

新生儿重症监护室噪音污染对早产儿神经发育的影响及干预策略

马蓉 王佩佩

灵武市人民医院 宁夏 灵武 750400

摘要: 随着围产医学技术的飞速发展,极低和超低出生体重早产儿的存活率显著提高。然而,这些脆弱的生命在新生儿重症监护室(Neonatal Intensive Care Unit, NICU)中面临着诸多环境挑战,其中噪音污染尤为突出。NICU内持续存在的高强度、非生理性噪音,与早产儿在宫内所处的安静、有节奏的声学环境形成鲜明对比,对其尚未成熟的听觉系统及中枢神经系统构成严重威胁。本文旨在系统综述NICU噪音污染的来源、特征及其对早产儿短期生理指标和长期神经发育结局的负面影响,并在此基础上,深入探讨当前国内外在NICU噪音控制方面所采取的工程学、管理学及以家庭为中心的综合干预策略。通过整合现有证据,本文强调构建一个符合早产儿发育需求的“安静NICU”环境对于改善其远期生活质量具有至关重要的意义,并为未来的研究方向和临床实践提供参考。

关键词: 新生儿重症监护室; 噪音污染; 早产儿; 神经发育; 干预策略

引言

人类胎儿在母体子宫内最后三个月是大脑发育关键期,此时宫内声学环境安全且利于胎儿听觉系统发育与神经回路建立。该环境由母亲心跳、血流等声音构成,呈低强度(约30 - 50dBA)、富含低频成分的特点。但早产会中断这一自然进程。早产儿,特别是胎龄小于32周或出生体重低于1500克的,会被送入新生儿重症监护室(NICU)。现代NICU虽有先进医疗设备,却存在高强度、突发性、无规律的噪音源。其平均噪音常超世界卫生组织推荐上限,峰值噪音更是高达80 - 120dBA,远超早产儿承受的安全阈值。这种持续性噪音污染不只是背景干扰,更是环境应激源。它能激活下丘脑-垂体-肾上腺轴,引发一系列生理和行为应激反应。更重要的是,早期不良声学暴露可能对早产儿脆弱的大脑造成结构和功能损伤,影响其从婴儿期到成年期的认知、语言、运动和社交情感等多维度神经发育轨迹。鉴于NICU噪音污染对早产儿神经发育有诸多不良影响,深入理解其影响机制,并制定、实施有效干预策略,成为当代新生儿学和发育神经科学领域亟待解决的重要课题,本文将围绕此核心问题展开系统论述。

1 NICU 噪音污染的现状与特征

NICU的噪音主要来源于三大类:设备噪音、人员活动噪音和建筑结构噪音。(1)设备噪音:这是最主要的噪音源。包括呼吸机(尤其是报警声)、心电监护仪、输液泵、吸引器、暖箱风扇、光疗设备等。这些设备运行时产生的噪音通常具有高频、尖锐的特点,而其

报警声则往往是突发性、高强度的,旨在引起医护人员注意,但却对早产儿造成了极大的惊吓。(2)人员活动噪音:医护人员之间的交谈、电话铃声、呼叫系统、脚步声、开关门声、物品掉落声等。尽管单个声音强度不高,但其累积效应和不可预测性同样构成持续的声学压力。(3)建筑结构噪音:来自走廊、其他病房或外部环境(如交通、施工)的噪音通过墙壁、门窗传入^[1]。NICU噪音的核心特征在于其非生理性。与宫内稳定、柔和、有节奏的声音不同,NICU噪音是高强度、高频率、突发性强、缺乏规律性和可预测性的。这种声学环境剥夺了早产儿本应在睡眠周期中获得的安静恢复期,使其长期处于一种慢性应激状态。多项监测研究一致表明,绝大多数NICU都无法满足WHO的噪音标准,其平均噪音水平普遍在55-65 dBA之间,而瞬时峰值噪音更是频繁出现,构成了一个对早产儿极其不利的声学微环境。

2 噪音对早产儿的短期生理与行为影响

噪音作为一种强烈的环境应激源,会立即触发早产儿的生理和行为防御反应。(1)生理指标紊乱:暴露于高强度噪音下,早产儿常表现出心率加快、呼吸暂停或呼吸急促、血氧饱和度下降、血压波动等自主神经系统功能紊乱。这些变化不仅增加了临床护理的复杂性,还可能导致脑血流灌注不稳定,增加颅内出血和脑白质损伤的风险。(2)睡眠-觉醒周期破坏:睡眠,特别是安静睡眠(Quiet Sleep),对早产儿大脑的成熟至关重要。它是突触修剪、记忆巩固和能量储备的关键时期。NICU的噪音会频繁打断早产儿的睡眠周期,减少其安静睡眠

