

· 专题 · 儿童脑瘫的外科治疗 ·

不同运动功能分级脑瘫患儿步态分析中
时-空与运动学参数的对比研究

全文二维码

陈柏松 应灏 陈梦婕

上海市儿童医院,上海交通大学医学院附属儿童医院骨科,上海 200062

通信作者:陈梦婕,Email:13818455513@163.com

【摘要】 目的 比较 2019 年 3 月至 2021 年 3 月上海市儿童医院骨科收治的不同运动功能分级脑瘫患儿步态分析中时-空与运动学参数的差异,探索通过三维步态分析中时-空与运动学参数来定量评价痉挛型脑瘫患儿下肢运动功能,为痉挛型脑瘫的病情评估提供客观定量方法。 **方法** 选取年龄 6~12 岁、经粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system,GMFCS)分级为 I、II、III 级的痉挛型脑瘫患儿为研究对象,共 90 例,GMFCS 分级为 I 级(I 级组)、II 级(II 级组)、III 级(III 级组)各 30 例。选取 30 例正常儿童作为正常对照组。通过三维步态分析系统采集 90 例脑瘫患儿和正常对照组儿童步态分析中的时-空与运动学参数,利用方差分析和多样本均数间多重比较,分析不同运动功能分级脑瘫患儿之间以及与正常对照组儿童之间的差异。 **结果** 脑瘫患儿步态分析时-空参数中步长、步宽、步速、步频、跨步长较正常对照组儿童明显减小($P < 0.05$),且随 GMFCS 分级的升高而逐渐减小;脑瘫患儿步态周期和双支撑时间较正常对照组儿童明显延长($P < 0.05$),且随 GMFCS 分级的升高而逐渐延长。运动学参数中,脑瘫患儿髋关节、膝关节和踝关节活动角度较正常对照组儿童明显减小($P < 0.05$),髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度明显减小,而髋关节最小屈曲角度明显增大($P < 0.05$);随 GMFCS 分级的升高,关节活动角度逐渐减小,髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度逐渐减小,而髋关节最小屈曲角度逐渐增大;仅踝关节最大跖屈角度在不同 GMFCS 分级患儿中无明显差异($P > 0.05$)。 **结论** 步态分析中时-空参数和运动学参数可以定量评估痉挛型脑瘫患儿的下肢运动功能。GMFCS 分级越高的脑瘫患儿与正常儿童之间的差异越大,下肢的运动功能越差。

【关键词】 脑性瘫痪/并发症;肌痉挛状态/并发症;运动活动;下肢;步态;评价研究

基金项目:上海交通大学“转化医学交叉研究基金”(ZH2018QNB13)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202202060-003

Analysis of spatiotemporal and kinematic parameters in gait analysis of children with cerebral palsy with different motor function grades

Chen Baisong, Ying Hao, Chen Mengjie

Department of Pediatric Orthopedics, Shanghai Children's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200062, China

Corresponding author: Chen Mengjie, Email:13818455513@163.com

【Abstract】 Objective To quantitatively evaluate motor function of lower extremities in children with spastic cerebral palsy by using spatiotemporal and kinematic parameters of three-dimensional gait analysis, compare the differences in spatiotemporal and kinematic parameters of gait analysis with different motor function grades and provide quantitative method for severity assessment of spastic cerebral palsy. **Methods** According to the gross motor function classification system (GMFCS), 90 children aged 6–12 years with spastic cerebral palsy of grades I, II and III were selected and divided into 3 groups ($n = 30$ each). And 30 normal children were selected as controls. The spatiotemporal and kinematic parameters of children with cerebral palsy and normal children were collected by three-dimensional gait analysis system and the differences analyzed by ANOVA and multiple comparisons between multi-sample means. **Results** After statistical analysis, step length/width and stride speed/frequency/length in spatiotemporal parameters of gait analysis declined statistically significant-

