

## 高危儿神经发育障碍预防性早期干预研究进展

农绍汉<sup>1</sup> 余卫红<sup>3</sup> 李翠红<sup>3</sup> 综述 周晓光<sup>2</sup> 审校

(1. 广东省人民医院/广东省医学科学院新生儿科, 广东广州 510080; 2. 中山大学附属第八医院新生儿科, 广东深圳 518033; 3. 云南省文山壮族苗族自治州人民医院新生儿科, 云南文山 663000)

**[摘要]** 儿童神经发育障碍已成为影响全球儿童健康的重大公共卫生问题。国内目前对高危儿一般采用“早期诊断、早期治疗”的干预模式。近年来, 国外开始探讨高危儿神经发育障碍的预防性早期干预新技术, 并取得较好效果。该文对高危儿神经发育障碍预防性早期干预的开始时机、方法和干预模式等进行综述, 以期提高临床医生对高危儿神经发育障碍预防性早期干预技术的认识水平, 促进此干预技术在我国的研究与应用, 降低高危儿神经发育障碍的发生率。 [中国当代儿科杂志, 2024, 26 (3): 297-301]

**[关键词]** 神经发育障碍; 预防性干预; 高危儿

### Preventive early intervention strategies for neurodevelopmental disorders of high-risk infants

NONG Shao-Han, YU Wei-Hong, LI Cui-Hong, ZHOU Xiao-Guang. Department of Neonatal Medicine, The Eighth Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Shenzhen, Guangdong 518033, China (Zhou X-G, Email: gzzhouxg@163.com)

**Abstract:** Neurodevelopmental disorders in children have become a significant global public health concern, impacting child health worldwide. In China, the current intervention model for high-risk infants involves early diagnosis and early treatment. However, in recent years, overseas studies have explored novel preventive early intervention strategies for neurodevelopmental disorders in high-risk infants, achieving promising results. This article provides a comprehensive review of the optimal timing, methods, and intervention models of the preventive early intervention strategies for neurodevelopmental disorders in high-risk infants. The aim is to enhance the awareness and knowledge of healthcare professionals regarding preventive early intervention strategies for neurodevelopmental disorders in high-risk infants, facilitate clinical research and application of such interventions in China, and ultimately reduce the incidence of neurodevelopmental disorders in this high-risk population.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2024, 26(3): 297-301]

**Key words:** Neurodevelopmental disorder; Preventive intervention; High-risk infant

随着新生儿救治技术的进步和儿童神经发育障碍 (neurodevelopmental disorder, NDD) 诊断水平的提高, 早产儿和先天性心脏病等高危儿成活率升高, 脑性瘫痪等严重神经系统并发症减少, 但高危儿 NDD 却逐年增加<sup>[1-2]</sup>; 全球约 3% 的儿童、5%~10% 的高危儿 (包括 7% 的早产儿) 发生不同程度的 NDD, 导致患儿认知、运动、社会适应能力、行为等各种问题, 已成为影响全球儿童健康

的重大公共卫生问题<sup>[1, 3-4]</sup>。这在中低收入国家尤其严重<sup>[5]</sup>, 印度甚至有高达 9% 的儿童受到影响<sup>[6]</sup>; 其中早产儿、先天性心脏病和中重度黄疸患儿尤为多见<sup>[1-2, 4, 7-8]</sup>。我国存活高危儿中 5%~10% 发生脑损伤, 可见认知、运动、视听觉功能、心理行为等方面的异常或障碍, 并可能延续至学龄期和青春期<sup>[9]</sup>。在高收入国家, 早期干预提前及预防性早期干预 (preventive early intervention

