

音乐疗法在心血管疾病中的研究进展

杜淑珍^{1,2} 韩冰³ 张宁宁⁴ 张钲^{3,5}

(1. 兰州大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘南藏族自治州人民医院心内科, 甘肃 合作 747000; 3. 兰州大学第一医院心内科, 甘肃 兰州 730000; 4. 兰州大学艺术学院, 甘肃 兰州 730000; 5. 甘肃省心血管疾病重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

【摘要】 心血管疾病康复面临焦虑、抑郁、自主神经功能紊乱等挑战。音乐疗法作为非药物干预手段, 有主动与被动模式, 作用机制涉及脑区激活、自主神经调节和神经化学分子分泌, 可改善心血管疾病患者的心理生理状态。在音乐干预方面, 被动模式优于主动模式, 其中聆听节奏为 60~80 拍/min、强度 50~60 dB 的慢节奏舒缓音乐对心脏健康有积极影响, 且视频音乐疗效更佳。此外, 人工智能与生物传感技术可为精准化音乐治疗提供新路径。

【关键词】 音乐疗法; 心血管疾病; 心脏康复; 人工智能; 生物传感器

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2026.01.008

Music Therapy in Cardiovascular Diseases

DU Shuzhen^{1,2}, HAN Bing³, ZHANG Ningning⁴, ZHANG Zheng^{3,5}

(1. *The First School of Clinical Medicine, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China*; 2. *Department of Cardiology, Gannan Tibetan Autonomous Prefecture People's Hospital, Hezuo 747000, Gansu, China*; 3. *Department of Cardiology, The First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China*; 4. *College of Art, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China*; 5. *Gansu Provincial Key Laboratory of Cardiovascular Disease, Lanzhou 730000, Gansu, China*)

【Abstract】 Rehabilitation of cardiovascular disease is confronted with challenges such as anxiety, depression, and autonomic nervous dysfunction. As a non-pharmacological intervention, music therapy has active and passive modes, and its mechanisms involve brain region activation, autonomic nervous regulation, and neurochemical molecular secretion, which can improve the psychophysiological status of cardiovascular disease patients. In terms of music intervention, passive mode is superior to active mode. Listening to slow-tempo soothing music with a rhythm of 60~80 beats per minute and an intensity of 50~60 dB is beneficial for cardiac health, with music videos demonstrating better efficacy. In addition, artificial intelligence and biosensing technology can provide a new path for precision music therapy.

【Keywords】 Music therapy; Cardiovascular disease; Cardiac rehabilitation; Artificial intelligence; Biosensor

心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 严重威胁人类健康, 其发病率和死亡率逐年上升, 成为中国居民首位死亡原因^[1]。尽管传统的药物和手术治疗在 CVD 治疗中取得了一定成效, 但患者在心脏康复阶段仍面临焦虑、抑郁、自主神经功能障碍等问题, 显著影响生活质量与疾病预后。音乐疗法 (music therapy, MT) 作为融合音乐、医学与心理学的交叉学科, 近年来在 CVD 的康复治疗中展现独特潜力。该疗法通过音乐活动调节患者的心理和生理状态, 进而改善心血管健康^[2]。现综述 MT 的定义、作用机制及其在 CVD 中的应用, 分析不同干预模式的疗效差异, 并探讨生物

传感器与人工智能等新兴技术在精准化 MT 中的应用前景, 为 CVD 患者心脏康复提供新思路。

1 MT 的定义与分类

MT 是一种通过参与音乐活动来实现治疗的方法。在两千多年前, 古希腊哲学家毕达哥拉斯就提出用音乐来治疗身体和心理疾病^[3]。MT 主要分为主动音乐疗法 (active music therapy, AMT) 和被动音乐疗法 (passive music therapy, PMT)。AMT 也称为参与疗法, 通过主动参与唱歌、舞蹈、乐器演奏和音乐创作等活动发挥音乐治疗作用; PMT 也称为感受疗法, 是指被动地暴露于音乐中, 通过听音乐达到治疗效果^[4]。MT

对心血管系统产生一系列心理和生理效应,以缓解焦虑和抑郁、减轻疼痛、改善睡眠、稳定血压和心率,进而抑制 CVD 的进展^[3]

