

# Advances in Multisensory Stimulation of Premature Infants

Ni Lei Qintu Si\*

Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia, 028000, China

## Abstract

Premature infants, due to their limited gestational development, face multiple physiological and psychological challenges. As an effective intervention approach, multisensory stimulation has been widely applied in the rehabilitation process of preterm infants. Coordinated stimulation through tactile, auditory, visual, and vestibular intervention can promote neurological development, enhance sensory perception abilities, and improve overall health status. Studies indicate that multisensory interventions can enhance neuronal plasticity and cortical tissue optimization, improving sensory interaction and motor skills in premature infants, with particularly significant effects observed in neonatal intensive care units (NICUs). This review summarizes recent research advancements in multisensory stimulation for preterm infants, analyzes the impacts of different sensory stimuli on their physiological, cognitive, and social behavioral development, and explores clinical applications and effectiveness evaluation methods. The study aims to provide theoretical foundations and practical guidance for future research and clinical practice.

## Keywords

preterm infants; multisensory stimulation; neurodevelopment; intervention; clinical application

## 早产儿多感官刺激研究进展

倪磊 斯钦图\*

内蒙古民族大学, 中国·内蒙古 通辽 028000

## 摘要

早产儿由于在母体内发育时间不足, 面临着一系列生理和心理的挑战。多感官刺激作为有效的干预手段, 已广泛应用于早产儿的康复过程中。通过触觉、听觉、视觉和前庭干预等感官的协调刺激, 能够促进早产儿的神经系统发育, 提升感官认知能力以及整体健康水平。研究表明, 多感官干预可促进神经元可塑性和皮质组织优化, 改善早产儿的感觉互动和运动能力, 尤其在重症监护室 (NICU) 中, 效果更为显著。本文综述了近年来早产儿多感官刺激的研究进展, 分析了不同类型的感官刺激对早产儿生理、认知及社会行为发展的影响, 并探讨了实施多感官刺激时的临床应用及效果评估。期望为进一步的研究和临床实践提供理论依据和指导。

## 关键词

早产儿; 多感官刺激; 神经发育; 干预; 临床应用

## 1 引言

子宫是一个充满液体、温度可控、能有效缓冲外界创伤、声音强度较低的黑暗环境, 胎儿的宫内环境中存在多种潜在的节律刺激来源, 其中母亲动作所产生的视觉、前庭、触觉、听觉及体感刺激, 对胎儿神经连接的启动、巩固、调节、特异性构建及功能发挥中扮演重要角色, 基于此, 环境刺激对未出生婴儿的神经认知发育起到了引导作用<sup>[1]</sup>。研究表明, 胎儿在子宫内获得支持并发育至足月可能对神经通路的发展起到促进作用<sup>[2]</sup>。早产儿由于大多数器官不成熟, 以及错

过了足月儿所经历的多维子宫内感觉暴露, 在住院期间还会接触到强光、噪声、疼痛刺激等多种有害刺激, 这些刺激均会对其生理与心理发展产生不利影响。目前的理论支持早期感官刺激与运动体验对大脑的发育有积极作用<sup>[4]</sup>, 研究表明, 对住院期间的早产儿开展多感官刺激干预, 能够有效改善其发育结局<sup>[5]</sup>。多感官刺激指的是在特定环境条件下为早产儿施加两种或两种以上不同类型的感官刺激 (如触觉、听觉、视觉、前庭觉等)。本文将结合近年来的多感官刺激研究进展, 探讨其在早产儿护理中的应用效果, 旨在为开展临床实践提供参考。

## 2 多感官刺激的干预内容

### 2.1 触觉刺激

新生儿在出生后头几天对触觉刺激的反应性大于任何其他感觉方式, 因为皮肤是最大的感觉器官, 生长发育和大脑成熟取决于温和的触觉刺激反应释放的神经递质<sup>[6]</sup>, 还有

【作者简介】倪磊 (1989-), 男, 中国内蒙古鄂尔多斯人, 硕士在读, 中级医师, 从事儿童康复研究。

【作者简介】斯钦图 (1967-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古赤峰人, 博士, 教授, 从事康复与理疗研究。

