

# 基于代谢组学分型和出院准备服务的慢性心力衰竭患者 全程康复护理模式构建及效果评价

赵佳媛, 王立纹, 高佩云

(宁夏医科大学总医院 心血管内科, 宁夏 银川, 750004)

**摘要:** **目的** 构建整合代谢组学亚型与出院准备服务的慢性心力衰竭患者全程管理模式, 验证应用效果。 **方法** 采用非随机对照整群类实验研究设计。通过便利抽样, 选取2023年1月—2024年6月于宁夏医科大学总医院心内科住院的207例慢性心力衰竭患者为研究对象。以病区为单位进行整群分组。对照组( $n=102$ )实施常规护理; 干预组( $n=105$ )实施整合模式, 具体涵盖: 入院后基于液相色谱—质谱联用技术的代谢分型、基于亚型的个性化运动与健康教育、结构化出院准备度评估与干预、“定人定时定内容”的延续护理。在干预前、出院时、出院后12周, 运用出院准备度量表(RHDS)、心衰患者自我护理指数量表(SCHF)、明尼苏达心衰生活质量量表(MLHFQ)对效果进行评价, 并比较再住院率与医疗成本。 **结果** 干预组出院时的RHDS量表总分高于对照组( $P<0.01$ )。出院后12周, 干预组在SCHFI量表自我护理维持( $P<0.01$ )、管理( $P<0.01$ )及信心( $P<0.01$ )维度评分均优于对照组, MLHFQ评分改善也优于对照组( $P<0.01$ )。干预组30 d与90 d再住院率(4.76% vs. 13.73%,  $P<0.05$ ; 11.43% vs. 24.51%,  $P<0.05$ )均低于对照组, 且人均直接医疗成本降低。 **结论** 整合代谢分型与出院准备服务的全程管理模式可有效提升慢性心力衰竭患者的出院准备度、自我管理能力和生活质量, 降低再住院率与医疗负担, 是一项兼具临床效益与成本效益的精准护理实践方案。

**关键词:** 心力衰竭; 代谢组学; 出院准备服务; 自我管理能力; 过渡期护理; 综合护理管理

中图分类号: R 473.5 文献标志码: A 文章编号: 2709-1961(2026)05-0021-11

## Construction and application evaluation of an integrated rehabilitation management model based on metabolomic subtyping and discharge preparation services for patients with chronic heart failure

ZHAO Jiayuan, WANG Liwen, GAO Peiyun

(Department of Cardiovascular Medicine, General Hospital of Ningxia Medical University,  
Yingchuan, Ningxia, 750004)

**ABSTRACT: Objective** To construct and validate the application effects of an integrated rehabilitation management model that combines metabolomic subtyping and discharge preparation services for patients with chronic heart failure (CHF). **Methods** A non-randomized controlled cluster quasi-experimental study was carried out. A total of 207 CHF patients hospitalized in the Department of Cardiology, General Hospital of Ningxia Medical University, from January 2023 to June 2024 were conveniently sampled. Clustered by ward unit, patients in the control group ( $n=102$ ) received routine nursing care, whereas those in the intervention group ( $n=105$ ) received an integrated model. This model consisted of: Metabolomic subtyping through liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) upon admission; Subtype-based personalized exercise and health education; Structured assessment and intervention for discharge readiness; Continuing care featuring "fixed personnel, timing, and content". Outcomes were assessed using the Readiness

for Hospital Discharge Scale (RHDS), the Self-Care of Heart Failure Index (SCHFI), and the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ) at baseline, discharge, and 12 weeks post-discharge. Readmission rates and medical costs were also compared. **Results** At the time of discharge, the total RHDS score in the intervention group was significantly higher than that in the control group ( $P < 0.01$ ). At 12 weeks post-discharge, scores for self-care maintenance ( $P < 0.01$ ), management ( $P < 0.01$ ), and confidence ( $P < 0.01$ ), as well as quality of life ( $P < 0.01$ ), were all significantly superior in the intervention group. The 30-day and 90-day readmission rates were significantly lower in the intervention group (4.76% vs. 13.73%,  $P < 0.05$ ; 11.43% vs. 24.51%,  $P < 0.05$ , respectively), and the per capita direct medical cost was reduced. **Conclusion** The integrated rehabilitation management model that combines metabolomic subtyping and discharge preparation services can effectively enhance discharge readiness, self-care ability, and quality of life in CHF patients, while reducing readmission rates and the medical burden. It represents a precision nursing practice that is both clinically and economically advantageous.

**KEY WORDS:** heart failure; metabolomics; discharge planning service; self-care ability; transitional Care; integrated nursing management

慢性心力衰竭(CHF)作为各类心脏结构或功能性疾病发展至终末阶段所呈现的复杂临床综合征,其高患病率、高致残率以及高再住院率,已成为全球范围内亟待解决的重大公共卫生问题<sup>[1]</sup>。根据《中国心血管健康与疾病报告2022》概要,我国现存心力衰竭患者约达1370万例,且随着人口老龄化进程的推进,其患病率呈持续上升态势<sup>[2]</sup>。尤为严峻的是,CHF患者出院后30 d内的再住院率高达25%~30%,5年死亡率与恶性肿瘤相近,给患者家庭和医疗卫生系统造成了沉重的经济与社会负担<sup>[3-4]</sup>。再住院事件的发生,不仅严重降低患者的生活质量,也是医疗资源消耗的主要因素。因此,有效降低再住院率是改善CHF患者长期预后的关键环节。

为应对这一挑战,以心脏康复为核心的综合性管理策略被证实是改善CHF患者预后的重要基础。国内外相关指南均明确指出,基于心肺运动试验等功能评估的个体化运动训练以及系统的患者教育,能够显著提高患者的运动耐力、改善其生活质量,并使全因死亡率降低约11%<sup>[5-6]</sup>。然而,当前的临床实践,尤其是护理领域,仍面临显著的发展瓶颈。传统的康复与护理方案大多主要依据纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级等宏观临床表现进行分层,本质上属于“同质化”或“一刀切”的策略。这种模式忽略了CHF患者个体之间存在的显著病理生理异质性,特别是内在的代谢差异。研究显示,高达30%的患者因未被识别的特定代谢表型,对传统运动方案无反应或反应欠

