



超低出生体重児の出生時蘇生に対応した臨場感重視型シミュレーション教育プログラム：プログラム設計と導入に向けた課題の検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学小児科学雑誌編集部 公開日: 2026-03-13 キーワード: 超低出生体重児, 蘇生, シミュレーション, 教育, 臨場感 作成者: 飯嶋, 重雄 メールアドレス: 所属: 浜松医科大学
URL	http://hdl.handle.net/10271/0002000718

原著

超低出生体重児の出生時蘇生に対応した臨場感重視型 シミュレーション教育プログラム：プログラム設計と 導入に向けた課題の検討

Immersive, High-Fidelity Simulation-Based Training Program for Delivery Room Resuscitation of Extremely Low Birth Weight Infants : Program Design and Implementation Challenges

浜松医科大学地域周産期医療学講座
飯嶋 重雄

Department of Regional Neonatal-Perinatal Medicine, Hamamatsu University School of Medicine
Shigeo IJIMA

〈概要〉

超低出生体重 (extremely low birth weight : ELBW) 児に対する急性期診療では高度な判断と繊細な手技が求められるが、症例頻度の低さや安全面の観点から実臨床での教育機会は限られている。本研究では、ELBW 児の出生時蘇生に対応した臨場感重視型シミュレーション教育プログラムを設計した。講義、スキルトレーニング、シナリオトレーニングからなる三層構造とし、ELBW 児の体格を再現したマネキン、生体情報モニターとバイタルサインシミュレーターの連動、頭部装着型カメラによる視点映像を組み合わせ、没入的学習環境を構築した。また、臨場感の客観的指標としてスマートウォッチによる心拍数の経時的測定も検討した。一方で、心音再現の不十分さ、シミュレーター操作の複雑さ、視点映像の不安定さ、インストラクターの負担増大などの課題が示された。今後は、機器と運用方法の改良、学習者を対象とした検証を進め、教育効果と臨場感評価の体系化を図る必要がある。

キーワード：超低出生体重児，蘇生，シミュレーション，教育，臨場感

〈緒言〉

新生児医療の進歩により多くの超早産児が救命される時代となったが、救命後の後遺症を最小限に抑え、長期的な発達を支える成育支援の重要性はこれまで以上に高まっている¹⁾。しかし、超低出生体重 (extremely low birth weight : ELBW) 児の救命適応や予後に関する国際的見解は依然として統一されておらず²⁾、特に在胎 22~24 週児においては、蘇生方針が国や施設により大きく異なる³⁾。その結果、ELBW 児の出生時蘇生に関する実践的教育やエビデンスの蓄積は十分とはいえず⁴⁾⁵⁾、神経学的予後の不確実性が診療ガイドライン整備の障壁とな

っている。一方で、全 ELBW 児に対して心肺蘇生を実施すべきとする医師が 96%に達する報告⁶⁾、国内では在胎 22 週児の 81%、23 週児の 85%が積極的蘇生を受けている実態も明らかになっている⁷⁾。

在胎 22~24 週で出生する ELBW 児においては、出生後の限られた時間内に高度な判断と繊細な手技を要する急性期対応が不可欠である⁸⁾⁹⁾。しかし、ELBW 児の出生頻度は限られており、若手医師が臨床経験だけに依存して技能を習得することは困難である¹⁰⁾。このため、個々の経験差に左右されない公平かつ体系的な教育体制の整備が急務であり、再現性と安全性に優れたシミュレーション教育の重要性が指摘されている¹¹⁾¹²⁾。米國小児科学会・米國心臓協会の Neonatal Resuscitation Program (NRP)¹³⁾ や日本周産期・新生児医学会の Neonatal Cardio-Pulmonary Resuscitation (NCPR)¹⁴⁾ においても、シミュレーション教育が標準的教育手法として導入されている。

2025年11月30日受付，2026年1月6日受理
Corresponding Author: 飯嶋 重雄
〒431-3192 静岡県浜松市中央区半田山 1-20-1
TEL & FAX: 053 435 2312・053 435 2311
E-mail: sijima@hama-med.ac.jp

