

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.05.016
网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250424.1537.010\(2025-04-24\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250424.1537.010(2025-04-24))

智能康复机器人联合重复经颅磁刺激在卒中患者的应用研究^{*}

冯 君^{1,2},董国丽²,冯 钦²,诸晓琴²
(1. 浙江中医药大学研究生院,杭州 310053;2. 杭州市临平区中西医结合医院康复科,杭州 311100)

[摘要] **目的** 以“中枢-外周-中枢”理论为指导,分析智能康复机器人联合重复经颅磁刺激(rTMS)对卒中恢复期患者康复效果影响。**方法** 选取 2021 年 7 月至 2024 年 7 月在杭州市临平区中西医结合医院康复科进行治疗的卒中患者 86 例为研究对象,按照随机数字表法分为观察组($n=43$)和对照组($n=43$)。观察组在常规康复基础上进行基于“中枢-外周-中枢”理论的智能康复机器人联合 rTMS 训练,对照组在常规康复基础上进行智能康复机器人联合 rTMS 伪刺激干预。记录两组患者干预前后 Fugl-Meyer 上肢功能评分量表(FMA)、改良 Barthel 指数量表(MBI)评分、上肢运动模式(Brunnstrom 分期评定量表)和上肢关节活动度变化情况。**结果** 干预后,两组患者 FMA、MBI 评分相比干预前升高,且观察组高于对照组($P<0.05$)。干预后,两组患者 Brunnstrom 分期Ⅱ级患者所占比例降低,Ⅲ、Ⅳ级患者所占比例增加,且观察组优于对照组($P<0.05$)。干预后,两组患者肩前屈、肩外展、肩后伸、肘屈曲、肘伸展、前臂旋前、前臂旋后、腕掌屈、腕背伸活动度较干预前提高,且观察组高于对照组($P<0.05$)。**结论** 智能康复机器人联合 rTMS 能够改善卒中恢复期患者上肢主动关节活动度、上肢运动功能和日常生活能力。

[关键词] 卒中;重复经颅磁刺激;智能康复机器人;上肢运动功能;日常生活能力
[中图法分类号] R743 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)05-1138-05

Application of intelligent rehabilitation robot hand training combined with repeated transcranial magnetic stimulation in stroke patients^{*}

FENG Jun^{1,2},DONG Guoli²,FENG Qin²,ZHU Xiaoqin²
(1. Graduate School, Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou, Zhejiang 310053, China; 2. Department of Rehabilitation, Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital of Linping District, Hangzhou, Zhejiang 311100, China)

[Abstract] **Objective** Guided by the “central-peripheral-central” theory, this study analyzed the influence of repeated transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with intelligent rehabilitation robot hand training on the rehabilitation effect of stroke patients in the convalesce stage, in order to provide more new ideas for clinical patients. **Methods** A total of 86 stroke patients who were treated in the department of rehabilitation in Integrated Traditional and Western Medicine Hospital of Linping District, Hangzhou from July 2021 to July 2024 were prospectively selected and divided into observation group ($n=43$) and control group ($n=43$) by random number table method. The observation group received rTMS based “central-peripheral-central” theory combined with intelligent rehabilitation robot hand training on the basis of routine rehabilitation, while the control group received intelligent rehabilitation robot hand training combined with rTMS pseudo-stimulation intervention on the basis of routine rehabilitation. The changes of upper Fugl-Meyer motor function assessment (FMA), Modified Barthel Index (MBI), upper limb movement pattern (Brunnstrom Staging Scale) and joint motion before and after intervention were recorded in two groups. **Results** After intervention, the scores of FMA and MBI in two groups were higher than before intervention, and the observation group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). After intervention, the rate of patients in Brunnstrom stage Ⅱ was decreased, while the rates of patients in Brunnstrom stage Ⅲ and Ⅳ were increased, and the observation group was better than the control group ($P<0.05$). After the intervention, the motion degrees of shoulder forward flexion, shoulder abduction, shoulder back extension, elbow flexion, elbow extension, forearm pronation, forearm pronation, carpal palm flexion and wrist back extension in two groups were significantly higher than that before the intervention, and the observation group was significantly higher than

^{*} 基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(2023KY234);杭州市医药卫生科技项目(B20210351)。

the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** Intelligent rehabilitation robot hand training combined with rTMS can improve upper limb active joint motion, upper limb motor function and daily living ability of stroke patients in the convalescence period.

