

体适能训练在脑瘫儿童康复干预中的效果

葛佳乐¹ 张婵² 张潇¹ 沈敏¹

¹上海市养志康复医院(上海市阳光康复中心)儿童康复科, 上海 200125; ²上海市第一人民医院康复科, 上海 201600

通信作者: 葛佳乐, Email: 594612934@qq.com

【摘要】 研究显示大部分儿童在成长过程中都存在体育活动水平不足的问题, 而脑瘫儿童的身体活动水平比正常发育的同龄人还低。体适能训练已被大量的国外学者用于提高脑瘫儿童的肌力、肌耐力, 提高步行能力, 缓解疼痛等。本文就近年来体适能训练对脑瘫儿童的影响相关研究进行综述, 以进一步了解哪种类型的干预措施有效或无效; 亦希望在分析这些体适能的实践和方法时能为后续脑瘫儿童的体适能训练研究提供新的视角。

【关键词】 脑性瘫痪; 体适能; 心肺功能; 肌力; 肌耐力; 慢性疼痛

基金项目: 上海松江区科技(医药卫生领域)攻关项目(22SJKJGG37)

Funding: Shanghai Songjiang District Science and Technology Research (Medical and Health Field) Project (22SJKJGG37)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.07.017

体适能(physical fitness)指人体有充足的精力从事日常工作或者学习而不感到疲劳, 同时有余力享受休闲活动的乐趣, 具有能够适应突发状况的能力^[1], 体适能综合了人体的身体素质和应变能力。儿童体适能是指儿童在日常生活中有足够的体力进行日常事务, 享受休闲游戏, 并且不会感觉疲惫, 面对突发事件拥有反应能力。儿童体适能的开展主要由体适能、身体成分、心肺功能训练、抗阻训练、柔韧度练习和运动指引六个方面组成, 其中体适能包括健康体适能和技能体适能。健康体适能包括肌力和肌肉耐力、柔韧度、心肺耐力、身体成分; 技能体适能包括协调、爆发力、敏捷度、反应时间和速度。儿童体适能项目的开展需要针对不同年龄段设置不同的项目; 体适能活动的开展也需因人而异, 依据儿童身心发展的特点, 选择适合儿童的训练项目是尤为重要的^[2]。

脑瘫儿童参加体适能训练的意义

过去 20 年中, 体适能训练已获得越来越多的关注^[3-4], 良好或高水平的体适能训练可以抵消衰老过程中肌肉力量、耐力和心肺适能等的减弱, 有助于中老年时保持独立自主的生活能力^[5-6]。

脑性瘫痪(简称脑瘫)是儿童身体残疾的最常见原因之一, 患病率约为每 1000 例活产儿中有 2.0~3.5 例^[7]。脑瘫是由于发育中胎儿和婴幼儿脑部出现非进行性损伤, 主要引发肌肉张力改变、运动障碍、肌肉无力、共济失调和僵硬, 导致活动受限和生活质量降低^[8]。脑瘫儿童由于身体素质低下、容易感到疲倦, 体适能水平趋于恶化、生活质量降低^[9]。因此, 在儿童时期建立健康和积极的生活方式对脑瘫儿童非常重要。身体功能的下降增加了体适能加速衰退的可能性, 从而产生其它不利影响。低水平的体适能活动和相关慢性病的风险增加有关, 如心肺耐力、肌力、无氧能力和肌肉耐力(无氧体能)、肌肉骨骼柔韧性和身体成分^[10]。因此, 体适能与脑瘫患者整体健康的潜在相

关性应得到重视。

美国运动医学院(American College of Sports Medicine, ACSM)将身体健康的相关组成部分定义为心肺(有氧)健康、身体成分、肌肉力量和肌肉耐力以及柔韧性^[11]。根据该定义, 无氧能力, 即运动中人体通过无氧代谢途径提供能量进行运动的能力, 不是单独的健康组成部分。然而, 无氧能力是继有氧健康和肌肉力量之后的一个重要的决定因素, 对于有短暂间歇性活动模式的脑瘫儿童来说, 无氧能力是身体活动和锻炼的一个重要决定因素。

