

早期産児を取り巻く NICU の環境音

中島登美子・常田裕子・清水嘉子

I. はじめに

早期産児の発達への影響を最小限に抑えるため、新生児集中治療室(Neonatal Intensive Care Unit: NICU)を発達に適した環境に保つことが勧められている⁽¹⁾。NICUを早期産児の発達に適した環境に設定することは、複雑な神経系の連結をもたらす自律性を育む基盤となり、早期産児の発達を支えることにつながる。Als et al. (1986)は、共生発達モデルをもとに胎児は環境と相互作用しながら発達するため、多様な物理的環境や人的関わりが発達に影響することを呈示した⁽²⁾。

American Academy of Pediatrics (AAP)は、早期産児を収容するNICUの環境指針を推奨し、その取り組み課題の1つとして環境音がある⁽¹⁾⁽³⁾。AAPによるNICUにおける環境音指針は、1974年からの知見をもとに胎児と新生児が聴覚形成に影響を与えるリスクがあることを指摘し、NICUの環境は音圧45dB以内に保つことを勧めている⁽¹⁾⁽³⁾。

人における聴覚機能の発達は胎生期4週頃には萌芽がみられる。胎児期における聴覚の発達は、在胎24週までに末梢知覚基盤が構築され、28週以降も継続的に延び、中枢神経システムの音響伝達経路の成熟につながる。聴覚閾は、在胎27～29週に約40dB、42週までに成人レベルの13.5dBに成熟するが⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾、この発達過程で過剰な負荷が加わると聴覚形成に影響を与える可能性がある。聴覚障害をもたらすリスクとして薬剤カナマイシンは三半規管形成に影響すると指摘されているが⁽¹⁾、その他の環境音による影響の機序は未解明である。

NICUの環境音圧を1週間調査した報告では、曜日による差異はないが、推奨基準以上の音圧が日常的に発生し⁽⁶⁾、午前中の特定の時間帯に音圧が強く、人の出入りが活発な時間帯に強い音圧が発生していた⁽⁷⁾。

環境音とケア水準との関連については、ハイリスク児を収容し集中治療を行うNICUとよりケア度が低くローリスク児を収容するGrowing Care Unit (GCU)を比較し、NICUの平均環境音圧はGCUより有意に強く⁽⁸⁾、昼間の音圧は夜間より強いことを示していた⁽⁹⁾。これらはハイリスク児が収容されるNICUは、GCUより音圧が強く聴覚形成に影響を与えるリスクが高いことを示唆している。

一方、NICUにおける環境音対策が早期産児に与える影響については、短期的には呼吸および循環等の生理学的な変化を及ぼすが、長期的な影響は明瞭ではない⁽¹⁰⁾。

NICUの建物の構造的側面については、NICU新施設移動前後の環境音を測定し、移動後に

やや改善されてはいるが、推奨基準を保つ難しさがあることを示していた⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。NICU 施設の多くは、1つの開放病床で管理する開放型ユニットであるが、近年、個室型ユニットを採用し環境対策を行っている施設の報告もある⁽¹³⁾。

NICU において早期産児を取り巻く環境音を基準に適合した設定にすることは、睡眠覚醒状態の安定を通し早期産児の発達を支えることにつながる可能性はあるが、環境音調節は多様な要因が絡むため容易ではない。本研究は NICU における環境音の現状を明らかにし、早期産児の発達を支える NICU 環境への示唆を得る。

II. 研究方法

1. 調査施設

調査施設は、1,100床を有する大学病院の総合母子周産期センターの NICU 12床、GCU 24床の施設である。NICU はユニットの奥の位置に配置され、GCU は出入口近くに配置されている。なお、AAP (2004) は NICU をケア水準から I ～ III に分類しており⁽¹⁴⁾、英文表記の NICU III は日本での NICU、NICU II は日本での GCU に該当する。これらをふまえ本研究では、ケア水準の違いを表すため NICU および GCU と表記する。

