

全身运动质量评估:超早期预测早产儿神经发育结局的可靠工具

李宁 综述 贾飞勇 杜琳 审校

(吉林大学第一医院二部儿科神经康复组,吉林 长春 130031)

[摘要] 脑瘫可导致脑发育中的婴儿出现运动功能及姿势的显著异常,早产是造成脑瘫最常见的高危因素,早期识别可能存在的神经发育损伤,以便在严重伤残发生之前进行早期干预显得十分重要。全身运动质量评估在超早期可有效地预测婴儿严重的神经发育缺陷,该方法采用视觉 Gestalt 知觉对处于早产阶段、足月阶段以及足月后5个月内婴儿的全身运动质量进行评估,其中“不安运动”对神经发育结局尤为重要。

[中国当代儿科杂志,2013,15(4):317-320]

[关键词] 全身运动;脑性瘫痪;早产儿

The assessment of general movements: a reliable tool for predicting the neurodevelopment of preterm infants in an very early phase

Li Ning, Jia Fei-Yong, Du Lin. Division of Pediatric Neurorehabilitation, Department of Pediatrics, Second Part of First Hospital of Jilin university, Changchun 130031, China (Jia F-Y, Email: feiyong_jia@yahoo.cn)

Abstract: Objective Cerebral palsy (CP) is a permanent disorder in the development of movement and posture in the developing infant brain and is one of the major disabilities that result from extremely preterm birth. Early identification of possible neurodevelopmental injury offers the opportunity to deliver intervention at a very early age and thus prevent severe disability. The assessment of general movements (GMs), has emerged as a reliable and valid predictor of severe neurologic deficits in infants. This method is based on a visual Gestalt perception of the quality of GMs in the preterm and term periods, and postterm up to 5 months. The quality of “fidgety movements” is the most valuable marker for predicting neurologic outcomes.

[Chin J Contemp Pediatr, 2013, 15(4):317-320]

Key words: General movement; Cerebral palsy; Preterm infant

近年来随着围产期救治技术的进展,超低出生体重早产儿的存活率明显提高。早产儿各器官形态和生理功能均未成熟,免疫力低,容易形成感染、颅内出血、缺氧缺血性脑病、高胆红素血症及脑病等并发症,可引起非进行性脑损伤,是目前引起脑性瘫痪的最常见原因之一^[1]。

早产儿脑组织发育尚未成熟,大脑皮质薄,神经髓鞘未完全形成,具有较强的可塑性,所以脑损伤所致运动发育处于初级阶段,姿势和肌张力异常尚未固定化,早期康复治疗可提供良性刺激,使大脑潜能得到充分开发,损伤的大脑不断成熟和分化,功能得到有效的代偿,促进其行为发育^[2]。因此早期识别可能存在的神经发育损伤,以便在严重的伤残发生之前进行干预显得十分重要。

目前已有多种方法用于随访中评估早期婴儿的

脑功能,如不需要设备的临床检查(各种形式的神经学评估)、技术性评估(超声、MRI和CT等影像技术)和神经生理学评估(EEG、视觉或体觉诱发电位)等,但上述评估技术对预测发育结局的敏感度、特异度和准确性差异很大,预测效度的异质性,提示有必要开展更适时和更准确的方法对小婴儿的神经发育结局进行早期预测^[3]。

在过去的几十年里,发育神经学研究领域,提出了个体发生适应的概念,即个体发育过程中,神经组织功能必须满足机体本身及其周围环境所需,生物体在不同发育阶段应与其内部和外部环境的需要相适应。由于发育中的神经系统具有年龄特异性差异,需要一种与年龄相适应的诊断标准。奥地利发育神经学家 Prechtl 教授于1990年首先提出在人类发育早期存在一种自发性的全身运动(general movements,