[收稿日期] 2023-10-25; [接受日期] 2024-01-16

[基金项目] 科技人才与平台计划 (院士专家工作站, 202305AF150098)。

[作者简介] 农绍汉, 男, 硕士, 主任医师。

[通信作者] 周晓光, 男, 教授, 主任医师。Email: gzzhouxg@163.com。

strategy, PEIS) 技术悄然兴起<sup>[10-11]</sup>, 其高危儿NDD和脑性瘫痪发生率明显降低<sup>[5]</sup>。而在国内, 临床医生对PEIS技术尚缺乏认识。为此, 本文就高危儿PEIS技术进行综述, 以期提高临床医生对高危儿NDD的干预水平。

## 1 高危儿危险因素

(1) 孕前母亲因素<sup>[9, 12]</sup>: 母亲年龄>40岁或<16岁; 患糖尿病、感染或慢性心肺疾病; 吸烟、吸毒、酗酒; 母亲为Rh阴性血型; 既往有死胎、死产等病史。

(2) 胎儿期因素<sup>[9]</sup>: 孕母有早期先兆流产、妊娠期高血压综合征、孕期贫血、孕期感染病史, 接触放射线、有害化学物质或药物史; 胎儿有宫内窘迫、宫内发育迟缓; 胎盘、脐带和羊水发生异常等。

(3) 分娩期因素<sup>[9]</sup>: 窒息、脐带绕颈、难产、手术产、急产、产程延长; 分娩过程中使用镇静或止痛药物。

(4) 新生儿期因素<sup>[8-10]</sup>: 多胎儿、早产儿、低出生体重儿、小于胎龄儿、过期产儿、巨大儿; 患新生儿疾病, 如先天性畸形、脑损伤、中重度黄疸、神经系统感染等; 行为评定异常等。

(5) 婴幼儿期因素<sup>[9, 11]</sup>: 颅内感染、颅内出血、反复或长期感染、出现发育异常的早期信号。

高危儿是已发生或可能发生器官功能损害的一类新生儿或婴幼儿总称<sup>[13]</sup>, 即具有以上一种或多种危险因素的新生儿或婴幼儿, 或需要入住新生儿科的新生儿。

## 2 高危儿的潜在风险

5%~10%的高危儿可发生NDD, 包括智力发育障碍、发育性言语或语言障碍、孤独症谱系障碍、发育性学习障碍、注意缺陷多动障碍、抽动障碍等<sup>[3, 6, 9]</sup>, 需要特别注意的是高危儿危险因素不同, 潜在风险也不同; 而相同的高危儿, 在不同发育时期, 也有不同的潜在风险。因此, 不同高危儿, 以及不同发育时期, 干预重点有所不同。

## 3 高危儿干预现状

在做好标准化诊疗与技术技能基础上, 强调丰富环境刺激、亲子互动以及早期反复

训练<sup>[6, 9, 14-16]</sup>。

### 3.1 高危儿家庭管理和门诊随访

一般而言, 高危儿家长依从性不高, 门诊随访完成率仅为65%<sup>[17]</sup>, 对高危儿NDD的早期诊断与早期干预造成严重影响, 因此, 为生长发育异常的高危儿提供以家庭为中心的早期干预, 可能是对医学治疗必要而有益的补充<sup>[13]</sup>, 内容包括对高危儿父母进行婴幼儿养育科普及对高危儿进行早期养育干预等。Valadez等<sup>[18]</sup>对高危儿进行早期养育干预研究, 发现家庭参与的, 尤其是母亲进行的干预, 可以增加患儿大脑顶叶、扣带回和海马区的脑电活动度, 提示社会认知能力发育更好, 后期社会心理行为障碍风险较低。Sgandurra等<sup>[19]</sup>的研究结果显示, 对脑损伤患儿生后第1年进行经专家指导和培训后的临床医生远程管理的父母家庭式干预, 能够显著降低患儿的神经发育迟缓和脑性瘫痪的发生率。而Kohli-Lynch等<sup>[20]</sup>认为个体化家庭回访与基于社区的同伴支持团体的结合式干预, 可能是早期干预的最佳策略。近年来, 国内Hei等<sup>[21]</sup>也进行了类似探讨, 认为家庭结合式护理合理、可行, 目前很多医院已初步开展高危儿家庭管理, 并已取得了一定的效果。

