·综述·

水中运动对老年人心血管疾病干预的研究现状与分析

李静辉,刘畅格*
(天津体育学院体育教育学院,天津 301617)

【摘 要】 随着人口老龄化进程不断加剧,心血管疾病(CVD)已成为威胁老年人群健康的首要公共卫生问题。规律运动是CVD非药物干预的核心措施,但老年群体常因关节病变、跌倒风险较高等因素,难以长期坚持陆地运动干预。水中运动凭借浮力、阻力与静水压等独特物理特性,可为老年CVD患者提供安全有效的运动替代方案。本文系统梳理了水中运动在改善老年CVD患者血压水平、血管功能、血脂代谢、炎症反应及自主神经功能等方面的研究进展,现有研究证实水中运动对多项心血管危险因素均可产生良性调控作用。尽管当前相关研究数量有限,且部分研究存在方法学局限,但现有证据已支持将水中运动纳入老年CVD综合管理体系,可在临床及社区场景中推广应用。

【关键词】 老年人;水中运动;心血管疾病;运动康复
【中图分类号】 R542;R493 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2026.10.158

Research status and analysis of aquatic exercise interventions for cardiovascular diseases in the elderly

Li Jinghui, Liu Changge*
(School of Physical Education, Tianjin University of Sport, Tianjin 301617, China)

【Abstract】 With the accelerating process of population aging, cardiovascular disease (CVD) has become the leading public health issue threatening the health of the elderly. Regular physical exercise serves as a core non-pharmacological intervention for CVD. However, the elderly often struggle to sustain long-term land-based exercise interventions due to joint disorders and elevated fall risks. Leveraging unique physical properties including buoyancy, resistance and hydrostatic pressure, aquatic exercise provides a safe and effective exercise alternative for elderly CVD patients. This article systematically reviews research progress in aquatic exercise in improving blood pressure, vascular function, lipid metabolism, inflammatory response, and autonomic function among elderly CVD patients. Existing studies have confirmed that aquatic exercise exerts beneficial regulatory effects on multiple cardiovascular risk factors. Although the number of relevant studies remains limited and some have methodological limitations, available evidence supports the integration of aquatic exercise into the comprehensive management system for elderly CVD patients, which can be promoted and applied in clinical and community settings.

【Key words】 aged; aquatic exercise; cardiovascular disease; sports rehabilitation
This work was supported by Tianjin Science Popularization Project (24KPXMRC00150).
Corresponding author: Liu Changge, E-mail: 382192087@qq.com

心血管疾病(cardiovascular disease,CVD)是全球范围内致死与致残的首要病因,其死亡占比约达全球总死亡人数的31%,其中85%的死亡由心脏病发作与卒中导致[1]。随着我国人口老龄化进程持续加剧,老年CVD患者的人群规模不断扩大。《中国心血管健康与疾病报告2024》的数据显示,我国CVD流行呈现“高死亡率、高患病率、发病年轻化”的特征,每5例死亡人口中就有2例死于CVD,其死亡率已远超肿瘤与呼吸系统疾病,是威胁我国居民健康的“首要危险因素”[2]。

临床实践中,CVD的干预离不开药物治疗,而规律运动作为非药物干预的核心手段,已被证实可有效降低CVD死亡率、住院率与心肌梗死发生率,同时能够提升患者健康及生活质量,且具备良好的成本效益[3]。在“健康中国”的战略背景下,运动养生理念逐渐获得老年群体的认可,但受关节炎、骨质疏松、肢体功能受限等老年常见健康问题的限制,多数老年人群难以长期坚持陆地运动干预。

水中运动依托水的浮力、阻力、静水压及温热效应等独特的物理特性,可显著降低运动过程中的关节承重负荷,同时为练习者提供全身性温和阻力训练,有效降低跌倒发生风险,为老年人群,尤其是合并运动受限的CVD患者提供了更为安全的运动方案。国外已有多项干预研究证实[4,5],水中运动可

收稿日期:2025-11-14;接受日期:2025-12-17
基金项目:天津市科学技术普及项目(24KPXMRC00150)
通信作者:刘畅格,E-mail:382192087@qq.com

有效改善老年 CVD 患者的身体机能与疾病控制效果[6]。但我国目前关于水中运动干预老年 CVD 的研究仍处于初步探索阶段,仅有少量针对该主题的 meta 分析与系统综述发表。因此,本综述系统梳理现有国内外研究成果,明确水中运动对老年 CVD 的干预价值与临床应用要点,对完善老年 CVD 综合管理体系具有重要的理论与实践意义。