2. 調査方法

NICU および GCU の音環境の測定は 7 日間、NICU 保育器は 1 日間、GCU の音質調査は 30 分間行い、調査は 2012 年 2 月から 10 月に実施した。

測定器機はアクティグラフ音型を用い、データ収集間隔を 1 分間に設定し測定箇所に配置した。測定値は音圧 (dB) で表し、測定範囲は 40dB から 85dB、1 分以内に発生した最も高い音圧を 1 分毎にメモリーに保存する仕様である。測定箇所は、NICU と NICU 保育器および GCU の 3 か所とし、日常業務に支障のない壁側に設定した。NICU 保育器は測定専用とし、収容者のない保育器の中に測定機器を設置した。GCU の音質調査は、調査者 1 名が GCU 室内に設置した椅子に座り、1 分間に発生した音を聞き取り、その音源と音質を記録表に記載することを 30 分間実施した。また、開始時に主観的音質測定とアクティグラフ音型測定の時刻を合わせ、測定終了後に同時刻に発生した音圧と音質を時系列で照合した。

3. 分析方法

音圧 (dB) の分析は AAP の NICU 環境音基準をもとに、平均音圧と環境音基準をもとに解析した。環境音基準の分類は Byers et al. (2006) をもとに、等価音圧 (Leq) 50dB、時間率 10% の音圧 (L_{10}) 55dB、最大音圧 (L_{max}) 70dB に分類した⁽¹¹⁾。これらは、等価音圧は 50dB 以内に、時間率 10% は音圧 55dB 以内に、最大音圧は 70dB 以内という環境音推奨基準に沿ったものである。

本研究で用いる平均音圧は発生音圧の平均値、環境音基準はデータ収集間隔を 1 分間、解析

区間を1時間に設定した。昼夜の区分は、昼間は7:00～18:59、夜間は19:00～6:59とした。分析ソフトは AMI 社の Action 4 を用い、Action 4 の解析図から視覚的に全体像を把握し、収集した数値(dB)を Excel に移行し、解析に用いた関数($Leq = 10 * \log_{10}(\sum 10L_i/10) - 10 * \log_{10}N$, $L_{10} = \text{Large}(N:N, (\text{round}(\text{count}(N:N) * 0.1, 0)))$)を入力して1時間毎の音圧を算出し、1日毎の傾向をグラフに表し、SPSS ver 23 を用いて記述統計処理を実施した。

4. 倫理的配慮

本研究は、人を対象とせず研究倫理審査の適用外であるため、調査施設の看護部の承認を得て、調査病棟の看護師長に研究内容と倫理的配慮を説明し書面での同意を得た。説明内容は、研究目的、研究方法、同意の任意性、同意撤回が可であること、個人情報保護、研究成果の公表等である。また、測定中は病棟内に音圧を測定中であることを掲示し面会者等へ通知した。

Ⅲ. 結 果

1. NICU における環境音

平均音圧と発生頻度について曜日による相違を検討した結果、大きな相違はなく、1日のデータをもとに述べる。

1) NICU および NICU 保育器における平均音圧

平均音圧は、24時間を表す1日、昼間、夜間に分類した。平均音圧は、1日はNICU 49.94dB、NICU 保育器 48.50dB、昼間はNICU 54.30dB、NICU 保育器 50.51dB、夜間はNICU 45.59dB、NICU 保育器 46.60dB であり、NICU および NICU 保育器共に推奨基準値を少し上回る程度で

表1 NICU、NICU 保育器、GCU の平均音圧

		平均(dB)	標準偏差	最小	最大
NICU	1日	49.94	8.95	40	78
	昼間	54.30	8.52	40	78
	夜間	45.59	7.06	40	72
N保育器	1日	48.50	4.60	46	80
	昼間	50.51	5.52	46	80
	夜間	46.60	2.26	46	62
GCU 第1回	1日	66.40	10.69	40	86
	昼間	71.25	8.15	40	86
	夜間	61.55	10.73	40	85
GCU 第2回	1日	56.33	13.05	40	85
	昼間	60.41	10.84	40	85
	夜間	52.25	13.78	40	85