研究表明触觉刺激对婴儿生长发育的影响机制由于鸟氨酸脱羧酶（一种参与蛋白质合成的重要酶）的增加，临床参数有所改善，特别是体重增加<sup>[7]</sup>。Dekker J研究指出重复触觉刺激可改善刚出生新生儿的呼吸功能<sup>[8]</sup>。定期皮肤接触可有效降低早产儿的应激反应，提高了他们情绪稳定的能力，表现出更少的压力行为<sup>[7]</sup>，帮助其体重、身长增长<sup>[9]</sup>和减少住院时间<sup>[10]</sup>，并且在睡眠/觉醒行为清醒和活动的更多，在 Brazelton 量表上，接受触觉治疗的婴儿表现出更成熟的定向、运动、习惯和状态行为<sup>[11]</sup>。研究还表明，母亲缓慢的抚摸能改善早产儿的心率<sup>[12]</sup>，这些生理上的变化能显著提高早产儿行为的调整的自我调节能力，为后期发育打下良好基础<sup>[6]</sup>。触觉刺激的实施：在早产儿妊娠周数满30周且出生满10天后可启动，在俯卧位（按婴儿的头、肩、背部、腿部及手臂顺序）和仰卧位下（按胸部、上肢和下肢的顺序）进行轻柔中等压力的温和抚摸或按摩，每个部位按摩抚触持续时间2—5秒，整个触觉刺激过程总时长为5—15分钟，每天1—3次，持续5—15天<sup>[9,13,14]</sup>。温和的触觉刺激不仅有助于生理舒适感，还能够促进神经系统发育，帮助早产儿更好地适应外界环境。通过这些生理机制，触觉刺激为早产儿的整体健康提供了有力的支持，增强了其适应能力。

## 2.2 听觉刺激

研究显示，无论是人类还是动物，早期的听觉体验会对大脑发育产生影响。这一发现对于早产儿来说尤为关键，因为听觉区域的可塑性以及大脑皮层发育在很大程度上都依赖于听觉刺激的质量<sup>[15]</sup>。胎儿在母体内最常接触的声音便是母亲的声音，现有证据表明，新生儿能够区分母亲的声音与其他声音，并表现出对母亲声音的明确偏好<sup>[16]</sup>。在新生儿重症监护室（NICU）中，母亲声音这类听觉刺激对患儿具有多重益处，包括提升心肺稳定性<sup>[17]</sup>、促进神经发育与听觉皮层成熟<sup>[18]</sup>，以及降低疼痛严重程度评分<sup>[19]</sup>；与之相反，听觉过度刺激或听觉剥夺则可能对患儿造成不利影响<sup>[15]</sup>。国外一项系统综述分析表明，建议对胎龄（GA）≥33周的早产儿采用母体声音干预，不仅有助于早产儿增加体重、提升喂养能力，还可能为其提供生理与自主神经稳定性，并减少心肺事件的发生。母体声音的听觉刺激可提供生理与自主神经稳定性，而摇篮曲音乐疗法的听觉刺激则能改善早产儿的行为状态；听觉刺激实施：多与其他感官刺激同时实施，让母亲唱歌或者听摇篮曲（30—40分贝），时间3—15分钟，日1—2次，15天，以帮助早产儿维持生理稳定性<sup>[14,20]</sup>。

## 2.3 视觉刺激

人类视觉系统的发展包含三个相互重叠且有序的阶段与过程：视觉系统的胚胎发生及其遗传控制、通过内源性刺激进行神经感觉视觉发育、神经感觉视觉发展与视觉经验。神经节细胞的内源性神经活动发生在快速眼动睡眠和黑暗时期，早产儿由于深度镇静、快速眼动睡眠中断、黑暗时期

