

痉挛对双瘫型脑瘫儿童下肢肌肉相关性的影响

杜文静^{1,2,3} 李慧慧^{1,2} 胡宝花⁴ 王磊^{1,2} 谈恩民³

¹(中国科学院深圳先进技术研究院 深圳 518055)

²(深圳市低成本健康重点实验室 深圳 518055)

³(桂林电子科技大学电子工程与自动化学院 桂林 541004)

⁴(南昌航空大学 南昌 330063)

摘要 为了探究双瘫脑性瘫痪儿童下肢肌肉相关性,并分析痉挛特性对双瘫患者下肢肌肉相关性的影响,文章采用表面肌电信号作为信息来源。对 12 例脑瘫患儿进行下肢腓肠肌和胫骨前肌肌电信号采集以及肌张力测试。信号经过 Acqknowledge 软件进行滤波处理,所得数据采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。实验结果表明,痉挛特性减弱了双瘫患儿下肢肌肉相关性。该研究为脑瘫患儿的基础研究及康复训练提供了参考依据。

关键词 双瘫;脑瘫;相关性;痉挛;表面肌电信号

中图分类号 R 742.3 **文献标志码** A

The Influence of Spasticity on the Relationship of Muscle of Lower-Limb in Cerebral Palsy Children with Diplegia

DU Wenjing^{1,2,3} LI Huihui^{1,2} HU Baohua⁴ WANG Lei^{1,2} TAN Enmin³

¹(Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China)

²(Shenzhen Key Lab for Low-cost Healthcare, Shenzhen 518055, China)

³(Electronic Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

⁴(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract In order to explore the correlation of lower-limb muscle of children with diplegia cerebral palsy, and analyze the influence of spasticity on lower-limb muscle relevance of those children, surface electromyography (SEMG) was used as the source of information. In experiment, both SEMG acquisition and muscle tension test of lower limbs gastrocnemius and anterior tibial muscle of twelve cerebral palsy children were carried out. Then, signals were filtered and root-mean-square disposed by Acqknowledge software, and statistical analysis about those obtained data was carried out using SPSS 19.0. The results show that spasticity bate the relevance of lower-limb muscle of children with diplegia cerebral palsy. This research may provide a reference for basic research and

收稿日期: 2015-03-31 修回日期: 2015-06-01

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(61401454); 国家 863 计划(2012AA02A604); 广东省创新团队(2011S013, GIRTF-LCH-T); 国家科技重大专项新一代宽带无线移动通信网(2013ZX03005013); 广东省科技计划国际合作项目(2012B05020004)

作者简介: 杜文静, 硕士研究生, 研究方向为人体运动及生物医学图像处理; 李慧慧(通讯作者), 助理研究员, 研究方向为生物医学工程, E-mail: hh.li@siat.ac.cn; 胡宝花, 硕士研究生, 研究方向为人体运动及生物医学图像处理; 王磊, 研究员, 研究方向为生物医学工程; 谈恩民, 教授, 研究方向为计算机辅助测试, 电路可测性设计。

rehabilitation training of cerebral palsy children.

Keywords diplegia; cerebral palsy; relationship; spasticity; surface electromyographic

1 引 言

脑性瘫痪(简称脑瘫)是指出生前至出生后 1 个月内,因为各种致病因素所导致的非进行性脑损伤综合征^[1],主要表现为中枢性运动障碍及姿势异常^[2,3]。痉挛型脑瘫是脑性瘫痪最常见的类型,占 60%~70%^[4],因肌张力高,常引起肌腱挛缩和关节变形,导致步行不能或步态不稳,是儿童致残的主要疾病之一。在痉挛型脑瘫患儿中,最常出现痉挛的部位是踝趾屈肌群,这些肌肉的痉挛导致患儿站立以及行走模式的异常甚至导致不能独站或者独走^[5]。