[Key words] stroke; repeated transcranial magnetic stimulation; intelligent rehabilitation robot hand training; upper limb motor function; ability of daily living

全世界每年新增近 1 700 万例卒中患者,而在幸存的患者中患有残疾的人数超过了 100 万^[1-2]。此外,卒中幸存者在进行常规康复治疗后有 50% 患者留有功能障碍^[3]。上肢手功能是日常生活的基础,幸存者中上肢功能障碍因恢复时间长、疗效不确定等因素,限制了患者日常活动和社会活动等,给患者家庭和个人带来了沉重负担^[4]。最大程度上恢复患者的上肢运动功能一直是康复治疗的热点及难点,目前传统康复治疗多关注外周肢体恢复,而忽略了对大脑中枢干预的重要性^[5]。“中枢-外周-中枢”闭环康复理论的提出为卒中患者上肢及手功能康复带了新思路。中枢干预能够调节大脑兴奋性,为外周训练做好准备,而外周练习又能够加强中枢神经的输入与正性反馈。外周和中枢的联合干预形成完美“闭环”可促进患者神经可塑性,激活感觉运动,进而促进上肢功能的恢复^[6-8]。本研究以“中枢-外周-中枢”理论为指导,分析重复经颅磁刺激(repeated transcranial magnetic stimulation, rTMS)联合智能康复机器人对卒中恢复期患者康复效果影响,以期为临床患者的诊疗提供更多新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 7 月至 2024 年 7 月在杭州市临平区中西医结合医院康复科进行治疗的卒中患者 86 例为研究对象,按照随机数字表法分为观察组($n = 43$)和对照组($n = 43$)。纳入标准:(1)符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》^[9]诊断标准,并经影像学检测确诊;(2)年龄 25~75 岁;(3)首次发病,病程为 1~6 个月,处于恢复期;(4)患者意识清晰,具备基本的听说读写能力;(5)肌张力 0~2 级,右利手;(6)既往没有进行过规范的作业训练,能够配合康复治疗与评估。排除标准:(1)合并心、肝、肾等严重疾病者;(2)既往合并有其他颅内疾病者;(3)有家族癫痫病史、癫痫发作史及正常预防性应用抗癫痫药物者;(4)外周神经损伤引起上肢运动功能障碍;(5)对 rTMS 无法耐受者;(6)体内放置有人工耳蜗、心脏起搏器等植入物或者植入装置等。对照组男 31 例,女 12 例;年龄 32~75 岁,平均 (59.37 ± 9.99) 岁;平均 BMI $(23.56 \pm 2.51) \text{ kg/m}^2$;卒中类型:脑梗死 21 例,脑出血 22 例;偏瘫侧别:左侧 23 例,右侧 20 例;平均病程 $(45.16 \pm 4.39) \text{ d}$ 。观察组男 28 例,女 15 例;年龄 30~75 岁,平均 (57.58 ± 9.65) 岁,平均 BMI $(23.81 \pm 2.63) \text{ kg/m}^2$;卒中类型:脑梗死 23 例,脑出

血 20 例;偏瘫侧别:左侧 22 例,右侧 21 例;平均病程 $(44.82 \pm 4.15) \text{ d}$ 。两组患者临床基线资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究经杭州市临平区中西医结合医院医学伦理委员会批准(审批号:2021LLKY006),患者均知情同意。

1.2 方法

两组患者均接受常规康复治疗:(1)营养神经、稳定血糖、血压等基础治疗和对症治疗;(2)低频电刺激治疗;(3)上肢和手的体位摆放练习;(4)上肢气压泵治疗;(5)床边被动练习,上肢任务导向练习,助动活动和日常生活训练等。上述康复内容由临床治疗师依据患者的手功能情况来选择,常规康复治疗时间为每天 1.5 h, 5 d/周,持续干预 4 周。

