DOI:10.16016/j.2097-0927.202309111

基于婴儿运动表现测试的脑瘫患儿早期运动表现特点分析

申亚丽[1],屈福祥[1],王成举[1],吴至凤[1],程 旺[1],杨秋霞[2],胡 楠[1],张雨平[1] 400037 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第二附属医院儿科[1];553537 贵州 六盘水,盘州市第二人民医院儿科[2]

[**摘要**] **目的** 通过分析脑瘫患儿在2~4月龄时的婴儿运动表现测试(test of infant motor performance,TIMP)结果,探讨脑瘫患儿的早期运动表现特点。**方法** 采用横断面研究设计方案,纳入2018年12月至2022年12月期间在陆军军医大学第二附属医院早产高危儿随访门诊就诊、1岁后确诊为脑瘫的患儿17例,收集其2~4月龄的TIMP评估结果;以相同月龄的TIMP中国常模样本作为对照,计算*Z*值;比较两组之间TIMP总分、7个体位分组得分以及42个项目得分的差异。**结果** 脑瘫患儿2~4月龄的TIMP总分*Z*值为(-0.95±1.11),显著低于常模对照组得分(*P*<0.01)。体位分组中坐位、侧方位、翻身、立位项目得分*Z*值分别为(-0.89±0.88)、(-1.17±0.66)、(-0.43±0.79)及(-0.63±0.77),均显著低于常模对照组得分(*P*<0.05),尤其以坐位、侧方位、立位项得分差异最为显著(*P*<0.01),而观察项目、仰卧位、俯卧位与正常同龄婴儿无显著差异。42个项目得分中,脑瘫患儿有17项评分显著低于中国常模,以第15项(坐位头控)、第16项(颈后肌群活动)、第26项(上肢防御)、第32项(拉坐)、第33项(侧卧位牵拉上肢转为侧坐)、第34项(侧卧位髋关节外展)、第40项(站立)的得分差异最为显著。**结论** 脑瘫高危儿随访中尤其需要关注坐位、侧方位以及立位项的运动表现,这可能对脑瘫的早期识别具有提示意义。

[**关键词**] 婴儿运动表现测试;脑瘫;运动评估

[**中图法分类号**] R181.37;R339.4;R742.3 [**文献标志码**] A

A TIMP-based assessment for early motor performance in cerebral palsy toddlers

SHEN Yali[1], QU Fuxiang[1], WANG Chengju[1], WU Zhifeng[1], CHENG Wang[1], YANG Qiuxia[2], HU Nan[1], ZHANG Yuping[1] [1]Department of Pediatrics, Second Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400037; [2]Department of Pediatrics, Panzhou Second People's Hospital, Liupanshui, Guizhou Province, 553537, China

[**Abstract**] **Objective** To explore the characteristics of early motor performance in toddlers with cerebral palsy by analyzing the results of Test of Infant Motor Performance (TIMP) when they were at an age of 2 to 4 months. **Methods** A cross-sectional trial was conducted on 17 children who were followed up in the Preterm High-Risk Infant Follow-Up Clinic of the Second Affiliated Hospital of Army Medical University as high-risk premature infants and diagnosed with cerebral palsy after 1 year of age from December 2018 to December 2022. The results of their TIMP assessments at an age of 2~4 months. With the data of TIMP Chinese norm samples at the same age as controls, the *Z*-values were calculated and the total score of TIMP, scores of the 7 postural subgroups (including totally 42 items), and scores of these 42 items were calculated and compared between the 2 groups. **Results** The *Z*-value of the total TIMP score for the cerebral palsy infants aged 2~4 months was only -0.95±1.11, which was significantly lower than that the expected score (*P*<0.01). Similarly, the Z-values for the scores of sitting position, lateral orientation, turning over, and

[**基金项目**] 国家科技部科技创新2030-"脑科学与类脑研究"重大项目(2021ZD0201700)