缺失、强烈且持续的刺激（尤其是光刺激和听觉刺激），内源性神经活动连接的建立将被抑制，可能导致神经感觉功能的长期改变<sup>[21]</sup>，一项系统综述的研究结果显示，早产会影响生命早期视觉注意力的发育<sup>[22]</sup>。新生儿视觉发育离不开外源性刺激，在接近足月的胎儿阶段，其眼睛和视路在解剖结构上已具备接收不同类型视觉刺激（如形状、方向、运动）的条件，但此时视觉系统还无法接收彩色刺激（这一能力从第二个月开始形成）和立体视觉（从第三个月起逐步发展）。初级视觉皮层神经元的连接是通过从出生到五岁期间的视觉经验以及与其他大脑区域的神经元逐步连接发展起来的。生命最初的几个月，对于这些连接的建立尤为关键。其中，由外部视觉刺激激活的突触会不断发育并维持功能，而未被激活的突触则会逐渐萎缩并消失<sup>[23]</sup>。出生仅几天的新生儿，就能用眼睛追随近处的人脸，到四个月大时，调节能力开始出现，使其能够看清不同距离的物体，在这一空间定向过程中，黄斑发挥着关键作用<sup>[24]</sup>。新生儿在一月龄前的视野中，对颞侧刺激的反应要优于鼻侧刺激，大约一个月大时，尚无法分辨颜色，到两个月时，婴儿已能区分红色与绿色，四个月时，他们能辨别所有颜色，但对颜色的敏感性要到儿童晚期才能达到成人水平。对于新生儿重症监护室（NICU）中的每个婴儿，需保护其快速眼动睡眠和黑暗时段，避免眼睛直接暴露于光线，尽可能使用间接光线；同时要避免镇静，限制强烈噪音与疼痛刺激。当婴儿清醒时，可在其视场中心约三十厘米处呈现各类明亮、生动的物体（如黑白卡、母亲的面孔等）与其进行视觉互动，对早产儿的视觉功能有积极影响<sup>[25]</sup>。此外，光照循环化有助于婴儿建立昼夜节律。住院早产儿视觉刺激的实施：多与其他感官刺激同时实施，距离早产儿脸20-25cm垂直上方处用黑白卡或者人脸进行视觉接触（缓慢左右移动），持续时间3-15分钟，日1-2次<sup>[14,26]</sup>。

## 2.4 前庭刺激

在人类及其他高等动物的胚胎发育过程中，前庭觉的优先发育，在很大程度上决定了胎儿与新生儿运动能力及智能水平的强弱<sup>[27]</sup>。前庭系统在人类脑中枢中承担着整合与协调的功能，其作用至关重要，具体体现在发展运动技能、整合姿势反射、建立协调的眼动与视觉注意力技能、培育探索行为，以及调节唤醒水平等多个方面，接受前庭刺激的早产儿在运动能力、视觉注意力、视觉警觉性、听觉反应、体重增加率及视觉追随运动等方面，表现均显著优于对照组<sup>[28]</sup>。前庭刺激的机制主要涵盖前庭适应、前庭习服与前庭代偿三类，前庭适应能够提升凝视稳定性与平衡能力；前庭习服可有效减少眩晕、头晕等不适表现；前庭代偿则是借助视觉、本体感觉等其他感官功能，替代已受损或丧失的前庭功能，进而实现平衡维持<sup>[27]</sup>。早期前庭运动训练能充分刺激早产儿神经通路的发展，进而促进其神经系统功能恢复：不仅可强化存活的脑细胞、帮助受损脑细胞恢复正常功能，还能推动智力发展<sup>[29]</sup>；同时，它也能让部分受损神经所支配的肌

肉运动更协调,使姿势平衡得到稳定控制,由此,会对姿势平衡控制与智力认知两方面,均产生不同程度的影响<sup>[30]</sup>。前庭刺激的实施:多与视觉刺激或听觉刺激同时进行,将婴儿抱在怀中进行轻柔的水平或垂直摇晃,或仰卧在水床、吊床上,持续3—5分钟,频率16次/分,每日1—3次,持续15天<sup>[14,31]</sup>。

### 3 多感官刺激的临床应用与干预策略

早产儿多感官刺激就是运用一个以上感觉类别的刺激,这些刺激可采用任何组合方式呈现,其效果优于单一感觉刺激<sup>[13]</sup>。多感官刺激类型的组合方式多样,其中听觉、触觉、视觉与前庭刺激的组合最为常用<sup>[13,26]</sup>,每次刺激时长10—15分钟,每天开展两次,干预需持续15天<sup>[26]</sup>。许多研究表明在NICU对早产儿进行多感官刺激有助于加快运动发育进程,促进大脑的发育<sup>[32]</sup>,提升患儿的进食能力<sup>[26]</sup>,促进视觉系统的发育<sup>[25]</sup>,同时还能有效降低新生儿的压力与疼痛水平<sup>[33]</sup>,从出生起对早产儿实施多感官刺激干预,其适应能力、运动、语言和社会行为能力等各功能区的发育水平显著高于未接受干预的早产儿<sup>[5]</sup>。其机制在于随着胎龄的不断推进,神经元的生长速度加快、连接强度与组织性也随之增强,而新生儿大脑对外部刺激具有高度敏感性,因此通过适宜的多感官体验,能够对这一神经元发育过程起到优化作用<sup>[34]</sup>。积极的早期经历可在初级感觉皮层中树突棘和突触的形成时,促进轴突发芽以及增强其结构可塑性,刺激皮质电活动促进大脑发育<sup>[35]</sup>,因此,积极的感官刺激不仅可能促进神经网络的发育,还可能对个体的神经发育、身体发育、学习能力、记忆功能及情绪调节能力产生贯穿一生的影响<sup>[36]</sup>。通过早期多感官刺激的介入,早产儿能够在较短时间内弥补发育滞后的不足,逐渐接近足月儿的发育水平,并为其长期发展奠定坚实的基础。

