

文章编号:1004-7220(2017)06-0529-06

全方位密集型运动训练系统对痉挛型脑瘫 儿童粗大运动功能的影响

张蓓华^{1,2}, 宋伟栋¹, 严善钟¹, 肖震¹, 冯莉¹, 范佳堃¹, 高钟鸣¹, 牛文鑫²

(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 201619;2. 同济大学医学院 康复治疗学系,上海 201619)

摘要: **目的** 研究应用全方位密集型运动训练系统对痉挛型脑瘫儿童粗大运动功能的影响。**方法** 将30例3~15岁粗大运动功能分级(GMFCS)处于I~III级的痉挛型脑瘫儿童随机分为两组。试验组采用全方位密集型运动训练系统进行治疗,包括治疗矫正衣及全方位动态运动器材结合运动功能训练,对照组采用核心稳定性训练进行治疗。两组患儿均治疗1个月,每周参与训练5d,每天训练3h。治疗前后分别采用粗大运动功能测量(GMFM-66)和Peabody粗大运动评定量表(PDMS-2)进行评估。**结果** 治疗后,两组患儿GMFM评分、Peabody姿势项、Peabody移动项评分较治疗前均显著提高($P < 0.01$),试验组与对照组之间GMFM和PDMS-2评分无明显差异性。**结论** 应用全方位密集型运动训练系统有利于痉挛型脑瘫儿童粗大运动功能的提升,短期内能达到核心稳定的疗效,为脑瘫儿童提供一种新颖有效的干预方法。

关键词: 痉挛型脑性瘫痪;全方位密集型运动训练系统;治疗矫正衣;全方位动态运动器材;核心稳定性

中图分类号:R 318.01 文献标志码:A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2017.06.008

Effects of intensive therapy program on gross motor function of children with spastic cerebral palsy

ZHANG Bei-hua^{1,2}, SONG Wei-dong¹, YAN Shan-zhong¹, XIAO Zhen¹, FENG Li¹, FAN Jia-kun¹, GAO Zhong-ming¹, NIU Wen-xin² (1. *Department of Pediatric Rehabilitation, Shanghai Yangzhi Rehabilitation Hospital(Shanghai Sunshine Rehabilitation Center)*, Shanghai 201619, China; 2. *Department of Rehabilitation Sciences, Tongji University School of Medicine*, Shanghai 201619, China)

Abstract: Objective To explore the effects of intensive therapy program on gross motor function of children with spastic cerebral palsy. **Methods** Thirty 3-15 year old children with spastic cerebral palsy and level I-III in gross motor function classification system (GMFCS) were randomly divide into 2 groups. The trial group adopted intensive therapy program for treatment, including functional dynamic suit and universal exercise unit combined with functional movement training. The control group adopted core stability training for treatment. Children in two groups took a 1-month training program for 3 hours per day and 5 days per week. The pediatric evaluation of gross motor function measure (GMFM-66) and peabody developmental motor scale (PDMS-2) were administered before and after treatment. **Results** The scores of GMFM-66 as well as the stationary and locomotion scores of PDMS-2 in both groups showed significant differences within group ($P < 0.01$) after treatment. For the scores of GMFM and PDMS-2 between two groups, no significant differences were found. **Conclusions** The intensive therapy program can improve the gross motor function of children with spastic cerebral palsy and gain the same effects as core stability training, which can provide a novel and effective intervention for children with cerebral palsy.

Key words: Spastic cerebral palsy; Intensive therapy program; Therasuit; Universal exercise unit; Core stability

收稿日期:2017-02-07; 修回日期:2017-04-10

基金项目:上海市残疾人康复科研项目(K2014039)。

通信作者:牛文鑫,副教授,E-mail: niu@tongji.edu.cn。

脑性瘫痪是一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群,这种症候群是由于发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致^[1]。脑瘫的表现形式多种多样,从临床分型可分为痉挛型、不随意运动型、共济失调型和混合型。核心稳定性是指在运动中控制骨盆和躯干部位肌肉稳定姿势的能力,为肢体运动创造支点,并协调上下肢发力,使力量的产生、传递和控制达到最佳化^[2]。如果核心稳定性不强,就不能有效地输出力量到四肢,从而影响儿童的粗大运动功能。