体适能活动减少和久坐会增加非传染性疾病的风险^[12], 导致健康状况变差, 预期寿命缩短。研究显示, 超过 25% 的脑瘫成年人的活动能力下降, 主要表现为丧失持续独立步行功能^[13]。因此, 脑瘫儿童和青少年时期需要格外强调适当运动的重要性。脑瘫患者在儿童期应进行高强度的游戏活动和体适能训练, 这些活动将有益于脑瘫儿童的身体健康和心理健康^[14]。

体适能训练对脑瘫儿童的影响

脑瘫儿童应尽可能的参与有氧、无氧运动以及肌力训练等体适能活动来减少慢性疾病的发生, 以利于改善其心肺耐力、提高肌力和肌耐力、提高步行能力、缓解疼痛等。

一、对心肺功能的影响

2016 年美国心脏病协会(American Heart Association)提出“有氧运动能力(心肺适能)作为第五生命体征”的理念。脑瘫儿童患心血管疾病的概率比正常发育儿童大, 因其心血管耐力通常低于正常发育儿童^[15]。Dencker 等^[16]研究发现, 正常发育儿童心肺耐力与习惯性体适能活动水平之间的关联程度呈较弱关联至中度关联, 而脑瘫儿童的心肺耐力与习惯性体适能活动水平之间同样亦呈较弱关联至中度关联^[17]。

研究发现, 有氧运动训练可显著提高心肺耐力^[18-21], 对青

少年脑瘫患者进行为期 8 周干预,其呼吸耐力增加了 23%;对于活动能力更强的脑瘫儿童,干预时间越长,心肺耐力的提高越大,运动能力也会增加。但规定的干预性体适能训练可能不会导致脑瘫儿童身体活动行为的持久改变。

二、对肌力的影响

肌肉力量是随意运动时肌肉的单次等长收缩中产生的最大力量。脑瘫儿童的肌力、肌耐力降低,导致脑瘫儿童肌肉力量明显弱于正常发育中的儿童。痉挛型脑瘫儿童皮质脊髓束受损会导致身体虚弱和选择性运动控制能力降低,损伤最常见于远端关节^[22-23]。由于脑瘫儿童躯体控制单个肌肉的能力受损导致协同肢体屈曲和伸展相关的替代运动路径得到加强,继而导致肌肉发生继发性改变^[24],这些均可进一步影响力量的生成。在肌肉出现挛缩、肌节长度增加和肌束胶原含量升高的情况下,可导致脑瘫儿童功能障碍加重^[25]。对于脑瘫儿童,肌肉力量与体适能活动之间最主要的关系是肌肉力量与运动功能之间的正相关关系^[26-27]。

临床上,肌力测试常采用徒手肌力测试法(manual muscle test)、手持式测力计和等速测试仪等方法。研究指出由于脑瘫儿童的拮抗肌群过度激活,导致关节处肌力净生成量减少,在股四头肌最大等长收缩期间,脑瘫儿童的股四头肌与拮抗性半腱肌活动的比率为 0.73,而正常发育儿童的比率为 0.22^[28]。由于配合度欠佳,临床上很难直接测量智力残疾或其它疾病导致的严重运动障碍儿童的肌力。

有学者指出,针对脑瘫儿童的综合作用训练有可能提高其完成对体力要求更高任务的能力,使其能保持更高水平的身体功能独立性^[29]。亦有学者研究了体适能训练对脑瘫儿童肌肉强化干预的有效性,Scholtes 等^[30-33]对脑瘫儿童粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system,GMFCS)分级为 I 至 III 级的脑瘫儿童进行运动干预和随机对照试验,结果显示脑瘫儿童的阻力训练对于提高力量和运动能力安全有效,力量训练并没有增加拮抗肌群的协同收缩,因此短期力量训练即有积极的效果。Yanci 等^[34]通过 Wingate 无氧试验和垂直跳跃评估脑瘫足球运动员的无氧能力和下肢肌耐力的变化,结果表明,与非脑瘫的运动员或残奥会运动员相比,脑瘫运动员的垂直跳跃和 Wingate 测试成绩要低得多,无氧能力和下肢肌耐力在患有脑瘫的足球运动员群体中表现不同,说明需要制订特定的体适能训练计划,以提高患有脑瘫的球员下肢爆发力和无氧能力。而上肢力量的训练同样也可以改善脑瘫儿童的健康体适能。Rimmer^[35]对脑瘫儿童进行力量训练计划以改善轮椅的使用效果,结果表明渐进式阻力训练提高了脑瘫儿童的肌肉力量和轮椅使用效果。

