

5 种运动方式对心血管疾病及高风险中老年人 心功能影响的网状 Meta 分析

李瑾, 杨玉婷, 张培珍

摘要:目的 探讨不同运动方式对患有心血管疾病和心血管疾病高风险中老年人心功能的改善效果,为其心功能的改善和心血管疾病防治提供循证建议。方法 检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of science、中国知网、中国生物医学文献服务系统、维普中文期刊全文数据库、万方医学网、万方数据知识服务平台,纳入运动对中老年人心功能影响的随机对照试验。采用 RevMan5.4 和 Stata16.0 进行相关的统计学分析。结果 共纳入 48 篇随机对照试验研究,3 073 例受试者。在降低心率方面,不同运动方式的优劣顺序为:间歇有氧运动($SUCRA=73.30$)、持续有氧运动($SUCRA=72.00$)、高强度间歇运动($SUCRA=67.50$)、持续有氧运动结合抗阻运动($SUCRA=62.80$)、抗阻运动($SUCRA=20.10$)。在提高左室射血分数方面,间歇有氧运动显著优于持续有氧运动结合抗阻运动($MD=2.88,95\%CI:0.01\sim5.76$);与持续有氧运动相比,间歇有氧运动($MD=4.02,95\%CI:1.72\sim6.31$)、抗阻运动($MD=2.32,95\%CI:0.17\sim4.48$)效果更好;不同运动方式的优劣顺序为:间歇有氧运动($SUCRA=95.10$)、抗阻运动($SUCRA=72.40$)、持续有氧运动结合抗阻运动($SUCRA=51.70$)、高强度间歇运动($SUCRA=50.80$)、持续有氧运动($SUCRA=29.50$)。在心率变异性方面,运动干预对升高正常 R-R 间期标准差有良好作用($MD=9.05,95\%CI:3.10\sim15.00, P<0.05$),对改善低频与高频功率比值效果不显著($MD=-0.18,95\%CI:-0.56\sim0.20, P>0.05$)。结论 运动可以通过降低安静心率、提高左室射血分数、改善心率变异性来增强中老年人的心功能。间歇有氧运动、持续有氧运动、高强度间歇运动、抗阻运动、持续有氧运动结合抗阻运动都能够在一定程度上改善中老年人的心功能,其中,间歇有氧运动对中老年人心功能的改善效果更为全面,在降低心率和提高左室射血分数方面,可能是更有效的干预措施。

关键词: 心血管疾病; 中老年人; 运动方式; 间歇有氧运动; 持续有氧运动; 抗阻运动; 心功能; 网状 Meta 分析

中图分类号: R473.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.22.036

The effect of 5 exercise modes on cardiac function of middle-aged and elderly people with or at high risk of cardiovascular disease: a network Meta-analysis Li Jin, Yang Yuting, Zhang Peizhen. School of Sport Medicine and Rehabilitation, Beijing Sport University, Beijing 100084, China

Abstract: **Objective** To conduct a network Meta-analysis quantifying the effects of different kinds of exercise on middle-aged and elderly people with or at a high risk of cardiovascular disease (CVD), and to provide evidence-based suggestions on cardiac function improvement and CVD prevention and treatment. **Methods** We searched Pubmed, the Cochrane Library, Embase, Web of Science, CNKI, Sinomed, VIP, Wanfang Med, and Wanfang Data to retrieve RCTs on effect of exercise on cardiac function of middle-aged and elderly people. Data were analyzed using RevMan5.4 and Stata16.0. **Results** We included 48 RCTs that involved 3 073 participants. In terms of HR reduction, the exercises were ranked as follows: interval aerobic exercise ($SUCRA=73.30$), continuous aerobic exercise ($SUCRA=72.00$), high-intensity interval training ($SUCRA=67.50$), continuous aerobic exercise combined with resistance training ($SUCRA=62.80$), and resistance training ($SUCRA=20.10$). In terms of LVEF increase, the effects of interval aerobic exercise were better than continuous aerobic exercise combined with resistance training ($MD=2.88,95\%CI:0.01\sim5.76$); compared with continuous aerobic exercise, interval aerobic exercise ($MD=4.02,95\%CI:1.72\sim6.31$), and resistance training ($MD=2.32,95\%CI:0.17\sim4.48$) were better; different kinds of exercise were ranked as follows: interval aerobic exercise ($SUCRA=95.10$), resistance training ($SUCRA=72.40$), continuous aerobic exercise combined with resistance training ($SUCRA=51.70$), high-intensity interval training ($SUCRA=50.80$), continuous aerobic exercise ($SUCRA=29.50$). In terms of heart rate variability (HRVS), exercise had a good effect on SDNN increase ($MD=9.05,95\%CI:3.10\sim15.00, P<0.05$) and little effect on LF/HF ratio ($MD=-0.18,95\%CI:-0.56\sim0.20, P>0.05$). **Conclusion** Exercise can improve cardiac function of middle-aged and elderly people by decreasing HR, raising LVEF, and improving HRV. Interval aerobic exercise, continuous aerobic exercise, high-intensity interval training, resistance training, and continuous aerobic exercise combined with resistance training all can improve cardiac function of this population to a certain extent. Among them, interval aerobic exercise has a more comprehensive effect on improvement of cardiac function and is the more effective intervention in reducing HR and increasing LVEF.

Key words: cardiovascular disease; middle-aged and elderly people; exercise; interval aerobic exercise; continuous aerobic exercise; resistance training; cardiac function; network Meta-analysis

作者单位:北京体育大学运动医学与康复学院(北京, 100084)

李瑾:女,硕士在读,学生

通信作者:张培珍, zhpzh17@hotmail.com

科研项目:国家重点研发计划课题(2022YFC2010201);北京体育大学
自主科研课题(校 2020045)

收稿:2022-06-13;修回:2022-08-02

《中国心血管病健康与疾病报告 2020》^[1]提出,心血管疾病患病率处于持续上升阶段,心血管疾病病死率仍居首位。WHO 和美国心脏协会(American Heart Association, AHA)的数据也表明,在西方国家中,心血管疾病正在成为第一大死因^[2]。各国心血管