### 4 结语

早产儿的健康发育需要特别关注,与其他儿童相比,他们更易出现发育障碍或发育迟缓问题,具体可涉及运动、认知、言语、听力及视力等多个领域。新生儿重症监护病房(NICU)收治的早产儿,在治疗过程中会接触到多种侵入性不良刺激,而越来越多的证据表明,在NICU内对早产儿实施早期触觉、听觉、运动觉、视觉及多模式感官干预是可行的。不过,目前关于早产儿多感官刺激的科学文献较为有限,且我们开展的相关研究也存在一定局限性:一方面,纳入研究的文章数量较少,导致研究覆盖的人群规模偏小;另一方面,现有文献在多感官刺激的类型组合、干预时间、频率、疗程、介入时机以及远期结局等方面存在明显差异。因此,仍需开展更多研究来验证多感官刺激的实际效果,并制定出更规范的干预方案。本综述所梳理的现有证据,可结合专家临床意见与患者(家庭)的需求偏好,为确定NICU早产儿感官干预的理想方案提供参考。未来,多感官刺激干预

有望进一步推广,成为早产儿护理与康复体系中的重要组成部分。它不仅能促进早产儿的生理健康,还能助力其在认知与情感层面实现更优发育,预计将为早产儿的全面发展提供更多支持与帮助。

### 参考文献

- [1] Provasi J, Blanc L, Carchon I. The Importance of Rhythmic Stimulation for Preterm Infants in the NICU[J]. *Children (Basel)*, 2021, 8(8).
- [2] Hepper P G, Shahidullah B S. Development of fetal hearing[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 1994, 71(2): F81-7.
- [3] Morton S U, Brodsky D. Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life[J]. *Clin Perinatol*, 2016, 43(3): 395-407.
- [4] Sweeney J K, Heriza C B, Blanchard Y, et al. Neonatal physical therapy. Part II: Practice frameworks and evidence-based practice guidelines[J]. *Pediatr Phys Ther*, 2010, 22(1): 2-16.
- [5] 孙蕾, 盛晓静, 殷勤. 早产儿早期干预的研究进展[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(S1): 243-244.
- [6] Ferreira A M, Bergamasco N H. Behavioral analysis of preterm neonates included in a tactile and kinesthetic stimulation program during hospitalization[J]. *Rev Bras Fisioter*, 2010, 14(2): 141-8.
- [7] Aliabadi F, Askary R K. Effects of tactile-kinesthetic stimulation on low birth weight neonates[J]. *Iran J Pediatr*, 2013, 23(3): 289-94.
- [8] Dekker J, Hooper S B, Martherus T, et al. Repetitive versus standard tactile stimulation of preterm infants at birth - A randomized controlled trial[J]. *Resuscitation*, 2018, 127: 37-43.
- [9] Yoanita R, Gunardi H, Rohsiswatmo R, et al. Effect of tactile-kinesthetic stimulation on growth, neurobehavior and development among preterm neonates[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2021, 28: 180-186.
- [10] Rodovanski G P, Réus B A B, Neves Dos Santos A. The effects of multisensory stimulation on the length of hospital stay and weight gain in hospitalized preterm infants: A systematic review with meta-analysis[J]. *Braz J Phys Ther*, 2023, 27(1): 100468.
- [11] Scafidi F A, Field T M, Schanberg S M, et al. Effects of tactile/kinesthetic stimulation on the clinical course and sleep/wake behavior of preterm neonates[J]. *Infant behavior and development*, 1986, 9(1): 91-105.
- [12] Püschel I, Reichert J, Friedrich Y, et al. Gentle as a mother's touch: C-tactile touch promotes autonomic regulation in preterm infants[J]. *Physiol Behav*, 2022, 257: 113991.
- [13] Pineda R, Guth R, Herring A, et al. Enhancing sensory experiences for very preterm infants in the NICU: an integrative review[J]. *J Perinatol*, 2017, 37(4): 323-332.
- [14] Zeraati H, Nasimi F, Rezaeian A, et al. Effect of Multi-sensory Stimulation on Neuromuscular Development of Premature Infants: A Randomized Clinical Trial[J]. *Iran J Child Neurol*, 2018, 12(3): 32-39.

