



高血压患者运动风险评估体系及其应用现状和存在的问题

赵云, 安佳玮, 李丽琪

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025-0367>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同风险预测模型评估高血压人群10年心血管疾病风险的比较

中华高血压杂志. 2023, 31(10): 929-936 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2023.10.008>

10个月规律性有氧运动联合社区心理护理对更年期综合征伴高血压患者的临床疗效

中华高血压杂志. 2025, 33(9): 848-855 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025-0054>

太极拳与健身操运动对原发性高血压患者自主神经系统的影响

中华高血压杂志. 2024, 32(8): 763-771 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2024.08.010>

有氧跑台运动对自发性高血压大鼠肠道菌群的影响

中华高血压杂志. 2025, 33(4): 360-369 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025.04.010>

预测高血压合并射血分数保留的心力衰竭患者死亡风险的可解释机器学习模型

中华高血压杂志. 2025, 33(5): 434-443 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2024-0357>

高血压与女性性功能障碍患病风险的荟萃分析

中华高血压杂志. 2025, 33(2): 152-162 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025.02.009>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

• 综 述 •

高血压患者运动风险评估体系
及其应用现状和存在的问题

赵云, 安佳玮, 李丽琪

山西医科大学第三医院, 山西白求恩医院(山西医学科学院), 同济山西医院全科医疗科, 山西 太原 030032

摘要: 运动干预是高血压管理的重要非药物手段, 虽能改善血压, 但也可能诱发心血管事件, 尤其未受控患者风险更高, 故科学的运动风险评估是保障运动安全有效的重要前提。本文结合《中国高血压防治指南(2024年修订版)》最新建议, 梳理高血压患者运动风险评估的本土化应用现状、核心工具与分层标准, 构建中国人群特异性评估框架; 重点分析单纯高血压及合并症患者的评估应用要点, 整合人工智能辅助评估、可穿戴设备监测等前沿技术; 明确当前评估体系缺乏统一标准、动态监测不足等问题, 提供临床实操工具与解决方案, 推动运动风险评估与个体化运动处方精准衔接, 为临床实践提供参考。

关键词: 高血压; 运动风险评估; 运动处方; 本土化应用; 临床实操; 可穿戴设备; 人工智能辅助评估

**The exercise risk assessment system for hypertensive patients:
current application and challenges**

ZHAO Yun, AN Jiawei, LI Liqi

Department of General Practice, Third Hospital of Shanxi Medical University, Shanxi Bethune Hospital (Shanxi Academy of Medical Sciences), Tongji Shanxi Hospital, Taiyuan, Shanxi 030032, China

Abstract: Exercise intervention is an important non-pharmacological strategy in the management of hypertension. Although it effectively improves blood pressure control, it may also trigger cardiovascular events, particularly in patients with uncontrolled hypertension who are at higher risk. Therefore, systematic and scientifically grounded exercise risk assessment is a important prerequisite for ensuring the safety and effectiveness of exercise participation. Based on the latest recommendations of the Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Hypertension (2024 revised edition), this paper reviews the current status of localized application, core tools, and stratification criteria for exercise risk assessment in Chinese patients with hypertension, and proposes a population-specific assessment framework tailored to the Chinese population. It further focuses on the assessment strategies for patients with uncomplicated hypertension and those with comorbid conditions, and integrates emerging technologies such as artificial intelligence-assisted evaluation and wearable device monitoring. In addition, this review identifies key limitations in the current assessment system, including the lack of standardized criteria and insufficient dynamic monitoring. Practical clinical tools and solutions are provided to facilitate implementation. This work aims to promote the precise integration of exercise risk assessment with individualized exercise prescription, thereby providing a reference for clinical practice.

Keywords: hypertension; exercise risk assessment; exercise prescription; localized application; clinical practice; wearable devices; artificial intelligence-assisted assessment

运动是高血压管理中安全且经济有效的非药物干预措施^[1-2], 其获益来自有氧运动与抗阻运动的合理选择^[3-4]。其中有氧运动可通过改善血管弹性、降低外周阻力稳定血压^[4-5], 抗阻运动能增强心肌功能、调节代谢指标^[6], 二者单独或联合进行均能带来心血管健康益处。然而, 对于高血压人群, 未识别的异常血压反

应、合并隐匿性心血管疾病、强度过高的运动, 或降压药物与运动的协同/拮抗作用, 均可能导致血压异常升高和急性心血管事件发生^[7-8], 还可能诱发关节或肌肉损伤^[9]。因此, 高血压患者运动风险评估已成为其运动管理的核心前置环节。目前已形成涵盖血压特征、生物标志物、靶器官损害等多维度的临床评估体系^[10], 结合风险分层标准与分层评估流程, 为个体化运动处方制定提供科学支撑^[11-12]。尤其在《中国高血压防治指南(2024年修订版)》发布后, 评估体系需进一步贴