GMs),是指身体所有部分都参与的运动,其典型的特征是运动的复杂性、多变性和流畅性,在运动强度、力量和速度方面具有高低起伏的变化,运动的开始和结束都具有渐进性^[4]。GMs 质量评估是在充分考虑了个体发生适应概念和年龄特异性的基础上产生的神经运动预测工具,其突破之处在于能够在早期对脑性瘫痪等严重神经学发育障碍作出可靠的预测,为患儿争取宝贵的康复治疗时机^[5]。

1 GMs 产生的神经学基础及发育历程

1.1 GMs 产生的神经学基础

近年来由于胎儿超声的应用,人们发现胎儿最早的运动为颈部侧弯运动,出现于孕母停经后(postmenstrual age, PMA)7⁺2周;发生于脊髓反射弧完成(PMA 8周)之前,提示第1次运动的发生是自发性的^[6-7]。由此推测第1次运动的发生系由存在于脊髓和脑干中的“中枢模式发生器”网络产生的,而非受反射弧机制控制。“中枢模式发生器”位于脊髓或脑干,其活动受控于脊髓以上的区域,通过下行的运动神经元通路进行调节。至 PMA 9~10周时典型的 GMs 已出现^[8]。另外,GMs 存在于胎儿早期至校正年龄4~5月龄,与胎儿脑的暂时性结构—皮质板下层的出现与消失的时间相吻合,提示 GMs 的复杂性和变异性可能是由皮质板下层结构变化所引起。皮质板下层是脑最早发育成熟的皮质结构,存在于脑室周围白质和发育中的皮质板之间^[9]。全身运动是60周内小婴儿的主要运动形式,对以后的行为发育具有非常重要的意义。

1.2 GMs 的发育历程

正常的 GMs 发育历程有明显的年龄特异性,存在两个时间转折点,即 PMA 36~38周和纠正胎龄足月后6~8周,将 GMs 分为足月前 GMs、扭动运动阶段和不安运动阶段^[7]。GMs 的两次转折与 PMA 相关,而与出生后日龄无关,提示 GMs 的发育变化以内源性的成熟过程为主。

1.2.1 足月前 GMs 从妊娠28周至36~38周为足月前 GMs,其特征为明显的变异性 and 复杂性,有较多的躯干运动,沿四肢长轴的旋转使整个 GMs 流畅。早产儿阶段的 GMs 可出现大幅度运动,多见于双下肢,速度通常偏快,偶尔可出现肢体的抖动。

1.2.2 扭动运动 PMA 36~38周发生 GMs 的第1次转折,由变异较大的“足月前 GMs”转变为速度较慢但强有力的“扭动运动”,躯干的参与不及以前明显^[7]。

1.2.3 不安运动 足月后6~8周发生 GMs 的第2次转折,“扭动运动”被“不安运动”所取代。“不安运动”是指连续不断的细小、优美的运动不规则地流动于身体所有的部位。“不安运动”是3~5月龄婴儿的主要运动形式,之后逐渐被有意识的、抗重力的运动所替代,例如吃手、对掌、主动翻身或主动够物等^[10]。不安运动出现的频度随年龄而改变,根据不安运动出现的频度,可分为偶发性不安运动、间断不安运动及连续性不安运动,一般在足月后9~15周龄不安运动应是连续出现并遍布全身的,且易于识别,可间以短时间的暂停^[7]。Dibiasi 等^[11-12]发现声音刺激、肢体负重及家长的互动并不能干扰小婴儿正常不安运动的出现,也不会改变不安运动的质量。

2 异常 GMs

存在脑损伤的小婴儿在 GMs 发生的数量上与正常小婴儿无显著差别,但在质量上有显著不同。当胎儿、小婴儿出现脑损伤或脑功能障碍时,GMs 将失去复杂性和多变性,即运动的空间和时间变异性下降甚至消失,取而代之刻板僵硬的运动。Ferrari 等^[13]将小婴儿 GMs 质量评估结果与其头部 MRI 进行对比,发现基底节及丘脑等大脑中央灰质损伤会导致痉挛—同步型 GMs 的产生;Spittle 等^[14]却发现异常质量 GMs 与大脑白质受损具有相关性。更有研究指出,小脑直径的减小与出现在不安运动阶段的异常质量 GMs 相关^[15]。