ly in children with cerebral palsy as compared with normal children ($P < 0.05$). And the values further decreased with higher GMFCS grade. While gait cycle and double support time became prolonged in children with cerebral palsy ($P < 0.05$) and further elongated with higher GMFCS grade; Motion angle of hip, knee and ankle joints in kinematic parameters in children with cerebral palsy were statistically significantly lower than those in normal children ($P < 0.05$). Maximum flexion angle of hip, maximum/minimum flexion angles of knee and maximum dorsiflexion angle of ankle dropped markedly while minimum flexion angle of hip became obviously elevated ($P < 0.05$). With higher GMFCS grade, motion angle of joint gradually declined while maximum flexion angle of hip, maximum/minimum flexion angle of knee and maximum dorsiflexion angle of ankle gradually dropped and minimum flexion angle of hip gradually spiked. No statistically significant difference existed in maximum plantar flexion angle of ankle ($P > 0.05$). **Conclusion** The spatiotemporal and kinematic parameters in gait analysis can quantitatively evaluate the motor function of lower extremity in children with spastic cerebral palsy. Correlated with a wider gap of gait parameters between spastic cerebral palsy and normal children, higher GMFCS grade indicates worse motor function of lower extremities.

【Key words】 Cerebral Palsy/CO; Muscle Spasticity/CO; Motor Activity; Lower Extremity; Gait; Evaluation Studies

Fund program: Interdisciplinary Program of Shanghai Jiao Tong University (ZH2018QNB13)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202202060-003

脑瘫(cerebral palsy, CP)是一组持续存在的导致儿童肢体活动受限的运动与姿势发育障碍疾病,是儿童常见的神经肌肉疾病。该病是由于发育中的胎儿或婴儿脑部受到非进行性损伤引起,是引起儿童肢体残疾的主要疾病之一^[1-3]。临床表现以运动障碍为主,可伴或不伴智力障碍、癫痫等。根据运动障碍的类型,脑瘫可分为痉挛型(spastic)、不随意运动型(dyskinetic)、共济失调型(ataxic)和混合型(mixed),以痉挛型最常见^[4]。

目前临床上普遍采取粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system, GMFCS 分级系统)来评估脑瘫患儿病情严重程度^[5-6]。而针对脑瘫患儿下肢运动功能的评价主要依靠医师的体格检查和主观视觉评估,这在一定程度上制约了脑瘫患儿病情评估的标准化,也不利于疗效的定量评价。

三维步态分析利用三维运动捕捉系统、表面肌电采集与分析系统及测力台系统等设备,对步态的时-空、运动学及表面肌电参数和足底压力参数进行全方位采集与分析,能客观、定量反应被评估者的步态特征,生成个性化步态分析报告,其结果能够反映运动障碍的类型与严重程度,具有一定的客观性和准确性,是步态分析的金标准,目前已被越来越广泛地应用于临床诊断、疗效评定及病因分析等^[7-8]。国外已有较多研究人员应用步态分析方法来评估不同疾病患者的下肢运动功能^[9-10]。本研究通过三维步态分析中的时-空参数和运动学参数定量评价痉挛型脑瘫患儿的下肢运动功能,为痉挛

型脑瘫患儿下肢功能的评估提供量化方法。

材料与方法

一、临床资料

选取 2019 年 3 月至 2021 年 3 月上海市儿童医院骨科收治的痉挛型脑瘫患儿作为研究对象。病例纳入标准:①确诊为痉挛型脑性瘫痪;②年龄 6~12 岁,GMFCS 分级为 I 级、II 级、III 级,患儿能顺利完成步态分析过程,并获取可靠的步态分析参数;③无外科手术及肉毒素注射治疗史,至少 6 个月内未口服降低肌张力药物。排除标准:①其他类型脑瘫;②GMFCS 分级为 IV 级、V 级,依赖轮椅或完全不能行走、不能配合完成三维步态分析测试者;③有外科手术史及肉毒素注射治疗史等影响步态分析参数客观性因素者。

纳入研究的 90 例患儿中,GMFCS 分级为 I 级(I 级组)、II 级(II 级组)、III 级(III 级组)各 30 例;三组之间性别、年龄、体重、身高等资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),详见表 1。90 例患儿中,男 42 例,女 48 例。招募志愿参与本研究的 6~12 岁正常儿童 30 名作为正常对照组。收集三组脑瘫患儿及正常对照组儿童步态分析参数。本研究经上海市儿童医院伦理委员会审核批准(编号:SCH18-20),患儿家属知情并签署知情同意书。