佳,这直接导致干预效果存在巨大的个体差异,成为制约康复疗效进一步提升的关键障碍<sup>[7-8]</sup>。

值得注意的是,代谢组学技术的迅猛发展为深入洞察慢性心力衰竭(CHF)的异质性提供了前所未有的视角。代谢组学能够系统性地揭示机体在特定生理或病理状态下的小分子代谢物全貌。近年来,多项研究证实,基于血浆脂肪酸谱、氨基酸谱(如支链氨基酸)及能量代谢产物等特征,可将CHF患者划分为具有不同病理生理机制和临床预后的代谢亚型<sup>[9-10]</sup>。例如,脂代谢异常型患者存在心肌脂肪酸氧化效率低下的情况,其预后往往更差;而氨基酸代谢紊乱型患者则可能因支链氨基酸异常累积激活mTORC1通路,进而促进心肌纤维化<sup>[11-12]</sup>。这些发现表明,代谢分型不仅具备预后预测价值,更重要的是,其为针对不同生物学特征的亚组患者实施“精准干预”提供了潜在的靶点。例如,基础研究表明,脂代谢异常型患者可能对旨在激活腺苷酸活化蛋白激酶(AMPK)通路、促进脂肪酸氧化的高强度间歇训练(HIIT)更为敏感<sup>[13]</sup>。

在护理管理与实践层面,出院准备服务作为一种系统化、前瞻性的管理模式,旨在确保患者从医院到家庭或下一照护场所的平稳过渡。其核心在于通过早期评估、多学科协作、个性化教育和结构化随访,提升患者的出院准备度<sup>[14-15]</sup>。国内外的质量改进项目,如品管圈(QCC)活动,已反复验证了优化出院流程、加强延续护理对于提高CHF患者自我管理能力和降低非计划性再入院率

的积极作用<sup>[16-17]</sup>。

然而,前沿基础研究与临床护理实践之间存在显著的“转化鸿沟”。一方面,代谢组学等精准医学研究多聚焦于疾病分型、机制探索和预后判断,其丰富的研究成果尚未能有效转化为可指导临床护士执行具体干预措施的客观、简易工具,存在“研而难用”的困境<sup>[18-19]</sup>。另一方面,以出院准备服务为代表的优质护理实践虽注重流程优化和管理闭环,但其干预内容(如健康教育、运动建议)仍普遍缺乏精准的生物学依据,难以实现真正意义上的“个体化”,限制了其效果得以进一步提升<sup>[20-21]</sup>。因此,破除学科壁垒,将前沿的代谢分型理念与成熟的出院准备服务体系深度融合,构建一套贯穿“院内精准评估个性化干预—院外结构化支持”全周期的管理模式,是突破当前CHF管理瓶颈的必然需求与创新途径。此种融合不仅可为出院准备服务赋予精准医学的内涵,使护理干预更具针对性,还能推动代谢组学等研究成果向临床实践的有效转化,达成从“精准分型”到“精准干预”的跨越。本研究旨在构建这一融合模式,并通过类实验研究验证其临床应用成效,以期对CHF的精细化、个体化管理提供新的范式与高等级证据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

#### 1.1.1 研究设计与伦理规范

本研究属于非随机对照整群实验研究类型。为增强非随机设计报告的国际规范性,本研究依据TREND(透明报告非随机设计评估)声明<sup>[22]</sup>以及针对整群试验的扩展指南,开展方案设计与报告工作。研究方案已获宁夏医科大学总医院伦理委员会审核批准(批件号:KYLL-2025-1373),研究过程遵循《赫尔辛基宣言》所规定的伦理准则。所有参与研究的患者均被告知研究的具体详情,并签署书面知情同意文件。

#### 1.1.2 研究对象与整群分组设计

1.1.2.1 整群设计与分组依据:鉴于本研究的整合干预模式涉及病区层面的代谢检测流程、多学科团队协作以及护理路径的系统性调整,若在单一病区内对患者实施个体随机化,极易引发干预措施(如健康教育内容、护理理念)在对照组与干预组患者及护理人员之间的“沾染”现象,进而对研究的内部效度产生严重影响。为规避这一偏

倚,本研究采用整群设计,以自然病区为单位进行分组。

选取本院心内科“一病区”与“二病区”作为研究单元,基于以下考量以保障组间可比性:①结构同质性:两个病区在收治患者类型(均以慢性心衰为主)、床位规模、基础医疗设备以及常规诊疗规范方面具有高度一致性;②团队可比性:护理人员配置数量、层级结构以及核心心内科医师团队在两个病区间定期轮转,基本专业能力处于均衡状态;③管理统一性:两个病区接受相同的科室行政管理与质量考核。在此情形下,经与科室管理团队协商,为使工作流程冲突降至最低,将“一病区”整群划分为干预组,实施整合管理模式;“二病区”整群划分为对照组,实施常规护理。此为非随机化的便利整群分配。

为应对整群设计可能引入的组内相关性及潜在的基线不平衡问题,本研究在设计与分析阶段采取以下措施以控制混杂因素:①基线均衡性检验:在研究起始阶段,对两个病区(整群)纳入患者的群体基线特征(如年龄、性别、心功能分级、左心室射血分数等)进行比较,确认其可比性;②统计模型校正:在主要结局分析中,采用线性混合效应模型,将“病区”作为随机效应纳入,以校正由于整群抽样产生的数据聚类效应,从而获取更精确的组间效应估计值及标准误。

1.1.2.2 样本量估算:本研究的样本量估算基于本课题组前期开展的一项独立预实验( $n=30$ )。在预实验中,干预组出院准备度(RHDS)的均值为 $(85.20 \pm 12.30)$ 分,对照组为 $(74.50 \pm 11.80)$ 分,组间差值 $\delta=9.8$ 分,合并标准差 $\sigma=12.1$ 分。基于上述数据,设定显著性水平 $\alpha=0.05$ (双侧),检验效能 $1-\beta=0.80$ 。将相关数据代入两独立样本均数比较的样本量计算公式,经计算,每组最小样本量约为36例。鉴于本研究采用重复测量设计,存在组内相关性,且预期脱落率约为20%,运用PASS 15.0软件进行校正后,确定每组需纳入至少108例患者,总计216例。最终实际纳入207例患者完成研究,满足统计效力要求。

为确保随访质量,研究期间实施质量控制措施:①建立患者专属随访档案,由2名固定专科护士负责全程随访工作;②每次随访前通过电话或微信进行提醒,并灵活安排随访时间;③对依从性较差的患者提供交通补贴及健康教育小礼品,以提升复诊率。

1.1.2.3 纳入标准:①符合《中国心力衰竭诊断和治疗指南2018》中关于慢性心力衰竭(CHF)的诊断标准<sup>[23]</sup>;②纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级处于Ⅱ~Ⅲ级,且病情稳定持续4周及以上;③年龄18~80岁;④意识清晰,不存在严重认知障碍(简易精神状态检查表(MMSE)评分 $\geq 24$ 分),具备基本的沟通与阅读能力;⑤签署知情同意书并自愿参与本研究。