三、对肌耐力的影响

无氧训练可以分为峰值无氧能力和肌肉耐力。峰值无氧功率是指整个机体在短时间、最大运动(如跳跃或短跑)期间每秒产生的最大无氧三磷酸腺苷^[36]。肌肉耐力是指在短时间(< 2 min)内重复或维持高强度肌肉收缩的能力。无氧运动水平随着儿童的成长而增加^[37],但脑瘫儿童的无氧适能水平低于正常发育同龄儿童^[38]。对于存在严重运动障碍的脑瘫儿童,肌肉耐力等无氧适能的缺陷会随着年龄的增加而增加^[39]。Van den Berg-Emons 等^[19]首次测量体适能训练对脑瘫儿童无氧适能的影响,发现以有氧运动为主的运动进行 9 个月的干预后,训练

对脑瘫儿童的峰值无氧能力或肌肉耐力均无影响。Verschuren 等^[40]通过肌肉力量冲刺测试检测 8 个月无氧和有氧运动干预对脑瘫儿童(粗大运动功能分类系统 I 和 II 级)无氧适能的影响,并在最后 5 个月的时间内主要进行无氧运动干预,结果显示体适能训练后无氧适能(峰值厌氧能力和肌肉耐力)和心脏呼吸耐力均有改善,这种改善与正常发育期儿童的研究一致,而且脑瘫儿童在无氧训练后其心肺耐力也明显增加^[41]。

四、对步行能力的影响

脑瘫儿童对能量的需求较高且其无氧阈值较低,因此脑瘫儿童在行走时易出现早期疲劳^[42]。而高能量需求和较低的无氧阈值导致体适能偏低,作为预防疲劳的补偿机制加剧了上述恶性循环。除疲劳外,肌肉力量也是影响脑瘫儿童步行能力的重要因素。体适能训练和积极的生活方式可以改善脑瘫患者体能,提高其身体活动水平,打破脑瘫患者低体能、早期疲劳和不活动的恶性循环,从而改善身体状况^[20,43]。

Slaman 等^[44]研究发现,脑瘫儿童和脑瘫成人的身体活动与峰值摄氧量之间无关联。Balemans 等^[45]通过对 GMFCS 分级为 I、II 或 III 级的痉挛型双瘫和痉挛型偏瘫的脑瘫儿童进行以粗大运动活动、无氧适能和肌力为重点的体能训练干预,对照组行常规物理治疗,研究结果表明,痉挛型双瘫儿童的所有健康参数与步行相关身体活动水平之间存在显著的正相关,而痉挛型偏瘫儿童的身体素质与步行相关身体活动水平之间没有关系;痉挛型双瘫儿童的身体素质和行走相关体适能的下降较痉挛型偏瘫儿童更为严重,这与先前的研究一致。痉挛型偏瘫儿童患侧肌力和肌肉体积的降低会影响可达到的有氧和无氧最大能力,因此,导致患儿的有氧和无氧能力降低。但较轻度的痉挛型偏瘫儿童与双瘫儿童相比,行走相关体适能较高的一种解释可能是痉挛型偏瘫儿童行走的氧气成本较低,因此,痉挛型偏瘫儿童的步行相关体适能可能是因为身体紧张性较低而较少受到低身体素质的影响。此外,其它因素如认知、行为和环境因素可能对痉挛型脑瘫儿童的体适能有较大的影响。

五、对慢性疼痛的影响

脑瘫儿童除存在中枢性运动发育障碍和姿势异常等核心问题外,其疼痛问题也非常突出。疼痛是脑瘫儿童的主要并发症,也是影响其体力活动和日常活动的最相关因素之一^[46]。据报道脑瘫儿童中伴发疼痛者约占 3/4^[47-48],超过 50%的脑瘫患者每日在多个身体部位有中度至重度疼痛。脑瘫本身可引起多种疼痛,此外,治疗肢体残疾也可引起医源性疼痛。疼痛不但会强化脑瘫儿童异常姿势、加重肢体畸形,而且还会造成脑瘫儿童负面情绪,导致其社会生活受限^[49],影响脑瘫患者的生活质量。

