

本文引文格式: 邝凌云, 范雅青, 韩延柏, 等. 不同水疗参数水中运动对脑卒中患者步行能力的影响[J]. 右江民族医学院学报, 2024, 46(1): 127-131.

【医学综述】

不同水疗参数水中运动对脑卒中患者步行能力的影响

邝凌云, 范雅青, 韩延柏, 汪宏莉

(广西师范大学体育与健康学院, 广西 桂林 541006)

摘要: 随着水中运动的研究兴起, 多项研究证实水中运动对脑卒中患者步行能力的提高有显著效果, 为了进一步探究水中运动的作用以及在不同环境下的影响, 本文将在不同深度和温度条件下对脑卒中偏瘫患者的步行能力疗效、水中训练作用机制以及训练方法进行系统综述。本研究通过查阅数据库如知网、PubMed、Web of Science, 检索国内外文献并进一步整理分析。研究得出可以通过水中平板步行训练、水中太极、Halliwick“十点程序”运动等水中训练改变水中环境达到增强患侧的肌力、协调性和提高关节活动度、增加平衡能力、加强本体感觉反馈等作用, 来改善脑卒中偏瘫患者步行能力。针对水中运动的深度, 目前多采用胸部剑突、腰部髂嵴、大腿等深度进行运动, 与陆地运动相比, 在胸部深度时, 能量消耗较少可以提高运动时间, 减少运动负荷, 而在大腿深度时, 相较其他深度能量消耗最多, 可以根据患者情况进行深度的调整, 进一步影响患者运动时平衡等功能, 患者的训练难度也随之改变。水中温度多采用 26~36℃, 适合的水中温度对患者的社会功能、活力、身体疼痛、认知情况和情绪变化等相关指标都具有积极的效果, 可有效改善卒中患者的下肢功能和生活质量。水中运动更大程度地增加患者心输出量, 使运动对脑血流的刺激效应和扩张血管作用最大化, 改善患者认知情况和步行能力。通过个性化的改变水中环境的深度和温度, 可提高水中训练对卒中患者的步行能力治疗效果, 提高生活质量和个人幸福感, 推动脑卒中偏瘫患者的水中训练个性化处方的制定, 使脑卒中患者运动疗效最大化。

关键词: 水中运动; 步行; 脑卒中; 温度; 深度

中图分类号: R743.3; R493

文献标识码: A

文章编号: 1001-5817(2024)01-0127-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-5817.2024.01.022

脑卒中是由多种原因导致脑循环障碍和脑功能缺损, 引起血管受损使血液不能流入大脑的一种脑血管疾病^[1]。缺血性卒中是最常见的卒中类型, 占 70%~90% 的发病率^[2], 会严重影响患者的步行能力^[3]。据世界脑卒中组织统计得出, 从 1990 年到 2019 年, 世界卒中发生率增加了 70.0%, 死亡人数增加了 43.0%, 卒中患病率增加了 102.0%^[4]。脑卒中的危险因素增多^[5], 青年人脑卒中患病率逐年增长。传统的脑卒中治疗方法, 如物理治疗、中医针灸^[6], 可在一定程度有效改善患者的肌肉强度、关节活动度等方面。由于水环境的各种有利条件, 近年来关于水中运动对脑卒中偏瘫患者的疗效研究呈上升趋势, 不断受到重视并被多位专家进行推广。研究者还发现, 水中训练可以增强脑血流刺激, 改善脑血流量不足的现象, 提高患者的认知情况, 在疼痛强度、生活质量、睡眠质量、运动恐惧症和恐惧回避方面比物理治疗方式具有更明显的改善效果^[7]。而在水中运动的不同环境条件下, 如调整水环境的深度与温度, 对患者的训练可以产生不同程度

的效果, 目前少有相关针对性研究, 因此为了进一步将脑卒中患者步行能力等各方面疗效最大化, 本文将对在不同深度及温度条件下对脑卒中偏瘫患者的步行能力影响、训练方法以及水中训练作用机制进行系统综述。

1 水中运动的作用与常见训练方法

1.1 水中运动的作用 水中运动是指以水为媒介进行运动训练, 同时具有医疗和体育运动两方面优势, 利用水的各种物理性质形成运动的不同条件, 以期受试者取得理想运动效果的一种运动方法。脑卒中的水中运动介入时间大多为发病或手术后 4 周或更长的时间, 需患者生命体征稳定, 满足不具有开放性伤口、二便控制能力良好等条件。一般而言, 水中运动多在综合性医院的康复科或专科的康复医院进行, 部分高校和疗养院也有采用此治疗和研究。研究证明采用 40~60 min 干预, 每周 3~5 次, 持续 8 周, 可有效改善患者步行能力。