合中国人群特征与临床实际^[13],通过明确运动安全阈值、动态监测方案及分层管理策略^[14],有效降低运动相关心血管事件风险,其在体医融合场景中的应用逐步普及但仍需规范化落地^[15-16]。

本文聚焦中国高血压患者运动风险评估本土化应用,梳理核心评估工具与标准,构建整合式评估框架,分析单纯高血压及合并症患者评估应用要点,明确现存问题并提出解决方案,为临床实践与研究提供参考,推动运动风险评估安全有效应用于高血压运动管理。

1 高血压患者运动风险评估

1.1 核心概念 高血压患者运动风险评估是运动前系统分析其健康状况、血压控制水平(含清晨高血压、运动性血压波动)、心血管危险因素、靶器官损害、合并症及运动习惯,结合降压药使用情况,为制定个体化运动处方提供依据,保障运动安全有效的前置环节^[17-19]。

1.2 评估意义 高血压长期可致左心室肥厚、心力衰竭及血管内皮损伤、血管壁增厚等心血管损害^[19-21],增加运动中心绞痛、心肌梗死等不良事件发生风险^[13, 22]。针对中国患者高合并代谢异常、高盐饮食的特征^[23],科学的运动风险评估可精准识别盐敏感性相关风险、运动性高血压等特异性危险因素,提升运动安全性和健康获益^[24-25],提高患者运动依从性与可持续性,延缓疾病进展、改善远期预后^[22, 25],减轻医疗经济负担^[26]。

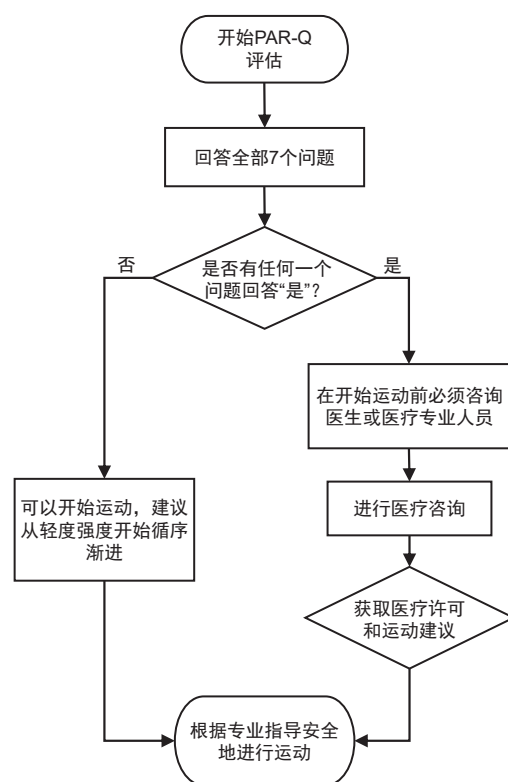
1.3 中国人群特异性特征 中国高血压患者呈现出一定的流行病学特征差异:高盐饮食导致盐敏感性高血压占比高,运动性高血压在相关人群中较为常见^[27];同时,大型流行病学调查显示,高血压患者常伴有代谢异常,如糖尿病、血脂异常^[28];老年衰弱高血压、难治性高血压及妊娠期高血压等特殊人群由于病理生理差异和共病风险较高,运动风险评估需针对性调整^[29]。此外,基层医院与三甲医院医疗资源差异显著,评估工具需兼顾专业性与可及性^[30]。

2 中国高血压患者运动风险核心评估工具与标准

2.1 基础临床评估指标 ①血压特征:静息血压、清晨高血压、24 h动态血压及运动峰值血压(运动中血压反应警惕值:收缩压峰值 > 180 mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa)^[31];②生物标志物:血糖、血脂、体重指数、尿蛋白等^[19];③病史与用药:心血管疾病史、合并症(糖尿病、慢性肾脏病等)、降压药类型(如长效钙通道阻滞药需关注运动时序搭配)^[26, 28];④靶器官损害:左心室肥厚、血管内皮功能障碍等^[20-21]。针对中国高盐饮食人群,需强化盐敏感性检测与运动性高血压筛查^[32]。

2.2 关键功能评估工具 心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET):通过逐步递增运动负荷,记录通气、气体交换和心血管系统多维数据,判定心肺、血管、肌肉系统的耐力极限与储备能力^[33]。国内相关研究表明,CPET可用于评估高血压患者的心肺耐力和运动功能状态,并指导运动康复干预,有助于改善血压控制和心肺储备功能^[34]。

体育活动准备问卷(physical activity readiness questionnaire, PAR-Q)是国际通用的运动前健康筛查工具,用于识别是否存在运动禁忌或需进一步医学评估的风险人群^[35-36]。在我国应用实践中,该工具应该结合人群健康特征与慢性病管理需求进行适配性应用,以提高筛查的可操作性与适用性,但其核心筛查框架保持一致。PAR-Q的风险评估流程见图1。