国内外对于脑瘫的研究,主要侧重患者步态分析、治疗方法、评估方法以及康复训练方法的研究。而对于不同特性患者自身肌肉之间相关性的研究却比较少,如高宝勤等^[6]对痉挛特性脑瘫患儿痉挛肌肉局部注射 A 型肉毒毒素来改善下肢肌张力障碍,有一定的疗效,潜在的暗示了肌肉的异常与肌张力之间是有关系的,但这种关系是否显著并未得到证实。但是熊键等^[7]认为痉挛特性跟肌张力障碍之间是有区别的,他们在 2004 年探究了是因为痉挛特性导致的肌肉激活的异常模式,还是因为肌张力障碍而导致的肌肉激活的异常模式。结果显示,在被动运动和腱反射过程中根据肌肉激活可以区分痉挛型和肌张力障碍型脑瘫,但该研究并没有探究痉挛特性跟肌张力之间是否有一定的相关性。之后, Hagglund 等^[8]探究了腓肠肌的痉挛与患儿踝关节角度之间的关系,发现腓肠肌的痉挛导致踝关节背曲角度减小。Andrews 等^[9]发现前庭刺激对股四头肌和肱二头肌的肌电信号有一定的影响,改善了患儿

的运动模式。这些研究表明痉挛特性对肌肉是有影响的,对肌肉活动能力的改善有助于患儿的康复,但并未说明痉挛特性的肌肉跟无痉挛特性的肌肉之间的关系。因此,本文探究脑瘫患儿下肢肌肉之间的相关性,并分析痉挛特性对患者相关性的影响,为脑瘫儿童选择适合、有效的治疗与康复训练方式提供参考依据。

近几年,对于脑瘫儿童研究的主要信息源为表面肌电图、声肌图、足底压力、关节角度信号等,而国内外最为常见的即涵盖肌肉的信息特征又为无创操作的研究方式,当属肌肉表面肌电信号。表面肌电信号(Surface Electromyographic, sEMG)是伴随肌肉活动的生物电活动在皮肤表面的综合效应的反映,其中蕴涵了肌肉活动的各种信息,并且在测量上具有非侵入的优势^[10-12],因此被广泛用于康复医学运动医学等领域。何庆华、刘洪涛、许晶莉等^[12-14]先后探究表面肌电信号在脑瘫患者疗效评估及康复训练评估方面的应用,表明表面肌电信号能较好地反映患者肌肉活动能力。Siddiqi 等^[15]和 Ju 等^[16]也使用表面肌电信号来探究人体肌肉的运动模式,结果显示表面肌电信号能反映肌肉的激活情况。因此,选择表面肌电信号作为脑瘫患儿下肢肌肉活跃程度的信息参数是有效的。

2 研究对象和方法

2.1 对 象

12 名脑瘫受试者来自深圳市残疾人康复中心,由中国科学院深圳先进技术研究院及低成本健康重点实验室科研人员协助完成实验。12 名

表 1 脑瘫测试患者信息

Table 1 The information of subjects with cerebral palsy

分组	人数	男	女	平均年龄(a)	平均身高(cm)	平均体重(kg)
总测试患者	12	11	1	5.4±1.9	103.8±12.7	17.1±5.0
I	8	7	1	5.2±2.3	99.6±13.3	16.1±4.3
II	4	4	0	5.8±0.9	111.2±8.5	19.3±6.3

患者均满足: (1)年龄 2~12 岁; (2)双瘫脑性瘫痪; (3)无其他历史疾病而导致运动动能障碍; (4)步态异常; (5)无因其他疾病而导致手术; (6)可以独立行走或进行轻微的扶持。

测试者中, 男 11 名, 女 1 名, 年龄 5.4 ± 1.9 岁, 体重 17.1 ± 5.0 kg, 身高 103.8 ± 12.7 cm。根据临床测试评估理论, 所有患者分为具有痉挛特性双瘫患者(组 I)和无痉挛特性双瘫患者(组 II), 两组患者年龄、身高、体重等信息如表 1。所有受试者家长及本人均自愿参加此次测试, 受试前 24 小时内未做剧烈运动, 以排除过度运动残余疲劳的影响。