二、研究方法

(一)测试仪器

本研究使用英国 VICON 公司的三维步态采集

表1 不同运动功能分级脑瘫患儿一般资料比较($\bar{x} \pm s$)Table 1 Comparison of clinical data in children of cerebral palsy with different motor function grades($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	性别(例)		身高(cm)	体重(kg)	年龄(岁)
		女	男			
GMFCS I级组	30	15	15	134.4 ± 9.8	26.5 ± 3.2	9.2 ± 1.0
GMFCS II级组	30	17	13	135.6 ± 7.2	27.4 ± 3.7	9.2 ± 1.2
GMFCS III级组	30	16	14	132.3 ± 8.3	26.9 ± 2.9	9.3 ± 1.0
F值或 χ^2 值		3.44 ^a		0.28	4.35	2.01
P值		0.64		0.54	0.23	0.76

注 GMFCS:粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system);^a代表采用 χ^2 检验

与分析系统,采用配套分析软件进行数据分析。该系统硬件主要包括远红外高频摄像头、红外线反光球、三维测力台、信息转换控制器、电脑主机等。于数据采集工作中同步获得研究对象行走过程中的时-空参数和运动学参数。

(二)步态分析方法

步态分析由专业儿童骨科医师和步态分析技师共同完成。每次测试时,患儿去除遮挡和影响步态分析的衣物及鞋子,在本院步态分析实验室进行步态测试。被试者用平时生活中正常步速在指定区域内向前行进,行走距离约10 m,测试时间无限制。测试前练习3次。采集5次有效测试数据。

(三)步态分析参数

采集三维步态分析中时-空参数和运动学参数,时-空参数包括步长、步宽、步频、步速、跨步长、步态周期时间和双支撑时间;运动学参数包括髋、膝、踝关节的活动角度及其最大、最小角度。

三、统计学处理

采用SPSS 20.0进行统计学分析。采用方差分析和 χ^2 检验对比不同运动功能分级脑瘫患儿的临床一般资料。采用方差分析对比脑瘫患儿和正常对照组儿童之间的时-空参数及运动学参数差异。采用多样本均数间的多重比较分析不同运动功能

分级脑瘫患儿的时-空参数及运动学参数差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、不同 GMFCS 分级痉挛型脑瘫患儿步态分析中时-空参数比较

与正常对照组相比,痉挛型脑瘫患儿步态分析中各时-空参数均值差异均有统计学意义($P < 0.05$),脑瘫患儿步长、步宽、步速、步频、跨步长较正常对照组儿童均明显减小,而步态周期和双支撑时间明显延长。GMFCS I级、II级和III级患儿之间的时-空参数差异也有统计学意义($P < 0.05$),步长、步宽、步速、步频、跨步长随患儿 GMFCS 分级的升高而逐渐减小,步态周期和双支撑时间随 GMFCS 分级的升高而逐渐延长。详见表2。

二、不同 GMFCS 分级痉挛型脑瘫患儿步态分析中运动学参数比较

除踝关节最大跖屈角度外,痉挛型脑瘫患儿与正常对照组儿童的运动学参数均值差异存在统计学意义($P < 0.05$),脑瘫患儿与正常对照组儿童相比,髋关节、膝关节和踝关节的活动角度明显减小;髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角

表2 不同 GMFCS 分级痉挛型脑瘫患儿与正常对照组儿童时-空参数比较($\bar{x} \pm s$)Table 2 Comparison of spatiotemporal parameters of gait between children of spastic cerebral palsy and normal children($\bar{x} \pm s$)

组别	例数(例)	步长(m)	步宽(cm)	步速(m/s)	步频(步/min)	跨步长(m)	步态周期(s)	双支撑时间(s)
正常对照组	30	0.62 ± 0.11	9.64 ± 1.11	1.13 ± 0.30	110.2 ± 9.93	0.80 ± 0.10	1.05 ± 0.11	0.13 ± 0.04
GMFCS I级组	30	0.57 ± 0.09 ^a	9.20 ± 1.00 ^a	1.01 ± 0.20 ^a	101.5 ± 10.30 ^a	0.76 ± 0.10 ^a	1.31 ± 0.11 ^a	0.15 ± 0.02 ^a
GMFCS II级组	30	0.50 ± 0.12 ^{ab}	8.82 ± 0.90 ^{ab}	0.92 ± 0.14 ^{ab}	93.5 ± 8.90 ^{ab}	0.72 ± 0.10 ^{ab}	1.39 ± 0.14 ^{ab}	0.19 ± 0.04 ^{ab}
GMFCS III级组	30	0.42 ± 0.10 ^{ac}	7.72 ± 1.29 ^{ac}	0.81 ± 0.11 ^{ac}	86.4 ± 8.31 ^{ac}	0.68 ± 0.12 ^{ac}	1.43 ± 0.19 ^{ac}	0.22 ± 0.08 ^{ac}
F值		4.63	8.45	3.28	13.82	6.24	5.64	3.83
P值		0.001	0.003	0.023	0.004	0.010	0.006	0.021