注:PAR-Q为体育活动准备问卷。依据参考文献[35-36]整合绘制。

图1 PAR-Q的风险评估流程

Figure 1 The risk assessment procedure of PAR-Q

2.3 主流风险分层标准与中国适配性调整

2.3.1 美国运动医学会(American College of Sports Medicine, ACSM)风险分层标准 ACSM风险分层标准通过评估个体是否存在已知心血管、代谢或肾脏疾病及其危险因素数量,分为低、中、高三个风险层级^[13, 19]。在我国临床实践中,可以调整的要点:将“高盐饮食(> 5 g/d)”纳入危险因素;血压控制不佳标准调整为“静息收缩压 ≥ 160 mmHg或舒张压 ≥ 100 mmHg”;合并糖

尿病者直接列为中高风险^[32]。分层结果决定运动测试与运动方案的医疗监护强度。

2.3.2 欧洲心脏病学会(European Society of Cardiology, ESC)运动风险评估模型 ESC 模型核心是结合心血管疾病诊断、症状、风险因素与客观功能评估(最大摄氧量、运动中血压变化及心电图)进行分层^[37]。国内应用时,可以补充“夜间血压下降率 < 10%”“尿微量白蛋白/肌酐比值 ≥ 30 mg/g”等中国患者高频靶器官

损害指标,提升风险识别精准度^[38]。

2.3.3 中国高血压患者运动风险分层实操表 该表旨在提供一个专为中国高血压患者设计的、可直接应用于临床或社区指导的运动风险分层操作表格。此表格基于患者的血压控制水平、靶器官损害情况、合并症以及整体心血管风险综合评估,将患者划分为不同的风险层级(低危、中危、高危),见表 1。

表 1 中国高血压患者运动风险分层实操表

Table 1 A practical exercise risk stratification table for Chinese hypertensive patients

风险等级	核心判定标准	评估要点	运动监护要求
低危	血压控制良好(<140/90 mmHg),无靶器官损害,无合并症,危险因素 < 2 项	重点监测静息血压与运动后恢复情况	无需医疗监护,自我监测血压即可
中危	血压控制尚可(140~159/90~99 mmHg),或有 1 项靶器官损害(如左心室肥厚),或合并 1 种代谢疾病	强化心肺运动测试评估与动态血压监测	初期需医疗监护下运动,稳定后自我监测
高危	血压控制不佳(≥ 160/100 mmHg),或合并冠心病/慢性肾病/难治性高血压,或运动中出现心肌缺血	必须完成心肺运动测试与人工智能辅助风险预测	全程医疗监护下运动,动态调整方案

注:危险因素包括吸烟、高盐饮食、肥胖(体重指数 ≥ 28 kg/m²)、缺乏体力活动、家族早发心脏病史、年龄(男性 ≥ 45 岁,女性 ≥ 55 岁)。

3 中国高血压患者运动风险整合式评估框架

结合中国人群特征与《中国高血压防治指南(2024 年修订版)》^[39] 建议,构建“五维整合式评估框架”,明确各维度核心指标与评估流程。

3.1 评估框架核心维度 (1)血压特征维度:静息血压、清晨高血压(≥ 135/85 mmHg)、24 h 血压变异性、运动性高血压/运动后低血压(post-exercise hypotension,

PEH) 筛查^[27, 31]; (2)代谢状态维度:血糖、血脂、体重指数、盐敏感性检测; (3)靶器官损害维度:左心室肥厚、血管内皮功能、尿微量白蛋白; (4)合并症维度:冠心病、糖尿病、慢性肾炎、老年衰弱、妊娠期等特殊状态; (5)运动与用药维度:运动习惯、降压药类型(如β受体阻滞剂对心率的影响)、药物-运动时序搭配。见图 2。

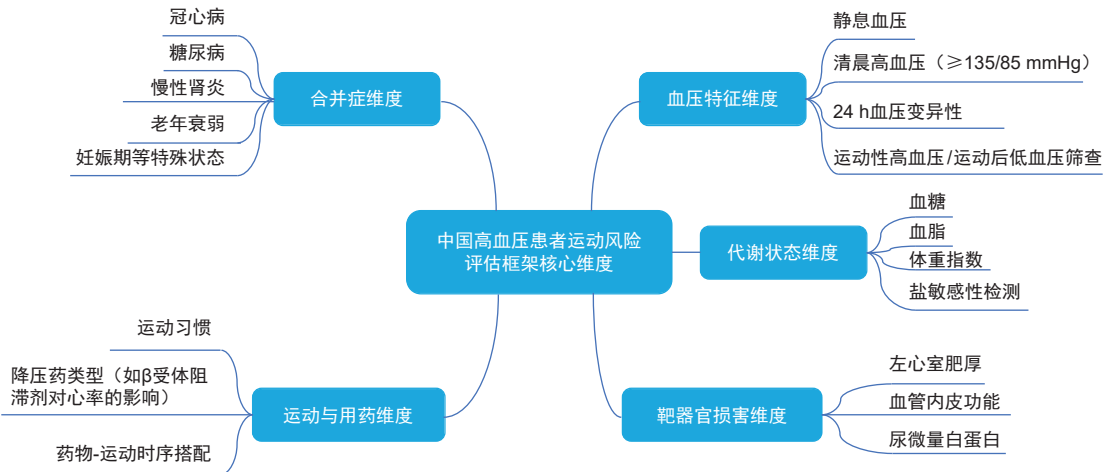


图 2 中国高血压患者运动风险评估框架核心维度

Figure 2 Core dimensions of the exercise risk assessment framework for Chinese hypertensive patients

