

双重减重智能步态康复水疗训练系统的设计与研发

余雨荷,许明,张泓

【关键词】 双重减重;步态训练;水疗法;专利

【中图分类号】 R49;R493 【DOI】 10.3870/zgkf.2019.02.010

中枢神经系统损伤如脑卒中和脊髓损伤等造成的肌张力过高、姿势异常^[1],肌力下降及下肢骨关节病等造成的关节活动受限,严重影响了患者的日常生活尤其是行走功能,大大降低了患者的生活质量和信心。但在医疗资源相对紧张的情况下,较少的康复治疗师的数量与庞大的康复患者群体的需要的矛盾日益突显^[2-4]。

我国康复医疗器械市场随着康复事业的发展而迅速发展,水疗也是康复医学研究的一大方向,并且对下肢功能障碍的康复也有独特的疗效^[5]。但针对下肢运动功能障碍康复的医疗仪器结构和功能较为单一,训练模式趣味性不高,且很少有将水疗法与下肢步态训练相结合的医疗技术产品。因此研发“双重减重步态康复水疗训练系统”[实用新型专利号:ZL.201520271043.3,发明专利申请号:201510213213.7],实现水疗与步态康复相结合,利用双重减重适应不同患者和时期步态训练的需要,精确评估和量化治疗参数,模拟正常运动轨迹辅助患者步态训练,加速患者功能恢复。

1 理论基础

1.1 水疗法 水疗法是利用水的物理和化学性质,促进躯体感觉和运动功能恢复的一种治疗疾病的方法,在康复医学领域应用的越来越广泛;且水疗发展的新特点就是与运动疗法相结合即水中运动疗法^[6]。作为水疗法的重要组成部分,水中运动疗法具有提高肢体运动功能和缓解患者心血管症状及疼痛的功效,在脑卒中^[7-8]、膝骨关节炎^[9]、烧伤等疾病中应用较为广泛^[10]。水疗法在国内的应用相对较为落后,但在发达国家已是一种成熟的治疗训练技术。其中水中平板步

行训练(underwater treadmill training, UWTT)疗法是一项较新的水疗康复技术,是种将水疗与减重平板步行训练的特点相结合,从而提高下肢功能的训练方法^[11]。有研究发现水中平板步行训练能以较少的做功维持步行,减轻下肢负荷和耗能,缓解痉挛,减轻肌肉萎缩,增强残存肌力,减少心血管疾病的危险因素,改善体位性低血压等^[12]。此外通过 UWTT 能够增加膝关节伸肌的峰力矩^[13],改善脑卒中患者的步行能力^[14],在训练的同时还具有恒温冷却、放松肌肉的功效^[15-16]。总的来说相较于普通平板运动训练和减重平板训练,水中平板运动训练在改善心肺功能的同时者,更能够改善下肢的步行能力、平衡能力以及肌肉力量和耐力^[17],还可使患者尽早获得站立和行走的能力,且同时兼有水疗法的多种功能^[18],实现多样化治疗方式,降低平地训练风险和难度,提高康复效率。

1.2 步态训练疗法 目前针对下肢训练的康复方法主要有肌力训练,平衡训练,重心转移训练,治疗师辅助步行强化训练,下肢康复机器人,减重平板训练等^[19-20]。其中人工辅助步行训练多是缺乏整体性的节段式训练,治疗师从上至下对患者髋、膝、踝关节逐级进行肌力和稳定性训练,但是容易出现患者下肢单项功能较好但综合步行能力差的尴尬局面^[21]。此外训练下肢的过程中不能充分保证患者躯干的稳定,安全性不高,保护度较差,存在跌倒风险,患者对治疗的信任程度不佳。而机器人辅助训练凭借高强度,重复性,反馈互动性及任务导向性的特点,从而实现辅助或替代患者的功能运动或进行远程训练,其中外骨骼式近端驱动型机器人在临床应用较为广泛^[22]。很大程度上解决了精准性和可重复性较差等导致的康复效果难以评判的问题^[23-24],以及减少了过分依赖治疗师的体力精力、态度和治疗水平等因素的状况出现。其优势在于把智能控制与人体运动相结合,允许更密集的重度训练和较高的工作强度,在一定程度上弥补治疗师的体能不足和以合理的成本提供治疗,并且通过测量力量和运动模式来定量评估运动恢复的水平。有研究发现让患者进行重复性的处于正常生理垂直负重姿