注 GMFCS:粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system);^a代表脑瘫患儿与正常对照组儿童相比,差异有统计学意义;^b代表 GMFCS II级组与 GMFCS I级组患儿相比,差异有统计学意义;^c代表 GMFCS III级组与 GMFCS II级组患儿相比,差异有统计学意义

度、踝关节最大背屈角度明显减小,而髋关节最小屈曲角度明显增大。GMFCS I 级组、II 级组和 III 级组患儿运动学参数比较,差异也存在统计学意义 ($P < 0.05$),随 GMFCS 分级的升高,髋关节、膝关节和踝关节的活动角度逐渐减小,髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度逐渐减小,而髋关节最小屈曲角度逐渐增大,仅踝关节最大跖屈角度差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。详见表 3。

讨 论

儿童脑瘫病因复杂,其高危因素主要是缺氧缺血性脑病、早产、高胆红素血症、颅内出血等。治疗以康复治疗为主,辅以神经外科和骨科干预等^[11-12]。治疗的目的是提高患儿生活质量,预防并发症。

步态分析是利用生物力学概念,借助现代计算机技术,研究步行规律,从而揭示步态异常的环节及其影响因素。步态分析中得到的一系列步态参数能够客观、定量地反映患者步态异常以及步态特征。通过正常步态和病理步态的比较,能够定量分析疾病对于步态的影响,进而寻找病因,定位病变部位。在痉挛型脑瘫患儿的诊治过程中,步态分析能够客观记录患儿的步态特征及变化,为临床分析脑瘫患儿的病情严重程度和选择治疗方案以及评价治疗效果提供参考。它的客观和可量化特点弥补了临床上脑瘫患儿功能评定过程中主观性强的缺点,是目前最为客观的评价方法。

三维步态分析包括运动学分析、表面肌电分析

和足底压力分析三部分^[13-14]。本研究受客观条件的限制,使用了三维步态分析中的时-空参数和运动学参数来评价痉挛型脑瘫患儿的下肢功能,分析了不同运动功能分级脑瘫患儿在时-空参数和运动学参数上的差异。痉挛型脑瘫主要表现为运动功能障碍,因此使用时-空参数和运动学参数来评价患儿下肢运动功能是合适的。表面肌电分析受检测方法及皮肤状况的影响较大,其客观性和准确性不如运动学分析。而足底压力分析主要是评估足部受力情况,在脑瘫患儿下肢运动功能评价过程中作用有限。因此本研究暂未涉及上述两方面内容。

GMFCS 分级系统是临床上广泛应用的分级方法^[15]。该方法是根据患儿运动功能受限程度随年龄变化的规律而设计的一套分级系统。就 6~12 岁脑瘫儿童而言,GMFCS I 级为:可以没有任何限制地在室内外行走,可以爬楼梯,能表现出跑、跳等粗大运动能力,但速度、平衡和协调能力均有所下降。GMFCS II 级为:可以在室内和户外行走,能够抓着扶手爬楼梯,其他活动受到一定限制,能勉强达到跑、跳平衡。GMFCS III 级为:可在大部分室内场地使用手持式辅具步行,在他人帮助下可以上楼梯。GMFCS IV 级为:可望继续维持患儿在 6 岁以前获得的运动能力,可能更加依赖轮椅。GMFCS V 级为:生理上的损伤限制了患儿对自主运动的控制,也限制了患儿维持头部和躯干的抗重力姿势能力,完全不能独立活动。

本研究选择 6~12 岁脑瘫患儿入组,是基于两方面原因:一是小于这个年龄段的儿童在步态分析过程中受自身发育水平的限制,极易受外界因素干扰,可能无法完成步态分析测试,步态分析参数缺