最近的一项系统评价报告显示, 水中运动与陆地运动相比, 可以更大程度增加患者心输出量, 使运动对

基金项目: 国家社会科学基金项目(21XTY018)

第一作者: 邝凌云, 在读硕士研究生, 研究方向: 运动人体科学、运动康复, E-mail: 544208378@qq.com

通讯作者: 汪宏莉, 博士, 教授, 研究方向: 运动与健康促进、运动康复, E-mail: whongli2004@gxnu.edu.cn

脑血流的刺激效益和扩张血管作用最大化^[8]。通过增强脑血流刺激,改善脑血流量不足的现象,改善患者的认知情况,进一步提高患者执行能力和记忆力^[9]。研究发现^[10]经过水中力量训练,得出水疗结合水中力量训练与单纯常规水疗相比,berg 平衡量表、起立行走实验、2 min 步行测试和步态分析等均有明显改善($P < 0.05$),证明水中力量训练可改善慢性脑卒中患者的肌肉力量和协调性,可以提升患者姿势平衡和下肢运动功能。

水中运动可以减少关节的摩擦,增强皮肤的感觉刺激,在水中训练中,可有效增强对躯体运动的空间感、位置感以及控制运动的方向。促进患者本体感觉的反馈,可以影响运动及躯体感觉皮质区域的神经处理,促进刺激关节肌肉感觉运动系统进而增强神经系统可塑性,进一步提高随意运动地准确性、有效性,可以更有效地保证患者在运动中对运动的协调以及步行时的安全。患者在运动过程中大部分需要更多的肺通气量,促进了呼吸耐力,对患病人群的神经-肌肉适应性产生了更好的治疗效果^[11]。水中环境可以缓解患者的疼痛程度,增加患者的关节活动度,加强患者的活动参与度,加强患者的平衡功能,维持患者静态状态下的平衡,增大极限稳定角度。可以减轻患者的心理负担,纠正患者的恐惧心理,使患者积极主动地参与训练,良好的心理状态可以极大地提升患者的训练效果。

1.2 水中运动治疗脑卒中患者步行能力的常见训练方法

1.2.1 水中平板步行训练

水中平板步行训练,又称为水中跑步机训练,是利用水的各项基本物理性质,结合跑步机连续的且有节奏的步态训练,改善患者的各项功能结构的有氧训练方法^[12]。最近一项研究发现水下跑步机可以成为改善步态和呼吸功能方面的有效临床干预工具^[13]。与仅在陆地上进行跑步机训练相比,水中平板训练在改善偏瘫患者下肢负重减少方面表现出明显优势^[14]。此外,研究显示经过 4 周的水中平板步行训练后,患者的核心稳定性肌群(如腹外斜肌)以及下肢肌群(如股直肌、胫前肌)明显增厚,从而改善了步行速度、步态对称性和整体的步行能力^[15]。此外的研究还发现,相较于仅施加相当于体重 5% 脚踝重量的训练,水中跑步机步态训练结合水射流阻力可以更有效地提高患者的动静态平衡能力和步行功能^[16]。对于下肢肌力较弱的患者,联合使用减重悬吊仪器进行减重步行训练,在水的浮力作用下能减轻下肢的承重,从而有助于维持平衡和控制步行节奏^[17]。

1.2.2 水中太极

水中太极是由传统的太极拳与新兴的水中运动相结合的新项目,是日本学者 Jun Konno 在借鉴了轻功和太极拳的理念和动作后开发的一

套水疗康复技术^[18]。运用了太极拳松沉柔顺、用意不用力的特点,同时完美地结合了水中浮力等优势,在不同的深度以及水温下,水中太极所具有的效益有所不同^[19]。目前多项研究显示较多地采用 1~1.4 米的水深以及 26~36 °C 的水温,对患者的呼吸耐力、呼吸深度和肺活量等呼吸功能有显著改善作用,对身体运动产生持续的刺激作用,在缓解患者疼痛、增大平衡、提升本体感觉反馈、防止跌倒、增强姿势稳定性等身体活动和感觉输入,具有极大的优势和潜在的协同效益,最大化地提升了太极拳的训练效果。