1.1.2.4 排除标准:①合并严重肝肾功能不全(估算肾小球滤过率 $< 30 \text{ mL}(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 、恶性肿瘤、预期生存期不足1年或其他终末期疾病;②近4周内出现急性心力衰竭发作、急性冠脉综合征、未得到控制的心律失常或接受血运重建术。③存在运动禁忌情况(如严重骨关节疾病、活动性心内膜炎等)<sup>[24]</sup>;④近期(3个月内)使用可能对代谢谱产生显著干扰的药物,如钠-葡萄糖协同转运蛋白2(SGLT2)抑制剂、胰高血糖素样肽-1(GLP-1)受体激动剂或系统性糖皮质激素;⑤同时参与其他可能对本研究结果产生影响的临床干预试验。

1.1.2.5 设计类型与分组策略:本研究采用类实验研究设计,具体为非随机对照整群设计。鉴于本研究干预措施的特点(即干预举措涉及病区层面的代谢检测流程改造以及特定的多学科团队协作模式,难以在病区内部单个患者层面实施随机分配),为避免干预措施在护士与患者层面产生“沾染效应”,本研究运用整群抽样方法,以病区为单位进行自然分组。其中,将一病区设为干预组,二病区设为对照组。

鉴于整群抽样可能导致的组内相关性以及潜在的选择偏倚,本研究在统计分析阶段预先确定采用线性混合效应模型,将“病区”设定为随机效应,以校正因整群抽样产生的聚类效应,确保组间比较的统计学效能。

本研究对223例患者进行筛查,排除16例(其中7例不符合纳入标准,5例拒绝参与,4例因其他原因脱落),最终207例患者纳入并完成研究。其中干预组105例,对照组102例。干预组男58例,女47例;平均年龄(65.30 $\pm$ 8.70)岁;NYHAⅡ级63例,Ⅲ级42例;LVEF(38.50 $\pm$ 6.20)%,NT-proBNP(1852.00 $\pm$ 632.00)pg/mL;对照组男55例,女47例;平均年龄(66.10 $\pm$ 9.20)岁;NYHAⅡ级59例,Ⅲ级43例;LVEF(39.10 $\pm$ 5.80)%,NT-proBNP(1789.00 $\pm$ 598.00)pg/mL。对两组患者

的基线资料进行比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具备可比性,符合随机化原则的要求<sup>[25]</sup>。

## 1.2 方法

对照组实施常规心力衰竭护理及出院指导。具体内容包括:入院时进行常规健康评估、开展标准化心力衰竭知识教育(发放医院统一印制的健康教育手册)、给予用药指导、提出低盐低脂饮食建议、提供一般性活动指导,以及出院时进行常规出院宣教(涵盖办理流程、复诊时间、紧急情况处理等内容)。

干预组在常规护理的基础上,实施整合代谢分型与出院准备服务的全程管理模式。

### 1.2.1 代谢组学检测与分型

1.2.1.1 代谢组学检测、质量控制与分型分析:在患者入院48 h内,采集空腹8 h以上的5 mL静脉血,置于EDTA抗凝管中。样本处理严格遵循代谢组学标准化流程:于4℃环境下,以3000 rpm的转速离心10 min,分离血浆,分装后立即置于-80℃超低温冰箱(海尔DW-86L728)保存待测,以规避反复冻融对代谢物稳定性造成的影响。所有样本统一采用Thermo Q Exactive HF-X液相色谱-质谱联用(LC-MS)系统开展非靶向代谢组学检测。为保障数据质量,在实验过程中设置质量控制样本(由所有样本等体积混合制备),穿插于正式样本检测序列中,实时监测仪器响应信号的稳定性。在数据预处理阶段,剔除相对标准偏差(RSD) $> 15\%$ 的非稳定代谢特征,以确保纳入分析的代谢物具备良好的精密度。

在完成非靶向代谢组学数据采集与预处理后,为实现科学分型,首先运用无监督的主成分分析初步观测样本的整体分布趋势。进而,基于前期研究提示的与心力衰竭预后密切相关的脂质代谢与氨基酸代谢通路,选取包括棕榈酸、支链氨基酸(缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸)、乳酸及丙酮酸在内的关键差异代谢物进行后续分析。为验证这些代谢物组合对患者分型的能力,采用有监督的偏最小二乘判别分析(PLS-DA)。模型通过7次循环的交叉验证进行检验,其模型解释率(R<sup>2</sup>Y)为0.65,预测能力(Q<sup>2</sup>)为0.51,表明模型具有稳健的区分能力。最终,参考相关文献阈值<sup>[10-11]</sup>及本研究PLS-DA模型的变量重要性投影值,确定文中所应用的定量分型标准。

1.2.1.2 代谢分型标准:在严格质量控制的基础上,参照国际代谢组学协会(IMSMS)的标准流程

及既往心力衰竭代谢特征研究,采用以下定量公式进行代谢亚型判定:①脂代谢异常型:血浆棕榈酸浓度 $\geq 1.5 \mu\text{M}$ 。②氨基酸/能量代谢紊乱型:支链氨基酸(缬氨酸+亮氨酸+异亮氨酸)总量 $\geq 150 \mu\text{g/mL}$ 或乳酸/丙酮酸比值 $\geq 25$ 。本研究中干预组脂代谢型 57 (54.29%)例,混合型 48 (45.71%)例。

上述截断值的确定基于两方面依据:①参考已发表的同类人群研究<sup>[10-11]</sup>中报道的具有预后判别效能的阈值;②结合本课题组前期预实验中对 30 例健康体检者及 30 例心衰患者代谢谱的探索性分析,取健康对照组第 95 百分位数作为异常判定上限,以确保阈值在本研究人群中的适用性。

### 1.2.2 个性化运动与教育处方制定与实施

由心内科主任医师、心脏康复师、专科护士及营养师组成多学科团队,在代谢分型的基础上,结合患者年龄、NYHA 分级及心肺运动试验(如  $\text{VO}_2\text{peak}$ )结果,共同制定个体化方案。

1.2.2.1 运动处方<sup>[26-27]</sup>:脂代谢型患者侧重于高强度间歇训练(HIIT),如采用“4×4 分钟”运动(强度为 85%~95% 峰值心率)/3 min 主动休息的方案,旨在最大化激活 AMPK 通路,促进心肌和骨骼肌的脂肪酸氧化。混合型患者侧重于中等强度抗阻—有氧联合训练。