观察组在常规康复基础上进行基于“中枢-外周-中枢”闭环康复理论的 rTMS 联合智能康复机器人训练。rTMS 治疗时,患者处于舒适且安静的环境中,并尽可能降低患者头部在治疗中的运动。同时应用 MagPro R30 磁刺激器(丹麦托尼卡公司)及静态液冷“8”字型线圈进行治疗,治疗前患者取坐位,健侧手指展肌位置放置表面肌电电极,而后依据国际脑电 10-20 系统定位法,先明确健侧半球的 C4 或 C3 点,而后以该点为中心,前后上下分别间隔 1 cm 当作刺激点,寻找刺激 10 次,刺激时患者处于仰卧位,与水平面呈 45° ,刺激参数是 1 Hz, 100% 静息运动阈值(resting motion threshold, RMT),时间为 15 min,共脉冲 900 次。1 次/d, 5 d/周,持续干预 4 周。智能康复机器人(Gloreha Professional2,意大利 Idrogenet 公司)训练时,患者取坐位,依据手功能情况在 3D 动画指导下选取计数、握拳、单指随机、柱状抓握、波浪、球状抓握、顺序对指和对指等模式中的 3 种随机循环模式进行练习,每个模块 10 min,每天练习 30 min, 5 d/周,持续干预 4 周。

对照组在常规康复基础上进行智能康复机器人训练联合 rTMS 伪刺激干预(刺激参数与观察组相同,但刺激时将线圈与头皮表面垂直,使刺激无效),智能康复机器人训练和观察组步骤一致。

1.3 观察指标

(1)上肢功能评估:干预前、干预 4 周后应用 Fugl-Meyer 上肢功能评分量表(Fugl-Meyer assessment scale, FMA)^[10]进行评估,依据患者在进行旋前旋后、前伸屈曲、内收内旋和外展外旋中的肢体反射情况和选择性分离性运动进行评分,上肢部分共计 66 分,患者得分越高则说明其上肢运动功能恢复的越

好。(2)日常活动能力:干预前、干预 4 周后应用改良 Barthel 指数量表(modified Barthel index scale, MBI)^[11]进行评估,该量表包含了 10 个项目,评分为 0~15 分,总分 100 分,患者得分越高则说明其日常生活活动能力越强。(3)上肢运动模式评估:干预前、干预 4 周后应用 Brunnstrom 分期评定量表^[12]评估,该量表包含了 I~Ⅵ级,其中患者上肢没有任何活动是 I 级,极少出现自主活动是Ⅱ级,出现共同活动是Ⅲ级,部分分离活动是Ⅳ级,出现分离精细活动是Ⅴ级,接近正常或正常是Ⅵ级。(4)关节活动度评估:应用上肢主动活动度(active range of motion, AROM)^[13]评估患者上肢关节活动情况,采用通用量表器,患者检测 3 次后取平均值,活动范围越大则说明其上肢运动功能越好。

1.4 统计学处理

采用 SPSS27.0 软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料采用例数或百分数表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料采用秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者 FMA 评分的比较

干预前,两组患者 FMA 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预 4 周后,两组患者 FMA 评分高于干预前,且观察组高于对照组($P < 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者 MBI 评分比较

干预前,两组患者 MBI 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预 4 周后,两组患者 MBI 评分高于干预前,且观察组高于对照组($P < 0.05$),见表 2。

2.3 两组患者上肢运动模式比较

干预前,两组患者 Brunnstrom 分期比较,差异无统计学意义($Z = 0.463, P > 0.05$)。干预 4 周后,两组患者 Brunnstrom 分期Ⅱ级患者所占比例降低,Ⅲ、Ⅳ级患者所占比例增加,且观察组优于对照组($Z = 21.129, P < 0.05$),见表 3。

表 1 观察组与对照组患者干预前后 FMA 评分比较($\bar{x} \pm s$,分)			
组别	<i>n</i>	干预前	干预 4 周后
观察组	43	23.36±5.19	37.91±7.26 ^a
对照组	43	24.01±5.27	32.67±6.52 ^a
<i>t</i>		−0.576	3.521
<i>P</i>		0.566	0.001

^a: $P < 0.05$,与同组干预前比较。

2.4 两组患者 AROM 情况

干预前,两组患者肩前屈、肩外展、肩后伸、肘屈曲、肘伸展、前臂旋前、前臂旋后、腕掌屈、腕背伸活动度比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预 4 周后,两组患者肩前屈、肩外展、肩后伸、肘屈曲、肘伸展、前臂旋前、前臂旋后、腕掌屈、腕背伸 AROM 较干预前增加,且观察组高于对照组($P < 0.05$),见表 4。