[**通信作者**] 张雨平,E-mail:465616386@qq.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

standing position in the postural subgroups were −0.89±0.88, −1.17±0.66, −0.43±0.79, and −0.63±0.77, respectively, and all of these scores for sitting position, lateral orientation, and standing position ($P<0.01$). There were no notable differences between the Chinese norms and the cerebral palsy children in terms of observation items, supine position, or prone position. Out of the 42 items, the cerebral palsy children had significantly lower scores than the Chinese norms in 17 items, with the items 15 (head control in sitting position), 16 (head control posterior neck muscle), 26 (defensive reaction-arm movements), 32 (head control in the pull-to-sit maneuver), 33 (pull the upper limb into lateral positions), 34 (lateral hip abduction reaction), and 40 (standing) most significant in turn. **Conclusion** The motor performance of sitting, lateral orientation, and standing should be given particular attention during the follow-up of high-risk children with cerebral palsy, and these performances may indicate the need for early detection of the condition.

[**Key words**] Test of Infant Motor Performance; cerebral palsy; motor assessment

Supported by the Major Program of Scientific and Technological Innovation 2030 From National Ministry of Science and Technology-Brain Science and Brain Research (2021ZD0201700). Corresponding author: ZHANG Yuping, Email: 465616386@qq.com.

脑性瘫痪(简称脑瘫)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。国内外报道目前脑瘫的患病率为1.4‰~3.2‰,我国1~6岁儿童的脑瘫患病率为2.46%[1]。随着围产期医学技术的进步,许多具有脑损伤高危因素的早产儿、低出生体质量儿得以存活,这导致脑瘫患病率在全国范围内呈上升趋势[2-3]。脑瘫严重影响患儿的生长发育,给患儿、家庭、社会带来沉重负担[4-5]。由于婴儿期大脑具有高度的可塑性,早期对脑瘫患儿进行干预可有效延缓运动障碍的进展,改善患儿的发育结局[6-9]。因此出生后1年内对具有脑瘫高风险的婴儿进行运动监测意义重大。既往脑瘫患者常常在1岁之后诊断,但近年研究证实通过综合应用神经影像学检查及标准化测试工具,可以将识别时间提前至6月龄前[10]。婴儿运动表现测试(test of infant motor performance,TIMP)是国际通用的婴儿早期标准化运动测试工具,可以早期识别运动发育迟缓的婴儿[11],因此有助于早期发现脑瘫[12]。本研究拟通过分析脑瘫患儿在2~4月龄时的TIMP评估结果,探讨脑瘫患儿在婴儿早期的运动表现特点,旨在为脑瘫患儿的早期识别提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用横断面研究设计方案,研究对象为2018年12月1日至2022年12月31日在陆军军医大学第二附属医院早产高危儿随访门诊就诊,并在1岁以后确诊为脑瘫的17例患儿,其中早产儿12例,足月儿5例。收集入选对象的临床病例资料及其在2~4月龄(早产儿为矫正年龄)期间完成的TIMP评估结果。纳入标准:①1岁以后临床诊断为脑瘫;②在婴儿期2~4月龄内完成TIMP评估。排除标准:①先天性脑结构异常、脊髓发育异常、脊髓损伤或臂丛神经损伤;②确诊为染色体异常或遗传代谢性疾病。以2021中文版TIMP常模中相应月龄婴儿作为对照。该常模由1 035例矫正周龄为34~59^{+6}周的样本组成,一共分为13个周龄组,每2周为1个周龄组,样本均为无明确医学高危因素的婴儿,每个周龄组包括1/3的早产儿。选取常模中2~4月龄婴儿,即9~12周龄组(出生后周龄为10~17^{+6}周龄,早产儿使用矫正周龄)作为常模对照组,共295例[13]。

本研究获得陆军军医大学第二附属医院伦理委员会批准(2008-研第007-01)。

1.2 脑瘫诊断标准

参照2015年中国脑性瘫痪康复指南[14]为诊断标准。

1.3 TIMP评估

1.3.1 评估方法 参照第五版TIMP评估手册进行评估,将婴儿置于安静、明亮、温暖的地方,使其保持安静、清醒的状态,然后进行评估。婴儿尽量减少穿戴,避免活动受限。测试前将婴儿床上多余的物品清理掉,保持床面干净整洁,各项检查均在婴儿床上进行。此次研究评估人员均已完成第五版TIMP评估培训并通过版权公司的信度考核,与标准评分不匹配率需低于5%。