疾病的负担都日渐加重,心血管疾病的预防与治疗迫在眉睫。随年龄增长而发生的衰老是心血管疾病发生的主要决定因素,其他危险因素如血压升高、2 型糖尿病、血脂异常、超重或肥胖、不良的饮食习惯等也会增加年龄给心血管系统带来的不利影响^[2-3]。随着年龄的增加,机体运动能力下降加速,在患有心血管疾病的人群中这种下降更为明显,而规律的运动可以减少或逆转血管病变并降低其他危险因素,因此可以通过不同形式的运动来减缓因衰老给机体带来的不利影响^[4]。目前,多个国家和组织都提出中老年人可以通过不同形式的运动来预防或治疗心血管疾病、改善心功能^[5-7]。有氧运动是指在氧气供应充分的情况下,机体进行的以有氧代谢为主的运动^[8]。间歇有氧运动指反复短时间或较长时间的有氧运动,中间穿插休息^[9];持续有氧运动是持续时间较长且中间无间歇的有氧运动^[10]。高强度间歇运动是以短暂、间歇性的高强度运动为特征的身体活动,其间穿插休息或低强度运动^[11]。抗阻运动是肌肉依靠自身力量,克服外来阻力而进行的主动运动^[12]。有氧运动、高强度间歇运动、抗阻运动、多种运动结合等运动方式,对改善中老年人的人心功能都有效,但哪种运动方式更适合心血管疾病和心血管疾病高风险的中老年人仍值得探究。鉴此,本研究借助网状 Meta 分析方法,探究不同运动方式对心血管疾病和心血管疾病高风险的中老年人人心功能改善效果,为如何指导患者进行合适的运动提供循证医学证据。

1 方法

1.1 检索策略 以运动;心功能,心率,左室射血分数,心率变异性;中老年人;心血管疾病,风湿性心脏病,缺血性心脏病,高血压性心脏病,心肌病,心肌炎,心房颤动,心房扑动,心力衰竭,心功能不全,心律失常,冠心病,主动脉瘤,心内膜炎,外周动脉性疾病,脑卒中,心血管疾病风险,高血压,糖尿病,血脂异常,超重,肥胖为中文检索词,在中国知网(CNKI)、中国生物医学文献服务系统(SinoMed)、维普中文期刊全文数据库(VIP)、万方医学网、万方数据知识服务平台 5 个中文数据库中进行检索。以 exercise;cardiac,cardiovascular,heart rate,LVEF,heart rate variability;middle aged,elder;cardiovascular disease,rheumatic heart disease,ischemic heart disease,hypertensive heart disease,cardiomyopathy,myocarditis,atrial fibrillation,atrial flutter,heart failure,cardiac insufficiency,arrhythmia,coronary heart disease,aortic aneurysm,endocarditis,peripheral arterial disease,stroke,cardiovascular disease risk,hypertension,diabetes,dyslipidemia,overweight,obesity 为英文检索词,在 PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science 4 个英文数据库中进行检索。采用关键词、主题词、自由词相结合的方式,从数据库建立开始,检索

至 2022 年 5 月 13 日。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①研究类型:运动对中老年人心功能影响的 RCT。②研究对象:中老年人(>40 岁),性别、国籍无限制;患有心血管疾病(包括但不限于心肌梗死、冠心病、心力衰竭、心功能不全、心律失常、房颤、高血压、脑卒中等心血管疾病)或心血管疾病风险(糖尿病、血脂异常、超重、肥胖等)较高;美国纽约心脏协会(New York Heart Association,NYHA)心功能分级≤Ⅲ级。③干预措施:持续有氧运动、间歇有氧运动、高强度间歇运动、抗阻运动和持续有氧运动结合抗阻运动。④结局指标:包含心率、左室射血分数(LVEF)、心率变异性(HRV)中至少 1 个结果的影响。HRV 包括正常 R-R 间期标准差(SDNN)、低频与高频功率比值(LF/HF)。

1.2.2 排除标准 ①重复发表、重复文献。②文献数据不全、数据格式不符合、数据无法转换等。

1.3 文献筛选 将不同数据库中检索得到的所有文献,导入 Endnote20 文献管理软件,进行合并及去重。由 2 名研究人员分别独立阅读文献题目及摘要,根据纳入与排除标准进行初筛,剔除不相关的文献;如果阅读标题和摘要不能确定是否纳入该研究,将通过阅读全文并进行复筛。在文献筛选过程中,若出现分歧,将征求第 3 名研究人员的意见,通过小组讨论的形式进行协商。

1.4 质量评价 采用 Cochrane 偏倚风险评估工具^[13],根据随机序列生成、分配隐藏、对患者与试验人员实施盲法、对结局评估者实施盲法、结果数据不全、选择性报告和其他偏倚,7 个方面评价所有纳入的研究质量。每一项判定结果分为低风险偏倚、高风险偏倚、不清楚 3 个等级,将相关评价结果录入 RevMan5.4 进行分析,由低至高分分为 3 个等级:低质量(2 分及以下)、中等质量(3~4 分)、高质量(5 分及以上)。

1.5 数据提取 通过阅读最终纳入的文献全文,使用 Excel2019 提取相关信息,包括文献基本信息(第一作者、国家、发表年份),研究对象基本信息(类型、年龄、样本量、性别),干预措施(运动方式、运动强度、运动频率、运动时间、干预持续时间),结局指标。由第 1 名研究人员进行相关数据资料提取,第 2 名研究人员复核。

1.6 统计学方法 本文结局指标为连续型变量,选择平均差(MD)和 95%置信区间(CI)为效应量指标。提取纳入文献中结局指标的平均值和标准差进行数据分析。若纳入文献的结局指标以非平均值和标准差形式呈现,本研究中通过公式运算将其转化为平均值和标准差的形式^[14]。本文选取心率、LVEF、SDNN、LF/HF 4 个指标,均统计分析干预前后的差值变化。采用 Stata16.0 进行网状 Meta 分析和漏斗

图绘制,对不同的运动方法进行比较与排序。首先进行不一致性模型检验,若 $P>0.05$,则不一致性模型检验不显著,采用一致性模型。使用节点劈裂法检验是否有局部不一致性。针对网状 Meta 结果,计算每个干预措施的累积排序概率图下面积^[15](Surface Under the Cumulative Ranking, SUCRA),进行各个干预措施的排序,其中 SUCRA 值越大,排名越好。对无法成网的结局指标,借助 RevMan5.4 进行传统 Meta 分析。根据 I^2 值,选择相应模型。若 $I^2>50\%$,选择随机效应模型分析; $I^2\leq 50\%$,选择固定效应模型分析。绘制并生成漏斗图检测纳入研究是否存在报告偏倚的可能性。