2 MT 的作用机制

2.1 音乐对大脑的影响

音乐通过激活特定的大脑区域来引发情感反应,其激活区域受音乐活动类型和对音乐熟悉程度的影响。PMT 参与形式简单,激活较少大脑区域,而 AMT 涉及更复杂精细的大脑活动,激活区域更广泛;熟悉的音乐优先激活与情感记忆相关的额叶下皮层和双侧前颞叶,而陌生的音乐则激活负责新刺激解析和空间处理的左顶叶和双侧颞叶区^[4]。愉悦音乐能激活多巴胺能中脑边缘奖赏通路,唤起积极情绪反应,该通路涉及右侧伏隔核、左侧背侧纹状体、腹内侧额叶皮层、前扣带皮层和杏仁核等区域^[5]。上述这些脑区激活与情绪和新刺激输入的整合有关,通过神经传导调节自主神经系统(autonomic nervous system, ANS)平衡,同时调节神经递质释放和激素分泌,最终通过神经-体液调节机制影响心率、血压等心血管功能指标,从而影响心血管功能。

2.2 音乐对心脏 ANS 的影响

ANS 通过交感神经和副交感神经的相互作用调节心脏生理功能。当 ANS 失衡,交感神经活性增强、迷走神经活性减弱,导致心率变异性(heart rate variability, HRV)降低,促进 CVD 的发生和发展。作为评估 ANS 功能的无创可测量指标,HRV 对 CVD 的发病和死亡风险具有显著预测价值^[6]。舒缓的古典音乐通过影响下丘脑、杏仁核等与情绪处理相关的前脑结构,调节 ANS,增强副交感神经活性,减弱交感神经活性,提升 HRV,从而影响心脏生理指标,如降低血压及减慢心率^[7]。

2.3 音乐的神经化学影响

音乐通过调节神经递质和激素分泌,影响 CVD 患者的心理和生理过程。MT 的核心神经化学效应在于拮抗过度应激反应:当人体处于压力或应激状态时,心血管 ANS 及下丘脑-垂体-肾上腺轴(hypothalamic-pituitary-adrenal axis, HPA)激活。交感神经兴奋,其神经末梢释放去甲肾上腺素,同时刺激肾上腺髓质释放肾上腺素,导致血压升高和心率加快;同时 HPA 活化并释放皮质醇,长期皮质醇升高会引发精神障碍和心血管损伤^[8]。MT 能抑制交感神经活性及 HPA 功能,降低去甲肾上腺素、肾上腺素以及皮质醇的分泌。大脑中的血清素可调节情绪,其与皮质醇呈显著负相关,血清素减少与焦虑、抑郁的发生相关^[9],而 MT 可促进血清素分泌,进而降低皮质醇水平和血压,减慢

心率,对抑郁症有治疗作用^[10]。此外,MT 还能促进催产素的分泌。催产素不仅与皮质醇水平呈负相关,具有镇静、抗焦虑作用,还可通过激活心脏保护通路,介导抗炎、抗凋亡、促血管生成及改善心肌代谢等多重效应,发挥心血管保护作用^[11-12]。音乐还可刺激大脑产生内啡肽,激活阿片受体,进而抑制疼痛^[13]。这些神经化学物质的协同调节,共同作用于心血管系统,改善 CVD 患者的生理和心理状态,这奠定了 MT 作为“双心医学”理想非药物干预手段的分子基础。

2.4 音乐对心理的影响

CVD 患者常伴有心理问题,二者相互影响,加重疾病状态。严重精神疾病患者的心血管死亡率是普通人群的 2 倍以上,其通过自主神经失调、HPA 亢进、慢性炎症与血小板高反应性机制增加 CVD 风险^[14]。双心医学强调,关注 CVD 的同时要重视患者精神心理状态^[15]。MT 通过调节 ANS、HPA、炎症及免疫反应,缓解焦虑和抑郁、减轻疼痛,促进积极情绪,从而改善 CVD。