3.2 标准化评估流程 (1)初筛:采用 PAR-Q 问卷 + 基础血压/生物标志物检测,快速对低、中、高风险进行初判; (2)精评:中高危患者完成 CPET + 动态血压监测 + 靶器官损害评估,结合人工智能辅助风险预测; (3)动态更新:每 3~6 个月复评,根据血压控制情况、

靶器官损害进展及运动适应度调整风险分层。

4 运动风险评估的本土化应用要点

4.1 单纯高血压患者的评估与应用 单纯高血压患者评估核心聚焦血压控制水平与运动性血压反应:

(1)低危患者(血压 <140/90 mmHg, 无危险因素, 评估后可每周进行4~5次中等强度有氧运动(如快走、游泳), 运动强度控制在最大心率的60%~70%, 无需医疗监护^[40];

(2)中危患者(血压140~159/90~99 mmHg, 1~2项危险因素), 从每周3~4次低-中等强度有氧运动起步, 运动中监测血压, 避免运动峰值收缩压 >180 mmHg^[27];

(3)高危患者(血压 ≥160/100 mmHg), 需在CPET评估后, 在医疗监护下开展低强度有氧运动, 逐步提升运动量, 禁止高强度抗阻运动^[22]。

我国基层机构确实在高血压健康管理中开展了分类干预、动态评估等工作, 这是《国家基层高血压防治管理指南2025版》所强调的内容之一^[41]。该手册提出基层机构应对高血压患者开展筛查、随访、分类干预等规范管理工作, 包括血压监测等内容。

4.2 高血压合并症患者的评估与应用

4.2.1 合并冠心病患者 通过CPET、运动负荷试验识别运动诱发心肌缺血风险^[42-43]。运动处方需避免高强度运动, 选择中等强度有氧运动(如太极拳、慢走), 每周3~4次, 每次30 min以内, 运动中监测心电图与血压, 若出现ST段压低需立即停止^[44]。

4.2.2 合并糖尿病患者 评估核心: 血糖波动、无痛性心肌缺血(自主神经病变导致)、低血糖风险^[45-46]。评估手段包括血糖监测、CPET、动态血压监测^[47]。运动处方需选择餐后1~2 h进行中等强度有氧运动, 避免空腹运动, 运动中携带糖果, 每周4次, 每次20~30 min, 结合低强度抗阻训练^[47]。

4.2.3 合并慢性肾脏病患者 评估核心: 肾功能分期、电解质水平、左心室肥厚情况^[48]。评估手段包括24 h动态血压监测、心电图、CPET及肾功能化验^[38]。运动处方需选择低强度有氧运动, 每周3次, 每次20 min, 避免剧烈运动导致钾离子异常释放, 同时监测尿量与血压变化^[49-50]。

4.2.4 特殊人群(老年衰弱、妊娠期、难治性高血压) 老年衰弱高血压: 评估核心为平衡能力、肌肉力量与运动耐受性, 采用“低强度、短时间、多频次”运动方案, 如每日2次15 min慢走+柔韧性训练, 避免跌倒风险^[51]。

妊娠期高血压, 评估核心为血压波动与胎儿安全, 推荐散步、孕妇瑜伽等低强度运动, 每周3~4次, 每次15~20 min, 严格监测运动中血压^[52-53]; 难治性高血压: 评估核心为药物疗效与运动协同作用, 在CPET与人工智能辅助评估后, 制定“中等强度有氧运动+低负荷抗阻训练”联合方案, 每周4次, 每次30 min, 同步调整降压药物时序^[54]。

4.3 不同临床场景的应用差异 三甲医院可开展全面评估(CPET+人工智能辅助预测+多学科会诊), 针

对高危患者制定精细化运动处方; 基层医院采用“简化评估流程”(PAR-Q+基础血压/血糖检测), 推广标准化运动处方模板, 依托远程医疗平台获取上级医院指导^[41]; 社区康复中心聚焦动态监测与随访, 结合可穿戴设备实时监测运动中血压、心率, 及时调整运动方案^[55]。