2 结果

2.1 检索过程 从各个数据库中,共计检索文献 21 793 篇,包括 PubMed($n=3\ 681$)、Cochrane Library($n=3\ 167$)、Embase($n=1\ 613$)、Web of Science($n=10\ 786$)、中国知网($n=360$)、中国生物医学文献服务系统($n=80$)、维普中文期刊全文数据库($n=481$)、万方医学网($n=1\ 078$)、万方数据知识服务平台($n=547$)。去重后剩余 14 044 篇;初步阅读文献题目和摘要,排除不相关文献 12 696 篇;阅读文献全文,对剩余 1 348 篇文献进行复筛,其中剔除综述 41 篇、非 RCT 文献 123 篇、临床经验总结 43 篇、运动方式不符合 127 篇、结局指标不符合 454 篇、与研究目的不相关 225 篇、研究对象不符 234 篇、重复发表 2 篇、重复文献 8 篇、数据格式不符合 33 篇、其他原因 10 篇,最终确定纳入 48 篇 RCT 文献^[16-63]。

2.2 纳入文献基本特征及质量评价 48 篇文献的基本特征及质量评价如表 1 所示。纳入文献发表时间为 1997~2021 年,文献来自中国、美国、澳大利亚、巴西、荷兰等 17 个国家;共计纳入 3 073 例,年龄均大于 40 岁,各研究的样本量在 21~200 例。纳入的文献中,双臂试验 34 篇、三臂试验 12 篇、四臂试验 2 篇;干预措施采用持续有氧运动 34 组,共计 839 例;间歇有氧运动 8 组,共计 257 例;高强度间歇运动 9 组,共计 152 例;抗阻运动 9 组,共计 385 例;持续有氧运动结合抗阻运动 9 组,共计 261 例;不进行额外运动干预的对照组 43 组,共计 1 179 例。

2.3 网状 Meta 分析结果

2.3.1 心率 纳入 27 篇文献^[16-19,21,28-29,36-37,40,42,46-47,49-56,58-63],干预组 540 例,对照组 374 例;持续有氧运动 16 组,共计 277 例;间歇有氧运动 1 组,共计 15 例;高强度间歇运动 5 组,共计 89 例;抗阻运动 4 组,共计 55 例;持续有氧运动结合抗阻运动 4 组,共 104 例。网状关系图如图 1 所示,其中圆点代表不同的干预措施,圆点大小代表样本量的多少,圆点间连线表示两种干预措施之间存在直接比较,圆点间连线的粗细表

示两种干预措施间直接比较的研究数目的多少(结局)。用不一致性模型进行检验,得到 $P=0.813>0.05$,不一致性检验不显著,采用一致性模型进行分析。使用节点劈裂法检测局部不一致性,均 $P>0.05$,不存在局部不一致性。一致性模型分析结果显示,相较于对照组,持续有氧运动组、间歇有氧运动组、高强度间歇运动组、持续有氧运动结合抗阻运动组心率的改善有统计学差异(均 $P<0.05$);而抗阻运动组心率的改善结果没有统计学差异。不同运动方式对中老年人心率影响的两两比较森林图,见图 2。不同运动方式降低心率的优先顺序依次为:间歇有氧运动组(SUCRA=73.30)、持续有氧运动组(SUCRA=72.00)、高强度间歇运动组(SUCRA=67.50)、持续有氧运动结合抗阻运动组(SUCRA=62.80)、抗阻运动组(SUCRA=20.10)。根据生成的漏斗图,通过目测观察比较结局指标的左右分布显示,左右分布不对称,提示所纳入的研究可能存在发表偏倚或小样本效应。

2.3.2 LVEF 纳入 29 篇文献^[16-20,22-27,31-36,38-45,48,55,57-58],干预组共 1 485 例,对照组 935 例;持续有氧运动 21 组,共 616 例;间歇有氧运动 8 组,共 257 例;高强度间歇运动 3 组,共 37 例;抗阻运动组 6 组,共 342 例;持续有氧运动结合抗阻运动 6 组,共 233 例。网状关系图见图 3(图注同图 1)。用不一致性模型进行检验,得到 $P=0.858>0.05$,采用一致性模型进行分析。使用节点劈裂法检测局部不一致性,均 $P>0.05$,不存在局部不一致性。一致性模型分析结果显示,相较于对照组,持续有氧运动组、间歇有氧运动组、抗阻运动组、持续有氧运动结合抗阻运动、高强度间歇运动组 LVEF 的改善有统计学差异(均 $P<0.05$)。不同运动方式对中老年人 LVEF 影响的两两比较森林图,见图 4。不同运动方式提高 LVEF 的优先顺序依次为:间歇有氧运动组(SUCRA=95.10)、抗阻运动组(SUCRA=72.40)、持续有氧运动结合抗阻运动组(SUCRA=51.70)、高强度间歇运动组(SUCRA=50.80)、持续有氧运动组(SUCRA=29.50)。根据生成的漏斗图,通过目测观察比较结局指标的左右分布显示,左右分布较为对称,提示所纳入的研究存在的发表偏倚或小样本效应较小。

2.4 常规 Meta 分析结果

由于包含 SDNN、LH/HF 这 2 个指标符合本文纳入标准的相关文献数量较少,无法进行网状 Meta 分析,所以只进行常规 Meta 分析,来比较运动干预对这 2 个指标的影响。

2.4.1 SDNN 共纳入 3 篇文献^[28,47,59],运动组 3 组,共 47 例;对照组 3 组,共 49 例。 $I^2=0\%$,因此选取固定效应模型进行分析。Meta 分析结果表明:相较于对照组,运动干预可以显著提高 SDNN($P=0.003$),见图 5。