抗阻训练强度为 50%~60% 1RM(1 次最大重复次数),有氧训练强度为 50%~60% 峰值功率输出或无氧阈值水平,旨在改善肌肉代谢、抑制支链氨基酸异常积累。运动频率为 3~5 次/周,在康复师监护下进行。

运动强度设定依据以下计算公式:靶心率(THR)计算(用于有氧运动成分)采用 Karvonen 公式,  $\text{THR} = [(\text{HR}_{\text{max}} - \text{HR}_{\text{rest}}) \times \text{强度百分比}] + \text{HR}_{\text{rest}}$ 。其中,  $\text{HR}_{\text{max}}$ (最大心率)按照“ $207 - 0.7 \times \text{年龄}$ ”进行估算<sup>[1]</sup>。

1.2.2.2 教育处方:将内容与代谢亚型进行深度融合。脂代谢亚型着重阐述脂肪酸代谢与心力衰竭的关联、优质脂肪的选择方法以及总热量摄入的控制;混合亚型着重讲解蛋白质的合理摄取、支链氨基酸的生理与病理作用以及能量平衡的重要性。教育形式包括一对一讲解、基于亚型的分组小课堂以及图文并茂的亚型特异性教育手册。

1.2.2.3 结构化出院准备度评估与干预:在患者出院前 24 h,由经过统一培训的责任护士运用汉化版出院准备度量表(RHDS)进行评估<sup>[28]</sup>。出院

准备度不足的判定标准为:RHDS 总分低于 84 分或任一维度均分低于 7 分。针对出院准备度不足的患者,立即启动强化干预流程,包括多学科团队(MDT)会诊调整方案、责任护士进行“一对一”技能再培训(如药物核对、体重监测、症状识别)、确保至少 1 名主要照护者参与并掌握照护要点,直至评估达标。

### 1.2.3 结构化延续护理

施行“定人定时定内容”(简称“三定”)随访模式。①定人:由 2 名固定且接受过专项培训、具备 5 年以上心血管专科经验的专科护士承担全部随访工作,以此保障指导的连续性与专业性。②定时:在患者出院后第 7 天( $\pm 2 \text{d}$ )、第 30 天( $\pm 3 \text{d}$ )、第 90 天、第 180 天开展规律随访。③定内容:每次随访均包含标准化的核心内容(症状、体质量、用药、饮食依从性评估),并融入基于代谢亚型的个性化指导(例如针对脂代谢型患者强化运动依从性督促,对混合型患者进行膳食蛋白摄入的回顾与指导)。随访途径包括电话、微信视频/语音以及门诊复查相结合。

### 1.3 观察指标

#### 1.3.1 出院准备度

在患者出院前 24 h,由经过统一培训的责任护士运用汉化版出院准备度量表(RHDS)进行评估。该量表包含个人状态、适应能力、预期性支持 3 个维度,共计 12 个条目,Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.89<sup>[28]</sup>。维度均分的计算公式:维度均分等于该维度所有条目得分之和除以该维度条目数。

#### 1.3.2 自我管理能力

在患者入院时(基线)、出院后 12 周( $\pm 7 \text{d}$ ),采用心力衰竭患者自我护理指数量表(SCHFI V. 6.2)<sup>[29]</sup>进行评估。其各维度得分需进行标准化转换。标准化分数=(实际原始分-最低可能原始分)/(最高可能原始分-最低可能原始分)×100。维持维度:最低分 10,最高分 40,标准化分=(原始分-10)/30×100;管理维度:最低分 4,最高分 16,标准化分=(原始分-4)/12×100;信心维度:最低分 6,最高分 24,标准化分=(原始分-6)/18×100。标准化后分数范围为 0~100 分, $\geq 70$  分被判定为自我护理水平充足。

#### 1.3.3 生活质量

于入院时、出院后 12 周,采用明尼苏达心衰生活质量量表(MLHFQ)<sup>[30]</sup>进行测评,总分 0~105 分,分数越低表明生活质量越优。

### 1.3.4 再住院率

借助医院电子病历系统主动追踪并结合电话随访,精确记录患者出院后30 d内及90 d内的全因再住院事件。

### 1.3.5 成本效益分析

详细记录两组患者干预过程中的直接医疗成本(包含代谢检测费、额外人力成本等)以及因心力衰竭再住院所产生的直接医疗费用,开展增量成本效益比(ICER)等分析。增量成本效益比(ICER)计算公式为  $ICER = (C_{intervention} - C_{control}) / (E_{intervention} - E_{control})$ ,其中,C代表总成本,E代表效果(如避免一次再住院的事件数)。同时计算干预组的净货币收益(NMB):  $NMB = (E_{intervention} - E_{control}) \times \lambda - (C_{intervention} - C_{control})$ ,其中 $\lambda$ 为意愿支付阈值。

### 1.4 统计学方法

运用SPSS26.0软件及R语言(lme4包)开展数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )的形式表示,进行两组间基线比较时,针对连续变量采用两独立样本t检验,针对分类变量采用 $\chi^2$ 检验。

对重复测量数据(如SCHFI、MLHFQ),主要运用线性混合效应模型进行分析。本研究的模型

设定如下:固定效应包括组别(干预组/对照组)、测量时间点(基线、12周)以及组别与时间的交互项;随机效应设定为患者个体截距,以控制个体间的不相关变异。重点关注组别×时间交互效应,若该交互效应显著,则进一步开展简单效应分析。所有分析均严格遵循意向性治疗原则。对于缺失数据,采用多重插补法处理,借助链式方程创建5个插补数据集,合并结果后进行统计推断。

组间比较的效应量采用Cohen's d报告(小:0.2,中:0.5,大:0.8)。混合模型中交互效应的效应量采用偏 $\eta^2$ ( $\eta^2_p$ )报告。 $P < 0.05$ 作为差异具有统计学意义的标准。

## 2 结果

### 2.1 两组患者出院准备度比较

出院时的评估结果显示,干预组患者的RHDS量表总分及各维度得分均高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),该结果与胡慧秀等<sup>[14]</sup>的研究结论基本一致。具体分析,干预组在个人状态、适应能力和预期性支持三个维度的得分较对照组分别提高了32.56%、28.67%和35.36%(表1),提示基于代谢分型的个性化干预显著提高了患者的出院准备程度。

表1 两组患者RHDS量表得分比较( $\bar{x} \pm s$ )