5 前沿技术在运动风险评估中的应用

5.1 可穿戴设备的本土化应用 可穿戴设备(如具备心电图监测功能的智能手表、动态血压监测手环)可实时监测心率、血压、运动强度, 实现持续无创健康追踪^[55-57]。国内研究指出, 可穿戴设备可用于高血压患者血压的连续监测, 并通过移动互联实现数据远程传输与共享, 辅助慢性病随访与健康管理。该类设备可提高血压监测的连续性与频率, 为临床提供动态变化信息支持, 从而为风险评估与管理决策提供参考依据^[41, 55]。

5.2 人工智能辅助评估技术 人工智能技术可通过机器学习算法综合分析血压、心肺运动试验结果及临床合并症等信息, 为运动风险分层及个体化运动处方制定提供辅助决策支持的潜在技术基础。相关研究表明, 基于临床数据的机器学习模型可用于心血管事件风险预测, 并为精准医学与临床决策支持提供方法学基础^[58-59]。其中运动处方可依据FITT-VP原则制定, 包括运动频率(frequency, F)、强度(intensity, I)、时间(time, T)、类型(type, T)、运动量(volume, V)及运动进阶(progression, P)等要素。通过上述分析可为患者划分运动风险等级, 进而实现从风险评估到个体化运动指导的规范化管理模式。

6 临床实操工具包

6.1 不同风险分层标准化运动处方示例 见表2。

6.2 基层医院简化评估流程表 见表3。

6.3 运动中血压异常应急处理流程图 见图3。

7 现存问题与优化方向

7.1 核心现存问题 (1)现有ACSM、ESC标准适配性不足, 未形成针对中国人群的统一评估框架, 评估指标未充分纳入盐敏感性、清晨高血压等国人常见的危险因素^[32]; 高血压为慢性进展性疾病, 患者临床状况、靶器官损害程度会随时间变化, 单次评估无法反映动态风险^[60-61]; (2)患者认知偏差显著: 部分患者因恐惧风险完全避免运动, 部分患者自行开展高强度运动, 缺乏分层健康教育^[34, 62]; (3)临床落地性不足: 基层医院评估工具匮乏, 特殊人群评估标准空白, 实操流程不明确^[30]; (4)前沿技术普及度低: 智能可穿戴设备与AI评估在基层应用仍有限, 推广不足且缺乏系统本土化数据支持^[41, 55]。

表 2 不同风险分层标准化运动处方示例

Table 2 Sample standardized exercise prescriptions for different risk strata

风险等级	频率(次/周)(F)	强度(I)	时间(min/次)(T)	类型(T)	量(min/周)(V)	进阶(P)
低危	4~5	中等强度(最大心率 60%~70%)	30~45	快走、游泳、骑行	150~300	每2周增加 5~10 min/次
中危	3~4	低-中等强度(最大心率 50%~<60%)	20~<30	慢走、太极拳、低强度抗阻训练	90~150	每3周增加 5 min/次
高危	3	低强度(最大心率 40%~<50%)	15~<20	床边慢走、柔韧性训练	45~60	每4周增加 5 min/次

注:最大心率 = 220 - 年龄。高危患者需医疗监护下进阶。

表 3 基层医院简化评估流程

Table 3 Simplified assessment procedure for primary care settings

评估步骤	操作内容	判定标准	后续行动
1	本土化体育活动准备问卷(PAR-Q)	无禁忌项 有1项及以上禁忌项	进入基础检测 转诊至上级医院
2	基础检测: 静息血压、体重指数、血糖、血脂	血压 < 140/90 mmHg, 无异常指标 血压140~159/90~99 mmHg, 或 1 项异常指标 血压 ≥ 160/100 mmHg, 或 2 项及以上异常指标	低危, 发放标准运动处方 中危, 建议CPET评估 高危, 转诊至上级医院
3	动态随访	每 3 个月复评血压与运动适应度	调整风险分层与处方

注: CPET 为心肺运动试验。

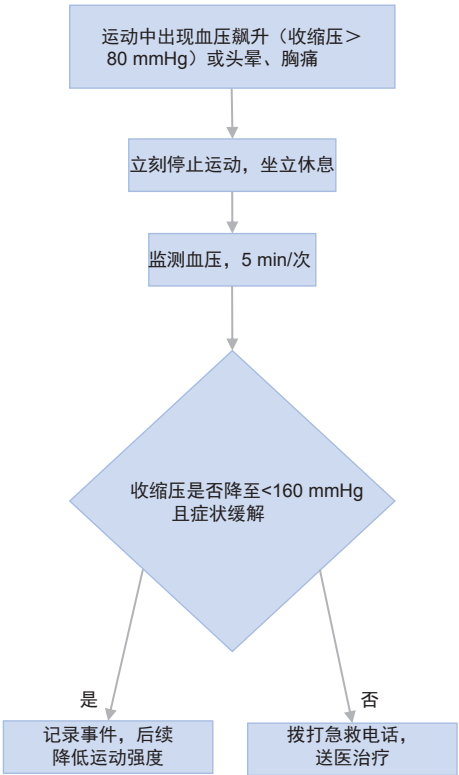


图 3 运动中血压异常应急处理流程

Figure 3 Emergency management protocol for abnormal blood pressure during exercise