表 3 不同 GMFCS 分级痉挛型脑瘫患儿与正常对照组儿童运动学参数比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

Table 3 Comparison of kinematic parameters between children of spastic cerebral palsy and normal children($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

组别	例数 (例)	髋关节			膝关节			踝关节		
		活动角度	最大屈曲	最小屈曲	活动角度	最大屈曲	最小屈曲	活动角度	最大背屈	最大跖屈
正常对照组	30	46.30 ± 10.10	35.72 ± 6.22	10.24 ± 1.26	64.38 ± 9.65	62.35 ± 9.65	10.11 ± 0.90	24.21 ± 1.18	14.22 ± 1.02	10.80 ± 0.92
GMFCS I 级组	30	40.25 ± 9.11 ^a	31.99 ± 4.92 ^a	13.28 ± 1.23 ^a	58.80 ± 5.90 ^a	56.20 ± 10.70 ^a	9.13 ± 0.88 ^a	18.30 ± 0.96 ^a	8.36 ± 0.72 ^a	10.34 ± 1.04
GMFCS II 级组	30	36.28 ± 8.92 ^{ab}	25.25 ± 8.40 ^{ab}	15.30 ± 1.20 ^{ab}	46.53 ± 7.98 ^{ab}	50.16 ± 12.12 ^{ab}	8.80 ± 0.87 ^{ab}	14.24 ± 1.10 ^{ab}	-2.42 ± 0.32 ^{ab}	10.35 ± 0.90
GMFCS III 级组	30	24.50 ± 10.90 ^{ac}	18.88 ± 4.86 ^{ac}	19.54 ± 2.17 ^{ac}	38.42 ± 8.70 ^{ac}	42.44 ± 8.97 ^{ac}	7.44 ± 0.90 ^{ac}	12.20 ± 1.09 ^{ac}	-5.30 ± 0.44 ^{ac}	10.51 ± 1.98
F 值		13.23	15.45	10.62	20.51	23.42	9.83	10.47	3.52	0.60
P 值		0.010	0.005	0.003	0.010	0.006	0.010	0.001	0.022	0.44

注 GMFCS:粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system);^a代表脑瘫患儿与正常对照组儿童相比,差异有统计学意义;
^b代表 GMFCS II 级组与 GMFCS I 级组患儿相比,差异有统计学意义;^c代表 GMFCS III 级组与 GMFCS II 级组患儿相比,差异有统计学意义

乏客观性,可能影响统计结果;二是大于这个年龄段的患儿,病例数较少,难以满足研究需要。另外,该年龄段患儿一般都有肉毒素注射治疗史或外科手术史,不符合本研究要求。而 6~12 岁痉挛型脑瘫患儿病例数量足够,且能够很好配合完成步态分析测试过程。

本研究选择 GMFCS 分级系统中 I~III 级痉挛型脑瘫患儿入组,其中 GMFCS III 级的患儿可在手扶式助行工具帮助下完成步态分析测试。步态分析结果是病理形态和步行辅助工具的综合结果,也是这个级别患儿所能达到的最佳步行状态。而 GMFCS IV 级、V 级脑瘫患儿不具备完成步态分析检测的身体条件。

时-空参数是步态分析最重要参数。本研究结果表明,三维步态分析时-空参数中,脑瘫患儿步长、步宽、步频、步速、跨步长等参数较正常儿童减少或缩短,而步态周期和双支撑时间延长;随 GMFCS 分级的提高,这些时-空参数与正常儿童之间的差异越来越大,说明下肢功能障碍程度越来越严重。因此,我们认为三维步态分析时-空参数可以客观评估痉挛型脑瘫患儿的下肢运动功能,其结果与脑瘫 GMFCS 分级呈正相关,可为进一步评估痉挛型脑瘫患儿病情提供重要的数据支持。运动学参数是步态分析的重要参数之一,对关节活动角度的评价能够使临床评估量化,有较高的应用价值。痉挛型脑瘫患儿迈步相时下肢向前内侧迈出,导致双侧膝关节碰撞,呈现出剪刀样步态。痉挛型脑瘫患儿多数存在内收肌、腓绳肌以及小腿三头肌挛缩,临床表现为髋关节外展受限和足下垂,严重影响下肢运动的协调性^[16-17]。在步态分析中,髋关节、膝关节和踝关节的活动角度等运动学参数因 GMFCS 分级的不同而不同。本研究采集髋关节、膝关节和踝关节活动角度分析,结果表明,除踝关节最大跖屈角度外,痉挛型脑瘫患儿与正常儿童步态的运动学参数均值差异有统计学意义,其中髋关节、膝关节、踝关节的活动角度明显减小,髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度明显减小,而髋关节最小屈曲角度明显增大,表明痉挛型脑瘫患儿的髋关节活动度可能受病情严重程度影响,是引起剪刀样步态的病理基础。不同 GMFCS 分级脑瘫患儿的步态运动学参数之间也存在显著性差异,随 GMFCS 分级的升高,关节活动角度逐渐减小,髋关节最大屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度逐渐