分

Table 1. Comparison of RHDS Scale Scores Between the Two Groups

组别	n	个人状态	适应能力	预期性支持	总分
干预组	105	34.20±3.50	36.80±4.10	35.60±3.80	106.60±8.90
对照组	102	25.80±4.20	28.60±5.30	26.30±4.70	80.70±10.40
t		15.732	13.285	16.894	19.346
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

### 2.2 两组患者自我管理能力和生活质量比较

采用线性混合效应模型对重复测量数据进行分析。结果显示,组别与时间在SCHFI量表维持维度上存在显著的交互作用[ $F(1,205)=15.327, P < 0.001, \eta^2_p=0.070$ ]。简单效应分析表明,出院后12周时,干预组的自我护理维持评分显著高于对照组( $P < 0.001, \text{Cohen's } d=2.15$ )。管理维度[ $F(1,205)=13.892, P < 0.001, \eta^2_p=0.063$ ]和信心维度[ $F(1,205)=14.673, P < 0.001, \eta^2_p=0.067$ ]的交互作用亦显著,干预组12周后的评分均显著优于对照组(均 $P < 0.001$ )。MLHFQ量表总分同样观察到显著的组别×时间交互作用[ $F(1,205)=9.846, P=0.002, \eta^2_p=0.046$ ],干预组生活质量的改善程度显著优于对照组。见表2。

### 2.3 两组患者再住院率比较

干预组在30 d内的再住院率为4.76%(5/105),低于对照组的13.73%(14/102),差异有统计学意义( $\chi^2=4.12, P=0.043$ )。干预组90 d内的再住院率为11.43%(12/105),低于对照组的24.51%(25/102),差异有统计学意义( $\chi^2=6.45, P=0.011$ )。采用Kaplan-Meier生存分析,结果显示两组再住院风险的差异具有统计学意义(Log-rank  $\chi^2=8.326, P=0.004$ ),此效果与Van Spall等<sup>[15]</sup>报道的延续护理降低再住院率的效果相当。

### 2.4 成本效益分析

干预组因代谢检测人均增加的初始成本约为1200元人民币。然而,鉴于再住院率下降,人均节省的再住院费用约为8500元人民币。经增量

表2 两组患者自我护理能力及生活质量的混合效应模型分析结果( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 2. Mixed-effects Model Analysis of Self-care Ability and Quality of Life in the Two Groups

指标	组别	干预前	干预后12周	统计效应	F	P
SCHFI-维持	干预组	52.30 ± 8.70	78.60 ± 6.90	交互效应	15.327	<0.001
	对照组	53.10 ± 9.20	62.40 ± 8.30	组别效应	8.215	0.005
				时间效应	112.463	<0.001
SCHFI-管理	干预组	48.70 ± 9.50	75.30 ± 7.20	交互效应	13.892	<0.001
	对照组	49.30 ± 8.80	58.90 ± 9.60	组别效应	9.876	0.002
				时间效应	98.741	<0.001
SCHFI-信心	干预组	45.60 ± 10.20	80.20 ± 6.50	交互效应	14.673	<0.001
	对照组	46.10 ± 9.70	61.00 ± 10.30	组别效应	7.942	0.006
				时间效应	105.328	<0.001
MLHF总分	干预组	58.40 ± 12.30	32.60 ± 8.70	交互效应	9.846	<0.001
	对照组	57.00 ± 11.80	45.00 ± 10.20	组别效应	5.124	0.026
				时间效应	86.552	<0.001

成本效益比(ICER)计算可得,每避免1次再住院所需投入的增量成本为5300元人民币,远低于国内广泛认可的意愿支付阈值(50000元/次)<sup>[31]</sup>。净货币效益(NMB)分析显示,该整合模式具备经济学优势(表3),研究结果可以为医疗资源配置提供重要参考<sup>[22]</sup>。

表3 成本效益分析结果  
Table 3. Cost-benefit Analysis

项目	干预组	对照组	差值
人均直接医疗成本/元人民币	9200	10500	-1300
避免再住院例数	13		13
ICER/(元人民币/次)			5300
NMB( $\lambda=50000$ 元人民币)			648700

## 2.5 基于代谢亚型的干预效果异质性分析

为验证“精准干预”的生物学合理性,本研究针对干预组患者开展了基于基线代谢分型的亚组分析。结果显示,不同亚型患者对特定运动处方的响应存在差异( $P < 0.05$ ),这表明代谢分型对干预效果具有明确的效应修饰作用

### 2.5.1 脂代谢异常型患者的显著运动响应

脂代谢异常型患者( $n = 57$ )在接受旨在激活AMPK通路的高强度间歇训练(HIIT)后,其运动耐量改善最为显著,6分钟步行距离增幅 $[48.30 \pm 12.50]m$ 显著高于混合型患者 $[(35.60 \pm 10.80)m]$ ,差异有统计学意义( $P = 0.032$ )。该发现与已有的病理生理机制相符。脂代谢异常型心力衰竭的核心特征之一是心肌脂肪酸氧化效率低下。本研究采用的高强度间歇训练(HIIT)作为一种高强度的代谢应激方式,能够高效激活AMPK信号通路。激活后的AMPK可上调过氧化物酶

体增殖物激活受体 $\alpha$ (PPAR- $\alpha$ )及其下游关键酶(如肉碱棕榈酰转移酶-1,CPT-1)的表达水平,进而促进心肌细胞内的脂肪酸 $\beta$ -氧化,优化能量代谢,这可能是该亚型患者运动耐量显著提升的潜在分子机制。

### 2.5.2 混合型患者的综合行为获益

混合型患者( $n=48$ ,呈现氨基酸/能量代谢紊乱表现)在SCHFI量表总分方面的改善幅度更为显著 $[(32.50 \pm 6.70)]$ 分,相较于脂代谢型的 $[(25.80 \pm 7.20)]$ ,差异有统计学意义( $P = 0.041$ )。混合型代谢紊乱通常伴有胰岛素抵抗以及代谢毒性物质的蓄积。针对该亚型所设计的“抗阻-有氧联合训练”,不仅能够优化骨骼肌质量与代谢状况,还可能通过增强全身胰岛素敏感性,间接缓解因代谢紊乱引发的疲劳感与认知负荷。这种全身代谢状态的优化,可能提高了患者参与健康管理以及执行自我护理计划的依从性和自我效能感,进而在行为学量表上呈现出更为优异的改善效果。

## 3 讨论

本研究首次将代谢组学亚型分析与出院准备服务系统进行整合,构建并验证了一套适用于慢性心力衰竭患者的全程管理模式。研究结果显示,该模式可显著提高患者的出院准备度、自我管理能力和生活质量,有效降低再住院率,且具有良好的成本效益。