7.2 优化方向 (1)结合《中国高血压防治指南(2024 年修订版)》,整合“**五维整合式评估框架**”,明确核心指标与分层标准,修订 PAR-Q 等工具的本土化版本^[39]; (2)依托远程医疗平台,结合可穿戴设备,实现每 3~6 个月自动提醒复评,动态更新风险分层^[55-57]; (3)构建分层级患者教育体系:入门级(普及运动风险

与获益)、进阶级(解读个性化处方)、维持级(指导动态监测),以系统提升患者依从性^[63]; (4)推广简化评估流程与标准化处方模板,通过远程培训提升基层医生评估能力^[30]; (5)推动前沿技术本土化:优化可穿戴设备的中国人群适配性,扩大人工智能模型训练的本土化数据样本,降低技术应用成本^[55-57]。

8 总结与展望

高血压患者运动风险评估是保障运动安全、提升干预效果的核心环节,其发展需紧密贴合中国人群特征与临床实际。当前评估体系已从单一静息血压监测,发展为涵盖血压特征、代谢状态、靶器官损害等多维度,结合可穿戴设备与人工智能技术的整合式评估模式。未来,需进一步完善本土化评估体系,强化动态监测与随访,提升临床实操性;推动可穿戴设备与人工智能辅助评估的基层普及,构建“评估-处方-监测-调整”的闭环管理模式;同时建立多学科综合管理团队(心血管疾病专家、运动处方专家、康复治疗师、营养师、信息技术人员),关注患者心理状态与社会支持,制定个性化运动方案^[30, 63-66]。技术创新与多学科融合将成为改进高血压患者运动风险评估与运动管理的重要方向,最终将实现运动干预的精准化、规范化与本土化。