数値は音圧(dB)

あり、昼間は夜間よりやや強い音圧であった。

また、NICU 保育器の音圧は NICU より 1 日と昼間において少し低い傾向にあったが、夜間は NICU 保育器の音圧が少し強い傾向にあり、最小音圧も 46dB を示していた。NICU 保育器は無人であるが稼働しているため、稼働音も発生しているといえる(表 1 参照)。

2) NICU および NICU 保育器における環境音基準値毎の音圧

NICU 環境音基準値をもとに、1 時間毎の等価音圧(Leq)、時間率(L₁₀)、最大音圧(Lmax)を

表 2 NICU、NICU 保育器、GCU における基準値毎の平均音圧

基準値		平均	標準偏差
Leq 50dB	NICU	57.11	5.34
	NICU 保育器	50.95	5.55
	GCU 第 1 回	71.83	4.96
	GCU 第 2 回	65.08	3.53
L ₁₀ 55dB	NICU	60.74	6.53
	NICU 保育器	52.47	7.56
	GCU 第 1 回	75.83	4.96
	GCU 第 2 回	69.27	4.01
Lmax 70dB	NICU	60.12	8.95
	NICU 保育器	69.37	5.04
	GCU 第 1 回	81.16	4.19
	GCU 第 2 回	79.62	5.96

数値は音圧(dB)

抽出した。環境音が等価音圧 Leq 50dB の音圧は、NICU は 57.11(±5.34)dB、NICU 保育器は 50.95(±5.55)dB、時間率 L₁₀ 55dB は、NICU 60.74(±6.53)dB、NICU 保育器 52.47(±7.56)dB、最大音圧 Lmax 70dB は、NICU 60.12(±8.95)dB、NICU 保育器 69.37(±5.04)dB であり、環境音基準を超過したのは Leq 50dB および L₁₀ 55dB にややあるが、Lmax 70dB は少なく、ほぼ環境音基準に沿っていた。但し、視覚的にも Lmax 70dB は 10 時、14 時に高く、特定の時間帯に集中していた。また、NICU 保育器の最大音圧(Lmax)は、NICU より強いことを示していた(表 2、図 1 参照)。

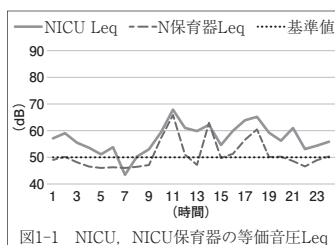


図1-1 NICU、NICU保育器の等価音圧Leq

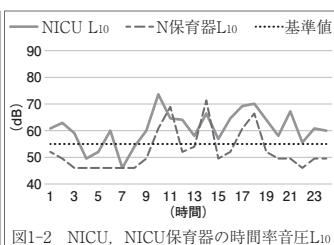


図1-2 NICU、NICU保育器の時間率音圧L10

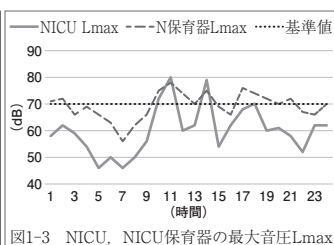


図1-3 NICU、NICU保育器の最大音圧Lmax

図 1 NICU、NICU 保育器における環境音(Leq, L₁₀, Lmax)の日内変動

2. GCU における環境音

第 1 回調査は 2012 年 3 月に行い、第 2 回調査は調査施設への調査結果報告 7 か月後の 2012 年 10 月に実施した。

1) GCU における平均音圧

GCU の平均音圧は、1 日、昼間、夜間に分類した。第 1 回調査の GCU の平均値は、1 日は

66.40dB、昼間は71.25dB、夜間は61.55dBと強い音圧を示していたが、第2回調査は、1日は56.33dB、昼間は60.41dB、夜間は52.25dBであり、第2回調査は第1回調査より低減傾向にあった(表1参照)。