1.2.3 Halliwick“十点程序”运动

Halliwick“十点程序”运动是指一种利用水的各项物理性质,在水中教授有运动功能或学习障碍的患者,学会参加水中活动,最终能够在水中独立进行游泳等水中运动。Halliwick“十点程序”包括开始的“心理调适”训练,加强患者对水环境的适应程度,减轻心理对水环境的恐惧感,到纵向旋转控制等多项水中活动。仲琛^[20]研究发现 Halliwick 水中运动可以有效改善下肢腓肠肌等肌力、异常肌张力,增大关节活动度,对步行能力各方面都具有很好的治疗效果。Halliwick 所提倡的趣味性水中活动,在一定程度上对患者躯体功能、精神状态等多方面的功能有极大提高,对患者人格形成、娱乐休闲及社会交往等方面有正向的促进作用,更好地调动活动积极性和参与社会活动的精神状态,对患者具有较好的改善效果^[21]。

以上几种常见的水中运动训练方法,还有像游泳等日常有氧运动,都可以在不同程度上达到增强患侧的肌力、协调性和关节活动度,提高平衡能力等作用,进一步改善脑卒中患者步行能力。而在水中运动的不同环境条件下,对患者的训练可以产生不同程度的效果。

2 水中运动治疗脑卒中患者步行能力的不同环境条件

水中训练通过水的浮力等物理特性,根据不同的情况调节水的深度和温度,将训练的难度和强度调整到患者最适状态。多项研究表明水中运动的不同温度与深度对于患者训练会产生不同的影响,可以通过改变水环境的不同条件达到训练的理想效果^[22-23]。

2.1 水中运动的不同深度对脑卒中患者步行能力的影响

目前多项研究从不同的深度对脑卒中患者设计实验研究,确保患者从相应的生理适应中获得最大效益。研究表明,随着浸没深度增加,垂直地面的反作用力将变得越弱,此外静水压力随着浸没深度增加而增加,短期的水中浸泡,血液转移至心脏和肺部区域,每搏输出量和心输出量都会增加,继而引起内分泌变化调节血压,交感神经活动减少,会改变心脏、内分泌与

肾的相互作用。深度达到胸部位置会增加胸壁的弹性负荷和负压呼吸^[22],导致呼吸肌血流量增加,可以有效改善患者的认知能力^[23]。LIM H等^[24]将脑卒中患者在胸部、腰部、大腿3种不同的深度与在陆地4种不同条件下进行6 min步行运动,测量能量代谢(EE)、氧气消耗(VO_2)、每分钟通气量(V_E)代谢系统相关指标,从大腿深度增加到胸部深度时,出现各个指标减小的情况,而胸部深度到腰部深度时各个指标增加,因此得出结论在胸部深度时,能量消耗较少可以提高运动时间,减少运动负荷,而在大腿深度时,相较其他深度能量消耗最多,可以进行相对负荷较大的短时运动,由于浮力和阻力的抵消作用腰部深度与陆地上能量代谢相似。有研究表明水深在患者剑突位置,水温为30℃的治疗池中进行水中平板训练,患者行走速度和支撑相对时间显著增加^[25]。VAKILIAN A等^[26]指出经过为期6周的水中训练,水中训练对静态和动态平衡都具有明显的改善效果,且在髌深组比剑突胸骨组具有更大的改善效果。JUNG T等^[27]研究分析表明,在不同深度进行水中平板步行训练,随着深度增加至颈部的水平患者的步幅会增加,节奏变缓,踝关节活动度增加,髌关节活动度降低,得出引起水中跑步机行走步态模式改变是由于水的深度变化引起的流体动力学如浮力和阻力的相互作用。与陆地运动相比,水中运动所需要消耗的能量增加,且随着水深度的增加,需要消耗的能量更多,进一步影响患者运动时平衡等功能,患者的训练难度也随之增加。

2.2 水中运动的不同温度对脑卒中患者步行能力的影响

2.2.1 在凉水浴26~33℃下对脑卒中患者步行能力的影响 目前对于脑卒中患者水中运动多采用凉水浴,KNECHTLE B等^[28]通过让患者在深达右心房水平的30℃水中进行持续20 min的低到中等强度的步行运动,研究在水中运动与陆地上相匹配的运动强度步行脑血流量的对比。测量出运动前后水中和陆地运动的相关指标,结果是两种运动方法都可以增加脑血流量,如大脑中动脉血流速度增加,且水中运动的脑血管健康益处更大。在水温30℃水中运动进行交替训练相较于单纯的陆地训练和水中运动,对神经元可塑性的运动和感觉刺激更有效,可以更有效地改善卒中偏瘫患者的步行能力和呼吸功能^[29]。MATSUMOTO S等^[30]将120例脑卒中偏瘫患者(Brunnstrom 3~6期)分配到水下运动和常规康复治疗两组,在水温为30~31℃的水中进行30 min训练,结果表明10 min步行测试和痉挛参数都有大幅度的改善。相同的在经过8周30~33℃的水中下肢肌肉力量训练,测量患者的股直肌、股二头肌、胫前肌和腓肠肌等下肢步行