1 水中运动干预老年 CVD 的生理基础与优劣势分析

1.1 生理基础

水中运动的生理效应主要源于水的几项核心物理特性,具体作用机制如下:通过水的浮力可减轻运动过程中的体质量负荷,当水深达到胸部深度时,人体仅需承担约 25%~35%的自身体质量,可大幅降低关节应力,因此该运动方式对合并关节炎、肥胖或下肢肌力不足的老年人群具有良好适用性[7]。水的静水压可对体表产生均匀压力,促进下肢血液与淋巴液的向心性回流,提升中心血容量与心输出量,进而改善机体循环效率[8,9]。水的密度约为空气密度的 800 倍,人体在水中任何方向的运动均会受到温和且持续的阻力,可同时实现肌力、耐力与心肺功能的协同锻炼,且不易引发肌肉过度酸痛或运动损伤[4]。当泳池水温维持在 28℃~32℃区间时,温水环境有助于促进血管舒张、缓解肌肉紧张、提升组织柔韧性[10]。水的核心物理特性对老年人心血管系统的影响机制见图 1。

1.2 与陆地运动相比的独特优势

已有多项研究对比分析了水中运动与陆地运动对老年 CVD 患者的干预效果。Vasić等[11]开展的一项随机对照试验发现,经过 2 周干预后,水中运动组峰值摄氧量(peak oxygen uptake, VO_2 peak)的提升幅度(27.4%)显著高于陆地运动组(15.3%),且水中运动组患者的心脏功能障碍标志物(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP)与血栓形成风险标志物(D-二聚体)水平出现特异性下降,陆地运动组未观察到该变化。上述研究提示,水中运动在改善心肺功能的同时,可能对心脏负荷与凝血功能具有独特的保护效应。

此外,针对合并周围动脉疾病(peripheral artery disease, PAD)患者的一项研究[10,12]结果显示,12 周水中运动训练在降低动脉僵硬度(股踝脉搏波速度,brachialankle pulse wave velocity, baPWV)、改善 6 min 步行距离及腿部肌肉力量方面,效果均优于或等同于陆地训练,且患者的静息心率与血压呈现更显著的下降趋势。水的浮力环境可使 PAD 患者在诱发更少跛行疼痛的前提下完成更高强度的训练,进而获得更佳的训练适应。