2) GCU における環境音基準値毎の音圧

NICU 環境音基準値をもとに、1時間毎の等価音圧(Leq)、時間率(L₁₀)、最大音圧(Lmax)を抽出した。GCU における等価音圧 Leq 50dB の音圧は、第1回調査71.83(±4.96)dB、第2回調査65.08(±3.53)dB、時間率 L₁₀ 55dB の音圧は、第1回調査75.83(±4.96)dB、第2回調査69.27(±4.01)dB、最大音圧 Lmax 70dB の音圧は、第1回調査81.16(±4.19)dB、第2回調査79.62(±5.96)dBであった(表2、図2参照)。

GCU は、第1回調査では等価音圧 Leq 50dB と時間率 L₁₀ 55dB、および最大音圧 Lmax 70dB いずれの音圧も強かったが、第2回調査では等価音圧 Leq 50dB、時間率 L₁₀ 55dB、および最大音圧 Lmax 70dB 共に減少していた。しかし、GCU のいずれの音圧も環境音基準より強いことを示していた。

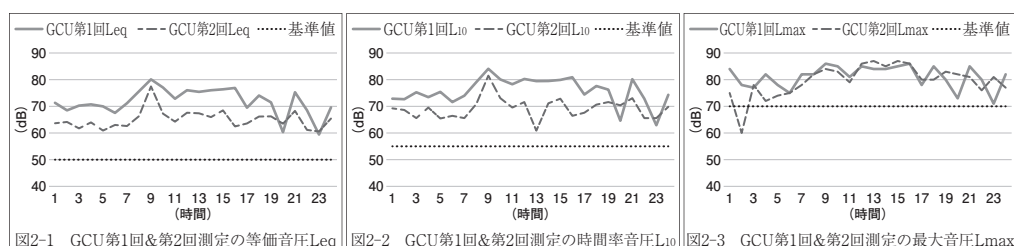


図2 GCU における第1回 & 第2回測定の環境音(Leq, L₁₀, Lmax)の日内変動

3) GCU における音質

GCU における音圧の強さがどのような音源から発生しているかを調べるため、音の発生源と音質を調査した。最大音圧 Lmax 70dB 以上を示した音質は、パソコンのキーボード操作音(86dB)、子どもの啼き声(82dB)、無呼吸感知器の警報音(76dB)、業務用ワゴンの移動音(74dB)、手洗い音(72dB)、ミュージックボックス(70dB)等であり、多くは一時的な機械音であるが、音質の異なる子どもの啼き声の音圧も強かった(表3参照)。

表3 GCU の音質と音圧

音 質	音圧(dB)
パソコンのキーボードを叩く音	86
無呼吸警報機の音	76
ワゴンが通る音	75
手洗いの音	72
足音	70
別室の子どもの啼き声	70
ミュージックボックスの音	70
セロハンテープを切る音	65
話し声	60

IV. 考 察

NICU の環境音を調査した結果、NICU および NICU 保育器の環境音は概ね基準に沿っていたこと、GCU の環境音は24時間を通し環境音基準より強い音圧を示していた。夜間は昼間より静かな音圧であるが、特定の時間帯に強い音圧があり、人の移動と作業量を反映していた。また、最大音圧 L_{max} 70dB の強い音圧には機械音の他に子どもの啼き声等も含まれていることが分かった。これらをもとに、NICU における環境音について、平均音圧と環境音基準の音圧との捉え方、NICU と GCU との差異の要因、音質解釈における音圧の限界から検討する。

まず、平均音圧と環境音基準の音圧との捉え方から検討する。平均音圧からみれば、NICU 室内および NICU 保育器内の音圧は、ほぼ環境音基準に添っていたといえる。しかし、環境音基準値毎の音圧からみると等価音圧 L_{eq} 50dB および時間率 L_{10} 55dB 共に少なからず発生していた。これらの相違が示すものは、平均音圧では全体的傾向を把握できるが、時間毎の状況を識別するには環境音基準値毎の音圧から読み取る必要があるといえる。言い換えると、NICU と NICU 保育器の平均音圧では、良い結果がもたらされていることを反映しているといえるが、環境音基準値毎の音圧では、NICU、NICU 保育器共に音圧差がややあり、課題が存在するといえる。そのため、平均音圧と音圧の両指標をもとに課題を特定していく必要があるといえる。