核心稳定训练是脑瘫儿童治疗中的重点和难点,主要问题在于患儿未必理解治疗师的要求,患儿能力不足或配合度不高,从而很难达到目标。全方位密集运动训练系统是利用治疗矫正衣及全方位动态运动器材,应用运动操作技巧及生理训练的基本原则,统合各种不同的治疗手法及诱发技巧,为患儿量身规划的密集运动训练计划^[3]。其中,治疗矫正衣获得欧洲及美国多项医疗器材发明奖项,被认定是唯一能提供正确本体感觉输入且安全有效的运动治疗辅助工具^[4]。全方位密集运动训练系统在国外儿童康复机构中的应用已达十几年,但相关临床研究较少,在中国大陆尚未普及。

康复训练系统与生物力学具有紧密的联系^[5],脑瘫儿童的不同运动功能和肌肉功能水平也是生物力学的一种评价形式。本文旨在探究应用全方位密集运动训练系统对痉挛型脑瘫儿童粗大运动功能的影响,并为脑瘫儿童康复治疗提供一个新思路或新方法。

1 材料与方法

1.1 研究对象和分组

2015年4月~2016年9月,将上海市养志康复医院(上海市阳光康复中心)门诊康复治疗中愿意加入课题研究的30例痉挛型脑瘫患儿,按年龄及粗大运动功能分类系统(gross motor function classification system, GMFCS)分级水平分层,并在层内以抽签法进行随机分组,分为2组,试验组15例和对照组15例。试验组采用全方位密集运动训练系统进行治疗,包括治疗矫正衣(therasuit, TS)及全方位动态运动器材(universal exercise unit, UEU)结合粗大运动功能训练,对照组采用核心稳定性训练进行治疗。

入选标准:①符合痉挛型脑瘫诊断标准^[1];②年龄3~15岁;③GMFCS水平为I~Ⅲ级;④意识清醒,病情稳定,无严重行为、精神障碍;⑤无严重合并症及并发症;⑥可以配合评估,坚持完成治疗,家属已签署知情同意书的患儿。

排除标准:①意识障碍;②伴有严重癫痫等并发症;③除痉挛型外,其他类型的脑瘫;④小于3岁或大于15岁的儿童;⑤患儿无法配合评估和治疗;⑥家属未签署知情同意书的患儿。

如表1所示,两组患儿在性别、年龄等一般资料方面差异无显著性意义。

表1 两组患儿一般资料比较

Tab. 1 Comparison of basic information for two groups of subjects

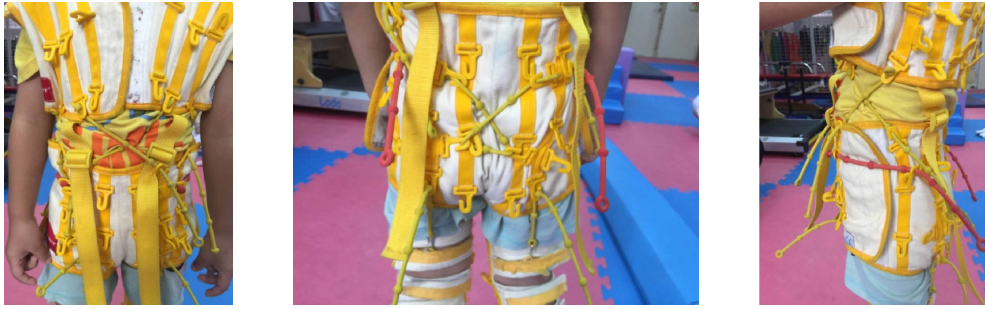
组别	样本量		年龄/岁	GMFCS 分级		
	男	女		I	II	III
试验组	5	10	5.47 ± 4.21	9	3	3
对照组	10	5	5.47 ± 3.27	10	3	2

