

降噪技术在重症监护室中应用的研究进展

曹明伟¹,江智霞²,张霞³,徐楠¹,陈青青¹,张芳²,杨霞¹

(1.遵义医科大学 护理学院,贵州 遵义 563000;2.贵州护理职业技术学院 护理系,贵州 贵阳 550000;
3.遵义医科大学附属医院 护理部,贵州 遵义 563003)

重症监护室(intensive care unit,ICU)因密集配置的生命支持设备和电子报警系统(如监护仪、呼吸机及通讯装置等),其噪声污染水平显著超过世界卫生组织建议限值^[1]。研究^[2]显示,ICU 昼夜噪声水平波动范围为 55~65 dB,较普通病房高 32.70%,且高频瞬时噪声发生频率是后者的 3.8 倍。因此,ICU 患者往往比普通病房患者更容易受到高噪声环境的影响。研究^[3-5]表明,持续暴露在高噪声环境中会给患者的生理状态和心理健康产生深远的负面影响,不仅延缓患者康复进程,还可能诱发焦虑、抑郁等精神健康问题,同时也会降低医护人员的临床工作效率。因此,在 ICU 中,减少噪声已经变成了亟待解决的关键问题之一。既往研究^[6-7]对于降噪技术在 ICU 噪声中的应用进行了多方面探索,但目前对于这些降噪方法的有效性尚不统一。因此,本文将对降噪技术应用现状进行综述,以期提高医护人员对 ICU 噪声的认识与警惕,为 ICU 噪声管理策略的进一步研究提供借鉴。

1 ICU 噪声现状

噪声是指能引起人们生理和心理不适的一切声音,强度通常用分贝(dB)来表示^[7-8]。世界卫生组织推荐病房白天噪声不应超过 35 dB,夜间不超过 30 dB,我国《民用建筑隔声设计规范》(GBJ50118-2010)^[7]规定 ICU 白天噪声水平不能超过 45 dB,夜间不能超过 40 dB。研究^[9-11]发现,ICU 病房中白天噪声平均为 60 dB,夜晚噪声平均为 50 dB。一项针对西班牙北部 3 个 ICU 噪声水平的研究^[11]中,较为准确且全面地提供了一天中 3 个时间段 ICU 噪声集中的范围:白天噪声波动范围在 57~68 dB,傍晚为 56~65 dB,夜晚为 52~62 dB。由此可见,ICU 中任意时间段的噪声水平均超过了权威机构给出的建议范围,降低噪声水平已经变成了 ICU 中亟待解决的关键问题之一。

1.1 ICU 噪声的来源 ICU 的噪声来源主要由内部和外部环境共同作用构成^[12-14],其中内部环境噪声源占主要(82.00%~89.00%)^[12],具体包含:(1)医疗仪器,在 ICU 住院期间,需要利用多种仪器对患者的生命体征进行监测,尤其在夜间,ICU 患者的血流动力学易出现不稳定的情况,需要格外注意夜间患者病情变化^[13]。因此,在每位患者的床旁都配备有多种医疗仪器如呼吸机、心电监护仪、输液泵、血滤机等。据调查^[14],平均每位患者每天会接受到 177 次警报声音。(2)医护人员,在 ICU 病房中,护士在执行各项护理操作时均可能会产生一定噪声,部分需要与患者进行沟通交流,确保患者理解并配合治疗;另一些则需要与同事密切协作,以确保信息的准确传达。由于 ICU 患者病情通常较为危重,而病房空间相对有限,医护人员在必要时会适当调整说话音量,以确保沟通的清晰性。对于新转入 ICU 的患者,护士需迅速建立静脉通路并精准管理循环容量,同步调整呼吸机参数,实施阶梯式镇痛镇静策略。此外,对于术后患者,还需加强对手术区域的动态监护,及时预警可能出现的并发症^[14]。这些操作通常需要 10~30 min,不可避免地会产生噪声。(3)患者及家属,处于清醒或谵妄状态的患者,常因情绪激动而发出呻吟声或敲击床铺等声响^[13]。处于探视时间的 ICU 病房,患者家属的来访,会使 ICU 病房的噪声持续上升。外部环境中,交通和施工等外界因素是 ICU 噪声的主要来源^[2]。内外因素共同作用,使得 ICU 噪声长期维持较高的水平。