3 MT 在 CVD 中的应用

3.1 MT 与高血压

高血压是 CVD 的主要危险因素之一,全球患病率持续上升^[1]。近年来,MT 在高血压的治疗中备受关注。Mathew 等^[16]对 120 例高血压患者的研究中发现,每天听 15 min 音乐,持续 3 个月后,血压和焦虑水平均有所下降。这与 Lorber 等^[17]对 60 例高血压患者进行的随机对照试验(randomized control trial, RCT)结果一致。另有纳入 20 项 RCT 的荟萃分析^[18]显示,听音乐可有效控制血压,减轻焦虑和抑郁,改善高血压患者睡眠质量。值得注意的是,MT 对高血压前期人群同样具有预防价值。Mir 等^[19]开展的 RCT 表明,30 例高血压前期患者每天聆听 30 min 舒缓音乐,5 次/周,4 周后收缩压平均降低 8.73 mmHg(1 mmHg = 0.133 3 kPa)。这为 MT 在高血压患者中的广泛应用提供了有力支持。

3.2 MT 与冠心病

冠心病是由于冠状动脉粥样硬化,致使心脏缺血缺氧的心脏疾病,其死亡率呈总体上升态势^[1]。MT 可调节冠心病患者的心理生理状态,有利于患者心脏康复。在近期的一项临床研究^[20]中,研究人员对 150 例接受经皮冠状动脉介入治疗的急性心肌梗死患者进行音乐干预,实验组每天聆听 60 min 五行音乐,持续 1 个月,结果显示该组患者的焦虑、抑郁情绪得到缓解,睡眠质量提升,左室射血分数、六分钟步行试验等心脏功能指标也有所改善。此外,听音乐还能有效减慢冠心病患者的心率与降低血压,减少心肌氧耗,这对冠心病治疗至关重要^[17,19]。

3.3 MT 与心脏手术

心脏手术是治疗 CVD 的重要手段,术后的疼痛、焦虑、失眠等问题,影响患者康复。荟萃分析表明,冠状动脉旁路移植术、心脏瓣膜置换或修复术、先天性心脏病矫正术等心脏手术后听音乐可减轻术后疼痛、焦虑^[21-22],减慢心率和呼吸频率^[22]。近期一项针对 150 例急性心肌梗死行急诊经皮冠状动脉介入治疗的前瞻性随机研究^[20]表明,1 期心脏康复结合中医五音疗法,不但能显著改善患者焦虑抑郁情绪及睡眠质量,还能改善患者的心脏功能。Huang 等^[23]的研究让心胸外科手术的儿童患者术后聆听视频音乐,每次 30 min,3 次/d,持续 3 d,结果发现音乐视频治疗能减轻患者术后疼痛,减少镇痛药物使用,缩短住院时间。

3.4 MT 与心力衰竭

心力衰竭为多种 CVD 发展的终末阶段,患者通常生活质量严重下降。有研究^[24]表明,中国 43% 的心力衰竭住院患者伴有抑郁,其 1 年死亡风险较未合并抑郁的患者增加近 1 倍。MT 在心力衰竭治疗中的作用主要体现在缓解焦虑、抑郁情绪和改善生活质量、睡眠质量等方面。近期的一项 RCT^[25]对 159 例心力衰竭患者进行了音乐干预,音乐组每天聆听 30 min 的古

典音乐,持续 3 个月,结果显示音乐组患者的焦虑和抑郁评分显著下降,生活质量评分明显升高。最新的一项 RCT^[26]将 76 例心力衰竭患者分为音乐干预组和对照组,音乐干预组连续 3 d 每天聆听 30 min 放松音乐,结果显示该组患者睡眠质量有所改善。

3.5 MT 与糖尿病合并 CVD

糖尿病是 CVD 的重要危险因素,糖尿病患者 CVD 的风险是非糖尿病患者的 2 倍以上^[27]。听古典音乐可通过降低糖尿病患者的血糖、减慢心率,缓解压力,有利于糖尿病患者的管理^[28]。一项荟萃分析^[29]也得出相同结果,听音乐能显著改善糖尿病患者的抑郁状态和血糖水平。Zhao 等^[30]在糖尿病小鼠模型中,用声强为 60~85 dB 的流行乐或电影配乐,15 min/d,可维持正常血糖。

4 MT 的模式

4.1 AMT 对 HRV 影响的研究

我们发现,AMT 对 HRV 的影响存在争议。有研究表明唱歌和乐器演奏这种类型的 AMT 会降低 HRV^[31-33],ANS 调节失衡,不利于身心健康。然而又有研究^[34]表明吹奏乐器这种类型 AMT 会增加 HRV。此外,Wright 等^[35]发现,演奏不熟悉旋律的钢琴对 HRV 无明显影响。AMT 对 HRV 影响的研究见表 1。