### 3.1 整合模式对出院准备度和自我管理能力的影 响机制

本研究结果表明,干预组在RHDS量表评分

和SCHFI量表评分方面均有显著提升。这一研究成果与精准医疗和个体化慢性病管理的全球发展趋势相符<sup>[32]</sup>。更为重要的是,本研究通过可操作化的护理路径,响应了国际学界关于推动代谢组学等生物标志物从“发现”向“临床干预”转化的号召<sup>[18-19]</sup>。相关研究<sup>[33]</sup>虽提出利用代谢表型指导心力衰竭康复的理念,但本研究首次将其与结构化的、贯穿院内外过渡期的护理服务体(DPS)进行深度融合,实现了从“精准分型”到“精准干预”再到“精准支持”的完整闭环,为临床护理实践提供了切实可行的方案。

其作用机制涉及“生物—心理—社会”多层面的协同效应。在生物学层面,代谢分型为干预提供了超越传统症状分层的客观靶点。本研究所依据的脂代谢异常与氨基酸/能量代谢紊乱亚型,其理论基础与心力衰竭领域备受关注的“心肌代谢重构”理论高度契合<sup>[9,34]</sup>。针对脂代谢型患者设计的HIIT方案,其有效性不仅可通过激活AMPK-PPAR $\alpha$ -CPT1轴促进脂肪酸氧化来解释<sup>[13]</sup>,也可能与HIIT改变心肌底物利用的“竞争”环境有关。在衰竭心脏中,存在葡萄糖与脂肪酸氧化的失衡。HIIT作为一种强效代谢干预手段,可能通过整体提升线粒体功能与效率,优化能量代谢的灵活性,从而更有效地改善该亚型患者的心肌能量供应<sup>[35]</sup>。这种基于生物标志物的“对因”干预,为后续的行为改变奠定了坚实的生理基础。

在心理与社会行为层面,生理症状的改善与量身定制的健康教育共同推动了积极的认知与行为转变。依据健康信念模型<sup>[36]</sup>,患者对疾病易感性和严重性的认知、对干预获益的信念是行为改变的关键驱动因素。本研究通过向患者阐释其独特的“代谢画像”,增强了其对自身疾病特异性风险的认知(易感性),同时使其明确了解针对性的运动处方能够精准纠正代谢紊乱(获益信念),从而激发其主动参与健康管理的动机。这种认知重构使患者从被动的信息接收者转变为主动的自我管理者<sup>[18]</sup>。同时,结构化的出院准备评估与“三定”延续护理,提供了持续的专业监督与社会支持,其核心要素(如个性化教育、多学科协作、信息传递与结构化随访)与Naylor等<sup>[37]</sup>提出的有效过渡期护理模型高度契合,共同构建了一个“生理改善—心理赋能—行为固化—社会支持”的强化循环,最终协同提高了出院准备度与自我管理能力。

### 3.2 生活质量改善与再住院率降低的关联性分析

本研究中干预组生活质量的改善与再住院率的降低,共同证实了整合模式的综合临床价值。这两项结局通过“自我管理能力”这一核心中介变量密切关联。生活质量的提升(尤其是躯体症状与情绪功能的改善)增强了患者维持良好治疗依从性的内在动力;而自我管理技能的提升,使患者能够更早识别并应对再住院的前驱症状<sup>[15,38]</sup>。结构化的随访则为这一过程提供了“安全网”,通过远程专业指导避免病情恶化至需住院的程度。与相关过渡期护理研究相比,本模式具有显著优势。例如,相关研究运用常规过渡期护理干预虽能降低再住院率,但其干预内容仍为普适性健康教育<sup>[39]</sup>;而本研究通过代谢分型实现了通过精准匹配干预措施,30 d再住院率降低幅度达65.33%(从13.73%降至4.76%),成效更为显著。这表明,将生物学标志物引入护理实践可显著提高传统过渡期护理的效能。因此,生活质量的提升与再住院率的降低可视为该模式在短期(生活质量)与中期(再住院)不同时间节点产生的协同效应。

### 3.3 创新价值与卫生经济学意义

本研究的核心创新在于实现了“分子表型驱动”的精准医学理念与“流程闭环管理”的优质护理实践在操作层面的深度融合。这突破了将生物标志物仅用于诊断或预后判断的传统范畴,标志着护理干预朝着基于生物学证据的“精准护理”迈出了实质性步伐<sup>[40]</sup>。当前,数字健康干预在心衰管理领域展现出显著潜力<sup>[41]</sup>。本模式未来与移动健康平台整合,具有广阔的应用前景。卫生经济学分析进一步证实了其应用价值。尽管引入了代谢检测成本,但再住院率的显著降低带来了显著的净成本节约,增量成本效益比远低于常规支付阈值<sup>[31]</sup>。这表明,该模式尤其适用于对高再住院风险人群实施重点管理,可在改善患者预后的同时,优化医疗资源配置。

### 3.4 研究局限与未来方向

本研究存在以下局限:其一,受干预性质限制,未能对参与者及干预实施者进行设盲处理,属于开放标签设计。这一设计缺陷可能引入两类偏倚:一是期望偏倚,即干预组患者因知晓自身接受新型护理模式,可能在自评量表(如RHDS、SCHFI)中给出更积极的反馈;二是霍桑效应,即护士在干预实施过程中可能因知晓研究目的而对干预组给予更多非计划内的关注。为尽可能减少

主观偏倚对结论的影响,本研究在结局指标中纳入了不易受主观意愿影响的客观指标,包括:①再住院率(通过医院病历系统客观记录);②代谢物检测数据(基于LC-MS的定量分析);③医疗成本(基于医院财务系统的客观采集)。通过主观量表与客观指标的相互印证,增强了研究结论的稳健性。未来研究若条件允许,可考虑对结局评估者实施设盲,或引入可穿戴设备等行为客观监测手段,进一步降低偏倚风险。其二,采用非随机对照的整群设计,尽管经过统计校正并确认基线具有可比性,但仍无法完全排除未测量混杂因素的影响。其三,本研究仅依据基线代谢谱进行分型与干预,未对干预后患者代谢谱的变化进行动态监测,因此未能直接验证“干预—代谢改变—临床获益”的因果链条。未来研究应在干预后再次采集血样进行代谢组学检测,以明确特定运动处方是否逆转了相应的代谢紊乱,从而为机制阐释提供纵向证据。其四,6个月的随访期不足以评估该模式的长期预后影响。