表 1 纳入文献基本特征及质量评价

作者	国家	类型	研究对象			干预措施					结局 指标	质量 评分
			年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	样本 量(例)	男/女 (例)	运动方式	运动强度	运动频率	运动时间	干预持		
								(次/周)	(min/次)	续时间		
Aksoy 等 ^[16]	土耳其	心衰患者	T1 59.6±6.9	15	未知	持续有氧运动	50%~75% VO ₂ max	3	35	10 周	①②	5
Benda 等 ^[17]	荷兰	心衰患者	T2 63.7±8.8	15	未知	间歇有氧运动	50%~75% VO ₂ max(60s)+					
			C 57.5±11.2	15	未知	NE	间歇 30W (30s),17 组					
			T1 64±8	10	10/0	持续有氧运动	60%~75% Wmax	2	30	10 周	①②	3
Besnier 等 ^[18]	法国	心衰患者	T2 64±8	10	9/1	高强度间歇运动	90%~95% Wmax (1min)+间 歇 30% Wmax (2.5 min),10 组	2	35			
			C 67±7	9	5/4	NE						
			T1 59.5±12	15	11/4	持续有氧运动	60% Wmax	5	30	3.5 周	①②	7
Ricca-Mallada 等 ^[19]	乌拉圭	心衰患者	T2 59±13	16	11/5	高强度间歇运动	100% Wmax(30s)+间 歇 30% Wmax(30s),16 组		20			
			T 57±9.77	16	13/3	持续有氧运动+MT	80% HRmax	3	60	24 周	①②	5
			C 56±9.11	18	14/4	NE+MT						
Sabelis 等 ^[20]	荷兰	心衰患者	60±9	T 36	25/11	持续有氧运动结合抗阻运动	70% HRmax	>4	60	26 周	②	3
Maiorana 等 ^[21]	澳大利 亚	心衰患者	C 25	20/5		NE(常规护理)						
			T1 61.3±2.8	12	11/1	持续有氧运动	50%~70% VO ₂ max	3	46.5	12 周	①	3
			T2 58.8±3.5	12	10/2	抗阻运动	50%~70% 1RM					
于莹 ^[22]	中国	心衰患者	C 64.4±2.4	12	11/1	NE						
			T1 61.2±9.5	50	未知	持续有氧运动+MT	Borg 评分:11~13	隔天 1 次	—	3 月	②	3
			T2 62.3±9.2	50		抗阻运动+MT	Borg 评分:12~16	5				
王瑶等 ^[23]	中国	心衰患者				持续有氧运动	持续有氧运动:Borg 评分(11~	—				
			T3 61.9±8.7	50		结合抗阻运动+MT	13);抗阻运动:Borg 评分(12~16)					
			C 60.1±8.9	50		NE+MT						
薛飞龙 ^[24]	中国	心衰患者	T 61.3±1.7	60	36/24	抗阻运动	50%~60% 1RM	—	—	12 周	②	4
孙永静 ^[25]	中国	冠心病合并心衰患者	C 60.7±1.3	60	35/25	NE						
			51~74	T 34	37/31	持续有氧运动+MT	50%~60% HRmax	2 次/d,5d/周	20	6 周	②	3
			C 34			NE+MT						
黄兴清 ^[26]	中国	冠心病合并心衰患者	T 60.41±9.79	49	28/21	持续有氧运动	20%~70% HRR	3~4	20~40	6 月	②	5
杜磊等 ^[27]	中国	心梗后合并心衰患者	C 60.34±9.87	49	27/22	NE						
			T 64.89±6.12	80	45/35	抗阻运动+MT	50%~100% 1RM	7	30~40	3 月	②	5
			C 65.51±6.37	80	41/39	NE+MT						
Duru 等 ^[28]	瑞士	心梗男性	T 60.14±7.16	21	13/8	持续有氧运动+MT	60%~85% VO ₂ max	—	20~60	3 月	②	4
			C 61.38±6.17	21	14/7	NE+MT						
Ribeiro 等 ^[29]	葡萄牙	心梗患者	T 56±5	12	12/0	持续有氧运动	70% HRR	步行:2 次/d; 蹬车:4 次/周	步行:60; 蹬车:45	8 周	①③④	3
Tsai 等 ^[30]	中国	PCI 术后患者	C 55±7	13	13/0	NE						
			T 54.3±10.8	20	18/2	持续有氧运动	65%~75% HRmax	3	35	8 周	①	7
			C 57.0±7.6	18	13/5	NE(常规护理)						
高真真等 ^[31]	中国	PCI 术后患者	T 57.1±8.9	34	25/9	持续有氧运动	60%~85% HRR	1~3	40	12 周	④	7
唐大智等 ^[32]	中国	PCI 术后患者	C 56.8±9.9	33	29/4	NE						
			T1 59.4±7.9	22	18/4	间歇有氧运动+MT	80% Wmax(3min)+间 歇 1 min 休息,10 组	3	40	12 周	②	5
			T2 61.2±8.0	21	16/5	持续有氧运动+MT	60% Wmax		40			
俎小华 ^[33]	中国	PCI 术后患者	C 60.4±8.6	22	17/5	NE+MT						
			T 54.5±7.0	20	12/8	间歇有氧运动	—	3	40	12 周	②	4
			C 55.5±7.0	20	11/9	NE						
赵扬 ^[34]	中国	PCI 术后患者	56.64±9.86	T1 25	43/32	间歇有氧运动	80% Wmax (3min)+间 歇 1 min 休息,10 组	3	40	12 周	②	4
				T2 25		间歇有氧运动	60% Wmax(3min)+ 间歇 1min 休息,10 组		40			
			C 25			NE						
杜烨等 ^[35]	中国	PCI 术后患者	T 54.65±4.15	30	18/12	间歇有氧运动	60%~80% Wmax (3min)+ 间歇 1 min 休息,10 组	3	40	3 月	②	4
Koizumi 等 ^[36]	日本	PCI 术后患者	C 54.61±4.15	30	19/11	NE						
			T1 66.8±4.6	100	38/62	持续有氧运动	60%~75% HRmax	3	30~40	12 月	②	3
			T2 64.6±3.2	100	41/59	抗阻运动	30~50% 1RM	3	40~60			
Munk 等 ^[37]	挪威	冠心病患者	T 54±12	14	13/1	持续有氧运动	—	7	>30	3 月	①②	4
张涤等 ^[38]	中国	冠心病患者	C 59±9	15	13/2	NE	80~90% HRmax (4min)+ 间歇					
			T 57±14	20	17/3	高强度间歇训练	60~70% HRmax (3min), 6 组	3	60	6 月	①	7
			C 61±10	20	16/4	NE	—	5d/周,2 次/d	10~30	16 周	②	2
沈新宇等 ^[39]	中国	冠心病患者	T 72.4±4.2	30	22/8	持续有氧运动	50%~80 m/min	5	60~100	1 月	②	3
李艳芳等 ^[40]	中国	冠心病患者	C 72.4±4.4	20	16/4	NE						
			T 57.2±7.2	27	18/9	持续有氧运动+MT	70% VO ₂ max	隔天 1 次	20~40	3 月	①②	3
			C 56.8±7.9	27	19/8	NE+MT						
周密等 ^[41]	中国	冠心病患者	T 76.2±4.8	50	35/15	持续有氧运动+MT	60% VO ₂ max	有氧:2 次/d, 5d/周;抗阻: 1 次/d,4d/周	65~70	4/12 周	②	5
倪华等 ^[42]	中国	冠心病患者	C 76.2±4.8	50	34/16	NE+MT	持续有氧运动; 60% VO ₂ max					
			T1 61.6±2.8	50	29/21	持续有氧运动	60% VO ₂ max					
			T2 64.2±2.4	40	22/18	结合抗阻运动+MT	抗阻运动:Borg 评分(11~13)					
倪华等 ^[42]	中国	冠心病患者	C 64.9±1.9	70	38/32	持续有氧运动结合抗阻运动+MT NE+MT	持续有氧运动; 40%~80% 1RM					
			T 61.2±10.53	24	20/4	持续有 氧运 动 结 合 抗 阻 运 动	55%~80% HRR	有 氧:3~5 抗 阻:2~3	30~60	3 月	①②	5
			C 62.5±10.21	24	19/5	NE						