2.2 实验场地

脑瘫患者在深圳市残疾人康复中心的步态测试室进行实验内容的测试。

2.3 实验仪器

仪器为美国 BIOPAC 公司生产的 MP150 型多导 sEMG 肌电记录仪, TEL100C-RF 四通道无线遥测系统(遥测距离 75 米)。操作软件 Acqknowledge, 4.2 版本。可在放大器上选择增益, 采样率自由设定, MP150 型最大可以达到 400 000 点/秒, 16 位模数转换^[17]。

电极采用该公司生产的一次性银/氯化银心电图监护电极。电极粘附区直径 52 mm; 导电区直径 10 mm。

2.4 实验方法

受试者暴露双下肢腓肠肌与胫骨前肌, 室温 25℃ 左右, 电极定位, 记录电极与参考电极两者中心连接方向与采样肌肉纤维的长轴方向平行, 两电极中心间距 20 mm。测试肌肉: 左侧腓

肠肌、右侧腓肠肌、左侧胫骨前肌和右侧胫骨前肌。受试者佩戴好测试仪器后, 在步态测试平台上静止站立 1 分钟后, 开始沿着规定轨道以自己最为舒适的姿势和步速在 5 米步态测试平台上自由行走, 利用 MP150 无线肌电采集仪的 4 个通道同时测试左右腓肠肌和左右胫骨前肌(通道 1 采集左腿腓肠肌, 通道 2 采集右腿腓肠肌, 通道 9 采集左腿胫骨前肌, 通道 10 采集右腿胫骨前肌), 如图 1。每个人测试 3~5 次, 每次试验前患者休息 2~3 分钟, 以避免肌肉疲劳, 记录每次测试结果, 信号采集率为 1 000 Hz。

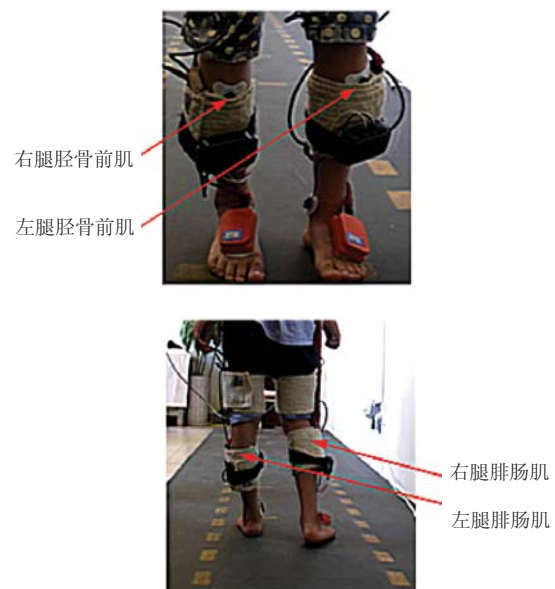


图 1 1 名脑瘫患者的肌电信号采集过程

Fig. 1 The procedure of collecting sEMG for a child with cerebral palsy

此外, 康复医师进行了平衡能力及三头肌张力测试, 用于评估患者下肢运动能力^[18]。

2.5 数据处理方法

将 MP150 表面肌电采集分析系统记录的表面肌电原始波形消噪后,用 Acqknowledge 软件进行模数转换和 Root-Mean-Square (RMS) 处理,信号进行 RMS 处理后,对每个波峰值进行平均,再将每次平均后的值进行平均,得到测试参数。

2.6 统计学分析

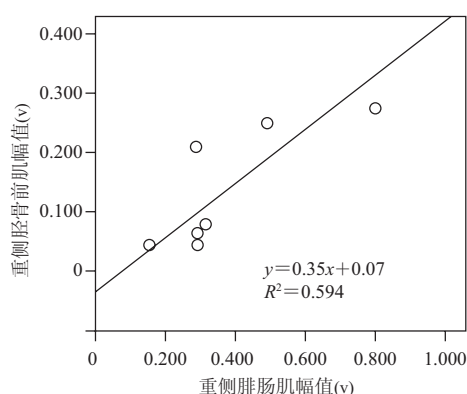
用 Excle 2013 进行最大幅值计算,用 SPSS 19.0 软件对不同肌肉表面肌电信号进行 Pearson 单侧相关性分析,检验标准采用 $P < 0.05$ 为有显著性意义^[3]。