- [15] Haslbeck F B, Bassler D. Music From the Very Beginning-A Neuroscience-Based Framework for Music as Therapy for Preterm Infants and Their Parents[J]. *Front Behav Neurosci*, 2018, 12: 112.
- [16] Decasper A J, Fifer W P. Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices[J]. *Science*, 1980, 208(4448): 1174-6.
- [17] Doheny L, Hurwitz S, Insoft R, et al. Exposure to biological maternal sounds improves cardiorespiratory regulation in extremely preterm infants[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2012, 25(9): 1591-4.
- [18] Sa De Almeida J, Lordier L, Zollinger B, et al. Music enhances structural maturation of emotional processing neural pathways in very preterm infants[J]. *Neuroimage*, 2020, 207: 116391.
- [19] Corrigan M J, Keeler J R, Miller H D, et al. Music therapy and retinopathy of prematurity screening: using recorded maternal singing and heartbeat for post exam recovery[J]. *J Perinatol*, 2020, 40(12): 1780-1788.
- [20] Palaskar P, Ramekar S D, Sant N, et al. Ideal Mode of Auditory Stimulation in Preterm Neonates in Neonatal Intensive Care Unit: A Systematic Review[J]. *Cureus*, 2023, 15(2): e34496.
- [21] Graven S N. Early neurosensory visual development of the fetus and newborn[J]. *Clin Perinatol*, 2004, 31(2): 199-216, v.
- [22] Burstein O, Zevin Z, Geva R. Preterm Birth and the Development of Visual Attention During the First 2 Years of Life: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4(3): e213687.
- [23] Niessen F. [Neurosensory visual development of the foetus and newborn and neonatal intensive care units][J]. *Arch Pediatr*, 2006, 13(8): 1178-84.
- [24] Niessen F, Montezzer N. [The development of visual function][J]. *Arch Pediatr*, 2002, 9(11): 1189-94.
- [25] Fontana C, De Carli A, Ricci D, et al. Effects of Early Intervention on Visual Function in Preterm Infants: A Randomized Controlled Trial[J]. *Front Pediatr*, 2020, 8: 291.
- [26] Embarek-Hernández M, Güeita-Rodríguez J, Molina-Rueda F. Multisensory stimulation to promote feeding and psychomotor development in preterm infants: A systematic review[J]. *Pediatr Neonatol*, 2022, 63(5): 452-461.
- [27] Van Hecke R, Danneels M, Dhooge I, et al. Vestibular Function in Children with Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review[J]. *J Autism Dev Disord*, 2019, 49(8): 3328-3350.
- [28] Ottenbacher K. Developmental implications of clinically applied vestibular stimulation[J]. *Phys Ther*, 1983, 63(3): 338-42.
- [29] 鲍秀兰, 董奇, 孙淑英, et al. 婴幼儿早期干预与智力开发研究[J]. *医学研究通讯*, 2002(02): 21-22+47.
- [30] 张芷, 王健, 冯金升. 认知与姿势控制的神经心理学研究进展[J]. *航天医学与医学工程*, 2013, 26(04): 333-337.
- [31] White-Traut R C, Nelson M N, Silvestri J M, et al. Effect of auditory, tactile, visual, and vestibular intervention on length of stay, alertness, and feeding progression in preterm infants[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2002, 44(2): 91-7.
- [32] Kanagasabai P S, Mohan D, Lewis L E, et al. Effect of multisensory stimulation on neuromotor development in preterm infants[J]. *Indian J Pediatr*, 2013, 80(6): 460-4.
- [33] Fitri S Y R, Lusmilasari L, Juffrie M, et al. Modified Sensory Stimulation Using Breastmilk for Reducing Pain Intensity in Neonates in Indonesia: A Randomized Controlled Trial[J]. *J Pediatr Nurs*, 2020, 53: e199-e203.
- [34] Smyser T A, Smyser C D, Rogers C E, et al. Cortical Gray and Adjacent White Matter Demonstrate Synchronous Maturation in Very Preterm Infants[J]. *Cereb Cortex*, 2016, 26(8): 3370-3378.
- [35] Fu M, Zuo Y. Experience-dependent structural plasticity in the cortex[J]. *Trends Neurosci*, 2011, 34(4): 177-87.
- [36] Wróblewska-Seniuk K, Lenells M, Prescott M G, et al. Multisensory stimulation for promoting development and preventing morbidity in preterm infants[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2024, 7(7): Cd016073.