### 3.2 早期诊断, 早期治疗

国外多采用以下早期诊断与治疗策略<sup>[15]</sup>: (1) 利用现有预测工具对高危儿脑损伤进行预测; (2) 对相关脑损伤后诱导脑神经可塑性的临床前期和临床证据进行概述; (3) 干预记录和评估: 包括可诱导脑神经可塑性的培训式干预方法、非诱导脑神经可塑性的康复干预、互补与替代方法, 以及新生儿重症监护病房和社区的丰富环境刺激和亲子互动干预。尽管如此, 高危儿早期干预也常常是开始于症状出现前的新生儿期, 对有发育障碍的小儿, 专业干预一般始于生后3个月<sup>[20]</sup>, 失去了最有效的头1~3个月黄金干预时间。而国内多根据随访发现的早期症状或危险信号, 以及发育里程碑进行早期诊断和早期治疗, 此时多数患儿已是3~6月龄之后<sup>[9, 16]</sup>, 失去了最有效的头3~6个月黄金干预时间, 以家庭为中心的早期干预可能是国内必要而有益的补充<sup>[13]</sup>。

### 3.3 康复训练

临床上主要对大运动、精细运动和语言异常进行纠正训练, 容易忽略对认知、社会适应能力及心理行为异常的纠正与训练, 并且在患儿的生长发育过程中, 没有同时进行全面训练, 对异常

进行纠正后，又不断出现新的异常<sup>[9, 14-16]</sup>。

## 4 PEIS

### 4.1 PEIS的医学基础

新生儿出生时神经细胞数目已与成人相近，均为1 000亿左右，突触形成初具规模，具备一定的视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉能力和一定的行为反馈能力<sup>[22-26]</sup>；而相关医学的发展，包括新生儿保健学，以及多学科团队的配合等，已使PEIS技术具有很大的可操作性。

### 4.2 PEIS的必要性

新生儿出生时所形成的突触及连接稀少，但在生后1~3个月，新生儿大脑重量、表面积，以及突触形成速度达高峰<sup>[26]</sup>，并受社会交往的调节<sup>[27]</sup>。对成人脑卒中的研究表明，脑损伤后越早治疗，效果越好<sup>[28]</sup>。早产可引起富俱乐部系数组织和额叶-旁边缘系统/边缘系统的结构连接损害<sup>[29]</sup>。此外，早产儿前额叶眶回等大脑的结构与功能连接与患儿的体格发育及胎龄呈正相关<sup>[30]</sup>。多项研究显示，胎龄越小，NDD发生率越高<sup>[24-25, 31-32]</sup>。因此，对早产儿开展PEIS尤为必要。

### 4.3 PEIS的开始时机

大量的研究表明，儿童神经发育可能有5个关键时期<sup>[26-27, 30, 33-34]</sup>：(1) 妊娠3~6个月，大脑结构性发育初步完成；(2) 妊娠24~40周，脑白质各种细胞，以及丘脑、大脑皮层和基底核等关键神经元结构迅速发育<sup>[24-25]</sup>，到出生时神经细胞数目与成人相近，均为1 000亿左右；(3) 出生后0~10个月，大脑的结构与功能快速发育，神经突触飞速形成，具有极好的神经可塑性；至6月龄，大脑重量700 g，大部分神经元分化完成；至1岁，大脑重量900 g，大部分小脑神经元也分化完成；此阶段是早期干预的黄金时期，也是为儿童终身发展打基础的最佳时期；(4) 1~3岁，大脑重量逐渐超过1 100 g，为常规早教时期或常规早期干预时期；(5) 3~6岁，仍有10%~20%的大脑潜能可供开发，是大脑发育的最后一个黄金期，为常规的学前教育。