主要肌肉的最大等长自主收缩强度,计算各步行动作的收缩率,证明水中训练可在不增加患者痉挛状态下,增强脑卒中患者下肢肌肉力量,改善肌肉的收缩^[31]。

2.2.2 在不感温水浴34~36℃对脑卒中患者步行能力的影响 有研究调查了在1.4米深,水温为34~36℃的治疗池中进行水中运动1个月后,患者的社会功能、活力、身体疼痛、认知情况和情绪变化等相关指标都具有积极的效果,相对陆地运动,水中训练与水中训练联合陆地训练对患者的生活质量和功能的改善具有更大的积极作用^[32]。在水温35℃,气温27℃的水下环境进行40 min,每周3次,持续6周的训练,结果表明慢性脑卒中患者的摆动面积、Berg平衡均有显著的改善,患者对运动的关节位置感和方向感大大提高^[33]。研究发现^[34]在34~36℃的水温环境中,经过相对较短的4周时间水下训练,Berg平衡量表、功能伸展实验、2 min步行实验和计时起跑实验的得分都显著提高,可以大幅度改善脑卒中后平衡功能和行走功能。

2.2.3 在冷水浴<26℃下及热水浴>39℃下对脑卒中患者步行能力的影响 经过查阅资料发现,在冷水浴以及热水浴的水中环境对于脑卒中患者的治疗研究非常少,这可能是由于脑卒中患者存在皮肤感觉障碍,对外界刺激感知严重降低,甚至无法感觉到冷热变化^[35]。定期的水中运动可以改善患者的血压变化情况,但是在大多数专家进行实验设计时,会有意地避开冷水浴及高温的条件,因为脑卒中患者大多是年老患者,产热能力较弱,加上局部血液循环受阻,在寒冷环境中,最大心输出量会减少,影响心率和肌肉脂肪的血流分布,进一步导致运动能力下降。而长时间的高温浸入会导致人体出现乏力、恶心呕吐等不良症状。

综上所述,目前大多研究均采用26~36℃的凉水浴及不感水温浴进行实验,可有效改善卒中后患者的下肢功能和生活质量,而对于其他温度的作用与危害研究较少,亦希望这将成为未来研究的突破点。

3 研究展望

研究人员对水中运动在脑卒中康复中的作用进行深入研究,包括其对步行能力、平衡能力、肌力和心肺功能的改善效果,以及对认知功能和心理健康的影响^[36],致力于揭示水中运动对脑卒中康复的生理和神经机制。通过研究水中运动对神经可塑性、神经保护机制和炎症反应的影响,以更好地理解水中运动在脑卒中康复中的作用。且随着技术的不断发展,研究人员开始探索利用智能化技术改进水中康复治疗。例如,结合虚拟现实、运动传感器和智能监测设备,开发出个性化、精确的水中康复方案,进一步探索在不同深度和温度环境下,结合现代智能化技术,研究不同深度

和温度以及浸泡方式的组合,以提高脑卒中患者的治疗效果和康复体验。这些研究探索需要进一步得到解决,将有助于拓展水中运动作为脑卒中康复治疗的应用范围,并为未来的临床实践提供更有力的科学依据。

4 研究小结

本研究结果表明水中运动可以通过调整水中环境,在不同深度以及温度环境下进行相应的水中运动,达到增强患侧的肌力、协调性和关节活动度、提高平衡能力等作用,进一步起到改善脑卒中患者步行能力等效果。研究发现:①水中运动常见的训练方法包括水中平板步行训练、水中太极、Halliwick“十点程序”运动,这些方法可以改善患者的步行能力、下肢负重减少、核心稳定性肌群增强,并提高动静平衡能力和步行功能。②在不同深度的条件下,在胸部深度时,能量消耗较少可以提高运动时间,减少运动负荷,而在大腿深度时,相较其他深度能量消耗最多,随着水环境深度的增加,由于浮力和阻力等的相互作用,患者的运动节奏会变缓,影响患者的步态模式,使运动难度随之增加,可以根据患者的个人情况选择适合的运动深度,控制运动强度。③在不同水温的条件下,目前多采用 26~36℃凉水浴以及不感水温浴,适当的水温环境帮助放松肌肉、减轻疼痛和改善血液循环,提升心理状态,增加对康复的积极性。对于其他温度的研究少之又少,这可能是由于患者感觉减退或缺失而一定安全性的考虑。但是多项研究证明^[37-38],一定程度的低温与高温对人体的感觉、运动等系统都有改善作用,因此对于其他温度对脑卒中患者的作用将可以成为未来研究的重点。