加えて、NICU 保育器は NICU よりも静かな環境が保たれており、保育器内は保育器外で発生する音に対して遮音効果があることを示していた。しかし、NICU 保育器の最低音が 46dB と NICU 室内音よりも強かったこと、および NICU 保育器の最大音圧 (L_{max}) が NICU より強かったことは、保育器内での増幅効果を示唆しており、保育器内で発生する音の対策も考慮する必要があるといえる。

次に、NICU と GCU との差異の要因について検討する。Levy et al. (2003) は NICU の音圧は GCU より強かったといい、その要因として NICU では高度医療を必要とし人の動きが慌ただしいことがある⁽⁵⁾。このことは、ハイリスク児を収容し高度医療を提供する NICU は、GCU よりも環境音対策を必要とすることを示している。

本研究において、NICU の音圧は環境音基準にはほぼ沿っており、環境音対策の効果が表れていると考えられる。しかし、GCU の音圧は NICU より強く、昼間の平均音圧は 71.25dB ~ 60.41dB と強い音圧であり、最大音圧 L_{max} 70dB も多かった。これは、NICU のハイリスク早期産児にはリスクに応じた効果が表れているが、GCU では同様の効果がないことを表している。効果が異なるということは、同様の対策がとられていないことを表し、その背景にあるのは、NICU のハイリスクと GCU のローリスクというリスクの違いが、環境音対策への意識づけの違いにつながっている可能性がある。

一方、第2回測定値が第1回より低かったことは、第1回の測定結果を認識することが第2

回の改善につながっていた可能性がある。すなわち、現状を認識することが環境音推奨基準を意識づけることにつながった可能性がある。

蜂屋ら(2001)は、NICU 環境音の対策前後の意識づけを調査し、落ち着いている時間帯の音には有意差はないが、慌ただしい時間帯には突発音対策に有意差があったという⁽¹⁵⁾。すなわち、環境音対策という認識への働きかけは、突発音に対する意識づけとしては効果があり継続するが、人の出入りが少なく落ち着いている時間帯の背景音に対しては効果がみられないといえる。

このことは、意識づけることにより突発音へは効果が見込めるが、潜在的に存在する背景音にはそのものを低減する対策が必要といえ、音の性質により取り得る対策は異なることを考慮する必要がある。

次に音質解釈における音圧の限界について検討する。GCU では、環境音基準以上の音が多く発生していた。音質調査では、音が強かったのは主に日常業務から生じる機械音であったが、子どもの啼き声や人の会話等の自然な営みもあった。音圧測定で機械音と話し声が同様の強さであっても、どの音質が子どもに影響を与えるのかを識別することは難しい。また、高音圧(dB)でも低周波(Hz)の音では、子どもの反応がないことがあり⁽¹⁶⁾、音圧のみでは子どもへの影響は測れない場合があることを示唆している。

Krueger et al. (2005)は、NICU の環境音を測定し、推奨基準以上の音が発生していたのは、特に6～7時、10～12時であったといい⁽⁷⁾、本研究でも特定の時間に推奨基準以上の音圧が発生していた。特定の時間に発生する音が空腹等の早期産児の啼き声であれば、2～3時間間隔で反復発生する可能性はあるが、該当しないことから早期産児の啼き声とは考えづらい。これらの特定の時間に発生する環境音、例えば勤務交替時や面会者の出入り等による人の移動が多い時間帯に発生する強い環境音も、早期産児に影響する音であるのかを特定する必要がある。