基金项目:湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(Cx208)

收稿日期:2018-07-15

作者单位:湖南中医药大学,长沙 410208

作者简介:余雨荷(1995-),女,硕士,主要从事神经系统疾病的中西医结合康复机理与临床方面的研究。

通讯作者:张泓,zh5381271@sina.com

势下的全真模拟步态训练,有利于提高大脑神经回路的传递效率^[25],扩大受训部位在大脑皮层的支配区域,促进神经功能重塑和运动再学习的过程,最终达到恢复患者运动及控制能力的目的。

1.3 传统中药药浴疗法 古云“头有疮则沐,身有痍则浴”、“外治之理,即内治之理”,中药药浴疗法作为中医外治法之一,结合了水和中药药物的双重作用,对防治疾病具有独到功效,且由于其简便、迅速、安全舒适的特点更易于患者所接受。作为一种传统的物理疗法,其作用机理是借助水的温热作用和药物自身的功效,作用于肌表,循行经络血脉,由表及里,起到温煦肌肉,活血化瘀,疏通经络,濡养全身等功效^[26]。有研究表明,药液中有有效离子成分被皮肤或黏膜吸收作用于病变部位,不经过肝脏的首过效应及胃肠道因素的降解^[27],药物得到有效利用。且由于局部毛细血管扩张,血液和淋巴循环加快,有利于改善血液的浓、凝、聚、粘状态,加速炎性物质的代谢,消除肌肉疲劳,改善全身机能状态^[28]。在本系统中,医生辩证地选取中药药方,经过加工熬制按照一定的比例均匀混合于训练水池中,让患者的肢体充分浸泡,如针对气虚血瘀证的脑卒中患者肢体痉挛时选用活血祛瘀的桃红、乳香;舒筋解痉活络的木瓜、伸筋草;滋补肝肾强筋骨的桑寄生、杜仲、牛膝,缓急止痛;外加鸡血藤舒筋活血,白芍舒肝柔筋,路路通益肾填精等,最终达到降低肌张力缓解肌痉挛的作用。

2 系统介绍

从双重减重智能步态康复水疗训练系统的系统结构、使用方法及适应证禁忌证三方面介绍如下。

2.1 系统结构 双重减重智能步态康复水疗训练系统由天轨悬吊系统和水浴系统组成(如图1)。

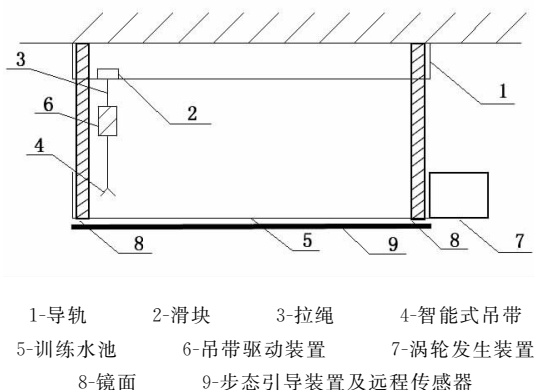


图1 步态训练系统核心技术图

2.1.1 天轨悬吊系统 天轨悬吊系统包括固定在训练水池上方的导轨1,沿导轨滑动的滑块2,拉绳3及连接固定患者身体的智能式吊带4。智能式吊带由腰

部和骨盆两部分组成,内设感应装置可及时收集在不同步态时期的拉绳拉力并将数据传输带计算机中。智能式吊带配合水池两侧辅助转身以及控制重心改变的扶手,主要起到固定保护的作用,保证患者在治疗过程中的安全性。由于患者个体有差异,穿上智能式吊带需要调节拉绳的高度以适合不同身高的患者,因此在所述拉绳上方还安装有可升降和移动吊带的驱动装置6,便于运输患者至训练水池。驱动装置为电机驱动。所述电机自带驱动蓄电池和控制器或遥控器。