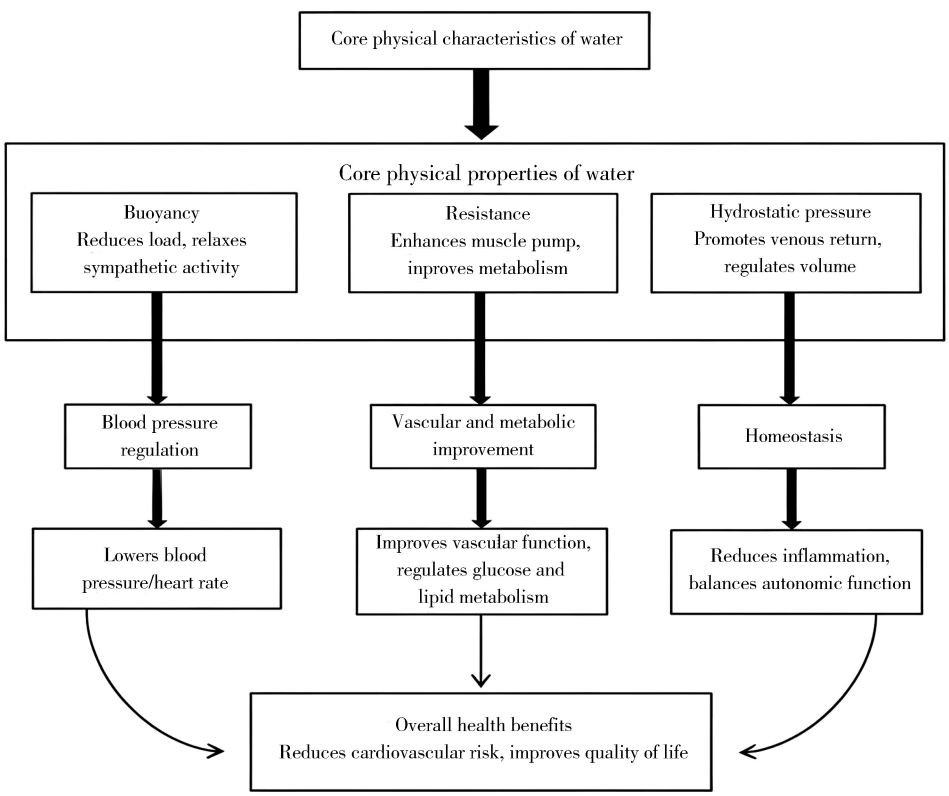


图 1 水的核心物理特性对老年 CVD 的影响机制

Figure 1 Mechanisms of influence of core physical properties of water on geriatric CVD

CVD: cardiovascular disease.

1.3 不同水中运动方案的比较与优化

现有研究已对多种水中运动形式展开探索,包括水中行走、水中有氧操、游泳和水中间歇训练等。Farinha 等[6]的对比研究显示,持续有氧项目在降低血压与炎症标志物方面效果更为突出,而综合项目(有氧+力量)在改善心率、血管结构与功能方面表现更优。Brandão Faíl 等[13]开展的一项中等强度与高强度水中运动对比研究发现,高强度间歇训练在改善血脂谱(降低总胆固醇和甘油三酯)与身体成分(减少脂肪量、增加去脂体质量)方面更具优势。

关于运动参数,多数获得阳性结果的研究采用的方案如下。频率:每周2~3次;时长:每次45~60 min;强度:中等强度(最大心率的60%~75%)或高强度间歇(最大心率的80%~90%);周期:持续干预8~12周以上即可观察到显著效益,该参数可为CVD患者的临床应用提供参考。

1.4 水中运动对老年CVD干预的潜在风险

水中运动过程中可诱发明显的血压波动,水温与环境温度差异过大,或水温偏离适宜范围,均会导致血压出现显著异常改变,该现象在老年CVD群体中尤为突出。部分研究提示[7,14],水温过低会引发外周血管过度收缩,升高血压与心脏负荷;水温过高则可能诱发脱水,导致心率升高,进而加剧心脏负荷;尽管水中运动依托其独特物理特性可帮助老年人群完成大幅度运动,但老年CVD患者的心脏耐受能力较差,若强度管控不当,仍有可能诱发心律失常,已有研究[15]证实高强度运动可能会引发窦性心动过速或心律不齐。

2 水中运动对老年CVD关键风险因素的干预效果

2.1 血压调控

高血压是老年CVD最为常见且关键的风险因素。一项纳入14项随机对照试验的meta分析[16]结果显示,规律开展水中运动可使收缩压(systolic blood pressure, SBP)平均降低8.4 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),舒张压(diastolic blood pressure, DBP)平均降低3.3 mmHg;在高血压患者亚组中,水中运动的降压效果更为显著,可使SBP降低13.4 mmHg,DBP降低4.6 mmHg。

水中运动可显著改善高血压患者的静息血压与静息心率,对运动后低血压也具有一定改善效应[17]。Dunlap 等[18]针对高龄老人[平均年龄(83±7)岁]开展的研究证实,为期8周的中等强度水中运动训练可使受试者SBP降低9 mmHg,脉压降低8 mmHg,该效应对以单纯收缩期高血压为主要表现的老年人群具有明确的临床价值。Kim 等[19]的研究也表明,12周水中运动可使高血压老年女性的SBP下降13.52 mmHg、DBP下降6.6 mmHg、平均动脉压下降13.9 mmHg,同时静息心率下降6.68次/min;Nualnim 等[4]的研究发现,12周游泳训练可降低老年人的静息SBP与动态SBP,且降压效果稳定,具备临床应用意义。

现有流行病学统计数据显示,老年人SBP每降低10 mmHg,可使CVD风险降低20.0%、冠心病风险降低17%、卒中风险降低27.0%、心力衰竭风险降低28.0%,总死亡率降低13.0%[20]。结合上述研究结果可以认为,水中运动可对CVD发挥明确的改善作用。