1.3.2 评估项目 TIMP由42个项目组成,其中13个观察项目主要评估婴儿的自发运动及运动质量,包括头部控制、四肢运动、不安运动等,若未观察到相关运动表现计0分,观察到则计1分。29个诱发项目要求将婴儿摆放到不同体位,观察婴儿的姿势控制及定向能力等运动表现,每项得分从0到6分不等。

TIMP 总分为 142 分,评分越高表明运动表现越好。按体位可将 TIMP 项目分为 7 个体位组:观察项目(1~13 项)、坐位(14~18 项)、仰卧位(19~27 项)、翻身(28~31 项)、侧方位(32~34 项)、俯卧(35~39 项)、立位(40~42 项)。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据处理及分析。因 TIMP 评估时婴儿月龄跨度为 2~4 月龄,无法用某一周龄的参考均值进行比较,故采用 Z 评分法(标准差离差法),即先将 TIMP 的所有原始评分对照中国常模相应周龄组均值转换为 Z 值后再进行比较。进行 Shapiro-Wilk 检验以确定正态性后,分别计算正态和非正态分布数据的平均值或中位数。服从正态分布的项目数据两组间比较采用独立样本 t 检验,若数据不满足正态分布,则使用 Mann-Whitney U 检验。$P<0.05$ 视为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入分析病例的基本特征

脑瘫组婴儿与中国常模婴儿的性别、出生产式、出生时胎龄及出生时体质量等基础资料见表 1。脑瘫组病例均存在不同类型的中枢神经损伤高危病史,其中脑室周围白质软化(periventricular leukomalacia,PVL)5 例,缺氧缺血性脑病(hypoxic ischemic encephalopathy,HIE)5 例,脑室内出血(intraventricular hemorrhage,IVH)4 例,脑膜炎 2 例,1 例同时患有 IVH 及支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia,BPD)。

2.2 脑瘫组与常模对照组 2~4 月龄 TIMP 评分 Z 值对比

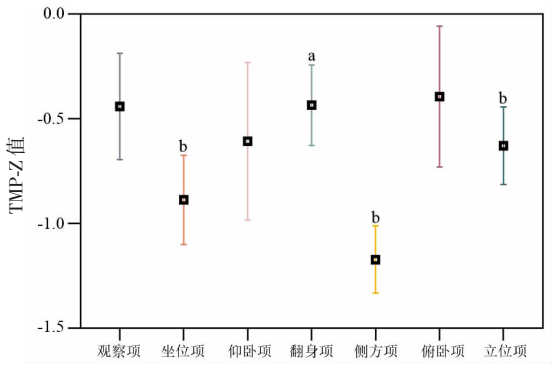
参考同龄常模人群参考值计算出脑瘫组儿童在婴儿期 2~4 月龄时的 TIMP 总分 Z 值为(-0.95±1.11),显著低于同龄常模对照组($Z=0$,$P<0.01$)。

2.3 脑瘫组与常模对照组 2~4 月龄 TIMP 评估的 7 个体位项目评分 Z 值比较

参考同龄常模人群参考值计算出脑瘫组儿童在婴儿期 2~4 月龄时 TIMP 的 7 个体位项目 Z 值,坐位项 Z 值为(-0.89±0.88),侧方位 Z 值为(-1.17±0.66),立位项 Z 值(-0.63±0.77),均显著低于同龄常模对照组($P<0.01$);翻身项 Z 值为(-0.43±0.79),显著低于同龄常模对照组($P<0.05$);而观察项 Z 值(-0.44±1.047),仰卧项 Z 值(-0.61±1.55),俯卧项 Z 值为(-0.39±1.39),与同龄常模对照组比较均差异无统计学意义。见图 1。