按照小婴儿全身运动的复杂性、顺序性和流畅性可将 GMs 分为正常—最佳、正常—次佳、轻度异常及显著异常4个等级^[7]。事实上并不是所有神经学发育正常的婴儿都拥有正常—最佳 GMs,仅有10%~20%婴儿拥有流畅的全身运动,绝大多数婴儿的全身运动则表现为正常—次佳的全身运动,即有足够的变异性 and 复杂性,但是不够流畅。轻度异常 GMs 是指运动的变异性 and 复杂性不够,也不流畅,如单调性 GMs (poor repertoire GMs)。显著异常 GMs 实质上就是运动缺乏复杂性、变异性 and 流畅性,如混乱性 GMs (chaotic GMs)、痉挛—同步性 GMs (cramped-synchronised GMs, CS-GMs) 和不安运动缺乏 (absence of fidgety movements)。

2.1 发生于足月前 GMs 及扭动运动阶段的异常 GMs 类型

2.1.1 单调性 GMs 小婴儿单调性 GMs 的出现往往与小孕龄、低出生体重及低 Apgar 评分等相关^[16-18],表现为身体各部分运动顺序单调或运动传

导的阻滞。继续随访至不安运动阶段可发现相当一部分婴儿表现为正常不安运动,所以在 GMs 的临床应用中,孤立的单调性 GMs 对于预测小婴儿的神经发育结局是不可靠的,有必要随访到不安运动阶段^[19-20]。

2.1.2 痉挛-同步性 GMs 表现为运动僵硬,失去正常的流畅性,所有肢体和躯干肌肉几乎同时收缩和放松^[21]。如果该异常模式在数周内连续存在,至不安运动阶段常表现为不安运动缺乏,对于发展为痉挛型脑瘫的发育结局具有较高预测价值,且该模式出现的越早,持续的时间越长,脑瘫的严重程度分级就越严重^[22]。

值得注意的是,单调性 GMs 及痉挛-同步性 GMs 与某些类型的癫痫发作相似,但绝无癫痫的刻板性及发作性,一些在癫痫发作时的异常眼动、植物神经现象等一般不会出现在上述类型的 GMs 中。

2.1.3 混乱性 GMs 表现为运动的突然爆发,顺序混乱、不连贯。混乱性 GMs 在临床上较少见,常被认为是痉挛-同步性 GMs 的过渡形式^[21]。

2.2 发生于不安运动阶段的异常 GMs 类型

2.2.1 异常性不安运动 看起来与正常不安运动相似,但在动作幅度、速度以及不平稳性方面中度或明显夸大^[21]。异常性不安运动与精细操作功能障碍具有相关性,提示不安运动对于本体感觉系统的发育起到重要作用^[23]。

2.2.2 不安运动缺乏 如果在足月后 6~20 周龄一直未观察到不安运动,称之为不安运动缺乏,但常可观察到肢体的粗大运动^[21]。随着周龄的增加,GMs 质量评估的预测价值升高,不安运动被证实预测价值最高,不安运动阶段 GMs 明显异常提示发展为脑瘫的风险很高^[24-28]。同时也应注意其他发育缺陷性疾病,及早进行细胞遗传学检查,有助于做出早期诊断^[29]。值得注意的是,部分不安运动缺乏的婴儿的神经发育结局为正常,分析录像时可以发现,这部分婴儿在运动时动作流畅,表情自然^[30]。

3 GMs 质量评估对高危儿神经发育结局的早期预测

GMs 质量评估是探究早产儿、足月儿和 5 个月内小婴儿神经发育功能的实用性工具,其在早期预测脑瘫方面的价值已得到广泛肯定,连贯一致的痉挛-同步性 GMs 和不安运动缺乏常发展为痉挛型脑瘫,若观察到“环形手臂运动”和手指伸展,常提