1.2 ICU 噪声的危害 从患者的角度进行分析,在 ICU 住院期间,长时间暴露在高水平噪声环境中不仅会对神经系统、消化系统和血压等生理功能产生不良影响,还可能引发患者出现恐慌、谵妄等心理表现^[13-15]。在对生理功能的损害中,噪声对睡眠的干扰被认为是最有害的,其主要表现为睡眠结构的改变,具体为第二阶段睡眠增加,而第三阶段睡眠减少^[16]。此外,有研究^[17]表明,在 ICU 噪声环境中,患者的疼痛阈值明显降低,近一半的患者在一天中的大部分时间内感到疼痛。因此,有学者^[18]指出,ICU 噪声导致的睡眠障碍、疼痛、焦虑和抑郁等生理

【收稿日期】 2024-03-28 【修回日期】 2025-04-23
【基金项目】 贵州省卫生健康委科学技术基金项目(GZWKJ2024-551);贵州省教育厅省级名师工作室项目[黔教函(2024)44号]
【作者简介】 曹明伟,硕士在读,护士,电话:0854-5412023
【通信作者】 江智霞,电话:0854-5412023

和心理问题,可作为早期心理障碍或ICU后综合征发生的危险因素。一项关于ICU噪声对病房护士工作干扰的调查^[19]发现,42.05%的护士认为在ICU噪声环境下工作,不仅会对长期处于患者床旁的护理人员造成听力受损和记忆力下降等问题,还会导致其注意力难以高度集中,进而影响对患者病情的监测以及对医嘱的严格执行;此外,ICU中嘈杂的环境,也会使得护理人员在各种仪器报警中难以快速的区分报警来源。这不仅会使得护理工作效率严重降低,增加护理不良事件的发生,也会使得ICU护士长期面临存在亚健康风险的问题。

2 ICU噪声干预现状

现代噪声控制技术主要包含源头控制、被动降噪与主动降噪三级体系^[20];源头控制旨在消除噪声的产生根源,例如通过规范医护人员的器械操作流程、优化医疗设备运行模式(如设定监护仪夜间静默阈值)等方式降低噪声源强度;被动降噪通过阻断声波传播路径实现能量耗散,典型措施包括采用高密度隔音板构建ICU墙体、布设多孔吸声吊顶等物理屏障;主动降噪(active noise control, ANC)技术最早见于航空航天领域,其核心原理(如图1所示)是通过传声器实时捕捉环境噪声频谱特征,借助数字信号处理器生成相位相反的抵消声波,在患者耳道位置形成相消干涉场,目前已成功应用至新生儿暖箱、核磁共振室等医疗场景^[6-7]。

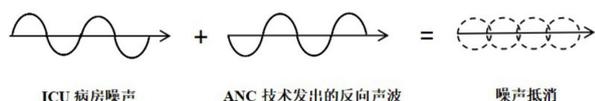


图1 主动降噪技术原理

2.1 源头控制措施 在减少噪声源头产生的角度上,Taylor-Ford等^[21]通过构建标准化噪声管控专项培训体系优化护理操作,一方面实施系统化的理论教学与操作演示,要求医护人员工作时全程穿着软底鞋并规范开关门力度,患者静息时段主动关闭视听设备;另一方面于病房配置实时噪声监测系统,当病房噪声超过预设阈值时触发可视化预警,形成闭环管理机制。但在1个月的干预后发现,病房前后噪声水平并没有显著改变。相较而言,国内研究聚焦管理维度创新,如在ICU病房护理操作较少,且没有患者家属探视的时间内设置一段“安静时间”来缓解ICU病房高噪声水平问题^[3]。“安静时间”方案的实施能够减少ICU病房特定时间内噪声峰值,对ICU患者及医护人员有一定益处,但未能改