2.2 血管结构与功能改善

年龄增长是CVD发病的主要危险因素,该效应一定程度上源于大型弹性动脉僵硬度增加,即血管弹性下降、缓冲能力减弱,这类血流动力学特征改变是CVD发生发展的重要病理基础。Fukuie 等[7]的研究发现,即便为低频率(每周1次)的头部出水式水中运动,也可显著降低中老年人的主动脉SBP(下降5 mmHg)、脉压(下降3 mmHg)及近端主动脉僵硬度(heartankle pulse wave velocity, haPWV)。Park 等[12]的研究报道,12周水中运动可使PAD患者的baPWV从12.8 m/s显著降至10.2 m/s。

Nualnim 等[4]发现,12周游泳训练可使50岁以上成年人的颈动脉顺应性提高21%,血流介导的血管舒张功能(flowmediated dilation, FMD)也显著改善,较干预前上升2.4%。Vasić等[11]的研究同样显示,短期(2周)水中运动即可显著提升CVD患者的FMD,较干预前上升2%。Santos 等[21]与 Farinha 等[6]的研究均证实,长期(10~28周)水中持续有氧运动可显著降低老年女性的颈动脉内膜中层厚度(intimamedia thickness, IMT),效应量最高达36.4%,提示水中运动可延缓动脉粥样硬化的结构性进展。

2.3 血脂与血糖代谢调节

增龄会引发血脂与血糖(glucose, GLU)谱恶化,表现为总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、甘油三酯(triglycerides, TG)等指标水平升高,上述指标异常升高是心血管并发症发生的直接诱因[22,23]。

水中运动对血脂与GLU谱具备明确的正向调节作用。周文生等[24]针对水中运动与绝经后妇女

心血管健康关联的 meta 分析指出,水中运动可显著改善绝经后妇女的 TC、空腹血糖(fasting plasma glucose, FG)、SBP、DBP、LDL-C 水平,各指标改善效应分别为:TC 下降 15.48 mg/dl,FG 下降 6.17 mg/dl,SBP 下降 9.31 mmHg,DBP 下降 3.4 mmHg,LDL-C 下降 13.45 mg/dl。Cugusi 等[25]的研究显示,中等强度水中有氧运动可显著降低受试者的 GLU、TC、LDL-C 和 TG 水平。Kim 等[19]与 Costa 等[26]的研究也发现,水中运动可有效改善高血压老年女性的血脂谱,表现为 TG 下降 10.44 mg/dl、TC 下降 15.92 mg/dl、LDL-C 下降 14 mg/dl,高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)上升 9.32 mg/dl。Farinha 等[6]的大样本研究进一步指出,有氧运动与综合运动模式在降低 GLU(下降 5 mg/dl)方面效应尤为显著。

2.4 抗炎与抗氧化效应

慢性低度炎症是 CVD 发生发展的核心环节,多种 CVD 的发生均与促炎细胞因子水平升高相关:促炎细胞因子可通过促进巨噬细胞、脂质负载细胞、T 细胞及其他变性物质在血管壁内膜积聚,推动动脉粥样硬化斑块形成;后续巨噬细胞会释放多种炎症因子,进一步引发组织损伤与炎症级联反应[27]。

Farinha 等[6]的研究发现,经 28 周水中运动干预后,持续有氧组的单核细胞趋化蛋白-1(monocyte chemoattractant protein-1, MCP-1)下降 59.29 pg/ml,巨噬细胞炎性蛋白-1α(macrophage inflammatory protein1 alpha, MIP-1α)下降 38.35 pg/ml。Son 等[28]针对肥胖老年女性的研究也表明,12 周水中运动可有效降低炎症因子白细胞介素-6(interleukin6, IL-6)水平(下降 0.11 pg/ml),同时提升具备血管保护作用的一氧化氮(nitric oxide, NO)水平(上升 1.99 μmol/l)。上述结果提示,水中运动可能通过抗炎与改善内皮功能的多重途径发挥心血管保护效应。

2.5 自主神经功能调节

心脏自主神经功能失衡是 CVD 患者预后的独立预测因子,心迷走神经压力反射灵敏性是反映心血管自主神经调节功能的核心指标,与血管稳态维持密切相关[11]。

Nualnim 等[4]的研究首次证实,12 周规律游泳训练可使既往久坐老年人群的心迷走神经压力反射灵敏性提高 50%,显著增强心血管系统的自主神经调节能力与稳定性。Borut Jug 等[29]开展的为期 2 周水中运动试验表明,即便为短期(14 d)水中运动训练,也可改善特定心率变异性参数,如低频(low frequency, LF)与高频(high frequency, HF)比值升高 0.4、去趋势波动分析短期标度指数(short-term scaling exponent of detrended fluctuation analysis, $DFA\alpha_1$)较基线升高 0.1,提示该运动方式对 CVD 患者安全且具有潜在获益。Vasić 等[11]的研究也观察到水中运动对心率变异性参数的正向改善作用,进一步支持了水中运动在优化自主神经平衡方面的应用价值。