示合并不随意运动。不同 GMs 阶段连续存在的两侧肢体不对称运动提示患儿存在先天性偏瘫可能性大^[31]。Bruggink 等^[32]对 82 名纠正年龄 6~24 周的早产儿进行 GMs 质量评估,发现 64% 的 GMs 质量异常患儿在学龄期发展为轻微神经功能缺陷(minor neurologic dysfunction, MND)。早期发育正常是典型 Rett 综合征的一项重要特征,但 Einspieler 等^[33]通过回顾性分析 22 名确诊为 Rett 综合征患儿的家庭录像发现,患儿在出生后一个月内全身运动即表现为异常,例如:舌头伸出口外、姿势僵硬、眼睛闭合运动的不对称、异常的手指运动、头部的刻板动作、突然出现的异常的面部表情、怪异的微笑、震颤及刻板的躯体运动。同样,Phagava 等^[34]通过回顾性分析家庭录像,发现孤独症患儿在早期即表现为自发运动的异常,该研究中 70% 孤独症确诊患儿在扭动运动阶段表现为单调性 GMs,对照组仅为 12.5%;在不安运动阶段,孤独症患儿中 20.8% 表现为不安运动缺乏,29.2% 表现为异常性不安运动,而对照组中 88.9% 表现为正常,仅有 11.1% 表现为不安运动缺乏。孤独症患儿与对照组相比,在扭动运动阶段更易表现为单调性 GMs,且在不安运动阶段更易表现为异常性不安运动或不安运动缺乏。以上研究提示,GMs 质量评估作为一种有效的神经发育结局评估工具,其应用价值正不断被发现。

4 GMs 质量评估的信度、效度

GMs 质量评估采用视觉 Gestalt 知觉进行运动模式的识别,具有主观性,所以评估者之间足够高的一致性对于肯定该方法的预测价值至关重要。Adde 等^[35]对 30 例具有高危因素的患儿进行 GMs 质量评估,发现 GMs 质量评估的敏感性为 85%,特异性为 71%。有学者对用于纵向评估小婴儿神经行为及神经运动的评价工具进行系统分析发现 GMs 对于预测脑瘫的预测效度最高,敏感度可达 100%,评估者间信度 kappa 值可达 0.8^[36-37]。在 Mutlu 等^[38]的研究中,通过不同评估者对 39 个早产儿的 85 个录像进行 GMs 评估,得出评估者间一致性 kappa 值为 0.85~0.94,评估者个人前后一致性在早产阶段 kappa 值为 0.95,扭动运动阶段 kappa 值为 0.96,不安运动阶段 kappa 值为 0.92。总之,GMs 质量评估是一项可靠的预测小婴儿神经发育结局的工具,可在高危儿出生 3~4 月龄内作出准确有效的预测,尤其对于脑瘫的预测价值相当高。

5 GMs 的记录及评估方法

5.1 GMs 的标准化记录

标准化的录像程序有助于提高 GMs 质量评估的可靠性。标准化影像资料的录制模式:(1)设备:录像机、电脑。(2)环境:安静、安全、温度适宜,避免在评价室内粘贴色彩鲜艳的贴画,以免患儿注意力被贴画吸引而影响其运动模式。(3)患儿:患儿录像时处于仰卧位,卧于治疗垫上,建议减少患儿着装,充分暴露四肢。患儿应处于最佳行为状态,一般在患儿进食后 30~60 min,避免在其烦躁、持续呃逆及哭闹的状态下进行录像记录。(4)GMs 记录:小婴儿在出生 3d 以后即可摄录 GMs,水平位及横卧位各记录 5 min,早产阶段的小婴儿在记录 GMs 时应放于暖箱中,通常需要 30~60 min 的摄录,以保证采集到足够多的 GMs。由于后期进行录像评估时要求关闭声音信号,所以在 GMs 记录过程中应清晰记录患儿脸部,以便评估者确认患儿的僵直运动是否源于哭闹。(5)随访:告知家长下次预约评估的时间,多次评估获得患儿的 GMs 个体发育轨迹,提高 GMs 质量评估预测神经发育结局的可靠性。