变ICU整体噪声水平,且依赖多学科团队的配合,实施具有一定挑战性^[22]。

2.2 被动降噪方法 近些年,国内外大量的研究从多个不同的视角对ICU环境中的噪声问题进行了深入探讨。Mills等^[23]在一项关于耳塞阻止患者陷入谵妄状态的研究中指出,ICU病房在降噪方面的设计往往忽视了患者的睡眠和休息需求,这可能会扰乱昼夜节律、改变睡眠模式,进而损害免疫系统,导致患者陷入谵妄状态。因此,他们提出使用耳塞对ICU患者进行降噪干预,研究结果显示这种方法可以有效改善患者的睡眠质量并降低谵妄发生率。然而,该研究并未具体指出耳塞能准确降低多少强度噪声,也未对患者使用后是否会出现压疮等不良护理事件进行风险评估。Krueger等^[24]则对新生儿重症监护室的整体结构设计进行了重建,包括扩大病房整体空间,采用更高效的吸音瓷砖。最后发现,平均噪声水平下降4 dB左右。但是整个改造过程时间较长,除去现实复杂因素对改变ICU设计结构的制约,其重建后的新生儿重症监护室的噪声水平仍超过50 dB,尚不满足建议标准。以上多个研究结果证明,噪声源头控制及被动降噪方案的传统降噪技术在ICU噪声问题上取得的成果有限^[25],因此需要找到并结合新的视角为降低ICU噪声提供新的解决思路。

2.3 ANC技术应用 ANC技术最先在新生儿重症监护室得到应用。Hutchinson等^[26]模拟新生儿重症监护室的环境,将新生儿重症监护室所有固定设备的声音使用麦克风进行录制,利用ANC技术研发Neoasis™集成降噪系统(包括1个残余噪声传感器,2个扬声器,1个外部噪声传感器,以及1个控制单元),其非接触式物理特征成功规避传统降噪设备易引发压力性损伤等不良护理事件的风险,实际应用后,噪声显著下降14.4 dB(降低5.2倍)。在持续的探索中,该团队^[27]证实了ANC装置不仅优于传统物理隔音耳罩的被动降噪效果,更能在保温箱工作处形成一个低噪声区域。Kim等^[28]把Alltalk和Quieton两种采用ANC技术的医院专用降噪设备与Airpods Pro和QC30两种商用主动降噪耳机进行量化比较发现,两种专用降噪设备的产品在降低噪声方面优于商用耳机,同时能够确保现场语言沟通的清晰度在90%以上。基于此,依据ICU具体噪声特征定制化开发ANC设备已成为重要发展趋势。Liu等^[29]为减少ICU患者在高噪声环境中持续暴露的危害,开发了一种多通道前馈ANC系统,该系统能够有效降低约10 dB的噪声水平,显著改善了ICU的噪声情况。该结果与Hutchinson等^[26-27]研

究结果相印证。综合考虑,ANC技术展现出梯度化演进特征,从突破传统降噪的“被动防护”范式,到超越民用电子产品的“医疗专用”创新,逐步确立其为ICU噪声环境治理的新兴技术路径。