表 2 观察组与对照组患者干预前后 MBI 评分比较($\bar{x} \pm s$,分)			
组别	<i>n</i>	干预前	干预 4 周后
观察组	43	49.35±8.34	68.50±10.12 ^a
对照组	43	48.16±8.27	61.39±10.21 ^a
<i>t</i>		0.664	3.243
<i>P</i>		0.508	0.002

^a: $P < 0.05$,与同组干预前比较。

表 3 观察组与对照组患者干预前后 Brunnstrom 分期比较[$n(\%)$]

项目	观察组(<i>n</i> =43)			对照组(<i>n</i> =43)		
	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
干预前	33(76.74)	6(13.95)	4(9.30)	31(72.09)	6(13.95)	6(13.95)
干预 4 周后	1(2.33)	27(62.79)	15(34.88)	19(44.19)	15(34.88)	9(20.93)
<i>Z</i>		49.850			7.337	
<i>P</i>		<0.001			0.026	

表 4 观察组与对照组患者干预前后上肢 AROM 比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

项目	观察组 (<i>n</i> =43)	对照组 (<i>n</i> =43)	<i>t</i>	<i>P</i>
肩前屈				
干预前	60.35±15.43	58.34±15.29	0.607	0.546
干预 4 周后	95.27±25.16 ^a	80.35±20.41 ^a	3.020	0.003
肩外展				
干预前	90.36±5.41	90.83±5.62	−0.395	0.694
干预 4 周后	115.49±15.02 ^a	100.24±10.26 ^a	5.498	<0.001
肩后伸				
干预前	20.16±4.67	20.72±4.85	−0.545	0.587

续表 4 观察组与对照组患者干预前后上肢 AROM 比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

项目	观察组 (<i>n</i> =43)	对照组 (<i>n</i> =43)	<i>t</i>	<i>P</i>
干预 4 周后	36.82±5.49 ^a	30.29±5.11 ^a	5.709	<0.001
肘屈曲				
干预前	76.27±16.34	77.05±17.29	−0.215	0.830
干预 4 周后	118.24±25.46 ^a	98.82±22.61 ^a	3.740	0.001
肘伸展				
干预前	66.97±10.25	67.26±10.41	−0.130	0.897
干预 4 周后	103.26±18.44 ^a	86.54±15.40 ^a	4.564	<0.001
前臂旋前				

续表 4 观察组与对照组患者干预前后上肢 AROM 比较($\bar{x}\pm s,^{\circ}$)

项目	观察组 (n=43)	对照组 (n=43)	t	P
干预前	15.36±3.21	15.87±3.19	-0.739	0.462
干预 4 周后	40.18±6.33 ^a	30.24±6.82 ^a	7.005	<0.001
前臂旋后				
干预前	17.26±4.50	18.04±4.53	-0.801	0.425
干预 4 周后	41.09±7.64 ^a	30.14±5.97 ^a	7.406	<0.001
腕掌屈				
干预前	20.34±5.94	20.93±5.22	-0.489	0.626
干预 4 周后	38.62±6.10 ^a	30.29±6.81 ^a	5.975	<0.001
腕背伸				
干预前	15.63±4.24	15.27±4.99	0.361	0.719
干预 4 周后	30.46±6.82 ^a	20.37±5.60 ^a	7.498	<0.001

^a: $P<0.05$,与同组干预前比较。

3 讨 论

近年来,国内卒中患者发病率逐年升高,而卒中患者治疗后所遗留的上肢功能障碍则成为了康复医学领域亟待解决的难题之一^[3]。在我国,理疗和康复医学发展时间较短,临床仍有多数卒中恢复期患者未得到科学、系统的肢体功能障碍康复治疗。传统卒中患者康复治疗方法相对单一,需耗费大量人力,且效果非常有限。伴随临床卒中患者数的快速增加,其康复指导需求也呈增长趋势,但传统的康复治疗方法已无法满足患者康复需求^[14]。