表 1 脑瘫组与中国常模基线资料比较[例(%)]

指标	脑瘫组($n=17$)	常模对照组($n=295$)
性别		
男	12(70.59)	149(50.51)
女	5(29.41)	146(49.49)
出生产式		
顺产	8(47.06)	133(45.09)
剖宫产	9(52.94)	162(54.91)
出生时胎龄		
<37 周	12(70.59)	67(22.71)
≥37 周	5(29.41)	228(77.29)
出生时体质量/g		
<2 500	11(64.71)	120(40.68)
≥2 500	6(35.29)	175(59.32)
临床特征		
脑室周围白质软化	5(29.41)	-
缺氧缺血性脑病	5(29.41)	-
脑室内出血	4(23.53)	-
脑膜炎	2(11.77)	-
支气管肺发育不良合并脑室内出血	1(5.88)	-

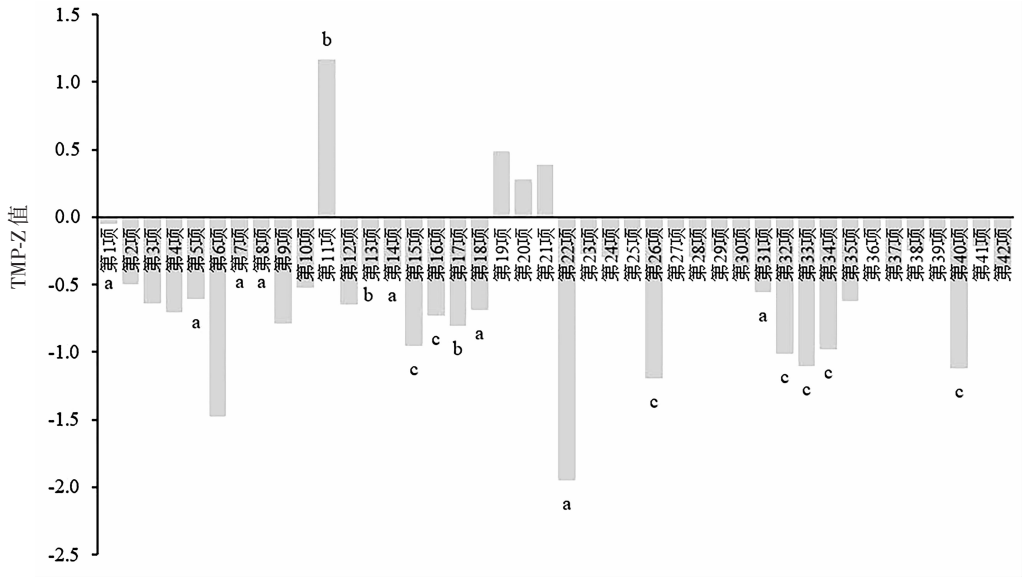


a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与常模对照组比较,误差条表示标准误

图 1 脑瘫组与常模对照组 2~4 月龄时 TIMP 的 7 个体位项目 Z 值比较

2.4 脑瘫组与常模对照组 2~4 月龄 TIMP 评估 42 个项目得分 Z 值比较

两组 2~4 月龄时的 42 个 TIMP 项目得分 Z 值比较显示:脑瘫组共有 18 项评分 Z 值与常模对照组相比有统计学差异,24 项差异无统计学意义(图 2)。其中,除第 11 项(手臂或腿挥动或扑打)评分 Z 值显著高于对照组外,其余 17 项均显著低于对照组。第 15(坐位头控)、16(坐位颈后肌群活动)、26(上肢防御)、32(拉坐)、33(侧卧位牵拉上肢转为侧坐)、34(侧卧位髋关节外展)、40(站立)项的 Z 值较常模对照组差异最为显著($P<0.001$);13(伸手够人或物)、17(坐位颈前肌群活动)项差异特别显著($P<0.01$);第 1(头位于中线)、5(左手指触摸)、7(单独右踝运动)、8(单独右踝运动)、14(头左右转动)、18(坐位往后放下)、22(仰卧位有视觉刺激时头中线位)、31(用上肢诱发向左翻身)项亦有显著差异($P<0.05$)。