3 结果

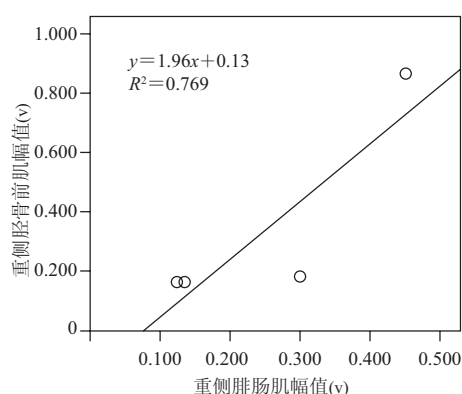
为了使数据准确,将三位数据处理人员所得数据进行 t 检验,结果显示三组数据间无显著性差异 ($P > 0.01$)。每位测试者重复测试 3~5 次,同一人每次实验图形相似,每次的对应数据取平均。根据患者下肢轻重程度,将患者下肢分为轻侧与重侧。将数据输入 SPSS 软件进行 pearson 单侧相关性分析,相关系数为 r ,结果显示如下所述。

3.1 肌肉与肌肉之间相关性比较

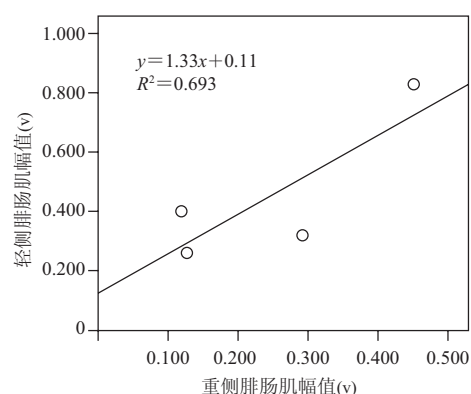
两组脑瘫患儿下肢腓肠肌与胫骨前肌肌肉相关性如图 2 所示。组 I 脑瘫儿童的下肢仅重侧腓



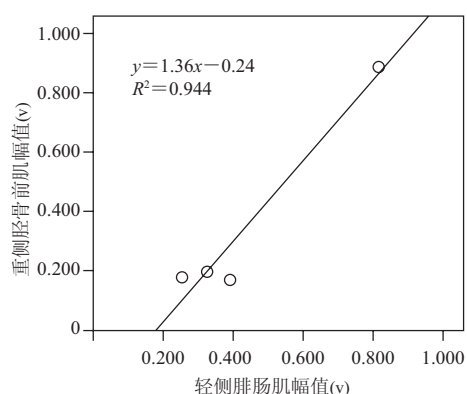
(a) 组 I 患者下肢重侧腓肠肌与重侧胫骨前肌之间相关性



(b) 组 II 患者重侧腓肠肌与重侧胫骨前肌线性相关性



(c) 组 II 患者重侧腓肠肌与轻侧腓肠肌之间线性相关性



(d) 组 II 患者轻侧腓肠肌与重侧胫骨前肌之间线性相关性

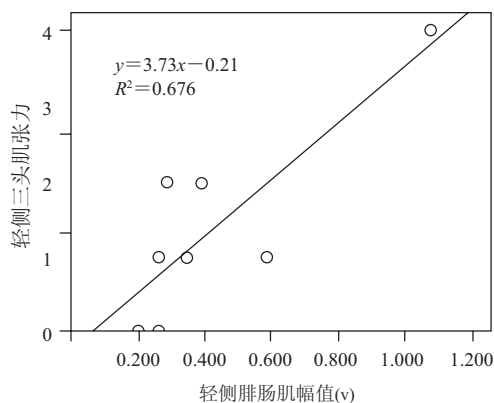
图 2 脑瘫患儿下肢肌肉相关性比较

Fig. 2 Comparison the relationship between lower-limb muscles and muscles from children with cerebral palsy