研究表明,慢性疼痛会参与能量利用相关的代谢过程,从而使疼痛障碍永久化,而一些与运动时心肺反应相关的代谢物质与疼痛敏感性和疼痛耐受性相关^[50]。因此,体适能训练能通过不同的生理机制,如改善肌肉氧合或使肌肉收缩周期正常化,从而一定程度的降低疼痛强度和增加脑瘫儿童疼痛耐受性。Inmaculada 等^[51]研究了体适能训练对脑瘫儿童慢性疼痛的影响,研究通过监测脑瘫儿童的 24 h 心率,计算基于心率的体力活动指数并评估脑瘫儿童体适能训练时疼痛和疲劳强度,比较患有慢性疼痛的脑瘫儿童和患有慢性疼痛的正常发育儿童的身体活动情况,结果显示,相比于患有慢性疼痛的

正常发育儿童,患有慢性疼痛的脑瘫儿童活动时出现更多的疼痛和更高层次的疼痛。此外,与患有慢性疼痛的正常发育儿童相比,患有慢性疼痛的脑瘫儿童表现出较长的疼痛活动时间和周期。患有慢性疼痛的脑瘫儿童与患有慢性疼痛的正常发育儿童对体力活动的调节不同,保持轻度的体适能活动可以作为改善脑瘫儿童应对疼痛的方法,同时提高脑瘫儿童日常活动的参与度。