的时间，迫使其更多地处于易激惹的觉醒或活动睡眠状态。长期的睡眠剥夺会直接阻碍大脑的正常发育程序。

(3) 行为应激表现：早产儿无法用语言表达不适，但会通过行为信号展现其痛苦。噪音刺激常导致他们出现皱眉、紧闭双眼、四肢僵硬或过度伸展、手指张开呈“星形”等典型的疼痛或应激表情和姿势。这些行为不仅是痛苦的外在表现，也反映了其内在神经系统的高度紧张状态。这些短期影响看似是暂时的，但反复、长期的应激反应会通过“毒性应激”(Toxic Stress)的机制，对在发育的大脑产生深远的负面影响。

3 噪音对早产儿长期神经发育的潜在影响

大量前瞻性队列研究和动物模型实验已将早期NICU噪音暴露与不良的长期神经发育结局联系起来。

3.1 听觉系统损伤

早产儿的耳蜗和听觉通路尚未完全髓鞘化，对外界噪音极为敏感。长期暴露于高强度噪音下，即使未达到成人听力损失的标准，也可能导致“隐性听力损失”，即在常规听力测试中表现正常，但在嘈杂环境中分辨语音的能力受损。这会对其日后的语言习得和学习能力。

3.2 认知与学习能力缺陷

研究发现，在NICU期间经历更高噪音暴露水平的早产儿，在学龄前期和学龄期更可能出现注意力不集中、执行功能障碍、工作记忆受损以及整体智商(IQ)得分偏低等问题^[2]。动物实验进一步揭示，噪音应激会损害海马体等与学习和记忆相关脑区的神经元结构和功能。

3.3 语言发育迟缓

语言能力的发展依赖于对语音信号的精确感知和处理。NICU的噪音环境不仅可能直接损伤听觉通路，还会掩盖医护人员和父母温柔的话语声，减少了早产儿接触高质量语言刺激的机会，从而导致语言理解和表达能力的延迟。

3.4 情绪与行为问题

早期的慢性应激经历可能会“编程”个体的HPA轴反应模式，使其在面对后续生活压力时表现出过度或不足的应激反应。这使得这些儿童在成长过程中更容易出现焦虑、抑郁、社交退缩或攻击性行为等情绪和行为问题。

值得注意的是，这些影响往往是多因素交互作用的结果，噪音只是众多风险因素之一。然而，由于噪音是一个可以被识别、测量并加以干预的环境变量，因此对其进行有效管理，被视为改善早产儿预后的一个极具潜力的切入点。

4 NICU 噪音污染的干预策略

鉴于噪音污染的严重危害，全球范围内的NICU都在

积极探索和实施多层次的噪音控制策略，目标是创建一个更接近宫内环境的、支持性发育照护(Developmental Supportive Care, DSC)的声学空间。

4.1 工程学干预(源头控制)

这是最根本、最有效的干预方式，旨在从源头上降低噪音的产生和传播。

4.1.1 设备升级与优化

(1) 采购低噪音设备：在设备采购阶段，将噪音水平作为重要评估指标，优先选择运行更安静的呼吸机、监护仪、输液泵等。(2) 合理设置报警参数：对监护设备的报警阈值进行个体化、精准化设置，避免因参数设置过宽或过窄而产生不必要的误报或漏报。推广使用智能报警系统，减少“报警疲劳”。(3) 设备维护与隔音：定期维护设备，确保其处于最佳运行状态，减少因老化或故障产生的额外噪音。为噪音较大的设备(如吸引器)加装隔音罩。

4.1.2 建筑与空间设计改造

(1) 采用单间或小家庭式病房：相比于开放式大病房，单间或容纳2-4个家庭的小单元病房能有效隔离噪音，为每个早产儿提供更私密、安静的恢复空间，这也是现代NICU设计的发展趋势。(2) 应用吸音材料：在NICU的天花板、墙壁甚至地板上安装高性能的吸音板、吸音棉或软包材料，可以显著吸收反射声，降低混响时间和整体噪音水平。(3) 优化门窗设计：使用隔音效果更好的门窗，并培养随手关门的习惯，以阻隔外部走廊和其他区域的噪音传入。

4.2 管理学干预(行为规范)