2.1.2 水浴系统 训练水池5为矩形,长3.5m,宽1.5m,高1.2m。在训练水池一个角上设有可供患者进入水池的扶梯,梯子的高度和斜坡可调节,方便肢体不便者进出。训练池中还设置有温度调节装置,实现不同温度的水浴包括冷水浴:15℃~28℃;凉水浴:28℃~33℃;不感水浴:34℃~36℃;温水浴:37℃~38℃;热水浴39℃~42℃,治疗过程根据患者具体功能情况对温度加以调节,一般水温设置在36℃~38℃为宜^[29]。针对不同患者的情况,辨时辩证的选取中药加入水池中,达到疏经活络,消肿止痛等功效,实现传统中药药浴与现代康复水浴相结合。在训练水池中还安装有涡流发生器7,可使训练池中的浴水发生漩涡、气泡和水流喷射,从而使患者在训练的过程中同时进行涡流浴,增强本体感觉输入和训练的复杂性,加快中枢神经损伤后肢体瘫痪、截肢后残端痛的康复。作为对前述方案的改进,在训练水池的两侧装有镜面8用于训练中患者的姿势调整以及在池底安装有步态引导装置及远程传感器9。步态引导装置主要是地板显示屏,在通电后会显示由电脑生成的标准化足印(如图2)。地板显示屏与池水之间有隔水层。隔水层是玻璃、透明防水膜等材料,可以防止池水进入地板显示屏。患者在训练时,沿着地板显示屏上显示的标准化足印进行全真模拟下的步态训练,远程传感器通过受力方位、压强、速度等物理量收集数据,形成步长、步幅、步宽、步速及足偏角等信息并反馈于计算机系统,通过信息处理自动分析生成此次训练的成果报表。另外,为了让患者更好地感知自己的训练情况,地板显示屏还设有生物反馈,能提供实时的动态检测与分析反馈,包括视觉反馈和振动觉反馈。当患者踏上正确的足印时,足印产生红光,即视觉反馈。此时,足底同样会有振动感觉的输入,即振动觉反馈。相反,若患者的足印与所显示的足印偏差较大时,红光的强弱和振动感觉的大小就会相应减弱。这种实时的生物反馈不仅保证训练过程的一致性和准确性,而且在训练中能及时发现患者运动偏差,加深患者对错误运动模式的认知并及时主动做出正确的步态姿势调整,从而强化治

疗效果,实现自主训练。值得一提的是,训练前后评估参数的完善对治疗方式的确立和调整至关重要。

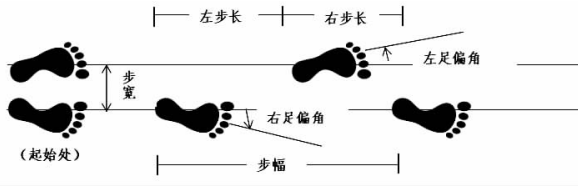


图2 地板显示屏步态引导图

2.2 使用方法 患者在医生、治疗师或家人的陪同下,使用轮椅的患者通过水池旁可自动调节的斜坡达到治疗平台,下肢功能状况较好者可沿着扶梯进入训练水池。用天轨悬吊系统固定保护之后,治疗师使用遥控设备驱动系统将患者运输至水池适当位置开始双重减重步态训练。训练时根据地板显示屏上的个性化足印,在计算机的引导下实现模式化智能化的下肢步态康复。与此同时,患者根据足底所接收到生物反馈的情况和面前的姿势镜自动进行步态和姿势调整,从而实现重复多次的精准训练。治疗处方及治疗方式的选择主要依靠患者功能情况,三种疗法即双重减重步态训练、涡轮浴、中药药浴,可单独或综合使用,从而扩大适应人群。

2.3 适应证与禁忌证 本系统主要适应于胸腰骶段脊髓损伤痉挛性截瘫、偏瘫(非软瘫期)、脊髓灰质炎、强直性脊柱炎、腰骶神经根炎、坐骨神经痛、下肢骨折愈合后、骨关节炎、腰椎间盘突出、慢性阻塞性肺疾病等疾病的非急性期、其他疾病导致的双侧肌力下降和关节挛缩及肥胖者等。禁忌证主要包括高位颈髓损伤及弛缓性截瘫者,完全无自主步行能力者;疾病急性期,生命体征不稳定者;严重心肺功能不全者;患严重传染性皮肤病者;骨折或烧伤的未愈合期以及对水有恐惧感的心理障碍者和训练不配合者等。

3 系统优势

本系统将水疗、机器人辅助训练和中药药浴有机结合并加以创新,相比于现有的步态训练方法,双重减重智能步态康复水疗训练系统具有以下四大优势:

3.1 双重减重的支持性 许多研究已证实减重训练对人和动物的神经系统和下肢步行功能的康复均有确切的疗效^[30-34]。对比单纯陆地的平板步态训练,本系统借助水的浮力,且通过天轨悬吊系统实现双重减重,能更大程度地减除身体的部分负重,最大限度降低早期训练难度,部分弥补患侧下肢迈步相屈髋肌群肌力的不足和关节活动范围减小以及支撑相膝过伸的问题,降低病理性髋外展外旋等异常步态姿势,提高步态对称性^[35]。可以满足不同疾病和同一疾病不同时期

的下肢负重功能的需要,循序渐进的改变治疗难度尤其是降低了早期康复训练的练习难度。与此同时,不同于现有其他机器人训练的是本系统增加了步态引导装置即电子足印,并伴有生物反馈功能,在标准化模式化步态训练中更能实现患者的自我调整。系统可引导训练者双下肢主动进行髋膝踝的运动,维持患者膝关节伸肌的力量,从而提高患者膝关节的稳定性,提高患者平衡与肢体协调能力及下肢的运动感知能力,更快建立出新的感觉—运动神经通路,实现从水中到平地康复训练的过渡。患者在水中训练在一定程度上会感受到阻力,速度相对陆地训练较慢,因此患侧下肢负重时间也相应增加,有助于患侧下肢肌力改善,且耗氧量也会明显较陆地步行训练增加。因此训练时患者的心肺功能也会有所提高。

3.2 步态康复的整体性 本系统基于水疗法、中药药浴及机器人辅助训练疗法理论,不同于传统的步态分解训练方式,将步态训练作为一个整体,循环多次重复训练步行周期的各个部分包括支撑、摆动和重心转移等,使其最大程度接近正常的生理步态模式,刺激潜在的中枢模式发生器(central pattern generator, CPG),提高神经系统可塑性^[36]。相比穿戴式下肢机器人,本系统在患者运动训练时没有过多的束缚,躯干、四肢的活动性更大,尤其鼓励患者尽早放开扶手,按照正常的生理步行节奏规律地摆动上肢,在步态训练的同时又改善了姿势平衡和协调的能力,从宏观上整体恢复肢体运动功能^[37]。

3.3 治疗方式的多样性 本系统在一定程度上改善了以往结构和功能单一的步态训练问题,将水疗法与步态训练,中药药浴和涡轮浴相结合实现了从多项多次繁琐训练到单项多次综合训练的转变。充分利用多样化的治疗方式提高治疗效果加之水中训练的娱乐性及新奇感胜于其他运动,能激发患者运动训练的兴趣、积极性及主动性,增加康复的信心,避免了在陆地上由于难以达到训练效果而使患者自信心受挫的问题,有效地缩减了心理障碍期,促进康复目标尽早实现。

3.4 数据收集与分析的量化性 系统在训练前对患者功能进行全面量化评估,此外通过适时科学调整训练模式、训练时间、步态参数等,有效量化控制训练的强度和进程,分析康复疗效,有利于调整治疗方案和回顾性研究统计,对于不同患者以及同一患者恢复的不同阶段的个性化训练方案的制定起到指导作用。这也是与现有的悬吊系统相比本系统的优势所在,即训练过程智能化和训练数据量化。在训练过程中收集患者有效的姿势和步态训练信息,形成数据库,观察正常生理状态和病理状态的步态总体特征和相应指标变化情

况,有利于进行步行相关的科研统计,但本系统在训练时,更加要求患者具备一定的下肢运动功能,针对疾病软瘫期和下肢完全无法自主步行者并不适应,使得适应人群有一定程度的缩小,这也是本系统需要不断改良和完善的地方,为以后的深入研究指明了方向。

4 实用性分析

首先基于以上三大理论基础及大量临床研究发现,水疗法和机器人辅助训练疗法均在下肢功能康复方面应用技术较为成熟,且疗效显著。这也为本系统的研发与生产打下了坚实的基础。其次,将水中运动与天轨悬吊结合实现的双重减重降低了训练初期的难度系数,并辅以中药药浴疗法,也是本系统的一个实用创新及特色之处。此外,与同类型步态训练机器人相比,本系统结构相对简单,成本低廉,易于生产和操作。最后,面对下肢功能康复的广阔市场和受众人群,双重减重智能步态康复水疗训练系统为下肢运动功能障碍的诊断和治疗提供一个新思路。