随着老龄化程度进一步加剧发展,人口金字塔失衡,青壮年脑卒中危险因素越来越多,不断增加的相关需求增大,一定程度上给国家与社会的各方面带来压力,未来必将进一步重视脑卒中人群。在对不同的患者训练时,应该因人而异的选择不同水中训练方法,以及改变水的不同物理性质和训练的强度和负荷,设计个性化的科学运动处方,不同训练变量更具体化、个性化、科学化,使训练效益最大化。本研究为脑卒中患者水中运动的不同深度和温度条件与训练方法提供了一个新的研究方向与思路,将推动水中运动这一有效的治疗方法在医疗机构中的发展与推广。

参考文献:

- [1] 王陇德,刘建民,杨弋,等.我国脑卒中防治仍面临巨大挑战—《中国脑卒中防治报告 2018》概要[J].中国循环杂志,2019,34(2):105-119.
- [2] HERPICH F,RINCON F. Management of acute ischemic

stroke[J]. Crit Care Med,2020,48(11):1654-1663.

- [3] RAJATI F,RAJATI M,RASULEHVANDI R, et al. Prevalence of stroke in the elderly: a systematic review and meta-analysis [J]. Interdisciplinary Neurosurgery, 2023,32:101746.
- [4] FEIGIN V L,BRAININ M,NORRVING B, et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022[J]. Int J Stroke,2022,17(1):18-29.
- [5] JACOB M A,EKKER M S,ALLACH Y, et al. Global differences in risk factors,etiology,and outcome of ischemic stroke in young adults-a worldwide meta-analysis;the GOAL Initiative [J]. Neurology,2022,98(6):e573-e588.
- [6] 冯腾宇,刘杨,王继先,等.经皮神经电刺激改善脑卒中后运动功能的相关研究[J].中国康复,2022,37(9):545.
- [7] 丛芳,崔尧.脊髓损伤水疗康复中国专家共识[J].中国康复理论与实践,2019,25(1):34-43.
- [8] CLAASSEN J,THIJSEN D,PANERAI R B, et al. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation [J]. Physiol Rev, 2021,101(4):1487-1559.
- [9] STANCIU L E,ILIESCU M G,VIĂDĂREANU L, et al. Evidence of improvement of lower limb functioning using hydrotherapy on spinal cord injury patients[J]. Biomedicine,2023,11(2):302.
- [10] GU X D,ZENG M,CUI Y, et al. Aquatic strength training improves postural stability and walking function in stroke patients [J]. Physiother Theory Pract, 2023, 39 (8):1626-1635.
- [11] 许玲,胡嘉斌,曹强,等.水中六字诀对 COPD 稳定期肺肾气虚证患者康复效果的研究[J].中国老年保健医学, 2021,19(6):13-17.
- [12] KIM N H,CHOI Y H,CHOI Y R, et al. Comparison of training effects between underwater treadmill gait training and overground gait training on the walking ability and respiratory function in patients with chronic severe hemiplegic stroke: a randomized, controlled, preliminary trial[J]. Top Stroke Rehabil,2022,29(2):83-91.
- [13] PÉREZ-DE LA CRUZ S. Comparison between three therapeutic options for the treatment of balance and gait in stroke:a randomized controlled trial[J]. Int J Environ Res Public Health,2021,18(2):426.
- [14] 王亚囡,张通,刘惠林,等.水中平板步行训练干预脑卒中偏瘫患者临床疗效研究[J].康复学报,2022,32(4):299-305.
- [15] 王亚囡,刘惠林,朱琳,等.水中平板步行训练对脑卒中偏瘫患者双侧腹肌厚度及平衡功能的疗效[J].中国康复理论与实践,2022,28(5):524-529.
- [16] LIM C G. Effect of underwater treadmill gait training with Water-Jet resistance on balance and gait ability in patients with chronic stroke:a randomized controlled pilot trial[J]. Front Neurol,2020,10:1246.