续表 1 纳入文献基本特征及质量评价

作者	国家	类型	研究对象			干预措施					结局指标	质量评分
			年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	样本量 (例)	男/女 (例)	运动方式	运动强度	运动频率 (次/周)	运动时间 (min/次)	干预持续时间		
王玥等 ^[43]	中国	冠心病患者	T1 73.3±4.9	30	21/9	持续有氧运动	<50% HRmax	4	20~40	6月	②	3
高月红等 ^[44]	中国	冠心病患者	T2 73.4±8.65	30	18/12	持续有氧运动	50%~70% HRmax					
			C 73.67±7.25	30	17/13	NE						
			T 75.83±8.02	40	19/21	抗阻运动	—	3	60	6月	②	4
胡军等 ^[45]	中国	2型糖尿病合并冠心病	C 78.70±6.76	40	20/20	NE						
			T 70.2±4.0	40	25/15	持续有氧运动	—	5d/周, 3次/d	10~30	16周	②	3
			C 70.2±4.4	40	26/14	NE						
Osbak等 ^[46]	丹麦	房颤患者	T 69.5±7.3	24	18/6	持续有氧运动	70% VO ₂ max	3	60	12周	①	4
Gambassi等 ^[47]	巴西	脑卒中患者	C 70.9±8.3	23	17/6	NE						
			T 66.4±10.1	11	5/6	抗阻运动+神经物理治疗	中等强度	2	—	8周	①③	4
			C 60.5±13.2	11	4/7	NE(神经物理治疗)						
叶荣菊等 ^[48]	中国	脑卒中合并冠心病患者	T1 59.00±4.64	60	40/20	间歇有氧运动	80% Wmax(3min)+间歇 1 min 休息, 10 组	3	40	12周	②	3
			T2 58.90±5.29	60	43/17	间歇有氧运动	60% Wmax(3min)+间歇 1 min 休息, 10 组	3	40			
			C 60.20±4.96	60	41/19	NE						
Goldie等 ^[49]	加拿大	高血压女性	45~65	T 20	0/20	持续有氧运动	40% HRR	3~5	—	12周	①④	3
Collier等 ^[50]	美国	高血压患者	C 20	0/20	0/20	NE						
			T1 49.2±1.6	15	10/5	持续有氧运动	65% VO ₂ max	3	30	4周	①	5
			T2 46.7±1.9	15	10/5	抗阻运动	85% 10RM, 40% HRR (1.5min)+间歇	45~50				
Izadi等 ^[51]	伊朗	高血压患者	61.70±5.78	T 15	8/7	高强度间歇运动	歇 50% ~ 55% HRR	3	35	6周	①	6
Jo等 ^[52]	韩国	高血压患者	C 15	9/6	9/6	NE	(2min), 10 组					
			T1 51.8±8.5	17	6/11	持续有氧运动	60% HRR	3	35	8周	①	3
			T2 49.9±7.3	17	12/5	高强度间歇运动	80% HRR(3min)+间歇 40% HRR (3min), 5 组	30				
Ramos等 ^[53]	巴西	高血压患者	T 60.5±0.2	12	2/10	持续有氧运动	60% HRmax	3	50	12周	①	6
Schroeder等 ^[54]	美国	高血压患者	C 60.7±0.4	12	2/10	NE						
			T1 58±7	17	7/10	持续有氧运动	40%~70% HRR	3	60	8周	①	5
			T2 57±9	17	7/10	抗阻运动	—	60				
			T3 58±7	18	7/11	持续有氧运动	持续有氧运动:	有氧 30, 抗阻 30				
			C 58±6	17	6/11	结合抗阻运动	40%~70% HRR					
李晓鲁等 ^[55]	中国	高血压患者	T 59.8±5.2	33	20/13	持续有氧运动	50~80m/min	5	30~60	6月	①②	5
Moreau等 ^[56]	美国	高血压前期女性	C 60.3±5.5	33	20/13	NE						
			T 53±2	15	0/15	持续有氧运动	中等强度	7	—	24周	①	3
			C 55±1	9	0/9	NE						
陈为玮等 ^[57]	中国	2型糖尿病患者	T1 55.20±7.55	9	4/5	持续有氧运动	60%~80% HRmax	6	60	6月	②	4
			T2 52.71±6.05	7	3/4	持续有氧运动结合抗阻运动	60%~80% HRmax					
			C 52.65±6.58	10	5/5	NE						
Heiskanen等 ^[58]	芬兰	2型糖尿病患者	T1 49	11	7/4	高强度间歇运动	全力冲刺(30 s)+间歇 4 min 恢复, 4~6 组	3	18~27	2周	①②	5
			T2 49	10	6/4	持续有氧运动	60% Wmax	40~60				
			C 54±5	25	25/0	NE(常规治疗)	持续有氧运动:					
Loimaala等 ^[59]	芬兰	2型糖尿病患者	T 53.6±6.2	24	24/0	持续有氧运动	65%~75% VO ₂ max;	有氧: 2	>30	12月	①③	5
da Silva等 ^[60]	巴西	代谢综合征和 2 型糖尿病患者	结合抗阻运动			抗阻运动: 70%~80% 1RM	抗阻: 2					
			C 54±5	25	25/0	NE(常规治疗)						
			T1 50.7±9.2	10	3/7	持续有氧运动	80% HRmax	4	50	6周	①	5
Ramos等 ^[61]	澳大利亚	代谢综合征患者	T2 52.2±7.5	10	5/5	持续有氧运动	55% HRmax					
			C 49.5±6.8	11	3/8	NE						
			T1 55±11	17	12/5	持续有氧运动	60%~70% HRmax	5	30	16周	①	4
Shabani等 ^[62]	伊朗	超重/肥胖女性	T2 57±7	18	11/7	高强度间歇运动	85%~95% HRmax (4min)+间歇 50%~70% HRmax (3min), 1 组	3	17			
			C 53.2±3.07	30	0/30	NE	85%~95% HRmax (4min)+间歇 50%~70% HRmax (3min), 4 组	3	38			
			T3 57±11	15	10/5	高强度间歇运动	持续有氧运动: 50%~80% HRR;	3	90	8周	①	4
Ho等 ^[63]	澳大利亚	超重女性	T 54.83±4.72	12	0/12	持续有氧运动	抗阻运动: 50%~75% 1RM					
			C 56.90±4.93	10	0/10	NE						
			T 53.9±3.39	30	0/30	高强度间歇运动	全力冲刺 (8s)+间歇 12 s 恢复, 60 组	3	20	8周	①	3
Ho等 ^[63]	澳大利亚	超重女性	C 53.2±3.07	30	0/30	NE						
			C 70.9±8.3	23	17/6	NE						