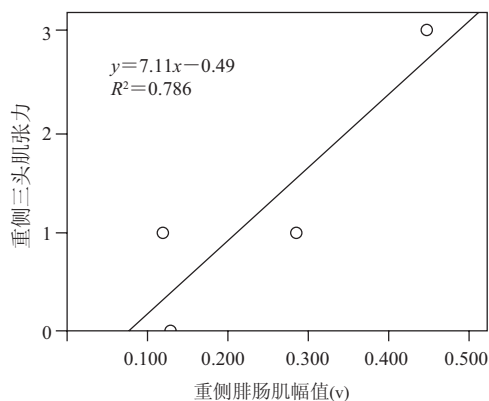
肠肌与重侧胫骨前肌相关性较高($r=0.771$)。组 II 患儿的下肢重侧腓肠肌与重侧胫骨前肌显著相关($r=0.877$), 而且轻侧腓肠肌不仅与重侧腓肠肌之间显著相关性($r=0.832$), 还与重侧胫骨前肌显著相关($r=0.972$)。

3.2 肌肉与三头肌张力之间相关性比较

小腿三头肌是小腿后部强有力的浅表羽状肌, 起屈踝、屈膝的作用, 参与站立、行走、跑和跳。站立时, 能固定踝关节和膝关节, 以防止身体向前倾斜^[19]。肌张力反映了肌肉的活跃水平, 三头肌张力影响着人体下肢肌肉电信号, 导致表面肌电信号幅值变化。肌张力大小分为 5 种



(a) 组 I 患者轻侧腓肠肌与轻侧三头肌张力之间相关性



(b) 组 II 患者重侧腓肠肌与重侧三头肌张力之间线性相关性

图 3 脑瘫患儿下肢三头肌张力与腓肠肌之间相关性比较

Fig. 3 Comparison the relationship between the muscle tension of triceps and gastrocnemius from children with cerebral palsy

等级(从 0~4 级, 依次由好到差)。

两组脑瘫儿童腓肠肌与三头肌张力相关性如图 3。结果显示, 组 I 患者轻侧三头肌张力与轻侧腓肠肌肌肉之间相关性较高($r=0.822$), 组 II 重侧三头肌张力与重侧腓肠肌肌肉之间相关性显著($r=0.887$)。

3.3 肌肉与平衡能力之间相关性比较

平衡能力在人体日常活动能力中扮演着重要角色, 尤其对下肢异常的脑瘫儿童, 平衡能力水平的高低直接决定着患儿下肢的行走能力。因此, 对平衡能力的测试有助于评估异常下肢的活动能力。脑瘫儿童平衡能力测试评估即 Berg 测试, 根据患者完成 14 项测试内容的情况给出评分, 每项测试内容根据完成标准得分, 范围为 0~4 分, 总分 56。本研究以百分比系数 RB (ratio of berg/56) 来表示患者的平衡能力水平, 如公式 (1)。平衡率 (RB) 越大, 平衡能力越好。

$$RB = \frac{Berg}{56} \times 100\% \quad (1)$$

两组患者平衡能力与肌肉之间相关性如图 4 所示。组 II 脑瘫儿童轻侧胫骨前肌与平衡能力之间相关性显著($r=0.965$)。

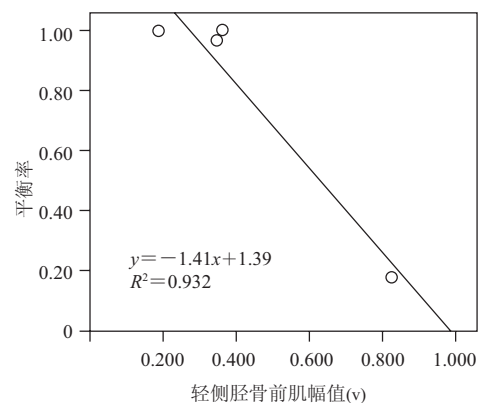


图 4 组 II 患者轻侧胫骨前肌与平衡能力之间的线性关系
Fig. 4 The relationship of balance ratio and tibialis anterior of less-dysfunctional legs of subjects without spasticity in group II