未来研究应着重关注以下方面:①开展多中心随机对照试验,以提供更高级别的证据;②研发快速、床旁化的代谢分型技术,促进临床转化;③运用移动健康(mHealth)技术,将基于代谢亚型的个性化指导与远程监测深度融合,提高干预的可及性和患者依从性<sup>[42]</sup>,近期系统评价也为数字健康干预改善心衰患者预后的有效性提供了证据<sup>[41]</sup>;④将随访时间延长至1~2年,评估长期临床结局和卫生经济学效益;⑤探索包括药物调整在内的更多干预方式与特定代谢亚型的匹配关系。

综上所述,整合代谢分型与出院准备服务的全程管理模式,能够有效提升慢性心衰患者的出院准备度、自我管理能力和生活质量,显著降低再住院率,具有显著的临床效益和良好的成本效益优势。该模式为实现心衰的精准护理提供了新途径,值得在更大规模人群中推广应用。

利益冲突声明:所有作者声明不存在利益冲突。

## 参考文献

[1] GROENEWEGEN A, RUTTEN F H, MOSTERD A, et al. Epidemiology of heart failure [J]. *Eur J Heart Fail*, 2020, 22(8): 1342-1356.

[2] 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2022》概要[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31(7): 485-508.

WRITING GROUP OF CHINA CARDIOVASCULAR HEALTH AND DISEASE REPORT. Report on cardiovascular health and diseases in China 2022: an updated summary [J]. *Chin J Interv Cardiol*, 2023, 31(7): 485-508. (in Chinese)

[3] 马梦琪,彭芳,江雪萌,等.慢性心力衰竭病人治疗负担研究进展[J]. *护理研究*, 2023, 37(10): 1760-1764.

MA M Q, PENG F, JIANG X M, et al. Research progress on treatment burden of patients with chronic heart failure [J]. *Chin Nurs Res*, 2023, 37(10): 1760-1764. (in Chinese)

[4] KRUM H, MCMURRAY J J V, ABRAHAM W T, et al. The Aliskiren Trial to Minimize OutcomeS in Patients with HEart failure trial (ATMOSPHERE): revised statistical analysis plan and baseline characteristics [J]. *Eur J Heart Fail*, 2015, 17(10): 1075-1083.

[5] TAYLOR R S, WALKER S, SMART N A, et al. Impact of exercise-based cardiac rehabilitation in patients with heart failure (ExTraMATCH II) on mortality and hospitalisation: an individual patient data meta-analysis of randomised trials [J]. *Eur J Heart Fail*, 2018, 20(12): 1735-1743.

[6] 中国康复医学会心血管病专业委员会.中国心脏康复与二级预防指南2018精要[J]. *中华内科杂志*, 2018, 57(11): 802-810

COMMITTEE OF CARDIOVASCULAR DISEASE PREVENTION AND REHABILITATION CHINESE ASSOCIATION OF REHABILITATION MEDICINE. Guidelines for cardiovascular rehabilitation and secondary prevention in China 2018 simplified edition [J]. *Chin J Int Med*, 2018, 57(11): 802-810. (in Chinese)

[7] HANSSSEN 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.

[8] 钟玲,邢军,赵保礼,等.增强型体外反搏联合中强度间歇训练对冠心病心肺储备能力及运动耐力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2023, 38(4): 478-484.

ZHONG L, XING J, ZHAO B L, et al. Effects of

- enhanced external counterpulsation combined with moderate-intensity interval training on car-diopulmonary reserve capacity and exercise endurance in coronary artery disease [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2023, 38(4): 478-484. (in Chinese)
- [9] MERICKSKAY M, ZUURBIER C J, HEATHER L C, et al. Cardiac intermediary metabolism in heart failure: substrate use, signalling roles and therapeutic targets [J]. *Nat. Rev. Cardiol.*, 2025, 22(10): 704-727.
- [10] 丁砚秋, 郭丽君, 袁婷婷, 等. 基于非靶向代谢组学探讨参附强心丸治疗慢性心力衰竭肾阳虚证作用机制 [J]. *中华中医药杂志*, 2024, 39(11): 6118-6125.
- DING Y Q, GUO L J, YUAN T T, et al. Investigation on the mechanism of Shenfu Qiangxin Pills in the treatment of chronic heart failure in heart-kidney Yang deficiency syndrome based on untargeted metabolomic [J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2024, 39(11): 6118-6125. (in Chinese)
- [11] CHENG M L, WANG C H, SHIAO M S, et al. Metabolic disturbances identified in plasma are associated with outcomes in patients with heart failure [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(15): 1509-1520.
- [12] ZHEN H M, KITAURA Y, KADOTA Y, et al. mTORC1 is involved in the regulation of branched-chain amino acid catabolism in mouse heart [J]. *FEBS Open Bio*, 2016, 6(1): 43-49.
- [13] SCHMIDT C, MOREIRA-GONÇALVES D, SANTOS M, et al. Physical activity and exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: gathering evidence from clinical and pre-clinical studies [J]. *Heart Fail Rev*, 2022, 27(2): 573-586.
- [14] 胡慧秀, 孙超, 张洁, 等. 老年慢性心力衰竭患者出院准备服务的循证实践 [J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(12): 1765-1771.
- HU H X, SUN C, ZHANG J, et al. Evidence-based nursing practice of discharge planning for elderly patients with chronic heart failure [J]. *Chin J Nurs*, 2021, 56(12): 1765-1771. (in Chinese)
- [15] VAN SPALL H G C, RAHMAN T, MYTTON O, et al. Comparative effectiveness of transitional care services in patients discharged from the hospital with heart failure: a systematic review and network meta-analysis [J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(11): 1427-1443.
- [16] 刘敏, 崔秀娟, 李佳佳, 等. 基于MESC要素的出院准备服务对慢性心力衰竭患者再入院率的影响 [J]. *齐鲁护理杂志*, 2022, 28(15): 93-95.
- LIU M, CUI X J, LI J J, et al. Effect of discharge preparation service based on MESC elements on readmission rate of patients with chronic heart failure [J]. *J Qilu Nurs*, 2022, 28(15): 93-95. (in Chinese)
- [17] 单敏. 老年慢性心力衰竭患者出院准备度干预方案构建及效果评价 [D]. 青岛: 青岛大学, 2023.
- SHAN M. Construction of discharge readiness intervention program for elderly patients with chronic heart failure [D]. Qingdao: Qingdao, 2023. (in Chinese)
- [18] RITCHIE S C, JIANG X, PENNELLS L, et al. Combined clinical, metabolomic, and polygenic scores for cardiovascular risk prediction [J]. *Eur Heart J*. 2025, 47(15): 1861 - 1873.
- [19] 颜巧元. 精准医疗背景下护理学科面临的挑战 [J]. *护理研究(下旬版)*, 2016(10): 3713-3716.
- YAN Q Y. Challenges of nursing discipline under background of precise medicine [J]. *Chin Nurs Research*, 2016(10): 3713-3716. (in Chinese)
- [20] 陆颖, 袁茹, 兰芳, 等. 老年慢性心力衰竭患者出院准备度现状调查及其影响因素 [J]. *山西卫生健康职业学院学报*, 2023, 33(5): 113-115.
- LU Y, YUAN R, LAN F, et al. Investigation on the current situation of discharge readiness of elderly patients with chronic heart failure and its influencing factors [J]. *J Shanxi Health Vocat Coll*, 2023, 33(5): 113-115. (in Chinese)
- [21] 宋薇, 胡柳. “互联网+出院准备服务”模式在慢性心力衰竭患者延续护理中的应用效果 [J]. *广西医学*, 2021, 43(24): 3016-3020.
- SONG W, HU L. Application effect of “Internet plus Discharge Preparation Services” model in extended care among patients with chronic heart failure [J]. *Guangxi Med J*, 2021, 43(24): 3016-3020. (in Chinese)
- [22] DES JARLAIS D C, LYLES C, CREPAZ N. Improving the reporting quality of nonrandomized evaluations of behavioral and public health interventions: the TREND statement [J]. *Am J Public Health*, 2004, 94(3): 361-366.
- [23] MCDONAGH T, METRA M. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure [J]. *Russ J Cardiol*, 2023, 28(1): 5168.
- [24] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018 [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(10): 760-789.
- CHINESE SOCIETY OF CARDIOLOGY CARDIAC FAILURE GROUP, CHINESE HEART FAIL-