1.2 研究方法

对照组采用被临床公认并使用的核心稳定性训练方法^[6-7]如下:①搭桥;②手膝支撑训练;③仰卧直腿抬高控制训练;④板式训练:俯卧治疗垫上,双肘支撑,双肘靠近身体,足尖着地,腰、臀、膝向上抬起并维持;⑤在搭桥训练和板式训练时,双足放置在一个小的巴氏球(Bobath)上,治疗师在旁边保护患者,但不控制巴氏球,使双足处于不稳定状态。

试验组利用全方位密集运动训练系统所采纳的治疗方案,包括此系统创始人和参照国外文献所述的方法,由治疗矫正衣、全方位动态运动器材和粗大运动功能训练方案共同而成^[8-9]。

1.2.1 治疗矫正衣的应用 治疗矫正衣可以全身穿戴也可以局部穿戴。试验组患儿选择核心部位的穿戴,包括腹部、臀部以及躯干两侧,一方面为了激活核心肌群的感知觉输入,更重要的是调整患儿骨盆的位置,尽可能使之稳定并处于中立位。其中,腹部区域:从第12肋下至髂前上棘区域,给予弹力绳十字交叉固定,弹性力度见于患儿可耐受并能正常胸式呼吸;臀部区域:由1根弹力绳给予交叉固定;躯干两侧区域:从第12肋下至髂后上棘区域,给予弹力绳十字交叉固定,弹性力度同上(见图1)。



(a) 腹部

(b) 臀部

(c) 侧方

图1 治疗矫正衣穿戴

Fig.1 Wearing of thesarusuit (a) Abdominal area, (b) Gluteal area, (c) Lateral area

1.2.2 全方位动态运动器材的应用 根据每个患儿的身材,选择合适的安全腰带和裆部承托带,穿戴于患儿核心部位。通过弹力绳将腰带与网架相连,从而起到保护和承托患儿的作用。在不同的体位下,为达到目标任务,弹力绳悬吊的方向和力度均不同。常用干预方案如下:①由4根弹力绳从左前、左后、右前、右后4个方位保护患儿,鼓励患儿在弹力绳保护下主动完成各种有难度的训练动作;②由2根弹力绳从左右向上悬吊,提供助力帮助患儿完成各种有难度的训练动作;③由2根弹力绳从左右两侧分别与前方网架相连,提供阻力促使患儿完成已可做到的各种训练动作。

1.2.3 粗大运动功能训练 应用于全方位密集型运动训练系统的粗大运动功能方案,列举如下:①4点跪位,伸出一侧下肢和对侧上肢并保持;②坐于巴氏球上,抛接球或踢球;③爬行至直跪间的转移及跪走训练;④立于平衡板上,转动或延展躯体,完成各类游戏任务;⑤跨越障碍物和上下台阶等步行训练。

1.3 疗效评定

患儿治疗前、后分别采用粗大运动功能(gross motor function measure,GMFM-66)^[10]和Peabody粗大运动(peabody developmental motor scale,PDMS-2)^[11]评定量表对患儿粗大运动功能进行评估。GMFM-66是专门针对脑瘫患儿运动发育的评估量表,可从卧位和翻身、坐位、爬和跪、站位、走、跑、跳多个运动功能对患儿进行评估,而PDMS-2可从患儿的姿势控制、移动及实物操作能力方面给予评估,两者互相补充。PDMS-2量表可通过姿势项移动项分别测试解

患儿静态和动态稳定的能力。采用PDMS-2量表中的原始得分判断脑瘫儿童粗大运动发育的变化状况,因为运动发育商并不能敏感地反映脑瘫儿童粗大运动发育的提高状况^[12]。