4 结果分析

相关性在下肢中主要反映的是运动协调性,正常人体下肢肌群之间具有较高的协调性^[20]。如图 2 所示,两组测试者肌肉相关性的共性表现在,重侧腓肠肌肌肉活跃程度随着重侧胫骨前肌肌肉活跃程度的增高而增高;存在的差异性也较为显著,只有无痉挛特性双瘫患者轻侧腓肠肌不仅与重侧腓肠肌之间有较高的正相关性,还与重侧胫骨前肌之间显著相关。体现了两组脑瘫患儿下肢肌肉之间具有一定的相似性与差异性。三头肌张力异常导致患者下肢姿势异常,而三头肌与腓肠肌之间有密切的协同作用。由图 3 所示,有痉挛特性脑瘫患者轻侧腓肠肌与其轻侧三头肌张力相关性显著,三头肌张力随着腓肠肌肌电信号幅值的增大而增高;无痉挛特性患儿重侧腓肠肌与重侧三头肌张力显著相关。表明痉挛型双瘫患儿,小腿三头肌张力增高,使得其站立困难,踝关节稳定性能力降低,出现膝过伸展,尖足等,从而影响患儿的步态,给治疗带来困难。平衡能力测试得分,是患者身体协调性的外在表现。异常的肌肉活动、异常的行走姿势都会导致身体平衡能力下降。而对于脑瘫患儿,其肌肉的萎缩,降低了肌肉本来的肌能,长期以来导致步态发生变化。图 4 表明,无痉挛特性患者轻侧胫骨前肌与平衡能力之间相关性较高,而痉挛特性患者相关性不显著。这暗示着,痉挛特性使得肌张力过高或过低,肌肉肌能发生异常,异常的肌肉不能较好地控制身体进行姿态的变化,使得肌肉与平衡能力之间的协调性降低。这些特性有助于脑瘫患者进行康复训练时采用更适当、更有效的康复训练方式。例如金彩君等^[21]对痉挛特性脑瘫患儿采用感觉统合训练,结果表明感觉统合训练更有利于痉挛特性患者步态训练,而电刺激疗法往往对偏瘫特性的患者有较好的作用^[22]。

通过以上研究分析可知:(1)无痉挛特性患

者下肢肌肉协调性比痉挛型患者下肢协调性好;(2)无痉挛特性患者平衡能力与下肢肌肉之间相关性显著,而痉挛型患者平衡能力与下肢肌肉之间无显著相关性;(3)痉挛型三头肌张力与腓肠肌关系密切,无痉挛特性患者三头肌与腓肠肌关系不显著。因此,痉挛特性减弱了双瘫脑瘫患者下肢肌肉相关性。该实验结果对脑瘫儿童临床治疗及康复训练也有参考价值。

5 结束语

本文将表面肌电信号与肌张力,以及与平衡能力相结合,首次量化性地探究了双瘫患儿下肢肌肉之间,肌肉与三头肌张力之间,以及肌肉与平衡能力之间的相关性,并且探究了痉挛特性对双瘫患者下肢相关性的影响,为脑瘫患儿在康复训练时采用适当、有效的训练方式提供了帮助。

本次研究也存在一些不足之处:一是患者年龄较小,认知、自控能力较差,对测试者发出的请求未能得到较好地实施,影响了测试信号的准确度与可信度,例如小孩未能听从医生,按规定平台轨道行走,总是走出轨道;二是实验的测试方法,以及实验过程中未能及时调整不足之处,导致测试数据的不可用及未采集到肌电信号,比如实验过程中电极脱落、松动未得到及时调整,很多信号未采集到,或采集的信号不准确;三是测试患者数量较少,影响了结果的可靠性与有效性。今后实验设计,将吸取上述经验,以求完善。