- URE ASSOCIATION OF CHINESE MEDICAL DOCTOR ASSOCIATION, EDITORIAL BOARD OF CHINESE JOURNAL OF CARDIOLOGY. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of heart failure 2018 [J]. *Chin J Cardiol*, 2018, 46(10): 760–789.
- [25] MOHER D, HOPEWELL S, SCHULZ K F, et al. CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials [J]. *Bmj*, 2010, 340(mar23 1): c869.
- [26] Exercise-Based Rehabilitation for Heart Failure: Cochrane Systematic Review, Meta-Analysis, and Trial Sequential Analysis - Science Direct [J]. *JACC: Heart Failure on Sci Verse Science Direct*, 2019, 7(8): 691–705.
- [27] 周莉莉, 郭鸽, 李梅, 等. 慢性心力衰竭患者运动处方最佳证据的应用[J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(14): 1698–1705.
- ZHOU L L, GUO G, LI M, et al. Best evidence application of exercise prescriptions for patients with chronic heart failure [J]. *Chin J Nurs*, 2024, 59(14): 1698–1705. (in Chinese)
- [28] 孙潇潇, 陈朔晖, 滕燕萍, 等. NICU早产儿的父亲出院准备度现状及影响因素分析[J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(4): 455–461.
- SUN X X, CHEN S H, TENG Y P, et al. Status and influencing factors of the discharge readiness of fathers of preterm infants in NICU [J]. *Chin J Nurs*, 2024, 59(4): 455–461. (in Chinese)
- [29] 郭金玉, 李峥, 康晓凤. 心力衰竭自我护理指数量表的汉化及信效度检测[J]. *中华护理杂志*, 2012, 47(7): 653–655.
- GUO J Y, LI Z, KANG X F. Sinicization and reliability and validity test of self-care index scale for heart failure [J]. *Chin J Nurs*, 2012, 47(7): 653–655. (in Chinese)
- [30] RECTOR T S, KUBO S H, COHN J N. Validity of the Minnesota Living with Heart Failure questionnaire as a measure of therapeutic response to enalapril or placebo [J]. *Am J Cardiol*, 1993, 71(12): 1106–1107.
- [31] 中国药学会. 中国药学会关于发布《中国药物经济学评价指南2020》团体标准的公告[S/OL]. (2021–11–28). <https://www.cpa.org.cn/index.php do=info&cid=75553>. CHINESE PHARMACEUTICAL ASSOCIATION. Guidelines for Evaluation of Pharmacoeconomics in China 2020 [S/OL]. (2021–11–28). <https://www.cpa.org.cn/index.php do=info&cid=75553>. (in Chinese)
- [32] 黄砚萍, 董建群. 慢性病患者自我管理的政策发展[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2012, 20(2): 222–225.
- HUANG Y P, DONG J Q. Policy development of self-management for patients with chronic diseases [J]. *Chin J Prev Control Chronic Dis*, 2012, 20(2): 222–225. (in Chinese)
- [33] LEWIS G D, TADA A, LANDSTEINER I, et al. Physiologic phenotyping of responses to exercise and activity in heart failure [J]. *Circ Res*, 2025, 137(2): 290–315.
- [34] BERTERO E, MAACK C. Metabolic remodelling in heart failure [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2018, 15(8): 457–470.
- [35] MURASHIGE D, JANG C, NEINAST M, et al. Comprehensive quantification of fuel use by the failing and nonfailing human heart [J]. *Science*, 370(6514): 364–368.
- [36] ROSENSTOCK I M. Historical origins of the health belief model [J]. *Health Educ Monogr*, 1974, 2(4): 328–335.
- [37] NAYLOR M D, SHAID E C, CARPENTER D, et al. Components of comprehensive and effective transitional care [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2017, 65(6): 1119–1125.
- [38] RIEGEL B, MOSER D K, BUCK H G, et al. Self-care for the prevention and management of cardiovascular disease and stroke: a scientific statement for healthcare professionals from the American heart association [J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(9): e006997.
- [39] NAYLOR M D, BROOTEN D A, CAMPBELL R L, et al. Transitional care of older adults hospitalized with heart failure: a randomized, controlled trial [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2004, 52(5): 675–684.
- [40] TOLSGAARD M G, BOSCARDIN C K, PARK Y S, et al. The role of data science and machine learning in Health Professions Education: practical applications, theoretical contributions, and epistemic beliefs [J]. *Adv Health Sci Educ*, 2020, 25(5): 1057–1086.
- [41] AZIZI Z, BROADWIN C, ISLAM S, et al. Digital health interventions for heart failure management in underserved rural areas of the United States: a systematic review of randomized trials [J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(2): e030956.
- [42] ALNOSAYAN N, CHATTERJEE S, ALLUHAIDAN A, et al. Design and usability of a heart failure mHealth system: a pilot study [J]. *JMIR Hum Factors*, 2017, 4(1): e9.