5.2 GMs 质量评估

由于许多发育迟滞的小婴儿会出现一过性异常 GMs,所以一般不建议对单次 GMs 记录进行评估,评估者可以通过多次系列的纵向录像获得小婴儿的 GMs 个体发育轨迹并对此进行评估。理想的个体发育轨迹应包括:早产阶段记录 2~3 次;扭动运动阶段记录 1~2 次;足月后第 9~15 周龄至少记录 1 次(若发现不安运动缺乏,应再次记录)^[39]。若个体在 GMs 发育轨迹中出现异常质量 GMs,异常模式出现的越早,持续的时间越长,个体的神经发育障碍越严重。同时,出现异常 GMs 模式的患儿给予早期干预后可使其个体发育轨迹发生转归。

分析 GMs 时,采用视觉 Gestalt 知觉,即要求评估者着眼于整体,避免过分关注细节,首先区分出正常 GMs 与异常 GMs,其次进一步辨别异常 GMs 属于何种亚类。评估者在进行 GMs 质量评估时要求关闭声音信号,同时,在录像过程中应避免画面中出现其他人及杂乱的背景,以免损害 Gestalt 知觉。评估者在劳累的情况下应避免进行 GMs 质量评估,若遇到难以判断的 GMs,应使用标准的正常 GMs 记录校准 Gestalt 知觉。

6 GMs 质量评估的应用前景

国外许多研究已经表明 GMs 质量评估,作为一种针对新生儿和小婴儿的新型神经运动评估工具,能敏感地提示特定的神经损伤,对脑性瘫痪等神经学发育障碍作出早期可靠地预测,可将脑瘫的诊断提前至小婴儿矫正年龄 2~4 个月,这比传统的神经学评估方法提早了很多时间,并且是一种非干扰性、非侵入性的简便易行的方法,经济投入少,具有较高的成本-效益比。其突出的优势是可以早期发现轻微脑瘫,并及时采取干预措施,使轻微脑瘫正常化,使重症脑瘫轻微化,改善患儿预后。此外,GMs 质量评估易于专业人员学习掌握,Valentin 等^[40]的研究发现,在经过 4~5 d 标准培训后的考核中,学员们将 92% 的案例正确的划分为正常或异常,其中能准确分型的案例为 83%。

值得注意的是,GMs 质量评估是一项有效的神经学评估工具,但不要将 GMs 质量评估孤立出来,临床上单用 GMs 质量评估连续观察是不够的,联合影像学(MRI)及神经学检查可提高预测结局的准确性^[41-42]。

[参 考 文 献]

- [1] O'Callaghan ME, MacLennan AH, Gibson CS, McMichael GL, Haan EA, Broadbent JL, et al. Epidemiologic associations with cerebral palsy[J]. *Obstet Gynecol*, 2011, 118(3): 576-582.
- [2] Kostovic I, Judas M. Prolonged coexistence of transient and permanent circuitry elements in the developing cerebral cortex of fetuses and preterm infants[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2006, 48(5): 388-393.
- [3] Stahlmann N, Härtel C, Knopp A, Gehring B, Kiecksee H, Thyen U. Predictive value of neurodevelopmental assessment versus evaluation of general movements for motor outcome in preterm infants with birth weights <1500 g[J]. *Neuropediatrics*, 2007, 38(2): 91-99.
- [4] Einspieler C, Prechtl HF, Ferrari F, Cioni G, Bos AF. The qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants--review of the methodology[J]. *Early Hum Dev*, 1997, 24, 50(1): 47-60.
- [5] Ferrari F, Gallo C, Pugliese M, Guidotti I, Gavioli S, Coccolini E, et al. Preterm birth and developmental problems in the pre-school age. Part I: minor motor problems[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2012, Jun 19.
- [6] Hadders-Algra M. Putative neural substrate of normal and abnormal general movements[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2007, 31(8): 1181-1190.
- [7] 邵肖梅. 全身运动质量评估早期预测脑性瘫痪的循证评价[J]. *中华围产医学杂志*, 2010, 13(6): 502-504.
- [8] Lühcher AB, Hadders-Algra M, van Kan CM, de Vries JJ. Fetal onset of general movements[J]. *Pediatr Res*, 2008, 63(2): 191-195.