利益冲突声明 作者声明无任何利益冲突

作者贡献声明 赵云负责文稿的起草与修订、相关文献收集; 安佳玮负责图表设计; 李丽琪负责文章的审阅; 所有作者阅读并认可了稿件的最终版本

参考文献

- [1] Naci H, Salcher-Konrad M, Dias S, et al. How does exercise treatment compare with antihypertensive medications? A network meta-analysis of 391 randomised controlled trials assessing exercise and medication effects on systolic blood pressure[J]. *Br J Sports Med*, 2019, 53(14): 859-869.
- [2] 张燕萍, 张晨韵, 唐姚, 等. 运动干预对中国高血压患者血压影响的荟萃分析[J]. *中华高血压杂志*, 2018, 26(8): 745-753.
- [3] Edwards JJ, Deenmamode AHP, Griffiths M, et al. Exercise training and resting blood pressure: a large-scale pairwise and network meta-analysis of randomised controlled trials[J]. *Br J Sports Med*, 2023, 57(20): 1317-1326.
- [4] 童成成, 贺常萍. 有氧运动和抗阻运动治疗原发性高血压的机制[J]. *中华高血压杂志*, 2018, 26(11): 1084-1089.
- [5] Jabbarzadeh Ganjeh B, Zeraattalab-Motlagh S, Jayedi A, et al. Effects of aerobic exercise on blood pressure in patients with hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized trials[J]. *Hypertens Res*, 2024, 47(2): 385-398.
- [6] MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, et al. Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a Meta-analysis[J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(10): e003231.
- [7] Leischik R, Dworrak B, Strauss M, et al. Special article-exercise-induced right ventricular injury or arrhythmogenic cardiomyopathy (ACM): the bright side and the dark side of the moon[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2020, 63(5): 671-681.
- [8] 赵之光, 陈浩, 张倩, 等. 运动相关心血管事件风险的评估与监测中国专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(7): 659-668.
- [9] Stephenson SD, Kocan JW, Vinod AV, et al. A comprehensive summary of systematic reviews on sports injury prevention strategies[J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(10): 23259671211035776.
- [10] Hespanhol Junior LC, Pillay JD, van Mechelen W, et al. Meta-analyses of the effects of habitual running on indices of health in physically inactive adults[J]. *Sports Med*, 2015, 45(10): 1455-1468.
- [11] Guan R, Li H, Jiao Y, et al. A nonrandomized controlled trial of individualized exercise prescription combined with remote exercise management in patients who are overweight or obese[J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2022, 14(1): 99.
- [12] Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension: the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH)[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(33): 3021-3104.
- [13] 《运动血压监测与管理中国专家共识》专家委员会. 运动血压监测与管理中国专家共识[J]. *中华高血压杂志(中英文)*, 2026, 34(3): 206-217.
- [14] Ferreira MJ, Sebastião E, Pelicioni PHS, et al. Feasible and safe approaches for exercise adherence in hypertension[J]. *Am J Hypertens*, 2024, 37(6): 394-395.
- [15] Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine-evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2015, 25(Suppl 3): 1-72.
- [16] Lobelo F, Rohm Young D, Sallis R, et al. Routine assessment and promotion of physical activity in healthcare settings: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2018, 137(18): e495-e522.
- [17] Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCN a guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(19): e127-e248.
- [18] 陈源源, 王增武, 李建军, 等. 高血压患者血压血脂综合管理中国专家共识[J]. *中华高血压杂志*, 2019, 27(7): 605-614.
- [19] American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription[M]. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2017.
- [20] 陈茂鹤, 林琳, 陈睿, 等. 清晨高血压与靶器官损害及10年动脉粥样硬化性心血管病发病风险的关系[J]. *中华高血压杂志*, 2022, 30(5): 483-487.
- [21] Touyz RM, Alves-Lopes R, Rios FJ, et al. Vascular smooth muscle contraction in hypertension[J]. *Cardiovasc Res*, 2018, 114(4): 529-539.
- [22] Hanssen H, Boardman H, Deiseroth A, 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]. *Eur J Prev Cardiol*, 2022, 29(1): 205-215.
- [23] Chen J. Sodium sensitivity of blood pressure in Chinese populations[J]. *Curr Hypertens Rep*, 2010, 12(2): 127-134.
- [24] Xi Y, Liu X, Chen Y, et al. Exercise prescription in individuals with prehypertension and hypertension: systematic review and meta-analysis[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2024, 25(4): 117.
- [25] Sharman JE, Smart NA, Coombes JS, et al. Exercise and sport science Australia position stand update on exercise and hypertension[J]. *J Hum Hypertens*, 2019, 33(12): 837-843.
- [26] Batalik L, Filakova K, Sladeckova M, et al. The cost-effectiveness of exercise-based cardiac telerehabilitation intervention: a systematic review[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2023, 59(2): 248-258.
- [27] 路玖玖, 张瑜. 运动性高血压研究进展[J]. *中华高血压杂志(中英文)*, 2025, 33(12): 1148-1153.
- [28] Lu J, Lu Y, Wang X, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China: data from 1.7 million adults in a population-based screening study (China PEACE Million Persons Project)[J]. *Lancet*, 2017, 390(10112): 2549-2558.
- [29] 中国老年医学学会高血压分会, 北京高血压防治协会, 国家老年疾病临床医学研究中心. 中国老年高血压管理指南 2023[J]. *中华高血压杂志*, 2023, 31(6): 508-538.
- [30] Chen B, Jin F. Spatial distribution, regional differences, and dynamic evolution of the medical and health services supply in China[J]. *Front Public Health*, 2022, 10: 1020402.
- [31] Kunimatsu N, Tsukamoto H, Ogoh S, et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is a risk of future hypertension even in healthy, normotensive young individuals-potential preventive strategies for this phenomenon?[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(19): 5975.
- [32] Zou T, Yao S, Du MF, et al. Associations of corin genetic polymorphisms with salt sensitivity, blood pressure changes, and hypertension incidence in Chinese adults[J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2021, 23(12): 2115-2123.
- [33] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心肺预防与康复专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会, 等. 心肺运动试验临床应用中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(10): 973-986.
- [34] Lu Q, Lu J, Li C, et al. Cardiopulmonary exercise testing-guided exercise therapy in hypertensive patients: a single center study[J]. *Cardiovasc Ther*, 2024, 2024: 8476971.
- [35] Warburton DE, Gledhill N, Jamnik VK, et al. Evidence-based risk