“中枢-外周-中枢”闭环康复理论由上海华山贾杰教授手功能康复团队首次提出,中枢干预可激活功能区,使患者神经可塑性提升,而外周干预则能够使运动与感觉控制模式得以强化而对中枢进行正性输入及反馈,重塑患者脑功能^[15]。rTMS 技术可对大脑功能中枢进行干预和调控,其理论基础为两个半球论。半球间抑制指大脑的两侧半球处于互相竞争,健康情况下两侧大脑半球动态平衡。但卒中后脑损伤一侧对健侧皮层抑制效果丧失,健侧的竞争优势导致受损侧皮层残余神经活动无法表达,进而影响了受损侧功能的恢复。而 rTMS 干预的主要作用即为解决卒中患者的半球间抑制失衡问题^[16]。所以,通过低频刺激能够使健侧的皮质兴奋性降低,或者经过高频刺激而使受损侧的皮质兴奋性提高,以使大脑半球间再次处于动态平衡,使患者手部与上肢功能得以改善。智能康复机器人训练使卒中患者早期即能进行腕、手指关节各个方向的被动、助动及主动运动,借助任务导向、情景模拟等生物反馈及力反馈系统来加强手功能的训练^[17],最大程度改善患侧上肢及手部的运动能力。在中枢干预同时或随后,在脑区激活的状态下合理地给予外周干预,这种新型康复治疗模式具有理论依据。HE 等^[18]研究表明,卒中应用低频 rTMS 训练对握力恢复有积极影响。MENG 等^[19]结合 1 Hz rTMS 训练和间歇性 θ 爆发,明显改善了卒中患者上肢功能。本研究显示,干预后,观察组 FMA、MBI 评分

高于对照组($P<0.05$),说明智能康复机器人训练联合 rTMS 能够使卒中患者日常生活能力与上肢运动功能得到改善,这是由于智能康复机器人训练加强了正确的运动控制模式以及感觉的输入,加速中枢系统神经再支配与神经重塑,而 rTMS 则经过对特定脑功能区域刺激,调控大脑皮质兴奋性,进而起到半球间的抑制平衡作用,两者联合有效完成了中枢外周闭环康复。

本研究显示,干预后,观察组 Brunnstrom 分期 II 级患者所占比例降低,III 级、IV 级患者所占比例明显增加,观察组上肢 AROM 高于对照组,说明智能康复机器人训练联合 rTMS 可明显改善卒中恢复期患者上肢运动模式和关节活动度,这是由于 rTMS 调控患者神经反馈机制,改善了大脑运动模式,患者身体活动功能与方式恢复地更好;两种康复模式相结合,能够调动与激发患者主动性,大脑皮层运动神经冲动信号传递康复提升,进而刺激了自主运动的出现^[20]。

综上所述,智能康复机器人联合 rTMS 能够改善卒中恢复期患者上肢运动功能和日常生活能力。但本研究也存在一些不足之处,如未评估患者远期疗效,因此,今后仍需大样本量、前瞻性研究的进一步验证。

参考文献

[1] ELARJANI T,CHEN S,CAJIGAS I,et al. Pituitary apoplexy and cerebral infarction: case report and literature review[J]. World Neurosurg,2020,141:73-80.

[2] 《中国脑卒中防治报告 2020》编写组,王陇德.《中国脑卒中防治报告 2020》概要[J]. 中国脑血管病杂志,2022,19(2):136-144.

[3] VIRANI S S,ALONSO A,APARICIO H J,et al. Heart disease and stroke statistics-2021 update;a report from the American heart association[J]. Circulation,2021,143(8):e254-743.

[4] RODGERS H,BOSOMWORTH H,KREBS H I,et al. Robot assisted training for the upper limb after stroke (RATULS): a multicentre randomised controlled trial[J]. Lancet,2019,394(10192):51-62.

[5] 刘勤,冯灵,汪锐,等. 康复机器人在脑梗死偏瘫患者中应用的研究进展[J]. 中国临床研究,2024,37(4):621-625.

[6] 王传凯,王鹤玮,贾杰. 经颅直流电刺激的康复闭环治疗模式在脑卒中上肢功能康复中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志,2023,45(9):850-855.

[7] 何思锦,陈小霞,陈奇刚,等. 基于“中枢-外周-中

枢”闭环康复理论运用头针联合吞咽治疗仪治疗脑卒中后吞咽困难的临床疗效研究[J]. 昆明医科大学学报,2023,44(8):105-109.