- [9] Kostović I, Jovanov-Milosević N. The development of cerebral connections during the first 20-45 weeks' gestation [J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2006, 11(6) : 415-422.
- [10] Cioni G, Prechtl HF. Preterm and early postterm motor behaviour in low-risk premature infants [J]. *Early Hum Dev*, 1990, 23(3) : 159-191.
- [11] Dibiasi J, Einspieler C. Load perturbation does not influence spontaneous movements in 3-month-old infants [J]. *Early Hum Dev*, 2004, 77(1-2) : 37-46.
- [12] Dibiasi J, Einspieler C. Can spontaneous movements be modulated by visual and acoustic stimulation in 3-month-old infants? [J] *Early Hum Dev*, 2002, 68(1) : 27-37.
- [13] Ferrari F, Todeschini A, Guidotti I, Martinez-Biarge M, Roversi MF, Berardi A, et al. General movements in full-term infants with perinatal asphyxia are related to Basal Ganglia and thalamic lesions [J]. *J Pediatr*, 2011, 158(6) : 904-911.
- [14] Spittle AJ, Brown NC, Doyle LW, Boyd RN, Hunt RW, Bear M, et al. Quality of general movements is related to white matter pathology in very preterm infants [J]. *Pediatrics*, 2008, 121(5) : e1184-e1189.
- [15] Spittle AJ, Doyle LW, Anderson PJ, Inder TE, Lee KJ, Boyd RN, et al. Reduced cerebellar diameter in very preterm infants with abnormal general movements [J]. *Early Hum Dev*, 2010, 86(1) : 1-5.
- [16] Beccaria E, Martino M, Briatore E, Podestà B, Pomero G, Miccilo R, et al. Poor repertoire General Movements predict some aspects of development outcome at 2 years in very preterm infants [J]. *Early Hum Dev*, 2012, 88(6) : 393-396.
- [17] Zahed-Cheikh M, Brévaut-Malaty V, Busuttill M, Monnier AS, Roussel M, Gire C. Comparative analysis of perinatal and postnatal factors, and general movement in extremely preterm infants [J]. *Brain Dev*, 2011, 33(8) : 656-665.
- [18] de Vries NK, Bos AF. The quality of general movements in the first ten days of life in preterm infants [J]. *Early Hum Dev*, 2010, 86(4) : 225-229.
- [19] Manacero SA, Marschik PB, Nunes ML, Einspieler C. Is it possible to predict the infant's neurodevelopmental outcome at 14 months of age by means of a single preterm assessment of General Movements? [J]. *Early Hum Dev*, 2012, 88(1) : 39-43.
- [20] De Vries N, Bos A. The motor repertoire of extremely low-birth-weight infants at term in relation to their neurological outcome [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2011, 53(10) : 933-937.
- [21] Prechtl HF. General movement assessment as a method of developmental neurology: new paradigms and their consequences. The 1999 Ronnie MacKeith lecture [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2001, 43(12) : 836-842.
- [22] Yang H, Einspieler C, Shi W, Marschik PB, Wang Y, Cao Y, et al. Cerebral palsy in children: Movements and postures during early infancy, dependent on preterm vs. full term birth [J]. *Early Hum Dev*, 2012, 88(10) : 837-843.
- [23] Einspieler C, Marschik PB, Milioti S, Nakajima Y, Bos AF, Prechtl HF. Are abnormal fidgety movements an early marker for complex minor neurological dysfunction at puberty? [J]. *Early Hum Dev*, 2007, 83(8) : 521-525.
- [24] Burger M, Louw QA. The predictive validity of general movements—a systematic review [J]. *Eur J Paediatr Neurol*, 2009, 13(5) : 408-420.
- [25] Sustersic B, Sustar K, Paro-Panjan D. General movements of preterm infants in relation to their motor competence between 5 and 6 years [J/OL]. *Eur J Paediatr Neurol*, 2012, 16(6) : 724-729.