Kovacs-Balint等<sup>[27]</sup>利用恒河猴进行实验发现，在出生后2周大脑主要视觉区已有非常明显的功能连接，但高阶视觉和注意力区域的功能连接较弱，在生后3个月内，大脑功能连接迅速增加，提示这个阶段的婴儿在进行选择性重塑，并可能受社会

交往的调节。对高危儿进行早期养育干预，可增加大脑顶叶、扣带回和海马区的脑电活动度，社会认知能力发育更好，后期社会心理行为障碍风险较低<sup>[18]</sup>。而对早产儿进行PEIS，可获得较好的治疗效果，尤其是家庭社会风险较低的早产儿干预效果更好<sup>[10]</sup>。对有孤独症家族风险的婴儿，进行父母介导的预防性社会交往干预，可降低其孤独症前驱症状的严重程度，提高其3岁时的专注力和交往能力<sup>[11]</sup>。在高收入国家，高危儿早期干预开始于症状出现前的新生儿期，而对有发育障碍的儿童，专业干预一般始于3月龄<sup>[20]</sup>。1997年美国克林顿政府在“国情咨文”中明确提出“美国教育十点行动计划”，其中“从头脑启动计划”，就是从生命第一天开始的婴儿教育计划<sup>[35]</sup>。从2014年开始，世界各国陆续开展脑计划研究，而随着对大脑结构、功能和发育模式的不断深入研究<sup>[33-34]</sup>，新的婴儿教育理念与模式在逐渐形成。为此，对高危儿也应该在病因解除和病情稳定后即开始针对其高危因素进行有目的的PEIS，并根据具体情况，在不同发育时期，进行个体化和以家庭为中心的分级干预。

### 4.4 PEIS的方法

神经科学和社会科学研究表明，在人生的最初3年，利用丰富环境进行多感官刺激唤醒婴幼儿大脑潜能极为重要<sup>[15-16]</sup>。Kovacs-Balint等<sup>[27]</sup>研究发现，在出生后2周大脑主要视觉区已有非常明显的功能连接，但高阶视觉和注意力区域的功能连接较弱，提示新生儿出生后不久即可进行特别设计的视觉训练，以促进大脑的功能连接。Lordier等<sup>[36]</sup>发现，在新生儿重症监护病房中对早产儿和足月儿进行音乐刺激，可以诱导其大脑的功能连接。Kadlaskar等<sup>[37]</sup>发现，对有孤独症谱系障碍高风险的婴儿进行多模式干预（抚触+语言）比单纯抚触干预效果更佳。然而，若在围产期发育过程中存在不良精神刺激，可诱发额叶皮层突触功能与可塑性的活动依赖性基因表达，导致患儿后期的认知和情感障碍<sup>[38]</sup>，提示当患儿处于不同的精神状态时，应进行不同的训练。

干预模式不同，效果也不同。早期养育干预，可增加高危儿大脑顶叶、扣带回和海马区的脑电活动度，提高其社会认知能力，降低其后期社会心理行为障碍风险<sup>[18]</sup>。研究证明，父母和照护者的早期养育干预可有效改善高危儿NDD预后<sup>[39]</sup>；而8月龄和12月龄时运动发育较差的高危儿，到3

岁时其认知和语言功能也较差<sup>[40]</sup>。Sgandurra 等<sup>[19]</sup>发现对脑损伤患儿生后第 1 年进行经专家指导和培训后的临床医生远程管理的父母家庭式干预尤为重要；Kohli-Lynch 等<sup>[20]</sup>认为个体化家庭回访与基于社区的同伴支持团体的结合式干预效果更佳。结合我国的实际情况，我们认为医院-社区-家庭结合的线上线下一体化服务模式值得进一步探讨。

运动可能会影响生长激素水平的分泌，考虑到儿童生长激素分泌规律，有学者认为，每天进行 2 次干预训练，每次 20~30 min，不超过 40 min 最为合理<sup>[16]</sup>。

