, SCHMIDT S, GROSS V, et al. The cardiovascular effects of upper-limb aerobic exercise in hypertensive patients [J]. *Journal of Hypertension*, 2008, 26(7): 1336–1342.
- [54] WONG A, FIGUEROA A, SON W M, et al. The effects of stair climbing on arterial stiffness, blood pressure, and leg strength in postmenopausal women with stage 2 hypertension [J]. *Menopause*, 2018, 25(7): 731–737.
- [55] WONG A, KWAK Y S, SCOTT S D, et al. The effects of swimming training on arterial function, muscular strength, and cardiorespiratory capacity in postmenopausal women with stage 2 hypertension [J]. *Menopause*, 2019, 26(6): 653–658.
- [56] 解会娟, 白彩琴. 太极拳干预老年人原发性高血压的气体信号分子机制 [J]. *武汉体育学院学报*, 2014, 48(2): 51–54+63.
- [57] ETTEHAD D, EMDIN C, KIRAN A, et al. Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lancet*, 2016, 387(10022): 957–967.
- [58] HENNER H, HENRY B, ARNE D, et al. Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: a Consensus Document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension [J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2022, 29(1): 205–215.
- [59] XIN C, YE M, ZHANG Q, et al. Effect of Exercise on Vascular Function and Blood Lipids in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Network Meta-Analysis [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(19): 12074.
- [60] TAMBALIS K, PANAIOTAKOS D, KAVOURAS S, et al. Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence [J]. *Angiology*, 2009, 60(5): 614–632.
- [61] LANGFORTH J, PLOUG T, IHLEMANN J, et al. Stimulation of hormone-sensitive lipase activity by contractions in rat skeletal muscle [J]. *Biochem J*, 2000, 351(1): 207–207.