表 1 AMT 对 HRV 影响的研究

作者	研究类型	研究人群	干预方式	持续时间	样本/例	研究结果
Somayaji 等 ^[31]	干预前-后研究	CVD 患者 [(61 ± 13) 岁, 68% 女性]	唱歌	90 min	60	HRV(-)
Bagherimohamadipour 等 ^[32]	RCT	CVD 患者 [(67.70 ± 0.80) 岁, 40% 女性]	唱歌	30 min	65	HRV(-)
Moreno-Gutiérrez 等 ^[33]	干预前-后研究	健康钢琴家 (22.40 岁, 56% 女性)	演奏钢琴	5 min	6	HRV(-)
Blasco-Lafarga 等 ^[34]	横断面研究	健康音乐家 [(29.13 ± 7.33) 岁, 100% 男性]	吹奏管乐器	30 min	8	高难度曲子 HRV(+)
Wright 等 ^[35]	干预前-后研究	健康音乐家 (20 岁, 78% 女性)	演奏钢琴	5 min, 4 次/d, 持续 1 d	32	不熟悉旋律时 HR(+), HRV 无变化

注:+,升高;- ,降低;HR,心率。

4.2 PMT 对 HRV 及生理指标影响的研究

多项研究^[6,36-40]证实,听音乐可提高 HRV,增强迷走神经张力,对身心健康产生积极影响。但不同音乐类型及节奏的生理效应存在差异。在音乐类型方面,古典音乐和慢节奏舒缓音乐能降低血压、减慢心率,增加 HRV^[36,40-41];环境音乐可显著增强副交感神经活性,而重金属音乐和噪音 (>65 dB) 可激活交感神经^[42];结合视觉元素的音乐干预,如音乐视频效果优于纯音频^[23]。有临床研究^[43]表明,手术患者术后聆听 50~60 dB 的舒缓音乐,可有效缓解疼痛和焦虑。在音乐节奏方面,慢节奏音乐可使心率减慢、血压下

降,快节奏则产生相反作用^[41]。值得注意的是,音乐类型的影响强于节奏,古典音乐相较于摇滚乐或电子音乐,无论节奏快慢均可增加 HRV^[6,36];相同节奏 (160 拍/min) 下,金属音乐比古典音乐更易增强交感神经活性^[42]。综上,聆听慢节奏舒缓音乐 (60~80 拍/min, 50~60 dB), 如古典音乐、环境音乐、舒缓音乐或观看音乐视频,对心脏健康更有益。这与 Tan 等^[44]在音乐治疗降低术后疼痛研究中所采用的舒缓钢琴音乐 (60~80 拍/min, 50~60 dB) 方案一致 (耳机聆听)。PMT 对 HRV 及生理指标影响的研究总结见表 2。

表 2 PMT 对 HRV 及生理指标影响的研究

作者	研究类型	研究人群	干预方式	持续时间	样本/例	研究结果
Hoshi 等 ^[6]	干预前-后研究	健康人 (20 ~ 40 岁, 65%女性)	巴赫古典音乐, 快节奏 120 ~ 152 拍/min, 耳机播放	8 min	17	HRV(+)
Huang 等 ^[23]	干预前-后研究	行心胸外科手术的儿童	儿童音乐视频, 耳机播放, 30~50 dB	30 min/次, 3 次/d, 持续 3 d	126	术后 HR(-)、MAP(-)、RR(-); 疼痛、止疼药使用量、住院时间减少
Marsman 等 ^[36]	干预前-后研究	健康成年人 [28 (24 ~ 32) 岁, 56%女性]	古典音乐, 快节奏 130 ~ 140 拍/min, 慢节奏 70 ~ 80 拍/min, 耳机播放	3 min, 持续 3 d	242	HRV(+)
Kirk 等 ^[37]	RCT	健康人 (平均年龄 24.6 岁, 54%女性)	器乐音乐, 耳机播放	45 min	108	HRV(+)
van der Wal-Huisman 等 ^[38]	干预前-后研究	老年非心脏手术患者	床旁演奏舒缓器乐音乐	15 min	101	HRV(+)
Lin 等 ^[39]	RCT	睡眠差的老年人	舒缓台湾闽南语老歌, 耳机播放	20 min, 2 次/d, 每周 3 次, 持续 14 d	64	HRV(+)
Raglio 等 ^[40]	干预前-后研究	健康人 [(39.2 ± 6.4) 岁, 50%女性]	舒缓算法音乐, 慢节奏, 耳机播放	12 min	10	HR(-); HRV(+)
Darki 等 ^[41]	干预前-后研究	40%音乐家 [(39.8 ± 17.8) 岁, 47%女性]	古典音乐, 快节奏 108 ~ 132 拍/min, 慢节奏 60 ~ 70 拍/min, 耳机播放	6 min	100	快节奏 HR(+), BP(+); 慢节奏 HR(-), BP(-)