综上所述，在高危儿病因解除和病情稳定后，即应开始针对其高危因素进行有目的的 PEIS，并根据具体情况，进行个体化和以家庭为中心的分级干预，并及时进行早期诊断、早期治疗，以及与康复治疗及目标导向的强化训练。

作者贡献声明：农绍汉负责文章的撰写与修改；余卫红、李翠红参与文章的构思与设计，负责参考文献的整理；周晓光负责审校论文。

利益冲突声明：所有作者声明无利益冲突。

#### [参 考 文 献]

- [1] Pascal A, Govaert P, Oostra A, et al. Neurodevelopmental outcome in very preterm and very-low-birthweight infants born over the past decade: a meta-analytic review[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2018, 60(4): 342-355. PMID: 29350401. DOI: 10.1111/dmcn.13675.
- [2] Kim GH, Lee G, Ha S, et al. Declining incidence of cerebral palsy in South Korea[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 10496. PMID: 37380633. PMCID: PMC10307863. DOI: 10.1038/s41598-023-36236-8.
- [3] 朱红敏, 袁纯辉, 刘智胜. 儿童神经发育障碍疾病研究进展[J]. *中国当代儿科杂志*, 2023, 25(1): 91-97. PMID: 36655670. PMCID: PMC9893816. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2208171.
- [4] Perin J, Mulick A, Yeung D, et al. Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000 - 19: an updated systematic analysis with implications for the sustainable development goals[J]. *Lancet Child Adolesc Health*, 2022, 6(2): 106-115. PMID: 34800370. PMCID: PMC8786667. DOI: 10.1016/S2352-4642(21)00311-4.
- [5] McIntyre S, Goldsmith S, Webb A, et al. Global prevalence of cerebral palsy: a systematic analysis[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2022, 64(12): 1494-1506. PMID: 35952356. PMCID: PMC9804547. DOI: 10.1111/dmcn.15346.
- [6] Toldo M, Varishthananda S, Einspieler C, et al. Enhancing early detection of neurological and developmental disorders and provision of intervention in low-resource settings in Uttar Pradesh, India: study protocol of the G.A.N.E.S.H. programme[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(11): e037335. PMID: 33148727. PMCID: PMC7640505. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-037335.
- [7] Billotte M, Deken V, Joriot S, et al. Screening for neurodevelopmental disorders in children with congenital heart disease[J]. *Eur J Pediatr*, 2021, 180(4): 1157-1167. PMID: 33119792. DOI: 10.1007/s00431-020-03850-x.
- [8] Kujabi ML, Petersen JP, Pedersen MV, et al. Neonatal jaundice and autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pediatr Res*, 2021, 90(5): 934-949. PMID: 33526883. DOI: 10.1038/s41390-020-01272-x.
- [9] 中国医师协会儿科医师分会儿童保健学组. NICU 出院高危儿 0~3 岁生长发育随访管理技术的专家共识[J]. *中国儿童保健杂志*, 2021, 29(8): 809-814. DOI: 10.11852/zgetbjzz2020-2035.
- [10] Spittle AJ, Treyvaud K, Lee KJ, et al. The role of social risk in an early preventative care programme for infants born very preterm: a randomized controlled trial[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2018, 60(1): 54-62. PMID: 29058313. DOI: 10.1111/dmcn.13594.
- [11] Green J, Pickles A, Pasco G, et al. Randomised trial of a parent-mediated intervention for infants at high risk for autism: longitudinal outcomes to age 3 years[J]. *J Child Psychol Psychiatry*, 2017, 58(12): 1330-1340. PMID: 28393350. PMCID: PMC5724485. DOI: 10.1111/jcpp.12728.
- [12] Min X, Li C, Yan Y. Parental age and the risk of ADHD in offspring: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(9): 4939. PMID: 34066379. PMCID: PMC8124990. DOI: 10.3390/ijerph18094939.
- [13] 中华预防医学会儿童保健分会, 中国疾病预防控制中心妇幼保健中心, 中国妇幼保健协会高危儿童健康管理专委会. 高危儿规范化健康管理专家共识[J]. *中国儿童保健杂志*, 2023, 31(6): 581-585. DOI: 10.11852/zgetbjzz2023-0347.
- [14] Reynolds E, Blanchard S, Jalazo E, et al. Newborn screening conditions: early intervention and probability of developmental delay[J]. *J Dev Behav Pediatr*, 2023, 44(5): e379-e387. PMID: 37084319. DOI: 10.1097/DBP.0000000000001179.
- [15] Novak I, Morgan C. High-risk follow-up: early intervention and rehabilitation[J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 162: 483-510. PMID: 31324326. DOI: 10.1016/B978-0-444-64029-1.00023-0.
- [16] 中国医师协会神经修复学分会儿童神经修复学专业委员会. 婴幼儿脑损伤神经修复治疗专家共识[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2019, 34(1): 2-8. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2019.01.002.
- [17] Christner LP, Irani S, McGowan C, et al. Previous missed visits and independent risk of loss to follow-up in the high-risk neonatal follow-up clinic[J]. *Early Hum Dev*, 2023, 183: 105813. PMID: 37399731. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2023.105813.
- [18] Valadez EA, Tottenham N, Tabachnick AR, et al. Early parenting intervention effects on brain responses to maternal cues among high-risk children[J]. *Am J Psychiatry*, 2020, 177(9): 818-826.