表面肌电图(surface electromyography,sEMG)可作为脑瘫的临床辅助诊断、评估及康复训练客观的电生理指标^[13]。因此,为了体现脑瘫儿童进行全方位密集型运动训练系统和常规核心稳定性训练过程中核心肌群的特征,采用FlexComp Infiniti 10通道表面肌电分析系统对受试者的左右两侧腹直肌、腹外斜肌、竖脊肌、臀大肌和股直肌进行检测,分析这些肌群在完成不同任务时的均方根值(root mean square,RMS)^[14]。RMS用来描述一段时间内肌电的平均变化特征,反映肌肉活动时运动单位激活的数量、参与活动的运动单位类型以及同步化程度,与不同肌肉负荷强度下的中枢控制功能有关,是人体在完成某动作时的放电有效值。选择一名脑瘫儿童受试者完成,其中两种治疗以4项任务呈现,分别为:①完成4点跪位,并保持左上肢和右下肢同时伸出,15s以上;②应用全方位动态运动器材(UEU),完成上述动作;③穿上治疗矫正衣(TS),完成上述动作;④穿上治疗矫正衣后应用全方位动态运动器材(TS+UEU),完成上述动作。

GMFM-66和PDMS-2能从功能的角度整体上反映脑瘫患儿的疗效;sEMG能具体地从神经肌肉组织的角度反映脑瘫患儿肌肉功能的水平,两者之间存在相关性^[13]。

1.4 统计学方法

采用SPSS 19.0统计学软件进行统计学处理,

数据呈正态分布,采用配对 t 检验比较组内治疗前后粗大运动功能(包括 GMFM 评分、Peabody 姿势项和 Peabody 移动项)的评分结果,采用独立样本 t 检验比较试验组和对照组治疗前后粗大运动功能的评分结果。

2 结果

经配对 t 检验,治疗后两组患儿 GMFM 评分、Peabody 姿势项、Peabody 移动项评分较治疗前均显著提高($P < 0.01$)。经独立样本 t 检验,治疗后,试验组与对照组相比,GMFM 评分无显著性差异($P > 0.05$,见表2)。

根据粗大运动功能评估结果显示,治疗后,两组疗效均有显著提升($P < 0.01$),提示全方位密集型运动训练系统及核心稳定性训练都有助于脑瘫儿童

粗大运动能力的提高。同时,两组训练后的疗效比较结果均无差异($P > 0.05$),提示两组患儿在同一基线上介入治疗,且全方位密集型运动训练系统能达到核心稳定的疗效。

表3所示为某脑瘫儿童完成4项任务时核心肌群各肌肉肌电活动的RMS振幅,由此可知该脑瘫儿童核心肌群肌肉放电的整体情况。穿上治疗矫正衣后,腹外斜肌和臀大肌肌肉收缩明显大于常规核心稳定性动作;应用全方位动态运动器材时,竖脊肌和腹直肌肌肉收缩小于常规核心稳定性动作,但腹外斜肌、臀大肌和股直肌肌肉收缩大于常规核心稳定性动作;在穿上治疗矫正衣后应用全方位动态运动器材的情况下,竖脊肌肌肉收缩小于常规核心稳定性动作,但腹外斜肌和臀大肌肌肉收缩大于常规核心稳定性动作。

表2 两组患儿治疗前后评估数据比较

Tab.2 Comparison of assessment data before and after treatment for two groups of subjects

分组	GMFM *		Peabody 姿势项 *		Peabody 移动项 *	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
试验组	68.90 ± 20.88	82.20 ± 18.71	37.07 ± 7.01	42.27 ± 7.94	87.40 ± 38.28	105.13 ± 36.62
对照组	73.05 ± 21.45	80.01 ± 17.07	38.27 ± 6.69	43.20 ± 7.33	86.67 ± 34.11	98.20 ± 37.47

注: * 两组治疗前后组内 $P < 0.01$,组间 $P > 0.05$

表3 某脑瘫儿童完成4项任务时核心肌群各肌肉肌电活动的均方根振幅(单位: μV)

Tab.3 RMS amplitude of EMG activity in each core muscle of a child with cerebral palsy during 4 tasks

核心肌群	常规核心稳定性训练	全方位密集型运动训练系统		
		TS	UEU	TS + UEU
左腹直肌	15.34	5.90	10.17	6.80
右腹直肌	8.83	47.70	6.68	15.39
左腹外斜肌	8.07	8.98	13.98	12.28
右腹外斜肌	5.21	20.10	12.19	14.45
左竖脊肌	35.95	55.05	27.12	10.74
右竖脊肌	20.06	13.01	16.06	12.36
左臀大肌	2.93	3.98	3.01	3.57
右臀大肌	5.22	9.34	8.73	12.38
左股直肌	17.67	15.24	18.98	16.73
右股直肌	11.49	16.60	24.79	28.16