2.6 研究的证据质量评价

为客观评价水中运动干预老年 CVD 相关研究结果的可靠性,本研究基于推荐分级的评估、制定与评价(grading of recommendations assessment, development and evaluation, GRADE)标准,从偏倚风险、不一致性、间接性、不精确性、发表偏倚 5 个核心维度,对本综述纳入的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)与 Meta 分析进行证据质量分级,结果详见表 1。

当前纳入研究的证据质量以中等证据为主,研究结局涵盖血压调控、血管功能改善、糖脂代谢调节等核心方向;仅因运动干预无法实现完全施盲(无盲法设计)对证据质量进行轻微降级后,各研究效应方向一致且样本量充足,可作为临床初步推广水中运动干预的依据。仅 1 项大样本 RCT 为高质量证据[6],该研究证实的“颈动脉 IMT 降低 36.4%”“炎症因子显著下降”“血压下降”等结论可靠性最高,是支撑水中运动改善老年 CVD 患者血管结构的核心证据;另有 1 项 RCT 为低质量证据[11],因该研究干预周期较短(2 周)且样本量未明确报告,其观测到的短期心肺功能改善效应仍需进一步研究验证。

3 水中运动相关研究的不足与未来研究方向

3.1 现有研究的局限性

目前高质量大样本随机对照试验数量相对较少,尤其缺乏以中国老年人群为研究对象的长期水中运动干预研究;不同研究的干预方案在运动形式、强度、频率及周期方面差异较大,尚未形成统一规范的临床运动处方;多数研究对作用机制的探讨深度不足,仅停留在现象观测层面,对水中运动心血管获益的深层分子机制与生理机制挖掘不够充分;此外,由于研究过程需在水中开展,对生理指标监测技术存在一定挑战。

表1 证据质量

Table 1 Evidenc equality

Study ID	Study design	Study population	Key outcomes	GRADE level
Nualnim[4]	RCT	Patients with CVD	Carotid compliance ↑, FMD improvement, cardiovagal tone / baroreflex sensitivity ↑	Moderate
Farinha[6]	RCT	Patients with CVD	Carotid IMT ↓, improvement in BP / lipids / inflammatory factors (MCP-1, MIP-1α)	High
Fukuie[7]	RCT	Patients with CVD	Aortic SBP ↓, pulse pressure ↓, proximal aortic stiffness ↓	Moderate
Vasić[11]	RCT	Patients with recent CHD	Peak VO_2 ↑, NT-proBNP ↓, D-dimer ↓	Low
Park[12]	RCT	Patients with PAD	baPWV ↓, 6-minute walk distance ↑, BP ↓	Moderate
Brandão Faíl[13]	RCT	Including older CVD patients	TC, TG ↓, fat mass ↓, lean mass ↑	Moderate
Igarashi[16]	Meta	Patients with hypertension	SBP ↓, DBP ↓	Moderate
LeiMR[17]	Meta	Patients with hypertension	Resting blood pressure and post-exercise hypotension improved	Moderate
Dunlap[18]	RCT	Older adults (including CVD)	SBP ↓, pulse pressure ↓	Moderate
Kim[19]	RCT	Older women with hypertension	BP ↓, resting HR ↓, lipid profile (TG, TC, LDL-C ↓, HDL-C ↑)	Moderate
Zhou WS[24]	Meta	Older patients with CVD	TC↓、FG↓、SBP↓、LDL-C↓	Moderate
Cugusi[25]	RCT	Older patients with CVD	GLU, TC, LDL, TG ↓	Moderate

GRADE: grading of recommendations assessment, development and evaluation; RCT: randomized controlled trial; CVD: cardiovascular disease; FMD: flow-mediated dilation; IMT: intima-media thickness; BP: blood pressure; MCP-1: monocyte chemoattractant protein-1; MIP-1α: macrophage inflammatory protein-1 alpha; SBP: systolic blood pressure; CHD: coronary heart disease; VO_2: oxygen uptake; NT-proBNP: N-terminal pro-B-type natriuretic peptide; PAD: peripheral artery disease; baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; DBP: diastolic blood pressure; HR: heart rate; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; FG: fasting glucose; GLU: glucose.