- PMID: 32731812. PMCID: PMC7716800.  
DOI: 10.1176/appi.ajp.2020.20010011.
- [19] Sgandurra G, Beani E, Giampietri M, et al. Early intervention at home in infants with congenital brain lesion with CareToy revised: a RCT protocol[J]. *BMC Pediatr*, 2018, 18(1): 295. PMID: 30185165. PMCID: PMC6126039. DOI: 10.1186/s12887-018-1264-y.
- [20] Kohli-Lynch M, Tann CJ, Ellis ME. Early intervention for children at high risk of developmental disability in low- and middle-income countries: a narrative review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(22): 4449. PMID: 31766126. PMCID: PMC6888619. DOI: 10.3390/ijerph16224449.
- [21] Hei M, Gao X, Li Y, et al. Family integrated care for preterm infants in China: a cluster randomized controlled trial[J]. *J Pediatr*, 2021, 228: 36-43.e2. PMID: 32898578. DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.09.006.
- [22] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 104-107.
- [23] Chiu HY, Chu SM, Lin HY, et al. Evidence base multi-discipline critical strategies toward better tomorrow for very preterm infants[J]. *Pediatr Neonatol*, 2020, 61(4): 371-377. PMID: 32201157. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.01.005.
- [24] Paulsen H, Ljungblad UW, Riiser K, et al. Early neurological and motor function in infants born moderate to late preterm or small for gestational age at term: a prospective cohort study[J]. *BMC Pediatr*, 2023, 23(1): 390. PMID: 37553581. PMCID: PMC10408141. DOI: 10.1186/s12887-023-04220-w.
- [25] Laptook AR. Neurologic and metabolic issues in moderately preterm, late preterm, and early term infants[J]. *Clin Perinatol*, 2013, 40(4): 723-738. PMID: 24182958. DOI: 10.1016/j.clp.2013.07.005.
- [26] Landing BH, Shankle WR, Boyd JP. Quantitative microscopic anatomy, illustrated by its potential role in furthering understanding of the processes of structuring the developing human cerebral cortex[J]. *Acta Paediatr Jpn*, 1998, 40(5): 400-418. PMID: 9821697. DOI: 10.1111/j.1442-200x.1998.tb01959.x.
- [27] Kovacs-Balint Z, Feczko E, Pincus M, et al. Early developmental trajectories of functional connectivity along the visual pathways in rhesus monkeys[J]. *Cereb Cortex*, 2019, 29(8): 3514-3526. PMID: 30272135. PMCID: PMC6644858. DOI: 10.1093/cercor/bhy222.
- [28] Meretoja A, Keshtkaran M, Tatlisumak T, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke: save a minute-save a week[J]. *Neurology*, 2017, 88(22): 2123-2127. PMID: 28455382. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003981.
- [29] Sa de Almeida J, Meskaldji DE, Loukas S, et al. Preterm birth leads to impaired rich-club organization and fronto-paralimbic/limbic structural connectivity in newborns[J]. *Neuroimage*, 2021, 225: 117440. PMID: 33039621. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2020.117440.