a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,c:$P<0.001$,与常模对照组比较

图 2 脑瘫组患儿 TIMP 评估 42 项 *Z* 值

其余 24 项两组间对比无明显差异,有 4 项脑瘫组得分高于常模对照组,除 11 项(手臂或腿挥动或扑打)有显著差异外,19、20(颈部翻正反射抑制)和 21(仰卧位无视觉刺激时头中线位),3 项差异均无统计学意义。

3 讨论

3.1 脑瘫儿童的早期运动特点及早期识别工具

脑瘫儿童的发育异常以运动障碍为主,常在婴儿早期即出现运动发育迟缓、张力异常等特点[1]。运动发育迟缓具体表现为抬头、翻身、坐、爬、走等方面的动作发育比同龄健康儿童晚,而且脑损伤的程度越重,运动发育迟缓出现越早越明显。除了运动发育迟缓,脑瘫患儿可能在婴儿早期即表现出运动障碍,具体表现为肌张力异常、姿势异常、稳定性和协调性差等。国际脑瘫早期诊断指南提出,在婴儿校正月龄 5 月龄前,以下 3 种工具的联合使用对脑瘫具有最佳的预测效果:①磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI);②全身自发性运动质量评估(general movements,GMs);③Hammersmith 婴儿神经学检查量表(Hammersmith infant neurological examination,HINE)[10]。然而,一些地区由于缺乏培训机会或因受人员和技术的限制无法开展 MRI、GMs 以及 HINE 时,TIMP 可以作为一个良好的替代工具。由于 TIMP 具有不需要专门的设备、可以灵活通过线上或线下课程学习、较容易学会等特点,便于推广开展,也被中外指南推荐用于脑瘫早期的运动评估[1, 10, 15]。

3.2 TIMP 对脑瘫婴儿的早期识别作用

TIMP 的适用年龄是校正胎龄 34 周至 4 月龄前(早产儿为校正年龄),是专用于小婴儿运动表现评估的方法。由于脑瘫患儿常常在婴儿早期表现出运动发育迟缓,因此 TIMP 可以通过筛查运动发育迟缓从而识别出脑瘫患儿,特别是对具有脑瘫高危因素婴儿的随访中,TIMP 的这一识别作用更为突出[16-18],评估者可以通过 TIMP 评估发现被试婴儿的各种运动表现与正常发育婴儿之间的差异。因此,研究脑瘫患儿在婴儿早期 TIMP 评估中有哪些具体和详细的运动特征,可以为早期识别脑瘫婴儿提供参考。

本研究分析了 17 例脑瘫患儿在婴儿早期的 TIMP 表现,证实脑瘫患儿在 2~4 月龄时运动发育水平已经出现了明显迟缓,尤其以坐位、立位以及侧方位运动的迟缓最为显著,这些动作需要婴儿具有较强的抗重力能力及较好的头部和躯干控制能力,而这些能力正是脑瘫患儿缺乏的。既往也有研究对脑瘫患儿的运动模式进行了探讨,发现脑瘫患儿在头控以及维持躯体抗重力姿势方面的能力都明显减弱,这与本研究从不同体位分析 TIMP 项目的研究结果一致[19]。本研究发现脑瘫患儿的观察、仰卧和俯卧位项目和正常婴儿无明显差异,分析原因可能是因为在观察项、仰卧项评估时脑瘫患儿均处于仰卧位,无需过多抗重力,动作难度