总结

本文通过列举大量的研究结果证实,体适能训练对脑瘫儿童的心肺功能、肌肉力量、肌耐力、步行能力、慢性疼痛均有一定程度的正向作用。这些发现鼓励实施改善脑瘫儿童体适能的训练计划,有助于脑瘫儿童进行更高水平的体适能活动,从而改善脑瘫儿童健康状况,减少慢性疼痛的发生,提高康复效果。但体适能训练在各个年龄阶段所要遵循的原则和指导方针,如运动频率、运动强度、运动时间以及运动形式等对脑瘫儿童的影响效果尚缺少针对性的研究结果,体适能训练的持续性效果等问题也需要进一步研究;脑瘫患者体力活动和疼痛之间的双向关联及其在生命周期中的变化,亦需要进一步的研究来阐明。综上所述,体适能训练对脑瘫儿童的综合康复治疗有着重要的作用,但其具体的施行原则和训练效果等还需要研究人员进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 于达,张颖,池静莲,等. 3-6 岁儿童开展体适能活动的功效及可行性分析[J]. 体育世界(学术版),2020,15(3):2-5. DOI:10.16730/j.cnki.61-1019/g8.2020.03.115.
- [2] 李鹏. 发展幼儿体适能的理论与实践[J]. 当代体育科技,2019,9(8):2-4. 步亦趋 DOI:10.16655/j.cnki.2095-2813.2019.08.014.
- [3] No authors listed. Consensus Statement from the U.S. National Institutes of Health (NIH) [J]. Int J Technol Assess Health Care, 1991, 7(4):643. DOI:10.1017/s0266462300007236.
- [4] Rimmer JH. Physical fitness levels of persons with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2001, 43(3):208-212.
- [5] Freedman VA, Martin LG. Understanding trends in functional limitations among older Americans [J]. Am J Public Health, 1998, 88(10):1457-1462. DOI:10.2105/ajph.88.10.1457.
- [6] Sherwood AM. Aging in America [J]. J Rehabil Res Dev, 1999, 36(2):vii-viii.
- [7] 中国康复医学会儿童康复专业委员会,中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会,《中国脑性瘫痪康复指南》编委会. 中国脑性瘫痪康复指南(2015):第二部分 [J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(8):858-866. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.08.029.
- [8] Linton G, Hägglund G, Czuba T, et al. Epidemiology of fractures in children with cerebral palsy: a Swedish population-based registry study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1):862. DOI:10.1186/s12891-022-05813-9.
- [9] Mackintosh KA, Evans RE, Barry M, et al. 155 Physical activity levels of children and adolescents with cystic fibrosis in Wales [J]. J Cystic Fibros, 2015, 14(1):S98-S98. DOI:10.1016/S1569-1993(15)30332-5.
- [10] Maltais DB, Wiart L, Fowler E, et al. Health-related physical fitness for children with cerebral palsy [J]. J Child Neurol, 2014, 29(8):1091-1100. DOI:10.1177/0883073814533152.
- [11] Dallmeijer AJ, Brehm MA. Physical strain of comfortable walking in children with mild cerebral palsy [J]. Disabil Rehabil, 2011, 33(15-16):1351-1357. DOI:10.3109/09638288.2010.531374.
- [12] Murray C, Vos T, Lozano R, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990 - 2010; a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 [J]. Lancet, 2012, 380(9859):2197-2223. DOI:10.1016/S0140-6736(12)61689-4.
- [13] Morgan P, McGinley J. Gait function and decline in adults with cerebral palsy: a systematic review [J]. Disabil Rehabil, 2014, 36(1):1-9. DOI:10.3109/09638288.2013.775359.
- [14] Fonvig CE, Troelsen J, Dunkhase-Heinl U, et al. Predictors of physical activity levels in children and adolescents with cerebral palsy: clinical cohort study protocol [J]. BMJ Open, 2021, 11(9):e047522. DOI:10.1136/bmjopen-2020-047522.
- [15] Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review [J]. Br J Sports Med, 2009, 43(12):909. DOI:10.1136/bjsm.2008.056499.
- [16] Dencker M, Andersen LB. Accelerometer-measured daily physical activity related to aerobic fitness in children and adolescents [J]. J Sports Sci, 2011, 29(9):887-895. DOI:10.1080/02640414.2011.578148.
- [17] Sallis JF. Epidemiology of physical activity and fitness in children and adolescents [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 1993, 33(4-5):403-408. DOI:10.1080/10408399309527639.
- [18] Unnithan VB, Katsimanis G, Evangelinou C, et al. Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy [J]. Med Sci Sports Exerc, 2007, 39(11):1902-1909. DOI:10.1249/mss.0b013e3181453694.
- [19] Van den Berg-Emons RJ, Van Baak MA, Speth L, et al. Physical training of school children with spastic cerebral palsy: effects on daily activity, fat mass and fitness [J]. Int J Rehabil Res, 1998, 21(2):179-194. DOI:10.1097/00004356-199806000-00006.
- [20] Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, et al. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial [J]. Arch Pediatr Adolesc Med, 2007, 161(11):1075-1081. DOI:10.1001/archpedi.161.11.1075.
- [21] Leunkeu AN, Shephard RJ, Ahmadi S. Six-minute walk test in children with cerebral palsy gross motor function classification system levels I and II: reproducibility, validity, and training effects [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2012, 93(12):2333-2339. DOI:10.1016/j.apmr.2012.06.005.
- [22] Wiley ME, Damiano DL. Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 1998, 40(2):100-107. DOI:10.1111/j.1469-8749.1998.tb15369.x.
- [23] Fowler EG, Staudt LA, Greenberg MB. Lower-extremity selective voluntary motor control in patients with spastic cerebral palsy: increased distal motor impairment [J]. Dev Med Child Neurol, 2010, 52(3):264-269. DOI:10.1111/j.1469-8749.2009.03586.x.
- [24] Rose J, McGill KC. Neuromuscular activation and motor-unit firing in cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2005, 47(5):329-336. DOI:10.1017/s0012162205000629.
- [25] Smith LR, Lee KS, Ward SR, et al. Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length [J]. J Physiol, 2011, 589(10):1091-1100. DOI:10.1177/0883073814533152.