综上所述,双重减重智能步态康复训练系统能够将水疗法、步态训练及传统中药药浴相结合,综合治疗下肢功能障碍,提高患者康复训练积极性,利用机器人辅助训练实现精准控制步态治疗参数,并且记录治疗数据,方便医生和治疗师及时评估和改善训练方案,使患者获得专业、优质、个性化的康复指导,完成针对性强的康复训练。同时通过数据库的建立,本系统也可以作为临床科研的直接参考对象,对康复医学发展亦有贡献。

【参考文献】

- [1] 岳增辉,陈乐乐,朱小珊,等. 针刺对脑卒中痉挛大鼠模型大脑皮质 DRD1mRNA、DRD2mRNA 表达的影响[J]. 湖南中医药大学学报,2012,32(12):51-54.
- [2] 李建军,杨明亮,王方永,等. 我国康复服务的未来发展方向探讨[J]. 中国康复理论与实践,2008,14(11):1081-1082.
- [3] 梁娟,林成杰. 我国脑卒中患者社区康复探讨[J]. 中国康复,2012,27(4):316-318.
- [4] 王洪强. 现代综合医院康复医学科发展前景展望[J]. 中国医学创新,2012,9(17):153-154.
- [5] 黄长琴,钟艳. 脑卒中患者运动功能障碍康复治疗新进展[J]. 检验医学与临床,2017,14(3):449-451.
- [6] 卢昌亚. 水疗的康复效应、作用机制及其进展[J]. 中国组织工程研究,2001,5(15):22-23.
- [7] 郝重耀,杨发明,齐江敏. 艾灸联合水中运动疗法干预脑卒中后偏瘫痉挛状态的临床研究[J]. 山西医药杂志,2016,45(15):1783-1786.
- [8] Furnari A, Calabrò R S, Gervasi G, et al. Is hydrokinesitherapy effective on gait and balance in patients with stroke? A clinical and baropodometric investigation[J]. Brain Injury, 2014, 28(8):1109-1114.
- [9] 周圆,林海丹,何成奇. 运动疗法治疗膝骨性关节炎临床研究的国外研究进展[J]. 中国康复医学杂志,2015,30(12):1306-1309.
- [10] 罗贤彪. 水中运动疗法在大面积烧伤患者运动功能康复的效果[J]. 世界最新医学信息文摘,2017,17(90):189-190.
- [11] 吴琼,张通,丛芳,等. 健康成人水中平板步行运动分析[J]. 中国康复理论与实践,2017,23(1):63-67.
- [12] Stevens SL, Caputo JL, Fuller DK, et al. Effects of underwater treadmill training on leg strength, balance, and walking performance in adults with incomplete spinal cord injury [J]. J Spinal Cord Med, 2015, 38(1):91-101.
- [13] Lee DG, Jeong SK, Kim YD. Effects of underwater treadmill walking training on the peak torque of the knee in hemiplegic patients[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(9):2871-2873.
- [14] 王莉,戴朝素. 水中强化步行训练对脑卒中偏瘫患者步行能力恢复的影响[J]. 中国康复医学杂志,2014,29(1):76-78.
- [15] Fujishima K, Shimizu T, Ogaki T, et al. Thermoregulatory responses to low-intensity prolonged swimming in water at various temperatures and treadmill walking on land[J]. J Physiol Anthropol Appl Human Sci, 2001, 20(3):199-206.
- [16] Gass EM, Gass GC, Pitetti K. Thermoregulatory responses to exercise and warm water immersion in physically trained men with tetraplegia[J]. Spinal Cord, 2002, 40(9): 474-480.
- [17] 吴琼,丛芳,周红俊,等. 水中平板步行训练在脊髓损伤患者康复中的应用[J]. 中国康复理论与实践,2010,16(3): 216-218.
- [18] 毛立伟,赵梦飞,潘化平,等. 水中平板运动训练对中老年超重患者心肺功能以及运动能力影响的研究[J]. 中国康复医学杂志,2017,32(9):1021-1025.
- [19] 刘晓冬,董继革,孙丽. 减重平板步行训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 中国现代医学杂志,2013,23(21):85-88.
- [20] Hoyer E, Jahnsen R, Stanghelle JK, et al. Body weight supported treadmill training versus traditional training in patients dependent on walking assistance after stroke: a randomized controlled trial[J]. Disabil Rehabil,2012,34(3):210-219.
- [21] 郑彭,黄国志. 下肢康复机器人在脑卒中患者运动功能障碍中的应用进展[J]. 中国康复医学杂志,2017,32(6):716-719.
- [22] 刘畅,郝淑燕,王寒明,等. 下肢康复机器人对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能与步行能力的效果[J]. 中国康复理论与实践,2017,23(6):696-700.
- [23] Weeks D L, Greer C L, Bray B S, et al. Association of Antidepressant Medication Therapy With Inpatient Rehabilitation Outcomes for Stroke, Traumatic Brain Injury, or Traumatic Spinal Cord Injury[J]. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 2011, 92(5):683-695.
- [24] Ching-yi Wu, Li-ling Chuang, Keh-chung Lin, et al. Responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important difference of the Nottingham Extended Activities of Daily Living Scale in patients with improved performance after stroke rehabilitation[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2011,92(8):1281-1287.
- [25] 王俊,杨振辉,刘海兵,等. 下肢康复机器人在脑卒中患者步行障碍中的应用和研究进展[J]. 中国康复医学杂志,2014,29(8):784-788.