减小,而髋关节最小屈曲角度则逐渐增大。仅踝关节最大跖屈角度差异无统计学意义,表明关节活动角度和 GMFCS 分级具有相关性。髋关节最大和最小屈曲角度、膝关节最大和最小屈曲角度、踝关节最大背屈角度可作为评价痉挛型脑瘫患儿下肢运动功能的指标,仅踝关节最大跖屈角度差异无统计学意义,说明脑瘫患儿小腿三头肌的挛缩程度与疾病严重程度无相关关系。痉挛型脑瘫患儿在步态行进过程中,关节活动角度达不到正常角度,导致运动耗能增加,前进幅度减少,步速减慢,步长缩短,引发步态异常。随 GMFCS 分级的升高,其步态异常的严重程度也逐渐增高。步态是下肢运动能力的最直观反映,随着技术的不断发展,对步态分析中各种参数将有更加全面的解释。本研究通过对不同运动功能分级脑瘫患儿步态分析时-空参数和运动学参数的对比,为不同运动功能分级脑瘫患儿病情评估提供了量化依据。本研究的局限在于只进行了未治疗的痉挛型脑瘫患儿与正常儿童的对比研究,以及不同运动功能分级脑瘫患儿之间的对比研究。下一步将通过脑瘫患儿治疗前后步态分析参数的对比研究,为脑瘫患儿的更好康复并获得最佳生活质量提供帮助。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 文献检索为陈柏松,论文调查设计为陈柏松、应灏,数据收集与分析为陈柏松、陈梦婕,论文结果编撰为陈柏松,论文讨论分析为陈柏松、应灏、陈梦婕

参 考 文 献

- [1] Mathewson MA, Lieber RL. Pathophysiology of muscle contractures in cerebral palsy[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2015, 26(1): 57-67. DOI: 10.1016/j.pmr.2014.09.005.
- [2] 李宇, 康列和, 朱光辉. 儿童脑瘫性髋关节疾病的发病机制与临床评价[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(10): 980-984. DOI: 10.12260/lxewkzz.2021.10.016.
Li Y, Kang LH, Zhu GH. Pathogenesis and clinical evaluations of hip disease in children with cerebral palsy[J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20(10): 980-984. DOI: 10.12260/lxewkzz.2021.10.016.
- [3] Brandenburg JE, Fogarty MJ, Sieck GC. A critical evaluation of current concepts in cerebral palsy[J]. Physiology (Bethesda), 2019, 34(3): 216-229. DOI: 10.1152/physiol.00054.2018.
- [4] Rethlefsen SA, Ryan DD, Kay RM. Classification systems in cerebral palsy[J]. Orthop Clin North Am, 2010, 41(4): 457-467. DOI: 10.1016/j.ocl.2010.06.005.
- [5] Gillespie CS, George AM, Hall B, et al. The effect of GMFCS level, age, sex, and dystonia on multi-dimensional outcomes after selective dorsal rhizotomy: prospective observational study[J]. Childs Nerv Syst, 2021, 37(5): 1729-1740. DOI: 10.1007/s00381-021-05076-0.
- [6] Paulson A, Vargus-Adams J. Overview of four functional classifi-