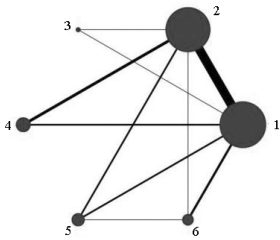
注:①心率;②LVEF;③SDNN;④LF/HF。NE 为不运动;MT 为药物治疗。VO₂max 为最大摄氧量;Wmax 为最大运动负荷;HRmax 为最大心率;RM 为最大重复次数;Borg 评分为呼吸困难程度评分;HRR 为心率储备。

2.4.2 LF/HF 共纳入 3 篇文献^[28,30,49],运动组 3 组,共 66 例;对照组 3 组,共 66 例。 $I^2=0\%$,因此选取固定效应模型进行分析。Meta 分析结果表明:与对照组相比,运动干预对 LF/HF 的影响没有统计学意义($P=0.36$),但通过森林图可以看出运动干预组相较于对照组有改善 LF/HF 的趋势,见

图 6。

3 讨论

对于中老年人来说,运动具有保护心脏的作用^[64],不同运动方式可以在一定程度上改善其心功能,其可能的生物学机制包括:降低交替剪切应力诱导血小板聚集的程度及血小板上血管性血友病因子



1 对照组;2 持续有氧运动组;3 间歇有氧运动组;4 高强度间歇运动组;5 抗阻运动组;6 持续有氧运动结合抗阻运动组

图 1 不同运动方式对中老年人心率影响的网状关系图

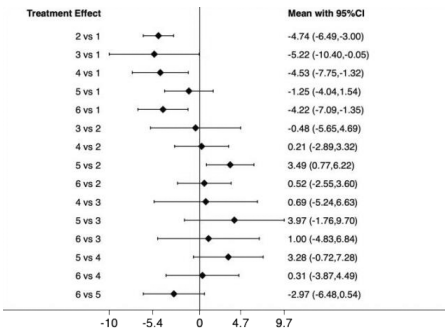


图 2 不同运动方式对中老年人心率影响的两两比较森林图

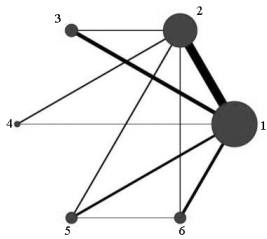


图 3 不同运动方式对中老年人 LVEF 影响的网状关系图

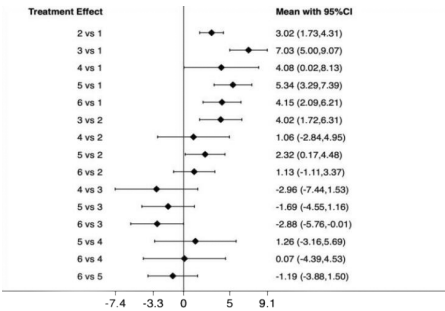


图 4 不同运动方式对中老年人 LVEF 影响的两两比较森林图

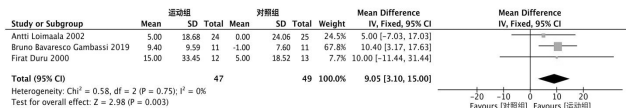


图 5 运动对中老年人 SDNN 影响的 Meta 分析结果

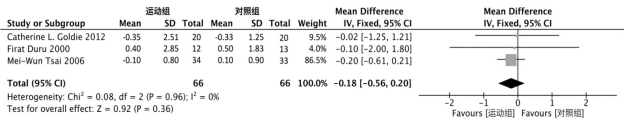


图 6 运动对中老年人 LF/HF 影响的 Meta 分析结果

(vWF)结合和 P-选择素(P-selectin)的表达,从而降低血栓事件风险;逆转心肌梗死引起的自主神经重塑,增强心脏电稳定性;增强心脏副交感神经调节(增加 HRV),使肾上腺素受体恢复到正常的平衡(即降低肾上腺素受体的敏感性和表达),改善心脏的自主调节,使安静心率下降;降低动脉硬度和心肌氧需求,改善内皮功能;改善心肺健康和整体健康状况、预防并发症,降低心血管疾病的发病率和病死率^[65]。本研究结果表明,在降低心率和提高 LVEF 方面,间歇有氧运动是最有效的干预措施;运动干预对升高 SDNN 有良好的作用,对改善 LF/HF 也有一定的效果。间歇有氧运动可以增加每搏量、心输出量、血容量,降低血压,改善心肌功能;运动适应性与耐受性较好,更多受试者可以完成计划的运动,尤其当没有足够有效的运动时间时,间歇有氧运动相比于持续有氧运动是更有效的运动方式;与中等强度持续运动相比,间歇运动可以提高有氧能力、减少心血管疾病的风险因素,更有效地提高运动能力^[66]。此外,本研究结果显示,综合来看高强度间歇运动也是一种较好的改善 LVEF、降低 HR 的运动方式。相关研究表明,高强度间歇运动可以增加线粒体含量,诱导心血管适应,改善心肺耐力,降低心脏代谢风险,减少炎症细胞因子,增加消炎特性,改善运动时机体的氧摄取、起到保护心脏的作用^[65,67]。

本研究结果表明,包含抗阻运动的运动方式在降低安静心率方面效果较差,但在提高 LVEF 方面的效果较好。在降低心率方面效果较差的可能原因是抗阻运动主要改善运动肌群的肌纤维直径,可增加或维持肌肉体积和力量、强化骨骼、预防骨质疏松及相关并发症^[68],持续肌肉收缩也会造成肌肉内部缺氧^[69]。抗阻运动在提高 LVEF 方面的效果较好,可能的机制是抗阻运动可刺激骨骼肌,促进毛细血管数量增加,改善血液循环,提高血氧含量,改善心脏结构;可以在短时间内使外周血管阻力剧增,心输出量略有增加,提高心脏泵血能力;降低心脏僵硬度,增强心室舒张期顺应性,抑制心肌细胞凋亡,降低心肌纤维化程度^[70-71]。