相对较低,故容易完成。俯卧项评估项目无差异的原因可能系因脑瘫患儿在婴儿早期常有头背屈的反张姿势,使俯卧位抬头得分较高而不易与正常婴儿区分出来。

本研究还试图在 TIMP 的 42 个项目中找出对脑瘫最具有提示意义的项目。通过分析,发现脑瘫婴儿与正常婴儿差异最大的项目为第 15(坐位头控)、16(坐位颈后肌群活动)、26(上肢防御)、32(拉坐)、33(侧卧位牵拉上肢转为侧坐)、34(侧卧位髋关节外展)及 40 项(站立)。其中,第 15、16 项是坐位项目,主要考察婴儿坐位时的头部控制和颈部肌肉协调能力;32 项为拉坐,33、34 为侧方位项目,均为 TIMP 评估中难度较高的项目,对婴儿的头部和躯干控制能力要求很高,需要正常婴儿在月龄较大时才能完成。美国 TIMP 研发团队[16]在早期的一项研究中也指出,随着年龄增长,脑瘫患儿的第 32 项拉坐表现发育缓慢甚至会出现倒退,这对脑瘫的识别意义较大;40 项为站立,需要婴儿具有良好的头控能力和腿部躯干部的支撑能力。第 26 项主要考察婴儿在面部和胸部被软布覆盖后是否能用手抓走软布,对婴儿的上肢运动协同能力要求较高。不管是头部控制还是躯干控制,最终都需要婴儿能在保持抗重力姿势的前提下,身体各部分肌肉能够按神经系统的指示协同舒缩,而脑瘫患儿由于脑损伤导致神经肌肉和姿势控制失败,不能完成这些动作。本研究中脑瘫组唯一的 1 个得分显著高于对照组的项目为 11 项(手臂或腿挥动或扑打),这个动作不需要过多的姿势控制能力,脑瘫婴儿得分高可能与早期的异常运动有关。TIMP 作者 CAMPBELL 教授团队近期的研究也表明,脑瘫儿童在需要头部控制的项目、需要对身体的局部进行单独控制的项目以及需要抗重力的项目随月龄的增长其改善最不明显[16]。因此,在临床工作中如果发现有高危因素的婴儿上述项目评分较同龄婴儿明显低时,应该特别警惕脑瘫。

基于上述研究,目前国际共识中均建议综合不同的标准化评估来实现脑瘫的早期识别,这样才能充分发挥各种评估方法的长处,提高识别的准确性。例如 HINE 长于神经学检查,GMs 长于异常运动模式的检测,而 TIMP 则长于运动发育水平评估,有条件的医疗机构如果能综合使用这些评估方法,则可以大大提高脑瘫的预测准确性。而且,TIMP 的作用绝不仅限于识别脑瘫,它对所有可能导致婴儿运动发育落后的疾病均具有识别作用,例如 SMA 等神经功能肌肉疾病[20-21]。因此,临床中最合理的使用方法是将 TIMP 结合其他工具使用,充分发挥 TIMP 的特长。目前在我国,上述工具中 TIMP 的可及性最高,培训要求亦相对较低,更适合在基层开展。我们的研究从 TIMP 中总结出一些对脑瘫提示意义较大的项目,让临床医生提高警惕,如发现患儿有异常运动表现,结合其高危临床病史及查体情况及时进行转诊,并为患儿的早期干预提供指导,具有很强的临床应用现实意义。

3.3 研究局限与展望

本研究存在局限:由于脑瘫发病率低,新生儿出生率下降等原因,本研究无法在短期内收集到大量的脑瘫患儿信息。加之因脑瘫通常在 1 岁后才能被确诊,大多脑瘫患儿是在 4 月龄以后才因运动落后而就诊,因此 4 月龄前的规律随访资料很难收集齐全,同时符合脑瘫诊断并且 4 月龄前有 TIMP 评估结果的患儿数量更少。本研究中的 17 例患儿中约半数系 2 月龄后自外院转诊至本院的脑损伤高危儿,缺乏 2 月龄前的 TIMP 评估结果,所以在本研究中仅采集了 2~4 月龄之间的一次 TIMP 数据,无法动态观察 TIMP 评估结果随月龄的变化情况,好在有研究表明 2 月前的 TIMP 结果预测价值较低,而 2 月龄后预测价值随月龄增加[22],因此本研究仍具有较强的临床参考意义。后续还需要进一步扩大样本量,或通过多中心合作,采用前瞻性队列研究的设计方案,收集更多脑损伤高危儿在不同月龄时的 TIMP 表现并进行分析,以期了解脑瘫患儿在不同月龄运动表现的特点和动态变化,为临床提供更有价值的参考。