注: HR, 心率; MAP, 平均动脉压; RR, 呼吸; BP, 血压; +, 升高; -, 降低。

我们发现, 与 PMT 相比, AMT 对 HRV 产生不同的影响。AMT 需控制呼吸、发声, 增强呼吸-心率同步性, 作为主动康复手段, 适合心肺功能训练。而听音乐的普适性更强, 慢节奏舒缓音乐对 HRV 有积极影响, 可增强副交感神经活性, 当与个人偏好一致, 效果可能更佳, 这与之前发表的研究类似^[3]。

5 MT 的新应用: 人工智能与生物传感器

由于音乐干预形式复杂多样, 个体对 MT 的反应存在差异, 缺乏专业的音乐治疗师, 且治疗效果难以量化评估, 使得 MT 的普及应用受到了限制, 目前关于音乐对 CVD 的研究仍较缺乏。随着人工智能 (artificial intelligence, AI) 和生物传感器技术的快速发展, MT 的应用迎来了新的机遇。《双心门诊建设规范中国专家共识》^[15] 指出, AI 通过评估精神心理及心脏生理状态, 有望为 CVD 患者的心脏康复提供更精准、有效的帮助。AI 生成的功能性音乐在改善心理健康^[45] 以及管理痴呆患者神经精神症状方面已初显成效^[46]。在 MT 的疗效评估方面, 便携式生物传感设备实现了精准监测。光电容积描记法是一种通过检测血液流动引起光线变化来监测生理信号的技术, 广泛应用于可穿戴设备中。例如, Apple Watch、华为 Watch 等智能手表均采用光电容积描记法技术实现心率监测功能。Jacob Rodrigues 等^[42] 开发的低功耗光电容积描记法可穿戴设备和 Marsman 等^[36] 使用可穿戴 Apple

Watch Series 8, 通过时域和频域参数量化 HRV 以评估自主神经功能。Ferguson 等^[47] 提出的基于生物传感与机器学习的智能音乐系统, 通过智能可穿戴设备监测生理信号, 包括监测脑电活动、心血管指标、皮肤电反应和呼吸参数, 实时调节音乐以匹配用户生理状态, 为缓解压力与焦虑提供闭环式、数字化疗法。

6 结论与展望

MT 作为一种低成本、非药物的辅助治疗手段, 在 CVD 的防治中展现出显著效果。通过调节心理和生理反应, MT 能有效缓解焦虑、抑郁, 改善睡眠质量, 提升心血管健康。随着 AI 和生物传感器技术的不断发展, MT 有望为 CVD 患者提供更为精准和个性化的康复方案。未来的研究应进一步探索 MT 与新兴技术的结合, 开展大规模、规范严谨的研究, 推动其在临床实践中的广泛应用。

参考文献

- [1] 《中国心血管健康与疾病报告 2022》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2022》要点解读[J]. 中国心血管杂志, 2023, 28(4): 297-312.
- [2] Bendayan S. The healing power of music: a promising new avenue for cardiovascular health[J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10: 1277055.
- [3] Kulinski J, Ofori EK, Visotcky A, et al. Effects of music on the cardiovascular system[J]. Trends Cardiovasc Med, 2022, 32(6): 390-398.
- [4] Sun L, Wang Q, Ai J. The underlying roles and neurobiological mechanisms of music-based intervention in Alzheimer's disease: a comprehensive review[J]. Ageing Res Rev, 2024, 96: 102265.
- [5] Matziorinis AM, Koelsch S. The promise of music therapy for Alzheimer's