- [17] 柴丽,王梅. 基于 ICF 脑卒中核心分类组合评价轨道减重步行训练对脑卒中患者下肢运动功能康复的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28(6): 653-658.
- [18] 陈增,龙登毅,王建强,等. 国际功能、残疾和健康分类康复组合(ICF-RS)用于老年非特异性下腰痛患者水中太极效果评价的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(10): 1341-1346.
- [19] MACÍAS-HERNÁNDEZ S I, VÁZQUEZ-TORRES L, MORONES-ALBA J D, et al. Water-based Tai Chi: theoretical benefits in musculoskeletal diseases. Current evidence[J]. J Exerc Rehabil, 2015, 11(3): 120-124.
- [20] 仲琛. Haliwick 水中康复与常规康复对学龄前痉挛型脑瘫儿童肌张力、关节活动度及尖足步态的影响[D]. 山东: 山东体育学院, 2021.
- [21] VODAKOVA E, CHATZIIOANNOU D, JESINA O, et al. The effect of Halliwick method on aquatic skills of children with autism spectrum disorder[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(23): 16250.
- [22] PENDERGAST D R, MOON R E, KRASNEY J J, et al. Human physiology in an aquatic environment[J]. Compr Physiol, 2015, 5(4): 1705-1750.
- [23] KANG E S, YOON J S, HA M S. Breathing exercises for improving cognitive function in patients with stroke[J]. J Clin Med, 2022, 11(10): 2888.
- [24] LIM H, AZURDIA D, JENG B, et al. Influence of water depth on energy expenditure during aquatic walking in people post stroke[J]. Physiother Res Int, 2018, 23(3): e1717.
- [25] KIM, DOO-HO, YANG, et al. The effect of public health physical program on paretic side in environmental water quality[J]. Toxicol Environ Health Sci, 2019, 11: 252-256.
- [26] VAKILIAN A, BABAEIPOUR H, SAHEBOZAMANI M, et al. The effect of aquatic training on static and semi-dynamic balance of patients with chronic ischemic stroke: a randomized clinical trial[J]. Turk J Physiother Rehabil, 2021, 67(3): 315-321.
- [27] JUNG T, KIM Y, LIM H, et al. The influence of water depth on kinematic and spatiotemporal gait parameters during aquatic treadmill walking [J]. Sports Biomech, 2019, 18(3): 297-307.
- [28] KNECHTLE B, WAŚKIEWICZ Z, SOUSA C V, et al. Cold water swimming-benefits and risks: a narrative review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(23): 8984.
- [29] PUGH C J, SPRUNG V S, ONO K, et al. The effect of water immersion during exercise on cerebral blood flow [J]. Med Sci Sports Exerc, 2015, 47(2): 299-306.
- [30] MATSUMOTO S, UEMA T, IKEDA K, et al. Effect of underwater exercise on lower-extremity function and quality of life in post-stroke patients: a pilot controlled clinical trial[J]. J Altern Complement Med, 2016, 22(8): 635-641.
- [31] LEE S Y, IM S H, KIM B R, et al. The effects of a motorized aquatic treadmill exercise program on muscle strength, cardiorespiratory fitness, and clinical function in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2018, 97(8): 533-540.
- [32] PÉREZ-DE LA CRUZ S. Influence of an aquatic therapy program on perceived pain, stress, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized trial[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(13): 4796.
- [33] HAN S K, KIM M C, AN C S. Comparison of effects of a proprioceptive exercise program in water and on land the balance of chronic stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2013, 25(10): 1219-1222.
- [34] ZHU Z Z, CUI L L, YIN M M, et al. Hydrotherapy vs. conventional land-based exercise for improving walking and balance after stroke: a randomized controlled trial [J]. Clin Rehabil, 2016, 30(6): 587-593.
- [35] 邵芃,贾杰. 单侧脑卒中患者上肢感觉功能障碍临床特征分析[J]. 康复学报, 2022, 32(6): 527-532.
- [36] LI D X, CHEN P. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on cardiorespiratory fitness, motor function, balance, and functional independence in stroke patients—a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Brain Sci, 2021, 11(8): 1097.
- [37] FIYNN B, VITZTUM M, MILLER J, et al. Feasibility and pilot study of passive heat therapy on cardiovascular performance and laboratory values in older adults[J]. Pilot Feasibility Study, 2023, 9(1): 86.
- [38] VAILE J, O'HAGAN C, STEFANOVIC B, et al. Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow[J]. British Journal of Sports Medicine, 2011, 45(10): 825-829.

收稿日期: 2023-09-08; 修回日期: 2023-10-10