参考文献:

[1] 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, 中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第一章: 概论[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(12): 887-892. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20220505-00500.
Chinese Association of Rehabilitation Medicine Pediatric Rehabilitation Committee, Chinese Association of Rehabilitation of Disabled Persons Rehabilitation Committee for Cerebral Palsy, Chinese Medical Doctor Association Pediatric Rehabilitation Committee, *et al*. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2022) part 1: overview[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022, 37(12): 887-892. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20220505-00500.

[2] 杨丹彤, 李晓捷, 李庆红, 等. 儿童脑性瘫痪的流行病学特征及早期防治进展[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(10): 1406-1411. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2022.10.021.
YANG D T, LI X J, LI Q H, *et al*. Epidemiological characteristics and early prevention and treatment progress of cerebral palsy in children[J]. Chin J Rehabil Med, 2022, 37(10): 1406-1411. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2022.10.021.

[3] 李晓捷, 姜志梅, 庞伟, 等. 临床诊断脑性瘫痪儿童的遗传学分析[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(1): 32-37. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2021.01.006.
LI X J, JIANG Z M, PANG W, *et al*. Genetics analysis of clinical diagnosis of cerebral palsy in children[J]. Chin J Rehabil Med, 2021, 36(1): 32-37. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2021.01.006.

[4] 中国优生优育协会婴幼儿发育专业委员会. 高危新生儿行为神经发育早期干预专家共识[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(3): 233-236. DOI: 10.11852/zgetbjzz2021-0625.
Professional Committee of Infant and Child Development of CAIBOCD. Expert consensus on early intervention of behavioral neurodevelopment in high-risk newborns[J]. Chin J Child Health Care, 2022, 30(3): 233-236. DOI: 10.11852/zgetbjzz2021-0625.

[5] 杨莎, 翟暄, 梁平, 等. 131例婴幼儿期自发性颅内出血临床分析[J]. 第三军医大学学报, 2020, 42(15): 1495-1500. DOI: 10.16016/j.1000-5404.202003197.
YANG S, ZHAI X, LIANG P, *et al*. Spontaneous intracranial hemorrhage in infants: a clinical analysis of 131 cases[J]. Journal of Third Military Medical University, 2020, 42(15): 1495-1500. DOI: 10.16016/j.1000-5404.202003197.

[6] HADDERS-ALGRA M, BOXUM A G, HIELKEMA T, *et al*. Effect of early intervention in infants at very high risk of cerebral palsy: a systematic review[J]. Dev Med Child Neurol, 2017, 59(3): 246-258. DOI: 10.1111/dmcn.13331.

[7] KING A R, MACHIPISA C, FINLAYSON F, *et al*. Early detection of cerebral palsy in high-risk infants: translation of evidence into practice in an Australian hospital[J]. J Paediatr Child Health, 2021, 57(2): 246-250. DOI: 10.1111/jpc.15191.

[8] JOHNSTON M V. Injury and plasticity in the developing brain[J]. Exp Neurol, 2003, 184(Suppl 1): S37-S41. DOI: 10.1016/s0014-4886(03)00355-8.

[9] 谢利林, 王荣, 吴秀芳, 等. 早期干预对脑瘫高危儿运动发育预后的影响[J]. 中国儿童保健杂志, 2014, 22(4): 426-429. DOI: 10.11852/zgetbjzz2014-22-04-28.
XIE L L, WANG R, WU X F, *et al*. Influence of early intervention on motor development prognosis of infants at high risk of cerebral palsy[J]. Chin J Child Health Care, 2014, 22(4): 426-429. DOI: 10.11852/zgetbjzz2014-22-04-28.

[10] NOVAK I, MORGAN C, ADDE L, *et al*. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment[J]. JAMA Pediatr, 2017, 171(9): 897-907. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.1689.