- [26] 潘德祥,张雯,金海涛. 中药熏洗治疗脑卒中后肩手综合征 80 例[J]. 中医外治杂志, 2010, 19(1):32-33.
- [27] 王志华,冯莉. 中药促进透皮吸收作用研究近况[J]. 天津中医药大学学报, 2002, 21(1):39-41.
- [28] 刘林亚,杨光,理同新,等. 中药熏洗对运动机体血液流变学的影响[J]. 中国组织工程研究, 2001, 5(19):127-127.
- [29] 金龙,丛芳,司凤山,等. 温水浴和热水浴对膝关节活动受限的疗效比较[J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18(5):461-462.
- [30] 戴清月,赖靖慧,程熙. 减重步行训练对脑卒中偏瘫患者步行能力影响的系统评价[J]. 按摩与康复医学, 2017, 8(3):15-17.
- [31] 沙蕉,顾茜,刘芳,等. 早期减重步态训练对前交叉韧带重建术后下肢步行功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(2):138-142.
- [32] 冯杰扬,陈杨葭,郭磊,等. 减重步行训练对不完全脊髓损伤大鼠脚桥核可塑性影响的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(6):624-630.
- [33] Zhao BL, Li WT, Zhou XH, et al. Effective robotic assistive pattern of treadmill training for spinal cord injury in a rat model[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2018, 15(4):3283-3294.
- [34] 冯杰扬,陈杨葭,郭磊,等. 减重步行训练对不完全脊髓损伤大鼠脚桥核可塑性影响的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(6):624-630.
- [35] Jung T, Lee D, Charalambous C, et al. The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(1):129-136.
- [36] 刘艺,黄敬. 脑卒中偏瘫患者 3 种步行训练方法的效果比较[J]. 中国康复理论与实践, 2014, 20(3):272-275.
- [37] 张昆龙,徐莉. 水中运动技术在康复治疗中的新进展[J]. 中国疗养医学, 2013, 22(7):577-580.

作者·读者·编者

《中国康复》杂志微信公众平台征稿

为更好地向读者传递最新的康复医学新成果,方便读者更早和更便捷地利用碎片时间浏览和阅读康复医学最新文献,《中国康复》杂志微信公众号于 2017 年 4 月 11 日正式开通,广大读者可随时随地查看稿件审理进展、第一时间查看当期发表的文章目录及内容、搜索往期文章、了解康复最新资讯、交流康复治疗技术、学习科研论文写作技巧,大大提高您的阅读效率,节省您的时间。

现《中国康复》微信公众平台面向所有读者征稿,欢迎读者将自己的科研成果以科研论文的形式投到我刊网站的同时,也以图片或视频配简单文字介绍的方式发送到我刊邮箱 zgkf1986@163.com,我刊将图片和视频通过专家审核后,发布在微信公众号,使得您的科研成果生动、立体、多方面、多渠道地得到展示。这将大大提高您所投文章的录用几率,同时也可使得您的文章得到优先发表的权利。

您可以通过以下方式关注《中国康复》公众号:

- 1、扫一扫右侧的二维码,进行关注。
- 2、微信搜索“中国康复杂志”,直接关注。

感谢您的支持!

联系方式

网址:www.zgkfzz.com

电话:027-69378389

邮箱:zgkf1986@163.com;kfk@tjh.tjmu.edu.cn