- 2625-2639. DOI:10.1113/jphysiol.2010.203364.
- [26] Ando N, Ueda S. Functional deterioration in adults with cerebral palsy [J]. Clin Rehabil, 2000, 14 (3): 300-306. DOI: 10.1191/026921500672826716.
- [27] Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1998, 79(2):119-125. DOI:10.1016/s0003-9993(98)90287-8.
- [28] Novak I, Mcintyre S, Morgan C, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence [J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(10):885-910. DOI:10.1111/dmcn.12246.
- [29] O'Connell DG, Barnhart R, Parks L. Muscular endurance and wheelchair propulsion in children with cerebral palsy or myelomeningocele [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1992, 73(8):709-711.
- [30] Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, et al. Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial [J]. Dev Med Child Neurol, 2010, 52(6):e107-113. DOI:10.1111/j.1469-8749.2009.03604.x.
- [31] Liao HF, Liu YC, Liu WY, et al. Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(1):25-31. DOI:10.1016/j.apmr.2006.10.006.
- [32] Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2003, 45 (10): 652-657. DOI: 10.1017/s0012162203001221.
- [33] Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy [J]. Disabil Rehabil, 2008, 30 (19): 1439-1444. DOI:10.1080/09638280701618943.
- [34] Yanci J, Castagna C, Arcos AL, et al. Muscle strength and anaerobic performance in football players with cerebral palsy [J]. Disabil Health J, 2016, 9(2):313-319. DOI:10.1016/j.dhjo.2015.11.003.
- [35] Rimmer JH. Physical fitness levels of persons with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2001, 43(3):208-212.
- [36] Green S. A definition and systems view of anaerobic capacity [J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1994, 69(2):168-173. DOI:10.1007/BF00609411.
- [37] Van Praagh E, Doré E. Short-term muscle power during growth and maturation [J]. Sports Med, 2002, 32(11):701-708. DOI:10.2165/00007256-200232110-00003.
- [38] Balemans A, Wely LV, Heer SD, et al. Maximal aerobic and anaerobic exercise responses in children with cerebral palsy [J]. Med Sci Sports Exerc, 2013, 45 (3): 561-568. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182732b2f.
- [39] Verschuren O, Maltais DB, Douma-van Riet D, et al. Anaerobic performance in children with cerebral palsy compared to children with typical development [J]. Pediatr Phys Ther, 2013, 25 (4): 409-413. DOI:10.1097/PEP.0b013e3182a47022.
- [40] Verschuren O, Zwinkels M, Obeid J, et al. Reliability and validity of short-term performance tests for wheelchair-using children and adolescents with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(12):1129-1135. DOI:10.1111/dmcn.12214.
- [41] Verschuren O, Bongers BC, Obeid J, et al. Validity of the muscle power sprint test in ambulatory youth with cerebral palsy [J]. Pediatr Phys Ther, 2013, 25(1):25-28. DOI:10.1097/PEP.0b013e3182791459.
- [42] Brehm MA, Becher J, Harlaar J. Reproducibility evaluation of gross and net walking efficiency in children with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2007, 49 (1): 45-49. DOI: 10.1017/s0012162207000114.x.
- [43] Wely LV, Becher JG, Reinders-Messelink HA, et al. LEARN 2 MOVE 7-12 years: a randomized controlled trial on the effects of a physical activity stimulation program in children with cerebral palsy [J]. BMC Pediatrics, 2010, 10(1):77-77. DOI:10.1186/1471-2431-10-77.
- [44] Slaman J, Bussmann J, van der Slot WM, et al. Physical strain of walking relates to activity level in adults with cerebral palsy [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2013, 94 (5): 896-901. DOI: 10.1016/j.apmr.2012.11.005.
- [45] Balemans A, van Wely L, Becher J, et al. Longitudinal relationship among physical fitness, walking-related physical activity, and fatigue in children with cerebral palsy [J]. Phys Ther, 2015, 95(7):14-27. DOI:10.2522/ptj.20140270.
- [46] 胡继红, 肖农, 刘娟, 等. 儿童脑性瘫痪疼痛管理专家共识 [J]. 中国实用儿科杂志, 2020, 36 (9): 673-677. DOI: 10.19538/j.ek2020090602.
- [47] 中华医学会儿科学分会康复学组. 儿童脑性瘫痪运动障碍的康复 [J]. 中华儿科杂志, 2020, 58(2):91-95.
- [48] Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of the evidence traffic lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy [J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2020, 20 (2): 3-8. DOI:10.1007/s11910-020-1022-z.
- [49] Svedberg LE, Englund E, Malker H, et al. Parental perception of cold extremities and other accompanying symptoms in children with cerebral palsy [J]. Eur J Paediatr Neurol, 2008, 12(2):89-96. DOI:10.1016/j.ejpn.2007.06.004.
- [50] Hadrévi J, Ghafouri B, Sjörs A et al. Comparative metabolomics of muscle interstitium fluid in human trapezius myalgia: an in vivo microdialysis study [J]. Eur J Appl Physiol, 2013, 113 (12): 2977-2989. DOI:10.1007/s00421-013-2716-6.
- [51] Riquelme I, do Rosário RS, Vehmaskoski K, et al. Influence of chronic pain in physical activity of children with cerebral palsy [J]. NeuroRehabilitation, 2018, 43(2):113-123. DOI:10.3233/NRE-172409.

(修回日期:2023-05-25)

(本文编辑:汪玲)