3 展望

3.1 ANC技术的使用 目前,ICU噪声水平持续高位且呈逐年上升趋势,给患者康复和医护人员身心健康带来严重危害^[30]。源头降噪及被动降噪的传统降噪技术由于自身的局限性,对于ICU噪声的控制效果有限^[26]。ANC技术的应用将有助于改善ICU病房的环境质量,提升患者的舒适度和治疗效果^[6]。目前,国内对ANC技术在降低ICU噪声方面研究未见相关报道^[31],日后研究重点可借鉴国外产品设计经验,利用ANC技术为ICU病房开发专用降噪产品。在应用ANC技术时,需要根据ICU病房的具体情况和环境进行设计,以确保其有效性和实用性。同时,还应结合护理视角,从患者安全、感染控制及舒适管理3个核心维度出发,在患者安全维度上,护理人员需在设备使用前评估患者的意识状态(如镇静程度、疼痛评分)、皮肤完整性风险及耳道敏感度。对于机械通气或头部创伤患者,需避免头戴式ANC设备导致的压力性损伤。可借鉴Hutchinson等^[26]的Neoasis™集成降噪系统,开发适用于ICU患者的无接触式ANC降噪设备。感染控制方面,护理团队需建立高频接触面菌落检测机制,防止ANC设备成为病原体的传播媒介,通过培训护士掌握设备的拆卸、灭菌,减少因操作不当导致的院感风险。舒适管理角度,结合ICU患者昼夜节律紊乱的特点,护理人员应协同声学工程师对ANC设备进行动态降噪优化,如夜间增强其抵消能力,而日间保留必要交流声波,通过阶梯管理改善患者睡眠结构,降低谵妄发生率^[27],同时应引入分阶段护理评价体系,使用睡眠问卷量化降噪效果。针对长期暴露于高强度噪声护理人员,应结合ANC技术开发定向防护产品。如在护士站设置主动降噪屏障,配合个性化耳塞监测噪声暴露时长,形成职业性听力损伤的预防体系。

3.2 传统降噪技术的使用 在研究降低ICU噪声的过程中,尽管传统降噪技术方案未能达到预期效果,仍值得适度采用。改变ICU建筑材料、采用更有效的吸音砖等方法应成为未来医院设计的重点,以确保建设低噪声水平且更舒适的病房。对于“安静时间”方案,需要建立跨学科团队,共同讨论并将其有效落实于ICU病房。调查^[32]显示,由于缺乏相关知识和管理不善等原因,ICU护士在噪声控制方面表现不足。为延缓ICU噪声日益升高的趋势,对

ICU护士的降噪培训,如避免床旁讨论、减少医护人员交谈、穿软底鞋等要求,应贯穿于日常护理工作中。在应用ANC技术降低ICU噪声时,应综合运用传统降噪技术,以配合ANC技术的使用,从而有效解决ICU的噪声问题。

4 小结

ICU噪声持续对患者和医护人员的身心健康构成威胁。国内ICU噪声现存管理手段多聚焦于护理流程优化,但其效果受限于技术手段滞后性,难以破解ICU电子报警及仪器噪声等核心声源的控制困局。ANC技术的降噪原理展现出突破性应用潜力,为ICU噪声控制提供新思路。未来研究应结合护理视角,联合多学科团队,攻关非接触式ANC降噪设备的研发与临床应用转化,同时应系统开展传统降噪手段与ANC技术的协同效应研究,探索建立“物理隔声-行为管理-主动降噪”三位一体的多维干预范式,以此实现ICU噪声管理质的提升。