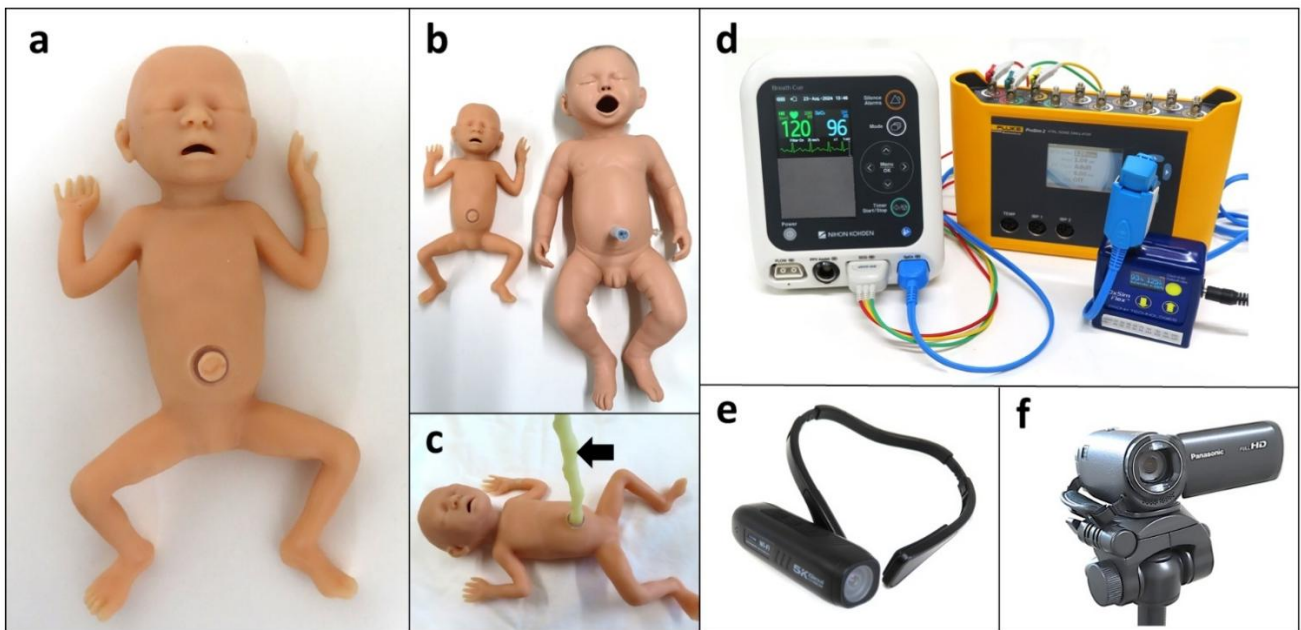


図 1. 超低出生体重児用マネキンおよびシミュレーション使用機器・映像ツール

a, 在胎24週, 590 gを再現したマネキンの全体像. b, 体重2500 gの成熟児を再現したマネキン (右) との比較. c, シリコン製臍帯 (矢印) を装着した状態. d, 生体情報 (心電図・SpO₂) モニター (左) とバイタルサインシミュレーター (右) を接続して使用. e, 頭部装着型アクションカメラ (視点映像を収録). f, 固定型ビデオカメラ (全体像を収録).

現場での経験が限られる医師 (学習者) にとっては, 単なる手技習得にとどまらず, 実際の臨床現場に特有の緊迫感や時間的制約を再現した「臨場感」を伴う教育が効果的である. 臨場感 (リアリティ・没入感) は学習者の集中度を高め, 意思決定や行動選択に心理的影響を及ぼすことが知られており, 医療シミュレーション教育の効果を高める鍵となる¹⁵⁾¹⁶⁾. 実際に国内外の研究では, 臨場感を反映したシナリオ設計が技能定着やチームコミュニケーションの向上に寄与することが報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾. しかし, 既存の新生児蘇生教育プログラムは成熟新生児を対象に標準化されており¹³⁾¹⁴⁾, 使用されるマネキンも成熟新生児の体型・内部構造を模したものが中心である¹⁹⁾²⁰⁾. そのため, ELBW 児特有の解剖学的・生理学的特徴や呼吸・循環管理に内在する困難性を十分反映しているとは言い難い⁴⁾. また, ELBW 児に特化し, 臨場感の醸成を教育の中心要素としたプログラムはこれまで報告されていない.

以上の背景を踏まえ, ELBW 児の出生時蘇生に対応した臨場感重視型シミュレーション教育プログラムを新たに設計し, その構成要素および導入に向けた課題を検討した. さらに, 臨場感の客観的評価指標として学習者の心拍数変動を経時的に測定する手法の導入可能性に関し, スマートウォッチを活用した評価の課題についても併せて検討した.