随着年龄增长,HRV 有下降的趋势,运动使交感神经活动增加,迷走神经活动减少^[72];机体通过复杂的新陈代谢以及神经体液调节的变化诱导产生自主神经功能系统的改变,引起机体产生中枢适应。对中老年人进行运动干预可以改善其随年龄增长而出现的 HRV 下降^[73],本研究结果也证实了这个观点。

4 小结

运动可以通过降低安静心率、提高 LVEF、改善 HRV 来改善中老年人的人心功能。本研究评价了不同方式的运动在改善中老年人人心功能方面的作用,综合来看,间歇有氧运动、持续有氧运动、高强度间歇运动、抗阻运动、持续有氧运动结合抗阻运动都能够在一定程度上改善心血管疾病和心血管疾病高风险的中老年人的人心功能,其中,间歇有氧运动对心功能的改善效果更为全面,推荐其作为改善心血管疾病和心血管疾病高风险中老年人人心功能的首选方法。本研究的局限性:某些运动方式符合纳入标准的文献数目不足,一定程度上可能会影响结果的全面性;HRV 相关指标符合纳入标准的文献较少,无法按照运动方式来分类探讨其改善效果,期待未来有更多研究来补充完善,扩充相关的研究结果。

参考文献:

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6): 521-545.
- [2] Heidenreich P A, Trogdon J G, Khavjou O A, et al. Forecasting the future of cardiovascular disease in the United States: a policy statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2011, 123(8): 933-944.
- [3] Francula-Zaninovic S, Nola I A. Management of measurable variable cardiovascular disease' risk factors[J]. Curr Cardiol Rev, 2018, 14(3): 153-163.
- [4] Piepoli M F, Hoes A W, Agewall S, et al. 2016 European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the Sixth Joint Task Force of the European society of cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR) [J]. Eur Heart J, 2016, 37(29): 2315-2381.
- [5] Visseren F L J, Mach F, Smulders Y M, et al. 2021 ESC guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice[J]. Eur Heart J, 2021, 42(34): 3227-3337.
- [6] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 冠心病心脏康复基层指南(2020 年)[J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20(2): 150-165.
- [7] No authors listed. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults[J]. Med Sci Sports Exerc, 1998, 30(6): 992-1008.
- [8] 李佳霖. “有氧+无氧”运动对肥胖女大学生减肥效果影响的实验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [9] Billat L V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training[J]. Sports Med, 2001, 31(1): 13-31.
- [10] 余馨. 抗阻运动对血液透析患者躯体功能和生活质量干预效果的研究[D]. 北京: 中国医学科学院北京协和医学院, 2014.
- [11] 郑江, 汉瑞娟, 张红霞, 等. 高强度间歇训练对 COPD 患者干预效果的 Meta 分析[J]. 护理学杂志, 2022, 37(3): 74-78.
- [12] Stricker P R, Faigenbaum A D, McCambridge T M, et al. Resistance training for children and adolescents[J]. Pediatrics, 2020, 145(6): e20201011.
- [13] 汪洋. Cochrane 偏倚风险评估工具简介[J]. 中国全科医学, 2019, 22(11): 1322.
- [14] Wan X, Wang W, Liu J, et al. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range [J]. BMC Med Res Methodol, 2014, 14: 135.
- [15] 易跃雄, 张蔚, 刘小媛, 等. 网状 Meta 分析图形结果解读[J]. 中国循证医学杂志, 2015, 15(1): 103-109.
- [16] Aksoy S, Findikoglu G, Ardic F, et al. Effect of 10-week supervised moderate-intensity intermittent vs. continuous aerobic exercise programs on vascular adhesion molecules in patients with heart failure [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2015, 94(10 Suppl 1): 898-911.
- [17] Benda N M, Seeger J P, Stevens G G, et al. Effects of high-intensity interval training versus continuous training on physical fitness, cardiovascular function and quality of life in heart failure patients[J]. PLoS One, 2015, 10(10): e0141256.
- [18] Besnier F, Labruno M, Richard L, et al. Short-term effects of a 3-week interval training program on heart rate variability in chronic heart failure. A randomised controlled trial[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2019, 62(5): 321-328.
- [19] Ricca-Mallada R, Migliaro E R, Silvera G, et al. Functional outcome in chronic heart failure after exercise training: possible predictive value of heart rate variability [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2017, 60(2): 87-94.
- [20] Sabelis L W, Senden P J, Te Boekhorst B C, et al. Does physical training increase insulin sensitivity in chronic heart failure patients? [J] Clin Sci (Lond), 2004, 106(5): 459-466.
- [21] Maiorana A J, Naylor L H, Exterkate A, et al. The impact of exercise training on conduit artery wall thickness and remodeling in chronic heart failure patients[J]. Hypertension, 2011, 57(1): 56-62.
- [22] 于莹. 不同运动方式对慢性心衰病人的疗效观察[D]. 天津: 天津医科大学, 2017.
- [23] 王瑶, 丁晓炜. 运动抗阻康复干预对慢性心力衰竭患者心功能、生活质量的影响[J]. 中国基层医药, 2020, 27(23): 2918-2921.
- [24] 薛飞龙. MOTomed 运动疗法对慢性心衰患者心功能的影响[J]. 福建医药杂志, 2015, 37(6): 51-53.
- [25] 孙永静. 有氧运动训练结合护理干预对冠心病合并慢性心衰患者康复的影响[J]. 黑龙江医药科学, 2019, 42(5): 104-105.
- [26] 黄兴清. 抗阻运动在冠心病心力衰竭治疗中的应用研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2017, 9(2): 203-205, 208.
- [27] 杜磊, 王莉. 有氧训练对心肌梗死后合并慢性心力衰竭患者的心肌缺血及心功能影响[J]. 中国现代医生, 2020, 58(11): 9-12.
- [28] Duru F, Candinas R, Dziekan G, et al. Effect of exercise training on heart rate variability in patients with new-onset left ventricular dysfunction after myocardial infarction [J]. Am Heart J, 2000, 140(1): 157-161.
- [29] Ribeiro F, Alves A J, Teixeira M, et al. Exercise training increases interleukin-10 after an acute myocardial infarction: a randomised clinical trial[J]. Int J Sports Med, 2012, 33(3): 192-198.
- [30] Tsai M W, Chie W C, Kuo T B, et al. Effects of exercise training on heart rate variability after coronary angioplasty[J]. Phys Ther, 2006, 86(5): 626-635.