【关键词】重症监护室;噪声;降噪技术

doi: 10.3969/j.issn.2097-1826.2025.05.023

【中图分类号】R473 【文献标识码】A

【文章编号】2097-1826(2025)05-0096-04

【参考文献】

- [1] 祝利花,周敏.心脏术后重症监护室患者的环境压力源分析及其对谵妄的影响[J].解放军护理杂志,2019,36(12):29-31,36.
- [2] 于雪娇,孙玲玲,孙姐姐,等.外科重症监护室噪声的现况调查[J].护理实践与研究,2024,21(12):1843-1847.
- [3] 张舒文,胡晓静.ICU设置安静时间的研究进展[J].护理学杂志,2022,37(8):100-103.
- [4] OK E,AYDIN SAYILAN A,SAYILAN S,et al.Noise levels in the dialysis unit and its relationship with sleep quality and anxiety in patients receiving HD:a pilot study[J].Ther Apher Dial,2022,26(2):425-433.
- [5] VAN DE POL I,VAN ITERSOM M,MAASKANT J.Effect of nocturnal sound reduction on the incidence of delirium in intensive care unit patients;an interrupted time series analysis[J].Intensive Crit Care Nurs,2017(41):18-25.
- [6] GALLACHER S,ENKI D,STEVENS S,et al.An experimental model to measure the ability of headphones with active noise control to reduce patient's exposure to noise in an intensive care unit[J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5645302/>.DOI:10.1186/s40635-017-0162-1.
- [7] 中国建筑科学研究院.GB 50118-2010 民用建筑隔声设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010:16-19.
- [8] KONKANI A,OAKLEY B.Noise in hospital intensive care units—a critical review of a critical topic[J].J Crit Care,2012,27(5):522,e1-e9.
- [9] RYAN K M,GAGNON M,HANNA T,et al.Noise pollution:do we need a solution? An analysis of noise in a cardiac care unit[J].Prehosp Disaster Med,2016,31(4):432-435.
- [10] 廖金花,钱小芳,林颖,等.早产儿重症监护环境噪声水平的调查