- disease; a review [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2022, 1516(1): 11-17.
- [6] Hoshi J, Sasaki K, Maruyama R. Listening to J. S. Bach's "Brandenburg Concerto No. 4 in G Major" may suppress the sympathetic nervous activity [J]. *Tohoku J Exp Med*, 2023, 259(1): 85-91.
- [7] Nobakht N, Kamgar M, Tavanaei M, et al. Music and medicine: promoting harmony for health [J]. *Am J Med*, 2024, 137(2): 92-98.
- [8] 韩旭,任洁. 成人精神压力相关高血压研究进展 [J]. *中华高血压杂志 (中英文)*, 2024, 32(3): 226-230.
- [9] Hao S, Shi W, Liu W, et al. Multiple modulatory roles of serotonin in chronic pain and injury-related anxiety [J]. *Front Synaptic Neurosci*, 2023, 15: 1122381.
- [10] Park JI, Lee IH, Lee SJ, et al. Effects of music therapy as an alternative treatment on depression in children and adolescents with ADHD by activating serotonin and improving stress coping ability [J]. *BMC Complement Med Ther*, 2023, 23(1): 73.
- [11] Jankowski M, Broderick TL, Gutkowska J. The role of oxytocin in cardiovascular protection [J]. *Front Psychol*, 2020, 11: 2139.
- [12] Arnold CA, Bagg MK, Harvey AR. The psychophysiology of music-based interventions and the experience of pain [J]. *Front Psychol*, 2024, 15: 1361857.
- [13] Basile G. Beneficial effects of music in the healing process of traumatic injuries: perceptual control of suffering and possible abatement of disability conditions [J]. *Clin Ter*, 2023, 174(6): 531-536.
- [14] Goldfarb M, de Hert M, Detraux J, et al. Severe mental illness and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 80(9): 918-933.
- [15] 中华医学会心身医学分会, 中国康复医学会心血管病预防与康复专委会, 丁荣晶, 等. 双心门诊建设规范中国专家共识 [J]. *中国全科医学*, 2024, 27(3): 253-261.
- [16] Mathew E, Mukkadan JK. The therapeutic effect of music on oxidative stress markers and anxiety in hypertension [J]. *J Pharm Res Int*, 2021, 33(47B): 825-833.
- [17] Lorber M, Divjak S. Music therapy as an intervention to reduce blood pressure and anxiety levels in older adults with hypertension: a randomized controlled trial [J]. *Res Gerontol Nurs*, 2022, 15(2): 85-92.
- [18] Cao M, Zhang Z. Adjuvant music therapy for patients with hypertension: a meta-analysis and systematic review [J]. *BMC Complement Med Ther*, 2023, 23(1): 110.
- [19] Mir IA, Chowdhury M, Islam RM, et al. Relaxing music reduces blood pressure and heart rate among pre-hypertensive young adults: a randomized control trial [J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2021, 23(2): 317-322.
- [20] Yao X, Jin Y, Gao C, et al. Phase I cardiac rehabilitation with 5-phase music after emergency percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction: a prospective randomized study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(9): e33183.
- [21] Wu L, Yao Y. Exploring the effect of music therapy as intervention to reduce anxiety pre- and post-operatively in CABG surgery: a quantitative systematic review [J]. *Nurs Open*, 2023, 10(12): 7544-7565.
- [22] Barbosa L, Araujo B, Almiron G, et al. Abstract 4136561: Music therapy for postprocedural pain in patients undergoing cardiac surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Circulation*, 2024, 150(suppl_1): A4136561.
- [23] Huang YL, Lei YQ, Liu JF, et al. Comparison of the effectiveness of music video therapy and music therapy on pain after cardiothoracic surgery in preschool children [J]. *Heart Surg Forum*, 2021, 24(2): E299-E304.
- [24] 高敏, 胡丹丽, 邢福威, 等. 心力衰竭患者抑郁及其与一年结局的相关性分析 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(6): 606-611.
- [25] Burrai F, Sanna GD, Moccia E, et al. Beneficial effects of listening to classical music in patients with heart failure: a randomized controlled trial [J]. *J Card Fail*, 2020, 26(7): 541-549.
- [26] Hosseini N, Seylani K, Matourypour P, et al. The effect of music therapy on the sleep quality of patients with heart failure: the miracle of nature music [J]. *Iran J Nurs Midwifery Res*, 2024, 29(4): 424-430.