[8] 贾杰. 心肺介导的“运动-肌肉-脑”外周中枢网络-康复干预理论的卒中应用及研究进展[J]. 中国卒中杂志,2022,17(6):568-571.

[9] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019[J]. 中华神经科杂志,2019,52(9):710-715.

[10] 吴佼佼,韩莹,莫林宏,等. 不同介入顺序的间歇性 Theta 爆发式经颅磁刺激与康复训练对脑卒中患者上肢功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2024,46(3):221-225.

[11] LIU Y,CHEN C,DU H,et al. Impact of Baduanjin exercise combined with rational emotive behavior therapy on sleep and mood in patients with poststroke depression:a randomized controlled trial[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(19):e38180.

[12] 赵科洪,王婷婷,赵紫岐,等. IK-Care 智能化康复系统对脑卒中患者日常生活活动能力的影响:一项多中心随机对照试验[J]. 中国康复医学杂志,2023,38(5):600-605.

[13] 秦汉,温晓妮,李学平,等. 交叉迁移联合肌电生物反馈干预对亚急性期脑卒中患者腕背伸功能的影响[J]. 中国康复医学杂志,2024,39(9):1321-1326.

[14] 董延广,王强,张文娟,等. 下肢外骨骼机器人联合踝关节康复训练对脑卒中后步行功能障碍患者步行功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂

志,2024,46(2):118-122.

[15] 贾杰.“中枢-外周-中枢”闭环康复:脑卒中后手功能康复新理念[J]. 中国康复医学杂志,2016,31(11):1180-1182.

[16] KUO Y L,KUTCH J J,FISHER B E. Relationship between interhemispheric inhibition and dexterous hand performance in musicians and non-musicians[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):11574.

[17] 毕文倩,张锴文,刘金,等. 智能机器人康复手套对脑卒中偏瘫患者手功能的疗效[J]. 中国康复,2023,38(3):131-135.

[18] HE Y,LI K,CHEN Q,et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery for patients with stroke:a PRISMA compliant systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Phys Med Rehabil*,2020,99(2):99-108.

[19] MENG Y,ZHANG D,HAI H,et al. Efficacy of coupling intermittent theta-burst stimulation and 1 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation to enhance upper limb motor recovery in subacute stroke patients:a randomized controlled trial[J]. *Restor Neurol Neurosci*,2020,38(1):109-118.

[20] 熊丹,谢海花,李浩,等. 不同重复经颅磁刺激模式对脑卒中后上肢运动功能障碍干预效果的网状 meta 分析[J]. 中国全科医学,2023,26(8):997-1007.

(收稿日期:2024-10-20 修回日期:2025-01-19)
(编辑:管佩钰)

(上接第 1137 页)

[27] MAHENDRAN S,GUPTA I,DAVIS J,et al. Comparison of methods for correcting QT interval in athletes and young people:a systematic review[J]. *Clin Cardiol*, 2023, 46(9):1106-1115.

[28] 丁绍祥,高云涛,许月皎. 老年心力衰竭患者心电图校正 QT 间期改变及相关因素分析[J]. 中华老年多器官疾病杂志,2022,21(1):25-28.

[29] WELTEN S,VAN DER HEIJDEN A A,REM-MELZWAAL S,et al. Prolongation of the QTc interval is associated with an increased risk of cardiovascular diseases:the Hoorn study[J]. *J Electrocardiol*,2023,80:133-138.

[30] TRIPOSKIADIS F,XANTHOPOULOS A,PARISSIS J,et al. Pathogenesis of chronic heart failure:cardiovascular aging, risk factors, comorbidities,

and disease modifiers[J]. *Heart Fail Rev*, 2022,27(1):337-344.

[31] BORLAUG B A,SHARMA K,SHAH S J,et al. Heart failure with preserved ejection fraction:JACC scientific statement[J]. *J Am Coll Cardiol*,2023,81(18):1810-1834.

[32] KITTLESON M M,PANJRATH G S,AMANCHERLA K,et al. 2023 ACC expert consensus decision pathway on management of heart failure with preserved ejection fraction:a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee[J]. *J Am Coll Cardiol*,2023,81(18):1835-1878.

(收稿日期:2024-09-20 修回日期:2025-02-22)
(编辑:张芃捷)