通过制定和执行严格的规章制度，改变医护人员和访客的行为模式，减少人为噪音。(1) 制定并推行“安静时间”政策：每天设定固定的1-2小时为“安静时间”，在此期间，医护人员尽量调低说话音量、关闭非紧急呼叫系统、避免不必要的操作和走动，为早产儿创造一个深度休息和恢复的窗口期。(2) 加强噪音意识教育与培训：对所有NICU工作人员(包括医生、护士、技师、保洁员等)进行常态化培训，使其深刻认识到噪音的危害，并掌握具体的降噪技巧，如轻声细语、轻拿轻放物品、穿软底鞋等^[3]。(3) 实施噪音水平实时监测与反馈：在NICU内安装分贝计或更先进的声学监测系统，实时显示当前噪音水平。当噪音超标时，系统可发出视觉或温和的听觉提示，提醒在场人员注意自己的行为。这种即时反馈机制能有效促进行为改变。(4) 优化工作流程：通过改进护理和医疗操作流程，将多项操作集中进行，减少频繁打扰早产儿的次数。

4.3 以家庭为中心的干预（引入积极声音）

在降低有害噪音的同时，主动引入有益于发育的积极声音，实现声学环境的正向重塑。（1）鼓励袋鼠式护理（Kangaroo Mother Care, KMC）：在进行KMC时，母亲的心跳声、呼吸声和温柔的哼唱声，为早产儿提供了最接近宫内环境的、充满安全感的声学刺激，能有效安抚其情绪，促进生理稳定。（2）播放录制的母亲声音或舒缓音乐：研究表明，在NICU中播放录制的母亲朗读故事或唱歌的声音，或经过精心挑选的、节奏缓慢、旋律简单的舒缓音乐（如莫扎特效应相关的古典乐），可以在一定程度上屏蔽背景噪音，起到镇静和促进发育的作用。但需注意音量控制（建议低于50 dBA）和个体化选择，避免对某些敏感的早产儿造成反效果^[4]。（3）赋能父母参与：教育父母了解噪音的危害，并指导他们在探视时如何通过轻柔的抚摸、低语和歌唱等方式与宝宝互动，将父母的声音转化为治疗性工具。

5 挑战、展望与结论

尽管NICU噪音控制的重要性已得到广泛共识，但在实践中仍面临诸多挑战。例如，老旧NICU的建筑改造成本高昂；医护人员在高压工作环境下难以时刻保持低声；部分医疗设备的技术限制使得噪音难以根除；以及缺乏统一、客观的噪音暴露剂量-效应关系评估标准等。未来的研究方向应聚焦于以下几个方面：第一，利用更先进的声学分析技术（如声谱分析）来精确刻画NICU噪音的复杂特征，并建立与特定神经发育结局的因果关联模型；第二，开发智能化的噪音管理系统，能够自动识别噪音源、预测噪音事件并联动相关设备进行干预；第三，开展大规模、多中心的随机对照试验，以更高级别的证据来验证不同干预组合的有效性和成本效益；第四，探索噪音与其他NICU环境因素（如光线、疼痛）的

交互作用，推动全面的发育支持性环境建设。

6 结语

NICU中的噪音污染是一个被长期忽视但后果严重的公共卫生问题。它不仅扰乱早产儿的即刻生理稳态，更可能通过干扰关键期的大脑发育，为其埋下远期神经认知和行为障碍的隐患。将NICU从一个以救治为中心的“技术堡垒”，转变为一个以发育为中心的“养育摇篮”，是现代新生儿医学发展的必然要求。通过综合运用工程学、管理学和以家庭为中心的干预策略，我们有能力也有责任为这些最脆弱的生命营造一个更安静、更安全、更有利于其健康成长的声学环境。这不仅是对早产儿基本权利的尊重，更是提升其生命质量、减轻社会长期负担的关键举措。构建“安静NICU”，应当成为每一个新生儿医疗团队的核心使命之一。

参考文献

- [1]王娟.新生儿重症监护室（NICU）环境噪音对新生儿睡眠质量的影响及护理对策[C]//中国生命关怀协会.关爱生命大讲堂之生命关怀与智慧康养系列学术研讨会论文集（下）——关怀患者，关照自我：临床心理支持技能与医者心理韧性建设专题.磁县妇幼保健院,;2026:288-290.
- [2]贺芳,温秀兰,林艳,等.新生儿重症监护病房噪音水平调查与对策[J].护理学报,2020,27(12):42-45.
- [3]顾宇静.新生儿重症监护室早产儿睡眠质量管理的循证护理实践[D].江南大学,2025.DOI:10.27169/d.cnki.gwqgu.2025.000818.
- [4]刘敏慧.新生儿重症监护室声光污染对新生儿生理指标的影响及干预措施[J].医学理论与实践,2022,35(20):3563-3565.