3.2 未来研究方向

开展设计更为严谨的多中心大样本随机对照试验,并设置长期随访环节;针对不同类型CVD(如心力衰竭、心房颤动)患者,探索最优的水中运动干预方案;依托可穿戴技术开发适用于水下环境的生理监测设备;进一步揭示水中运动改善血管功能、糖脂代谢与炎症状态的细胞分子机制。

综上,水中运动作为一项安全、舒适且有效的非药物干预手段,可对老年CVD患者血压、血管结构与功能、糖脂代谢、炎症状态及自主神经调节等多个心血管危险因素产生广泛的正向效应。其独特的物理特性,使其成为合并关节炎、肥胖、平衡能力下降或无法耐受陆地运动的老年患者的理想运动选择。

建议在临床与社区康复实践中,将水中运动纳入老年CVD患者的综合管理方案;干预初期需在专业人员指导下开展,根据个体健康状况选择适宜的运动形式与强度,可从水中步行、低强度水中有氧操开始,逐步建立规律的运动习惯,推荐每周2~3次,每次运动45~60 min。未来,通过更为深入的研究与实践积累,有望形成系统化、个体化的水中运动干预指南,为提升我国老年CVD人群的健康水平与生活质量提供有力支撑。

【参考文献】

[1] 世界卫生组织. 心血管疾病[EB/OL]. (2021-06-11)[2025-11-02]. https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-%28cvds%EF%BC%89.

[2] 刘明波, 何新叶, 杨晓红, 等.《中国心血管健康与疾病报告2024》要点解读[J]. 心肺血管病杂志, 2025, 44(9): 899-917. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2025.09.001.

[3] Dibben GO, Faulkner J, Oldridge N, *et al*. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: a meta-analysis[J]. Eur Heart J, 2023, 44(6): 452-469. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac747.

[4] 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]. Am J Cardiol, 2012, 109(7): 1005-1010. DOI: 10.1016/j.amjcard.2011.11.029.

[5] Pereira Neiva H, Brandão Faíl L, Izquierdo M, *et al*. The effect of 12 weeks of water-aerobics on health status and physical fitness: an ecological approach[J]. PLoS One, 2018, 13(5): e0198319. DOI: 10.1371/journal.pone.0198319.

[6] Farinha C, Santos H, Serrano J, *et al*. The impact of aquatic exercise programs on the intima-media thickness of the carotid arteries, hemodynamic parameters, lipid profile and chemokines of community-dwelling older persons: a randomized controlled trial[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(6): 3377. DOI: 10.3390/ijerph19063377.

[7] Fukuie M, Yamabe T, Hoshi D, *et al*. Effect of aquatic exercise

training on aortic hemodynamics in middle-aged and elderly adults[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8: 770519. DOI: 10.3389/fcvm.2021.770519.

[8] Carter HH, Spence AL, Ainslie PN, *et al*. Differential impact of water immersion on arterial blood flow and shear stress in the carotid and brachial arteries of humans[J]. Physiol Rep, 2017, 5(10): e13285. DOI: 10.14623/phrs.2017.0189.

[9] Murry J. Advantages and concerns of aquatic exercise for cardiovascular rehabilitation patients[D]. River Falls: University of Wisconsin-River Falls, 2015.

[10] Park SY, Wong A, Son WM, *et al*. Effects of heated water-based *versus* land-based exercise training on vascular function in individuals with peripheral artery disease[J]. J Appl Physiol, 2020, 128(3): 565-575. DOI: 10.1152/japplphysiol.00744.2019.

[11] Vasić D, Novaković M, Božič Mijovski M, *et al*. Short-term water- and land-based exercise training comparably improve exercise capacity and vascular function in patients after a recent coronary event: a pilot randomized controlled trial[J]. Front Physiol, 2019, 10: 903. DOI: 10.3389/fphys.2019.00903.

[12] Park SY, Kwak YS, Pekas EJ, *et al*. Impacts of aquatic walking on arterial stiffness, exercise tolerance, and physical function in patients with peripheral artery disease: a randomized clinical trial[J]. J Appl Physiol, 2019, 127(5): 940-949. DOI: 10.1152/japplphysiol.00209.2019.