- cation systems commonly used in cerebral palsy [J]. Children (Basel), 2017, 4(4): 30. DOI:10.3390/children4040030.
- [7] Klöpfer-Krämer I, Brand A, Wackerle H, et al. Gait analysis-Available platforms for outcome assessment [J]. Injury, 2020, 51 (Suppl 2): S90-S96. DOI:10.1016/j.injury.2019.11.011.
- [8] Baker R, Esquenazi A, Benedetti MG, et al. Gait analysis: clinical facts [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2016, 52(4): 560-574.
- [9] Fujita K, Iijima H, Eguchi R, et al. Gait analysis of patients with distal radius fracture by using a novel laser Timed Up-and-Go system [J]. Gait Posture, 2020, 80: 223-227. DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.06.005.
- [10] van Hoeve S, de Vos J, Verbruggen JP, et al. Gait analysis and functional outcome after calcaneal fracture [J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(22): 1879-1888. DOI:10.2106/JBJS.N.01279.
- [11] Chan C, Miller F. Assessment and treatment of children with cerebral palsy [J]. Orthop Clin North Am, 2014, 45(3): 313-325. DOI:10.1016/j.ocl.2014.03.003.
- [12] Sozbilen MC, Evren Sahin K. Long-term efficacy and safety of repeated botulinum toxin A applications based on function and anesthesia type in children with cerebral palsy [J]. J Orthop, 2022, 29: 22-27. DOI:10.1016/j.jor.2021.12.005.
- [13] Ma N, Sclavos N, Passmore E, et al. Three-dimensional gait analysis in children undergoing gastrocnemius lengthening for equinus secondary to cerebral palsy [J]. Medicina (Kaunas), 2021, 57(2): 98. DOI:10.3390/medicina57020098.
- [14] Mukaino M, Ohtsuka K, Tanikawa H, et al. Clinical-oriented three-dimensional gait analysis method for evaluating gait disorder [J]. J Vis Exp, 2018, (133): 57063. DOI:10.3791/57063.
- [15] Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 1997, 39(4): 214-223. DOI:10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x.
- [16] Franki I, Bar-On L, Molenaers G, et al. Tone reduction and physical therapy: strengthening partners in treatment of children with spastic cerebral palsy [J]. Neuropediatrics, 2020, 51(2): 89-104. DOI:10.1055/s-0039-3400987.
- [17] Pin T, Dyke P, Chan M. The effectiveness of passive stretching in children with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2006, 48(10): 855-862. DOI:10.1017/S0012162206001836.

(收稿日期:2022-02-27)

本文引用格式: 陈柏松, 应灏, 陈梦婕. 不同运动功能分级脑瘫患儿步态分析中时-空与运动学参数的对比研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(6): 510-515. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202202060-003.

Citing this article as: Chen BS, Ying H, Chen MJ. Analysis of spatiotemporal and kinematic parameters in gait analysis of children with cerebral palsy with different motor function grades [J]. J Clin Ped Sur, 2022, 21(6): 510-515. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202202060-003.

关于论著文章的中、英文摘要的书写要求

摘要(文摘)是科技论文的重要组成部分之一,它是解决读者精力有限,而科技信息激增的矛盾的有效手段。

根据 GB6447-86 的定义,文献是以提供文献内容梗概为目的,不加评论和解释,简明确切地记述文献重要内容和短文。摘要应具自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。它的详简程度取决于文献的内容。通常中文文摘以不超过 500 字为宜,外文文摘应与中文摘要内容及数据相一致。应以第三人称的语气书写。

摘要的内容应包括四个要素,即目的、方法、结果、结论。①目的:指研究的前提和起缘,即为什么要作此项研究。②方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。③结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新、切实可行的成果。④结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值,如有特殊的例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与中文摘要的内容要求大体相致。

此外,中、英文摘要下均应写出关键词(key words)2~5 个。关键词应是精选的能代表文章主要内容的词,采用便于读者选读、检索和编制的二次文献的规范化的主题词。请尽可能根据《医学索引》(Index Medicus)中的医学主题词表(MeSH)中的词条标注。

中文摘要 具体书写的格式:

[摘要] 目的……。方法……。结果……。结论……。

[关键词] (2~5 个)。

英文摘要具体书写格式:

[Abstract] Objective……。Methods……。Results……。Conclusions……。

[Key Words]

英文摘要 要求作到语法正确,用词准确。必要时,作者在投稿前请英文书写水平高的人员帮助修改。敬请广大读者、作者周知,并遵照此要求投稿。