- [30] Mouka V, Drougia A, Xydis VG, et al. Functional and structural connectivity of the brain in very preterm babies: relationship with gestational age and body and brain growth[J]. *Pediatr Radiol*, 2019, 49(8): 1078-1084. PMID: 31053875. DOI: 10.1007/s00247-019-04412-6.
- [31] Eves R, Mendonça M, Baumann N, et al. Association of very preterm birth or very low birth weight with intelligence in adulthood: an individual participant data meta-analysis[J]. *JAMA Pediatr*, 2021, 175(8): e211058. PMID: 34047752. PMCID: PMC8329745. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2021.1058.
- [32] Vanes L, Fenn-Moltu S, Hadaya L, et al. Longitudinal neonatal brain development and socio-demographic correlates of infant outcomes following preterm birth[J]. *Dev Cogn Neurosci*, 2023, 61: 101250. PMID: 37150083. PMCID: PMC10195853. DOI: 10.1016/j.dcn.2023.101250.
- [33] Thomason ME, Hect J, Waller R, et al. Prenatal neural origins of infant motor development: associations between fetal brain and infant motor development[J]. *Dev Psychopathol*, 2018, 30(3): 763-772. PMID: 30068433. PMCID: PMC6261435. DOI: 10.1017/S095457941800072X.
- [34] Zheng W, Zhao L, Zhao Z, et al. Spatiotemporal developmental gradient of thalamic morphology, microstructure, and connectivity from the third trimester to early infancy[J]. *J Neurosci*, 2023, 43(4): 559-570. PMID: 36639904. PMCID: PMC9888512. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0874-22.2022.
- [35] 李丽桦. 克林顿提出美国教育十点行动计划[J]. *外国中小学教育*, 1997(5): 30-31.
- [36] Lordier L, Loukas S, Grouiller F, et al. Music processing in preterm and full-term newborns: a psychophysiological interaction (PPI) approach in neonatal fMRI[J]. *Neuroimage*, 2019, 185: 857-864. PMID: 29630995. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.03.078.
- [37] Kadlaskar G, Seidl A, Tager-Flusberg H, et al. Caregiver touch-speech communication and infant responses in 12-month-olds at high risk for autism spectrum disorder[J]. *J Autism Dev Disord*, 2020, 50(3): 1064-1072. PMID: 31754946. DOI: 10.1007/s10803-019-04310-8.
- [38] Ye Y, Liu Q, Zhang W, et al. Developmental exposure to psychostimulant primes activity-dependent gene induction in frontal cortex[J]. *Dev Neurobiol*, 2019, 79(1): 96-108. PMID: 30548567. PMCID: PMC6349466. DOI: 10.1002/dneu.22660.
- [39] Reichow B, Kogan C, Barbui C, et al. Caregiver skills training for caregivers of individuals with neurodevelopmental disorders: a systematic review and meta-analysis[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2023. Epub ahead of print. PMID: 37786292. DOI: 10.1111/dmcn.15764.
- [40] Panceri C, Silveira RC, Procianny RS, et al. Motor development in the first year of life predicts impairments in cognition and language at 3 years old in a Brazilian preterm cohort of low-income families[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 1034616. PMID: 36312029. PMCID: PMC9596919. DOI: 10.3389/fnins.2022.1034616.

(本文编辑: 邓芳明)

(版权所有©2024 中国当代儿科杂志)