[13] Brandão Faíl L, Gil MH, Pereira Neiva H, *et al*. Effects of 12-week moderate-intensity *versus* high-intensity water-aerobic training on physical fitness, cardiovascular health, and well-being in adults and older adults: a pragmatic randomized controlled trial[J]. Health Sci Rep, 2024, 7(12): e70223. DOI: 10.1002/hsr2.70223.

[14] Meyer K, Schmid A, Steinacker JM, *et al*. Haemodynamic and arrhythmic effects of moderately cold(22 degrees C) water immersion and swimming in patients with stable coronary artery disease and heart failure[J]. Eur J Heart Fail, 2009, 16(6): 709-716. DOI: 10.1177/1741826709342277.

[15] Nasuri RM, Yaghoubi M, Sharahi AC, *et al*. The effect of a selected period of exercise in water on cardiovascular risk indicators of overweight elderly men[J]. J Vasc Circ, 2021, 2(3): 129-136. DOI: 10.34172/jvc.2021.25.

[16] Igarashi Y, Nogami Y. The effect of regular aquatic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Eur J Prev Cardiol, 2017, 25(2): 190-199. DOI: 10.1177/2047487317731164.

[17] 类美容, 张红伟, 刘静, 等. 水中运动对高血压患者干预效果的 Meta 分析[J]. 中国护理管理, 2022, 22(4): 583-590. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1756.2022.04020.

[18] Dunlap E, Alhalimi T, McLaurin N, *et al*. Hypotensive effects of aquatic exercise training in older adults[J]. Am J Hypertens, 2023, 36(11): 588-592. DOI: 10.1093/ajh/hpad063.

[19] Kim WC, Choi SL, Kim SW, *et al*. The effects of aquarobics on blood pressure, heart rate, and lipid profile in older women with hypertension[J]. Indian J Sci Technol, 2016, 9(46). DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107177.

[20] Ettehad D, Emdin CA, 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30122-3.

[21] Santos Júnior EA, Suassuna JAS, Melo ABSR, *et al*. High-intensity interval aquatic exercise session promotes post-exercise hypotension in hypertensive elderly: a randomized controlled trial[J]. JEP Online, 2018, 21(1): 149-161. DOI: 10.1249/JEPO.0000000000000732.

[22] 杜佳丽,刘梅林. 老年高血压的病理生理特点[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2011, 10(3): 196199. DOI: 10.3969/j.issn.1671-5403.2011.03.002.

[23] Fittipaldi EODS, Dornelas de Andrade A, Santos ACO, *et al*. Cardiorespiratory performance and acute effect of high-intensity exercise on lipid profile in hypertensive sedentary older adults with and without diabetes mellitus[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2020, 89: 104061. DOI: 10.1016/j.archger.2020.104061.

[24] 周文生, 杨永. 水中运动对绝经后妇女心血管健康影响的 Meta 分析[J]. 中国体育科技, 2019, 55(3): 27-38. DOI: 10.16470/j.csst.2019012.

[25] Cugusi L, Cadeddu C, Nocco S, *et al*. Effects of an aquatic-based exercise program to improve cardiometabolic profile, quality of life, and physical activity levels in men with type 2 diabetes mellitus[J]. PM R, 2014, 7(2): 141-148. DOI: 10.1016/j.pmrj.2013.10.009.

[26] Costa RR, Buttelli AC, Coconcelli L, *et al*. Water-based aerobic and resistance training as a treatment to improve the lipid profile of women with dyslipidemia: a randomized controlled trial[J]. J Phys Act Health, 2019, 16(5): 348-354. DOI: 10.1177/2050312120965752.

[27] Amin MN, Siddiqui SA, Ibrahim M, *et al*. Inflammatory cytokines in the pathogenesis of cardiovascular disease and cancer[J]. SAGE Open Med, 2020, 8: 2050312120965752. DOI: 10.1177/2050312120965752.

[28] Son WM, Sung KD, Cho JM, *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. DOI: 10.1097/GME.0000000000000863.

[29] Jug B, Vasić D, Novaković M, *et al*. The effect of aquatic exercise training on heart rate variability in patients with coronary artery disease[J]. J Cardiovasc Dev Dis, 2022, 9(8): 251. DOI: 10.3390/jcdd9080251.

(编辑: 龚志忠)