- 分析[J].护理学杂志,2018,33(8):21-23.
- [11]SIMONS K S, VERWEIJ E, LEMMENS P M C, et al.Noise in the intensive care unit and its influence on sleep quality:a multicenter observational study in Dutch intensive care units[J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6173893/>. DOI:10.1186/s13054-018-2182-y.
- [12]ALTHAHAB A Q J, VUKSANOVIC B, AL-MOSAWI M, et al.Noise in ICUs: review and detailed analysis of long-term SPL monitoring in ICUs in Northern Spain[J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9738928/>. DOI: 10.3390/s22239038.
- [13]贺芳,温秀兰,林艳,等.新生儿重症监护病房噪声水平调查与对策[J].护理学报,2020,27(12):42-45.
- [14]JUNG S,KIM J,LEE J,et al.Assessment of noise exposure and its characteristics in the intensive care unit of a tertiary hospital [J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7370148/>.DOI:10.3390/ijerph17134670.
- [15]蒋玲洁,韩露露,杨丽平,等.ICU患者睡眠障碍危险因素的系统评价[J].中国循证医学杂志,2019,19(7):803-810.
- [16]BASNER M, BABISCH W, DAVIS A, et al.Auditory and non-auditory effects of noise on health[J].Lancet,2014,383(9925):1325-1332.
- [17]KORNIENKO A.Intensive care unit environment and sleep[J]. Crit Care Nurs Clin North Am,2021,33(2):121-129.
- [18]TOPCU N, TOSUN Z.Efforts to improve sleep quality in a medical intensive care unit: effect of a protocol of non-pharmacological interventions[J].Sleep Breath,2022,26(2):803-810.
- [19]李一飞.噪声干扰对重症监护病房护士影响情况的调查分析[J].当代护士,2020,27(2):32-34.
- [20]王勇,孙磊.主动降噪技术发展前景分析[J].电子世界,2020(21):49-50.
- [21]TAYLOR-FORD R, CATLIN A, LAPLANTE M, et al.Effect of a noise reduction program on a medical-surgical unit [J]. Clin Nurs Res,2008,17(2):74-88.
- [22]王莉,陈香萍,何雪花,等.眼罩、耳塞在ICU病人睡眠障碍护理干预中的应用研究进展[J].护理研究,2019,33(8):1351-1354.
- [23]MILLS G H, BOURNE R S.Do earplugs stop noise from driving critical care patients into delirium? [J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3580687/>. DOI: 10.1186/cc11397.
- [24]KRUEGER C, SCHUE S, PARKER L.Neonatal intensive care unit sound levels before and after structural reconstruction[J]. MCN Am J Matern Child Nurs,2007,32(6):358-362.
- [25]胡静,周晓光,汤超美,等.新生儿病房噪声污染现状分析与干预[J].护理研究,2014,28(30):3814-3816.
- [26]HUTCHINSON G, DU L, AHMAD K.Incubator-based sound attenuation:active noise control in a simulated clinical environment[J/OL].[2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7363066/>.DOI:10.1371/journal.pone.0235287.
- [27]HUTCHINSON G M, WILSON P S, SOMMERFELDT S, et al. Incubator-based active noise control device: comparison to ear covers and noise reduction zone quantification[J].Pediatr Res, 2023,94(5):1817-1823.
- [28]KIM I H, CHO H, SONG J S, et al.Assessment of real-time active noise control devices in dental treatment conditions[J/OL]. [2024-03-28].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9368128/>.DOI:10.3390/ijerph19159417.
- [29]LIU L, GUJJULA S, KOU S M.Multi-channel real time active noise control system for infant incubators[J/OL].[2024-03-28].<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19964251/>. DOI: 10.1109/IEMBS.2009.5333780.
- [30]杨丽平,张志刚,张彩云,等.ICU报警疲劳产生的原因及预防策略[J].中国护理管理,2017,17(9):1274-1277.
- [31]崔大磊,山李,徐思梦,等.ICU噪声干预策略的研究现状与展望[J].中国护理管理,2022,22(10):1565-1568.
- [32]马瑞芳,郑洁,何晓云.ICU护士噪声控制知识态度行为现况调查[J].护理学杂志,2019,34(1):57-59.
- (本文编辑:沈园园)
-
- (上接第95页)
- [20]ANONYMOUS A.Tactical combat casualty care(TCCC) guidelines for medical personnel 15 december 2021 [J].J Spec Oper Med,2022,22(1):11-17.
- [21]郭栋,张戎,黎檀实,等.现代战伤现场急救止血理论、技术与器材[J].中华灾害救援医学,2021,9(6):1066-1070.
- [22]姚晓,杨庭义.美军2021版战术战伤救治指南更新要点解读及启示[J].中华灾害救援医学,2022,10(5):268-272,297.
- [23]董科,高明,楚雪欣,等.美军战术战伤救治指南止血器材研究[J].中华灾害救援医学,2022,10(5):253-257.
- [24]MCKEE J L, KIRKPATRICK A W, BENNETT B L, et al. Worldwide case reports using the iTClamp for external hemorrhage control[J].J Spec Oper Med,2018,18(3):39-44.
- [25]宋殊琪,杨森,孙永锋.便携式多功能单兵急救包的设计[J].武警医学,2024,35(7):643-644.
- [26]秦昊,宗兆文,刘良明,等.战现场单兵急救包配备需求分析及研制[J].华南国防医学杂志,2016,30(8):523-525.
- [27]刘伟,王展儒,曹洪亮,等.新型高原单兵急救包的研制与应用[J].医疗卫生装备,2017,38(9):23-25,36.
- [28]田竞,孙蕊,王渊博,等.阿富汗战争中3所北约军队医院卫勤保障比较[J].解放军医院管理杂志,2018,25(1):89-93.
- [29]刘伟,楼铁柱,李丽娟.美军战伤救治管理与研究进展分析[J].军事医学,2023,47(3):217-222.
- [30]ARIE L, SHU G, WENLONG C.Wearable smart bandage-based bio-sensors[J].Biosensors,2023,13(4):234-251.
- [31]UDANGAWA R N, MIKAEL P E, MANCINELLI C, et al.No-vel cellulose-halloysite hemostatic nanocomposite fibers with a dramatic reduction in human plasma coagulation time[J].ACS Appl Mater Interfaces,2019,11(17):15447-15456.
- [32]李丽娟,刁天喜.美军战场镇痛药物的应用与启示[J].军事医学,2021,45(11):820-822,842.
- [33]赵方捷,冯逸飞,张义,等.基于无人机搜救平台的海上落水伤员搜救卫勤决策系统[J].解放军医院管理杂志,2019,26(2):179-182.
- [34]魏晓慧,丁晟,杨焜,等.功能化高分子材料在包扎止血方面的应用[J].医疗卫生装备,2019,40(6):100-104.
- (本文编辑:沈园园)