3 讨论

痉挛型脑瘫儿童,无论是四肢瘫、双瘫还是偏

瘫,均会出现姿势与运动发育的异常,感知觉的缺损,各种运动体验的减少^[15]。大多数脑瘫儿童的躯干及骨盆控制能力不佳,从而制约了他们的运动和平衡能力。研究发现,核心稳定性训练能增加脑瘫儿童粗大运动和平衡方面的能力,是各种运动和日常生活的基础^[16-18]。本文再次验证了核心稳定性训练对痉挛型脑瘫儿童粗大运动的有效性。Akuthota 等^[19]提出设计核心稳定性训练的一些基本要素,包括肌力、肌耐力和柔韧性等。这些训练需要儿童有一定的认知能力,以及良好的配合程度和依从性。

此外,感知觉输入也是影响核心稳定性的重要因素之一^[20],它包含前庭觉、本体感觉和触觉,这几种感知觉的加强可以增强脑瘫儿童运动中各方向上的平衡能力、运动控制能力以及保护性伸展反射的促发^[21]。全方位密集运动训练系统是一种新型的治疗模式,包含前庭觉、本体觉等感知觉的输入,介入了姿势控制和运动模式的引导,并要求达到密集

运动的量^[22]。无论患儿的配合程度如何,该系统可根据患儿的功能障碍,选择其特定的设备结合各种运动游戏,为患儿制定方案,并能在短时间内显效^[3]。本文探究了全方位密集运动训练系统对痉挛型脑瘫儿童粗大运动功能的影响,并观察它与核心稳定性训练之间的关系。

为了保持身体的稳定性,必须拥有感知觉输入、运动控制和中枢系统的整合^[23]。本研究设计的全方位密集运动训练方案包含了上述3种元素。应用治疗矫正衣时,试验过程注重腹外斜肌、臀肌等核心肌群的共同激活,因为臀肌是影响骨盆位置和步行能力的重要因素之一,而腹外斜肌是负责躯干旋转最主要的肌肉,其中间部分在躯干的最大屈曲中表现出最大活动,而外侧部分则是在侧弯中表现出最大活动,且不同速度的旋转运动过程中核心肌群存在共激活现象^[24]。表面肌电测试结果表明,利用全方位密集运动训练系统更能激活腹外斜肌和臀肌这两大肌群。核心肌群多属于慢性肌纤维,这些肌群的激活有利于保持身体姿势和加强完成各种粗大运动时的协调力和控制能力^[25]。试验中,根据患儿双侧髂前、髂后上棘的位置,调整矫正衣上弹力绳的力度,从而调整和稳定骨盆位置,使骨盆处于中立位,因为骨盆稳定是步行稳定的重要因素,躯干稳定是运动控制的基础^[26]。同时,对于核心肌群非常弱的脑瘫患儿,利用全方位动态运动器材并设计各种粗大运动游戏方案,使患儿在能力范围内自主运动。表面肌电结果表明,它可以减弱对某些核心肌群的要求,达到与常规同样的运动能力,并促发靠近核心的四肢近端肌群收缩更有力,从而促进中枢系统的整合。

本研究结果证明,应用此系统与核心稳定性训练疗效等同,能在短期内增强痉挛型脑瘫儿童粗大运动的能力,包括静态稳定和动态稳定,分析原因如下:① 躯体的感觉主要来自肌肉、肌腱和关节等处的感受器。此系统被认定是唯一能提供正确本体感觉输入,安全有效的运动治疗辅助工具。治疗矫正衣根据核心稳定中主动肌肉骨骼系统的原理^[27],将患儿的腹部、臀部区域及躯干两侧给予弹力绳加强,使核心部位呈桶状包裹,从而促发患儿腹部、臀部肌肉及躯干肌群的拮抗共激活,增加腹内压,达到核心稳定的效果,并在保持核心稳定的基础上完成各种