これらから、どのような環境音が子どもの睡眠覚醒に影響を与えるのかを判断するには、音圧(dB)と共に周波数(Hz)を加え音質を特定する必要があると考える

これらをふまえ、今後の NICU 環境音対策の課題として、早期産児に影響する音質を特定すること、環境音基準を保ち実行可能な改善策を検討することが必要と考える。

なお、本研究は1施設の調査であること、本調査で用いた保育器は収容者のない測定用の機器として設定したことから、実際のケア場面を反映したものではないという限界がある。

V. 結 論

NICU における早期産児を取り巻く環境音を測定した結果、次のことが分かった。NICU および NICU 保育器の環境音は、等価音圧(Leq)と時間率(L₁₀)は環境音基準よりやや強いが、最大音圧(Lmax)は概ね環境音基準に沿っていたこと、GCU の環境音は等価音圧(Leq)と時間率(L₁₀)および最大音圧(Lmax)共に環境音基準より強い音圧を示していたが、第2回測定は第1

回測定よりやや低減したこと、夜間は昼間より静かな音圧だが、特定の時間帯に強い音圧があったこと、最大音圧(Lmax) 70dB の強い音圧には機械音の他に子どもの啼き声等も含まれていることが分かった。

謝辞

ご多忙にも関わらず快く調査にご協力いただいた施設の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- (1) American Academy of Pediatrics, Committee on environmental health. 1997. Noise: A hazard for the fetus and newborn. *Pediatrics* 100(4): 724-727.
- (2) Als H, Lawhon G, Brown E. 1986. Individualized behavioral and environmental care for the very low birth weight preterm infant at high risk for bronchopulmonary dysplasia: Neonatal intensive care unit and developmental outcome. *Pediatrics* 78(6): 1123-1132.
- (3) White RD, Smith JA, Shepley MM. 2013. Recommended standards for newborn ICU design eighth edition. *Journal of Perinatology* 33: S2-16.
- (4) Lasky RE, Williams AL. 2005. The development of the auditory system from conception to term. *Neo Reviews* 6(3): e141-152.
- (5) Newton VE. 2001. Disorders of hearing. Levene MI. *Fetal and neonatal neurology and neurosurgery* third edition chapter 39. Churchill livingstone.
- (6) Williams AL, Drongelen WV, Lasky RE. 2007. Noise in contemporary neonatal intensive care. *J. Acoust. Soc. Am* 121(5): 2681-2690.
- (7) Krueger C, Wall S, Parker L, Nealis R. 2005. Elevated sound levels within a busy NICU. *Neonatal Network* 24(6): 33-37.
- (8) Levy GD, Woolston DJ, Browne JV. 2003. Mean noise amounts in level II vs level III neonatal intensive care units. *Neonatal Network* 22(2): 33-38.
- (9) Matlook SA, Sullivan MC, Salisbury A, Miller RJ, Lester BM. 2010. Variation of NICU sound by location and time of day. *Neonatal Network* 29(2): 87-95.
- (10) Wachman EM, Lahav A. 2010. The effects of noise on preterm infants in the NICU, *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. doi: 10.136/abc.2009.182014.
- (11) Byers JF, Waugh WR, Lowman LB. 2006. Sound level exposure of high-risk infants in different environmental conditions. *Neonatal Network* 25(1): 25-32.
- (12) Brandon DH, Ryan DJ, Barnes AH. 2007. Effect of environmental changes on noise in the NICU. *Neonatal Network* 26(4): 213-218.
- (13) Taylor T. 2011. Single patient rooms in the NICU: Lessons learned, 11th National neonatal nurses conference. Washington DC.
- (14) American Academy of Pediatrics, Committee on fetus and newborn. 2004. Levels of neonatal care. *Pediatrics*. 114(5): 1341-1347.
- (15) 蜂屋朋美、畑恵津子. 2001. NICU の音環境—児と看護婦にとっての快適環境を考える—. *日本新生児看護学会誌* 8(1): 13-19.
- (16) 清水彩. 2013. NICU における騒音の周波数変化に対する早産児のストレス反応に関する研究. 科研費成果報告書.