- [26] Darsaklis V, Snider LM, Majnemer A, Mazer B. Predictive validity of Prechtl's Method on the Qualitative Assessment of General Movements: a systematic review of the evidence [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2011, 53(10) : 896-906.
- [27] Burger M, Frieg A, Louw QA. General movements as a predictive tool of the neurological outcome in very low and extremely low birth weight infants—a South African perspective [J]. *Early Hum Dev*, 2011, 87(4) : 303-308.
- [28] Hamer EG, Bos AF, Hadders-Algra M. Assessment of specific characteristics of abnormal general movements: does it enhance the prediction of cerebral palsy? [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2011, 53(8) : 751-756.
- [29] Einspieler C, Hirota H, Yuge M, Dejima S, Marschik PB. Early behavioural manifestation of Smith-Magenis syndrome (del 17p11.2) in a 4-month-old boy [J/OL]. *Dev Neurorehabil*, 2012, 15(4) : 313-316.
- [30] Yuge M, Marschik PB, Nakajima Y, Yamori Y, Kanda T, Hirota H, et al. Movements and postures of infants aged 3 to 5 months: to what extent is their optimality related to perinatal events and to the neurological outcome? [J]. *Early Hum Dev*, 2011, 87(3) : 231-237.
- [31] Guzzetta A, Pizzardi A, Belmonti V, Boldrini A, Carotenuto M, D'Acunto G, et al. Hand movements at 3 months predict later hemiplegia in term infants with neonatal cerebral infarction [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2010, 52(8) : 767-772.
- [32] Bruggink JL, Einspieler C, Butcher PR, Van Braeckel KN, Prechtl HF, Bos AF. The Quality of the Early Motor Repertoire in Preterm Infants Predicts Minor Neurologic Dysfunction at School Age [J]. *J Pediatr*, 2008, 153(1) : 32-39.
- [33] Einspieler C, Kerr AM, Prechtl HF. Is the early development of girls with Rett disorder really normal? [J]. *Pediatr Res*, 2005, 57(5 Pt 1) : 696-700.
- [34] Phagava H, Muratori F, Einspieler C, Maestro S, Apicella F, Guzzetta A, et al. General movements in infants with autism spectrum disorders [J]. *Georgian Med News*, 2008, (156) : 100-105.
- [35] Adde L, Helbostad JL, Jensenius AR, Taraldsen G, Grunewaldt KH, Støen R. Early prediction of cerebral palsy by computer-based video analysis of general movements: a feasibility study [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2010, 52(8) : 773-778.
- [36] Noble Y, Boyd R. Neonatal assessments for the preterm infant up to 4 months corrected age: a systematic review [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2012, 54(2) : 129-139.
- [37] Spittle AJ, Doyle LW, Boyd RN. A systematic review of the clinical properties of neuromotor assessments for preterm infants during the first year of life [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2008, 50(4) : 254-266.
- [38] Mutlu A, Einspieler C, Marschik PB, Livanelioglu A. Intra-individual consistency in the quality of neonatal general movements [J]. *Neonatology*, 2008, 213-216.
- [39] 杨红. 全身运动质量评估 [J]. *中国循证儿科杂志*, 2007, 2(2) : 138-143.
- [40] Valentin T, Uhl K, Einspieler C. The effectiveness of training in Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements [J]. *Early Hum Dev*, 2005, 81(7) : 623-627.
- [41] Spittle AJ, Boyd RN, Inder TE, Doyle LW. Predicting motor development in very preterm infants at 12 months' corrected age: the role of qualitative magnetic resonance imaging and general movements assessments [J]. *Pediatrics*, 2009, 123(2) : 512-517.
- [42] Mutlu A, Livanelioglu A, Korkmaz A. Assessment of "general movements" in high-risk infants by Prechtl analysis during early intervention period in the first year of life [J]. *Turk J Pediatr*, 2010, 52(6) : 630-637.