- assessment and recommendations for physical activity clearance: consensus document 2011[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2011, 36 Suppl 1:S266-98.
- [36] Bredin SS, Gledhill N, Jamnik VK, et al. PAR-Q+ and ePARmed-X+: new risk stratification and physical activity clearance strategy for physicians and patients alike[J]. *Can Fam Physician*, 2013, 59(3): 273-277.
- [37] Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al. 2020 ESC guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2021, 74(6): 545.
- [38] 寇惠娟, 高登峰, 马瑞, 等. 高血压患者血压昼夜节律与早期肾损害的关系[J]. *中华高血压杂志*, 2015, 23(7): 661-666.
- [39] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2024年修订版)[J]. *中华高血压杂志(中英文)*, 2024, 32(7): 603-700.
- [40] 钟优, 顿耀山, 魏文哲, 等. 心血管运动医学指南[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(10): 937-955.
- [41] 国家心血管病中心国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室, 国家基层高血压管理专家委员会. 国家基层高血压防治管理指南 2025 版[J]. *中国循环杂志*, 2025, 40(9): 836-850.
- [42] Crispino SP, Segreti A, Ciancio M, et al. The complementary role of cardiopulmonary exercise testing in coronary artery disease: from early diagnosis to tailored management[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2024, 11(11): 357.
- [43] Hanke D, Memisevic N, Muehle A, et al. Cardiopulmonary exercise testing as a diagnostic marker for exercise-induced myocardial ischemia[J]. *Eur Heart J*, 2025, 46(Suppl 1): ehaf784.1728.
- [44] Carluccio C, Bressan F, Pizzolato M, et al. Exercise stress testing in clinical cardiology: a practical guide to performance and interpretation[J]. *J Clin Med*, 2026, 15(4): 1656.
- [45] Pop-Busui R, Boulton AJ, Feldman EL, et al. Diabetic neuropathy: a position statement by the American Diabetes Association[J]. *Diabetes Care*, 2017, 40(1): 136-154.
- [46] ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, et al. 5. Facilitating positive health behaviors and well-being to improve health outcomes: standards of care in diabetes-2023[J]. *Diabetes Care*, 2023, 46(Suppl 1): S68-S96.
- [47] Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, et al. Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association[J]. *Diabetes Care*, 2016, 39(11): 2065-2079.
- [48] Theodorakopoulou M, Ortiz A, Fernandez-Fernandez B, et al. Guidelines for the management of hypertension in CKD patients: where do we stand in 2024?[J]. *Clin Kidney J*, 2024, 17(Suppl 2): 36-50.
- [49] Palmer BF, Clegg DJ. Physiology and pathophysiology of potassium homeostasis: core curriculum 2019[J]. *Am J Kidney Dis*, 2019, 74(5): 682-695.
- [50] Battaglia Y, Baciga F, Bulghin F, et al. Physical activity and exercise in chronic kidney disease: consensus statements from the physical exercise working group of the Italian Society of Nephrology[J]. *J Nephrol*, 2024, 37(7): 1735-1765.
- [51] Vlietstra L, Fordyce AM, Costa EC, et al. Exercise interventions to improve physical frailty and physical frailty components in older adults with hypertension: a systematic review[J]. *Ageing Res Rev*, 2025, 107: 102714.
- [52] McEvoy JW, McCarthy CP, Bruno RM, et al. 2024 ESC guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension: developed by the task force on the management of elevated blood pressure and hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Endocrinology (ESE) and the European Stroke Organisation (ESO)[J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(38): 3912-4018.
- [53] Skow RJ, Davenport MH, Mottola MF, et al. Effects of prenatal exercise on fetal heart rate, umbilical and uterine blood flow: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2019, 53(2): 124-133.
- [54] Unger T, Borghi C, Charchar F, et al. 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines[J]. *J Hypertens*, 2020, 38(6): 982-1004.
- [55] 刘靖, 刘静, 张宇清, 等. 智能可穿戴设备在中青年血压管理中应用中国专家共识[J]. *中华高血压杂志*, 2022, 30(8): 720-724.
- [56] Dunn J, Runge R, Snyder M, et al. Wearables and the medical revolution[J]. *Per Med*, 2018, 15(5): 429-448.
- [57] Babu M, Lautman Z, Lin X, et al. Wearable devices: implications for precision medicine and the future of health care[J]. *Annu Rev Med*, 2024, 75: 401-415.
- [58] Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence[J]. *Nat Med*, 2019, 25(1): 44-56.
- [59] Kagiya N, Tokodi M, Sengupta PP, et al. Machine learning in cardiovascular imaging[J]. *Heart Fail Clin*, 2022, 18(2): 245-258.
- [60] Nuotio J, Suvila K, Cheng S, et al. Longitudinal blood pressure patterns and cardiovascular disease risk[J]. *Ann Med*, 2020, 52(3/4): 43-54.
- [61] Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH guidelines for the management of arterial hypertension the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA)[J]. *J Hypertens*, 2023, 41(12): 1874-2071.
- [62] McCormack C, Cullivan S, Kehoe B, et al. "It is the fear of exercise that stops me" - attitudes and dimensions influencing physical activity in pulmonary hypertension patients[J]. *Pulm Circ*, 2021, 11(4): 20458940211056509.
- [63] Collado-Mateo D, Lavín-Pérez AM, Peñacoba C, et al. Key factors associated with adherence to physical exercise in patients with chronic diseases and older adults: an umbrella review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(4): 2023.
- [64] Amagasa S, Kojin H, Kamada M, et al. Evaluation of physical activity using smartphones and wearable devices in healthcare: current situation and future perspectives[J]. *Jpn J Public Health*, 2021, 68(9): 585-596.
- [65] Devi DH, Duraisamy K, Armghan A, et al. 5G technology in healthcare and wearable devices: a review[J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23(5): 2519.
- [66] Dhungana RR, Pedisic Z, de Courten M, et al. Implementation of non-pharmacological interventions for the treatment of hypertension in primary care: a narrative review of effectiveness, cost-effectiveness, barriers, and facilitators[J]. *BMC Prim Care*, 2022, 23(1): 298.

收稿日期: 2025-11-02 修回日期: 2026-01-27

录用日期: 2026-02-04 责任编辑: 罗晓惠