粗大运动。患儿穿好矫正衣后,静态稳定性提高,整体姿势能保持在中线位,穿着矫正衣完成各种运动,动作完成更标准。② 通过全方位动态运动器材中弹力绳的调节,脑瘫儿童完成各种动作更主动,方案设计也可更具挑战性。因为弹力绳一方面可像治疗师的双手起到保护儿童的作用,另一方面可给予患儿阻力或助力。③ 应用全方位密集型运动训练系统可使患儿完成功能训练的时间更持久,从而提升整体的肌耐力。通过全方位密集型运动训练系统可帮助患儿更易掌控动态稳定,使各种动作的完成更轻松自如。

作为全方位密集型运动训练系统在国内应用的初探性研究,本文的局限性如下:① 样本量不足。由于脑瘫儿童核心肌群力量差异较大,没有统一基线,故只选择了1名脑瘫儿童实施表面肌电测试。PDMS-2量表适用于0~6周岁的儿童,但亦有学者将其应用于研究大于6岁的脑瘫患儿^[28-29]。根据儿童生长发育规律,运动技能的发育集中于0~6周岁,7岁开始集中于体能提升,例如50 m短跑速度、立定跳远距离、仰卧起坐次数^[30]。因此,根据PDMS-2量表的评估内容,考虑到脑瘫儿童本身存在运动功能障碍,可以体现他们7岁后静态和动态运动发育的变化。② 针对其他类型的脑瘫患儿,如肌肉张力低下的患儿,此系统的应用是否效果更佳,有待进一步研究,还可进行随访研究以便观察其长期疗效。

综上所述,应用全方位密集型运动训练系统有利于痉挛型脑瘫儿童粗大运动功能的提升,短期内提高儿童核心稳定能力。此外,该系统可以解放治疗师一部分的人力,帮助治疗师避免职业病。

参考文献:

- [1] ROSENBAUM P, PANETH N, LEVITON A, et al. A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006 [J]. Dev Med Child Neurol Suppl, 2007, 109(49): 8-14.
- [2] 宋雄. 核心稳定性训练在脑性瘫痪康复中的临床应用[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(4): 377-384.
- [3] MILDREN A. The effect of intensive suit therapy compared to traditional physical therapy on gross motor function in children with cerebral palsy [Z]. Pacific University: PT