参 考 文 献

- [1] 杨运华,王悦曦. 痉挛型脑瘫患儿的步态分析 [J]. 凯里学院学报, 2012, 30(6): 66-68.
- [2] 王宁,孙琳,邵翠霞,等. 步态分析在小儿脑性瘫痪诊疗和康复中的作用 [J]. 山东医药, 2011, 51(24): 22-23.
- [3] 江晓峰,荣湘江. 踝足矫形器对脑瘫患儿异常步态的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2005, 20(11): 836-838.
- [4] 李树春. 小儿脑性瘫痪 [M]. 郑州: 河南科学技术出

- 版社, 2000.
- [5] 谷艳霞, 王亮. 痉挛肌治疗仪治疗痉挛型脑瘫患儿踝趾屈肌群痉挛临床观察 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2010, 13(5): 74-75.
- [6] 高宝勤, 杨伟力, 邓欣, 等. A 型肉毒毒素治疗小儿脑性瘫痪下肢肌张力障碍 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2001, 27(6): 448-449.
- [7] 熊键, 廖维靖, 黄彬鉴. 痉挛型和肌张力障碍型脑瘫的生物力学特点 [J]. 国外医学(物理医学与康复学分册), 2004, 24(4): 173-173.
- [8] Hagglund G, Wagner P. Spasticity of the gastrosoleus muscle is related to the development of reduced passive dorsiflexion of the ankle in children with cerebral palsy [J]. *Acta Orthopaedica*, 2011, 82(6): 744-748.
- [9] Androwis GJ, Michael PA, Strongwater A, et al. Alterations of neuromuscular signals as a result of vestibular stimulation [C] // *Proceedings of International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering*, 2013: 1238-1241.
- [10] 孟明, 余青山, 罗志增. HMM 在下肢表面肌电信号步态识别中的应用 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(2): 176-179.
- [11] 吕静, 张跃, 汤健, 等. 表面肌电图在痉挛型脑瘫患儿坐位平衡功能疗效评估中的应用 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2010, 32(3): 223-225.
- [12] 何庆华, 吴宝明, 彭承琳. 表面肌电信号的分析与应用 [J]. 国外医学(生物医学工程分册), 2000, 23(5): 299-302.
- [13] 刘洪涛, 曹玉珍, 谢小波, 等. 表面肌电信号的时变 AR 模型参数评估肌疲劳程度的研究 [J]. 中国生物医学工程学报, 2007, 26(4): 493-497.
- [14] 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.
- [15] Siddiqi A, Kumar D, Arjunan S. Surface EMG model for tibialis anterior muscle with experimentally based simulation parameters [C] // *Proceedings of Biosignals and Biorobotics Conference*, 2014: 156-160.
- [16] Ju ZJ, Ouyang GX, Liu HH. EMG-EMG correlation analysis for human hand movements [C] // *Proceedings of the IEEE Workshop on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space*, 2013: 38-42.
- [17] 李青青, 吴宗耀, 罗利平. 表面肌电图的信度研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(3): 224-227.
- [18] Wang HY, Chen CC, Hsiao S. Relationships between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebral palsy [J]. *Research in Developmental Disabilities*, 2012, 33(4): 1176-1182.
- [19] 盖洁, 李晓捷. B 超测量小腿三头肌厚度对痉挛型双瘫脑瘫患儿的康复评价 [J]. 中国伤残医学, 2012, 20(6): 94-96.
- [20] Ko IH, Kim JH, Lee BH. Relationship between lower limb muscle structure and function in cerebral palsy [J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, 26(1): 63-66.
- [21] 金彩君, 张丽华, 单丽艳, 等. 感觉统合训练对痉挛型脑瘫患儿步态影响的临床研究 [J]. 中国中西医结合儿科学, 2011, 3(3): 206-209.
- [22] 戎科, 钱竞光, 朱奕. 功能电刺激仪在偏瘫步态康复中的应用 [J]. 南京体育学院学报: 自然科学版, 2012, 11(2): 19-21.