[11] CAMPBELL S K, HEDEKER D. Validity of the Test of Infant Motor Performance for discriminating among infants with varying risk for poor motor outcome[J]. J Pediatr, 2001, 139(4): 546-551. DOI: 10.1067/mpd.2001.117581.

[12] BARBOSA V M, CAMPBELL S K, SHEFTEL D, *et al*. Longitudinal performance of infants with cerebral palsy on the Test of Infant Motor Performance and on the Alberta Infant Motor Scale[J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2003, 23(3): 7-29.

[13] 屈福祥, 胡斌, 王成举, 等. 中美婴儿运动表现测试常模差异分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(2): 148-152. DOI: 10.11852/zgetbjzz2020-1909.
QU F X, HU B, WANG C J, *et al*. Differences of the Test of Infant Motor Performance between Chinese and American norms[J]. Chin J Child Health Care, 2022, 30(2): 148-152. DOI: 10.11852/zgetbjzz2020-1909.

[14] 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): 第一部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(7): 747-754. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2015.07.028.
Chinese Association of Rehabilitation Medicine Pediatric Rehabilitation Committee, Chinese Association of Rehabilitation of Disabled Persons Rehabilitation Committee for Cerebral Palsy, Chinese Rehabilitation Guidelines for Cerebral Palsy Editorial Board. Chinese rehabilitation guidelines for cerebral palsy (2015) part I[J]. Chin J Rehabil Med, 2015, 30(7): 747-754. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2015.07.028.

[15] CAMPBELL S K, LIAO P J M, GIROLAMI G L, *et al*. MM: 2 The test of infant motor performance: a self-instructional CD program (V.4)[J]. Develop Med Child Neuro, 2008, 50(s4): 81. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03075_2.x.

[16] BARBOSA V M, CAMPBELL S K, BERBAUM M. Discriminating infants from different developmental outcome groups using the Test of Infant Motor Performance (TIMP) item responses[J]. Pediatr Phys Ther, 2007, 19(1): 28-39. DOI: 10.1097/PEP.0b013e31802f65f9.

[17] BARBOSA V M, CAMPBELL S K, SMITH E, *et al*. Comparison of test of infant motor performance (TIMP) item responses among children with cerebral palsy, developmental delay, and typical development[J]. Am J Occup Ther, 2005, 59(4): 446-456. DOI: 10.5014/ajot.59.4.446.

[18] DOS SANTOS CHIQUETTI E M, VALENTINI N C. Test of infant motor performance for infants in Brazil: unidimensional model, item difficulty, and motor function[J]. Pediatr Phys Ther, 2020, 32(4): 390-397. DOI: 10.1097/PEP.0000000000000745.

[19] SAMSOM J F, SIE L T L, DE GROOT L. Muscle power development in preterm infants with periventricular flaring or leukomalacia in relation to outcome at 18 months[J]. Dev Med Child Neurol, 2002, 44(11): 735-740. DOI: 10.1017/s0012162201002857.

[20] KROSSCHELL K J, MACZULSKI J A, SCOTT C, *et al*. Reliability and validity of the TIMPSI for infants with spinal muscular atrophy type I[J]. Pediatr Phys Ther, 2013, 25(2): 140-148; discussion149. DOI: 10.1097/PEP.0b013e31828a205f.

[21] FINKEL R S, HYNAN L S, GLANZMAN A M, *et al*. The test of infant motor performance: reliability in spinal muscular atrophy type I[J]. Pediatr Phys Ther, 2008, 20(3): 242-246. DOI: 10.1097/PEP.0b013e318181ae96.

[22] DAMMANN O, NAPLES M, BEDNAREK F, *et al*. SNAP-II and SNAPPE-II and the risk of structural and functional brain disorders in extremely low gestational age newborns: the ELGAN study[J]. Neonatology, 2010, 97(2): 71-82. DOI: 10.1159/000232588.

(**收稿**:2023-09-20;**修回**:2023-10-30)

(编辑 栾 嘉)