- Critically Appraised Topics, 2010.
- [4] LEE BH. Clinical usefulness of Adeli suit therapy for improving gait function in children with spastic cerebral palsy: A case study [J]. *J Phys Ther Sci*, 2016, 28(6): 1949-1952.
- [5] 樊瑜波, 蒲放. 康复辅具与生物联系[J]. *医用生物力学*, 2016, 31(6): 476-477.
- FAN YB, PU F. Biomechanics and rehabilitation technical aids [J]. *J Med Biomech*, 2016, 31(6): 476-477.
- [6] 王景刚, 庞伟, 王爱虹, 等. 核心稳定性训练对痉挛型脑瘫立位平衡功能的影响[J]. *中国物理医学与康复杂志*, 2014, 36(11): 870-871
- [7] 刘璨, 王跑球, 覃蓉, 等. 核心控制训练在小儿脑性瘫痪中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2013, 19(9): 881-882.
- [8] SCHEEREN EM, MASCARENHAS LPG, CHIARELLO CR, *et al*. Description of the pediasuit protocol™ [J]. *Fisioter Mov*, 2012, 25(3): 473-480.
- [9] MARTINS E, CORDOVIL R, OLIVEIRA R, *et al*. Efficacy of suit therapy on functioning in children and adolescents with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2016, 58(4): 348-360.
- [10] RUSSELL DJ, ROSENBAUM PL, WRIGHT M, *et al*. Gross motor function measure (GMFM-66 and GMFM-88) user's manual [M]. London: Mac Keith Press, 2013.
- [11] 李明, 黄真. Peabody 运动发育量表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2006: 5-7.
- [12] 余秀兰, 饶钊, 余德兵, 等. 应用 Peabody 粗大运动发育量表指导脑瘫患儿粗大运动康复治疗的效果观察[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(7): 632-633.
- [13] 许晶莉, 范艳萍, 代早荣. 表面肌电图在脑瘫患儿疗效评估中的应用研究[J]. *中国康复*, 2013, 28(1): 29-32.
- [14] HIBBS AE, THOMPSON KG, FRENCH DN, *et al*. Peak and average rectified EMG measures: Which method of data reduction should be used for assessing core training exercises? [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2011, 21(1): 102-111.
- [15] LEVITT S(著), 刘倩秀(译). 脑性麻痹与动作发展迟缓之治疗[M]. 台湾: 合记出版社, 2009: 1-43.
- [16] 刘跃琴, 张惠佳, 覃蓉, 等. 核心控制训练对痉挛型脑性瘫痪的疗效[J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(11): 1071-1073.
- [17] 陈天聪, 江迪锦, 叶一卫, 等. 核心稳定性训练对脑瘫患儿平衡功能的影响[J]. *中国物理医学与康复杂志*, 2012, 32(7): 524-525.
- [18] 陈韦翰, 潘玟璇, 杨雯雯, 等. 新式屈髋肌力训练机在轻重阻力下对下肢肌电与运动范围的影响[J]. *医用生物力学*, 2012, 27(4): 398-402.
- CHEN WH, PAN WX, YANG WW, *et al*. Effects on electromyography activity and range of motion in lower limb from a novel hip flexor training machine under light and heavy resistance [J]. *J Med Biomech*, 2012, 27(4): 398-402.
- [19] AKUTHOTA V, FERREIRO A, MOORE T, *et al*. Core stability exercise principles [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2008, 7(1): 39-44.
- [20] AU MK, CHAN WM, LEE L, *et al*. Core stability exercise is as effective as task-oriented motor training in improving motor proficiency in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled pilot study [J]. *Clin Rehabil*, 2014, 28(10): 992-1003.
- [21] OLAMA KA, THABIT NS. Effect of vibration versus suspension therapy on balance in children with hemiparetic cerebral palsy [J]. *Egypt J Med Hum Genet*, 2012, 13(2): 219-226.
- [22] MAHANI MK, KARIMLOO M, AMIRSALARI S. Effects of modified adeli suit therapy on improvement of gross motor function in children with cerebral palsy [J]. *Hong Kong J Occup TH*, 2011, 21(1): 9-14.
- [23] 郭涛涛, 王卫星, 姚旭霞, 等. 核心稳定性——释义及形成机制[J]. *北京体育大学学报*, 2010, 33(8): 120-124.
- [24] FAN JZ, LIU X, NI GX. Angular velocity affects trunk muscle strength and EMG activation during isokinetic axial rotation [J]. *Biomed Res Int*, 2014, DOI: 10.1155/2014/623191.
- [25] 宋琦琦, 封旭华, 仰红慧. 核心肌群训练在游泳训练中的应用[J]. *医用生物力学*, 2009, 24(3): 233-236.
- SONG QQ, FENG XH, YANG HH. Application of core strength training in swimming [J]. *J Med Biomech*, 2009, 24(3): 233-236.
- [26] KRAUTWURST BK, WOLF SI, HEITZMANN DW, *et al*. The influence of hip abductor weakness on frontal plane motion of the trunk and pelvis in patients with cerebral palsy [J]. *Res Dev Disabil*, 2013, 34(4): 1198-1203.
- [27] 马丙祥, 张建奎. “核心稳定性”理论与脑瘫康复[J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(12): 1183-1186.
- [28] CHEN CL, LIN KC, KANG LJ, *et al*. Potential predictors of functional outcomes after home-based constraint-induced therapy for children with cerebral palsy [J]. *Am J Occup Ther*, 2014, 68(2): 159-166.
- [29] CHEN HC, KANG LJ, CHEN CL, *et al*. Younger children with cerebral palsy respond better than older ones to therapist-based constraint-induced therapy at home on functional outcomes and motor control [J]. *Phys Occup Ther Pediatr*, 2016, 36(2): 171-185.
- [30] 池霞. 关注儿童体能测评与干预[J]. *教育生物学杂志*, 2014, 2(1): 50-53.