- [27] 葛均波, 翁建平, 曾强. 2 型糖尿病患者泛血管疾病风险评估与管理中国专家共识 (2022 版) [J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(10): 974-990.
- [28] Eseadi C, Amedu AN. Potential impact of music interventions in managing diabetic conditions [J]. *World J Clin Cases*, 2023, 11(13): 2916-2924.
- [29] Yang Q, Shao Q, Xu Q, et al. Art therapy alleviates the levels of depression and blood glucose in diabetic patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Psychol*, 2021, 12: 639626.
- [30] Zhao H, Xue S, Hussheer MD, et al. Tuning of cellular insulin release by music for real-time diabetes control [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2023, 11(9): 637-640.
- [31] Somayaji K, Frenkel M, Tabaza L, et al. Acute effects of singing on cardiovascular biomarkers [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 869104.
- [32] Bagherimohamadipour M, Hammad M, Visotcky A, et al. Effects of singing on vascular health in older adults with coronary artery disease: a randomized, crossover trial [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1546462.
- [33] Moreno-Gutiérrez JÁ, de Rojas Leal C, López-González MV, et al. Impact of music performance anxiety on cardiovascular blood pressure responses, autonomic tone and baroreceptor sensitivity to a western classical music piano-concert [J]. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1213117.
- [34] Blasco-Lafarga C, García-soriano C, Monteagudo P. Autonomic modulation improves in response to harder performances while playing wind instruments [J]. *Arch Neurosci*, 2020, 7(2): e101969.
- [35] Wright SE, Palmer C. Physiological and behavioral factors in musicians' performance tempo [J]. *Front Hum Neurosci*, 2020, 14: 311.
- [36] Marsman EMJ, van Steijn NJ, Peppinkhuizen S, et al. Listen to your heart: the effect of music on heart rate variability [J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(suppl_1): ehae666. 3596.
- [37] Kirk U, Ngunoumen C, Clausel A, et al. Effects of three genres of focus music on heart rate variability and sustained attention [J]. *J Cogn Enhance*, 2022, 6(2): 143-158.
- [38] van der Wal-Huisman H, Soer R, Sidorenkov G, et al. Heart rate variability in surgical patients experiencing live bedside music: an explorative study [J]. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2024, 49(1): 157-166.
- [39] Lin PH, Fu SH, Lee YC, et al. Examining the effects of binaural beat music on sleep quality, heart rate variability, and depression in older people with poor sleep quality in a long-term care institution: a randomized controlled trial [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2024, 24(3): 297-304.
- [40] Raglio A, de Maria B, Perego F, et al. Effects of algorithmic music on the cardiovascular neural control [J]. *J Pers Med*, 2021, 11(11): 1084.
- [41] Darki C, Riley J, Dadabhoy DP, et al. The effect of classical music on heart rate, blood pressure, and mood [J]. *Cureus*, 2022, 14(7): e27348.
- [42] Jacob Rodrigues MC, Postolache O, Cercas F. The influence of stress noise and music stimulation on the autonomous nervous system [J]. *IEEE Trans Instrum Meas*, 2023, 72: 1-19.
- [43] 蔡颖, 康磊. 音乐疗法在心血管疾病和心脏外科领域应用的研究进展 [J]. *上海医学*, 2020, 43(11): 705-708.
- [44] Tan JY, Koerniawan D. Effect of instrumental music therapy on pain scale of patient post major surgery [C] // First International Conference on Health, Social Sciences and Technology (ICOHSSST 2020). Paris: Atlantis Press, 2021: 184-188.
- [45] Dash A, Agres K. AI-based affective music generation systems: a review of methods and challenges [J]. *ACM Comput Surv*, 2024, 56(11): 1-34.
- [46] Russo FA, Mallik A, Thomson Z, et al. Developing a music-based digital therapeutic to help manage the neuropsychiatric symptoms of dementia [J]. *Front Digit Health*, 2023, 5: 1064115.
- [47] Ferguson A, Castellanos C, Pasquier P. Digital music interventions for stress with bio-sensing: a survey [J]. *Front Comput Sci*, 2023, 5: 1165355.