- [31] 高真真,季鹏,夏月清,等.不同强度有氧运动对经皮冠状动脉介入治疗术后患者心功能及运动耐力的影响[J].中国康复医学杂志,2015,30(4):344-348.
- [32] 唐大智,刘涛,陈钻,等.有氧运动对冠心病患者 PCI 术后心功能及运动耐力的影响[J].世界最新医学信息文摘,2017,17(31):191.
- [33] 组小华.不同强度间歇有氧运动对冠心病 PCI 术后患者心功能、运动耐力和生存质量的影响[J].黑龙江医药,2018,31(3):675-676.
- [34] 赵扬.高强度间歇有氧运动对冠心病 PCI 术后患者心功能及运动耐力的影响[J].首都食品与医药,2020,27(18):44-45.
- [35] 杜烨,刘斌.抗阻训练和中等强度有氧运动对经皮冠状动脉介入治疗术后患者心功能及运动耐力的影响[J].中国老年学杂志,2015,35(17):4931-4933.
- [36] Koizumi T, Miyazaki A, Komiyama N, et al. Improvement of left ventricular dysfunction during exercise by walking in patients with successful percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction[J]. Circ J, 2003,67(3):233-237.
- [37] Munk P S, Staal E M, Butt N, et al. High-intensity interval training may reduce in-stent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation:a randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation[J]. Am Heart J, 2009,158(5):734-741.
- [38] 张涤,宋克勤,聂洁莹.运动康复对老年冠心病患者左心功能的影响[J].中国心血管康复医学,1997,6(2):60-61.
- [39] 沈新宇,姜敏辉,倪浩亮.冠心病 27 例经有氧运动后对血脂与心功能的影响[J].交通医学,2015,29(1):52-53.
- [40] 李艳芳,牛青英,王俊莉.个体化有氧运动对高龄冠心病患者心功能、心率恢复及生活质量的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2016,38(1):39-42.
- [41] 周密,李云,钟才秀,等.康复运动治疗对稳定期冠心病患者心功能的影响[J].中国当代医药,2017,24(25):32-35.
- [42] 倪华,袁勇,徐文津,等.有氧运动联合弹性运动治疗冠心病合并心功能不全患者疗效观察[J].世界最新医学信息文摘,2018,18(69):110-111.
- [43] 王玥,李结华,张勇,等.运动康复强度对老年冠心病心功能及血脂的影响[J].安徽医学,2018,39(8):914-917.
- [44] 高月红,邱海燕,陈德芳.弹力带抗阻运动在冠心病患者中的运用[J].南通大学学报(医学版),2019,39(3):174-177.
- [45] 胡军,王雪萍.运动疗法对 II 型糖尿病合并冠心病患者左心功能的疗效观察[J].中华综合医学,2001,2(7):591-592.
- [46] Osbak P S, Mourier M, Henriksen J H, et al. Effect of physical exercise training on muscle strength and body composition, and their association with functional capacity and quality of life in patients with atrial fibrillation:a randomized controlled trial[J]. J Rehabil Med, 2012,44(11):975-979.
- [47] Gambassi B B, Coelho-Junior H J, Dos Santos C P, et al. Dynamic resistance training improves cardiac autonomic modulation and oxidative stress parameters in chronic stroke survivors;a randomized controlled trial[J]. Oxid Med Cell Longev, 2019,2019:5382843.
- [48] 叶荣菊,孙乐山,张琴,等.有氧运动强度对脑卒中合并冠心病患者心功能及运动耐力的影响[J].心血管康复医学杂志,2020,29(5):536-540.
- [49] Goldie C L, Brown C A, Hains S M, et al. Synergistic effects of low-intensity exercise conditioning and β -blockade on cardiovascular and autonomic adaptation in pre- and postmenopausal women with hypertension[J]. Biol Res Nurs, 2013,15(4):433-442.
- [50] Collier S R, Kanaley J A, Carhart R Jr, 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]. J Hum Hypertens, 2008,22(10):678-686.
- [51] Izadi M R, Afousi A G, Fard M A, et al. High-intensity interval training lowers blood pressure and improves apelin and NOx plasma levels in older treated hypertensive individuals[J]. J PhysiolBiochem, 2018,74(1):47-55.
- [52] Jo E A, Cho K I, Park J J, et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on epicardial fat thickness and endothelial function in hypertensive metabolic syndrome[J]. Metab Syndr Relat Disord, 2020,18(2):96-102.
- [53] Ramos R M, Coelho-Júnior H J, do Prado R C R, et al. Moderate aerobic training decreases blood pressure but no other cardiovascular risk factors in hypertensive overweight/obese elderly patients[J]. Gerontol Geriatr Med, 2018,4:2333721418808645.
- [54] Schroeder E C, Franke W D, Sharp R L, et al. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors:a randomized controlled trial[J]. PLoS One, 2019,14(1):e0210292.
- [55] 李晓鲁,戴红艳,何涛,等.运动锻炼对高血压伴单纯左室舒张功能不全患者心功能及血脑钠肽的影响[J].中华健康管理学杂志,2012(1):32-35.
- [56] Moreau K L, Degarmo R, Langley J, et al. Increasing daily walking lowers blood pressure in postmenopausal women[J]. Med Sci Sports Exerc, 2001,33(11):1825-1831.
- [57] 陈为玮,张虹雷,朱小烽,等.不同运动处方干预对中老年 2 型糖尿病患者左室功能与脉搏波传导速度的影响[J].中国老年学杂志,2019,39(5):1107-1110.
- [58] Heiskanen M A, Sjöros T J, Heinonen I H A, et al. Sprint interval training decreases left-ventricular glucose uptake compared to moderate-intensity continuous training in subjects with type 2 diabetes or prediabetes[J]. Sci Rep, 2017,7(1):10531.
- [59] Loimaala A, Huikuri H V, Köbi T, et al. Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes[J]. Diabetes, 2003,52(7):1837-1842.
- [60] da Silva C A, Ribeiro J P, Canto J C, et al. [J]. Diabetes Res Clin Pract, 2012,95(2):237-245.
- [61] Ramos J S, Dalleck L C, Ramos M V, et al. 12 min/week of high-intensity interval training reduces aortic reservoir pressure in individuals with metabolic syndrome;a randomized trial[J]. J Hypertens, 2016,34(10):1977-1987.
- [62] Shabani A, Shabani R, Dalili S, et al. The effect of concurrent endurance and resistance training on cardio-respiratory capacity and cardiovascular risk markers among sedentary overweight or obese post-menopausal women[J]. J Nurs Midwifery Sci, 2018,5(4):123-129.