(方法)

1) 教育プログラムの対象とプログラム内容

対象は新生児専門医を目指す新生児専攻医および新生児医療に従事する若手医師を想定した. 教育プログラムは, 講義, スキルトレーニング, シナリオトレーニングからなる三層構成とした. 講義は座学形式とし, ELBW 児の生理的特徴および出生時蘇生の基本原理をスライドで解説する内容とした. スキルトレーニングでは, マネキンを用いて ELBW 児の出生時蘇生に必要な基本手技を反復して練習可能とした. シナリオトレーニングでは, ELBW 児の出生直後からの状態変化を段階的に設定したシナリオを作成し, 実際の臨床場面に近い状況下での判断と手技統合を促す構成とした.

2) 臨場感醸成のための環境設計

① ELBW 児マネキン

在胎 24 週・出生体重 590 g 相当の ELBW 児モデル PREMIE HAL®S108.100 (Gaumard Scientific 社)²¹⁾ を使用した (図 1 a, b). また, 臍帯ミルクング実施のため, 付属のシリコン製臍帯を用いた (図 1c).

② 児心音聴取方法

学習者が心拍数を評価する際の心音聴取の手がかりとして, 日本周産期・新生児医学会 新生児蘇生法普及事業が公認インストラクターに提供する NCPR シミュレーションサポーター²²⁾ を用いた.

③ 生体情報モニターおよびバイタルサインシミュ



図 2. 講義スライド
スライドの一部を抜粋.

レーター (図 1 d)

生体情報モニターには、心拍数と心電図、SpO₂をリアルタイムで表示可能なブレスキューNRN-1300 (日本光電工業) を使用した。心電図モニター用の機器シミュレーターには ProSim2 (大正医科器械) を使い、ボタン操作により心拍数を 30~160/分 (30, 40, … 150, 160) で任意調整可能とした。SpO₂モニター用の機器シミュレーターには OxSim OX-2 (エクセルプラン) を使い、ボタン操作で SpO₂ および心拍数をそれぞれ 28~100% (28, 32, 36, … 92, 96, 100), 30~160/分 (30, 40, … 150, 160) で設定可能とした。

④ 蘇生トレーニング環境および使用物品

蘇生処置は開放型保育器 (インファウオーマ i, ATOM MEDICAL) 上で実施し、換気には臨床現場と同様にガス配管を使用した。手技には、臨床使用されている聴診器 (3M™ Littmann® Classic II 新生児用), 流量膨張式バッグ (500 mL 呼吸バッグ, IWAKI), マスク (Vital Signs™ Premie Face Mask size-0, Vyaire Medical), 吸引カテーテル (6 Fr・8 Fr, NIPRO), 喉頭鏡 (Miller ブレード size-00, Welch-Allyn), 気管内チューブ (Portex, 内径 2.5 mm, ICU Medical), 呼気ガスディテクタ (ミニ・スタットキャップ, Mpi), 臍静脈カテーテル (Umbilical Catheter, Cardinal Health), 注射用シリンジ (1 mL・2.5 mL・5 mL, TERUMO), 閉鎖式輸液コネクタ (Safe Access™ 1 孔式, Cardinal Health), 栄養チューブ

(4Fr, ATOM MEDICAL) を用いた。

⑤ 映像記録

受講者視点の映像記録には、頭部装着型アクションカメラ (Gexa 5K GX-117, OnSQUARE) (図 1 e) を使用した。また、受講者・インストラクター双方の対応・手技の記録に固定型デジタルビデオカメラ (HC-V495M, Panasonic) (図 1 f) を使用した。

3) 臨場感再現の客観的評価

シナリオ実施前・実施中・実施後における学習者の心拍数変動を市販スマートウォッチ (HUAWEI WATCH D2 LCA-B11, HUAWEI) によって記録可能かどうか予備的検討を行った。その際、心拍数の増加を臨場感の間接的指標とした。

〈結果〉

1) 教育プログラムの構造と資材整備

① 講義スライド

ELBW 児に特有の解剖・生理学的特性、代表的合併症の病態、急性期管理の基本戦略と出生時蘇生法の原理について、理解促進を目的とした対話的形式のスライド教材を作成した (図 2)。

② スキルトレーニング

ELBW 児の出生時蘇生に必要な処置として、臍帯ミルキング、バッグ・マスク換気、気管挿管、胸骨圧迫、アドレナリン気管内・臍静脈内投与、人工肺サーファクタント補充療法を訓練項目に含めた。

表 1. 超低出生体重児蘇生用シミュレーションシナリオ例

シナリオ	母体情報	分娩方法・出生時の状態	蘇生時の判断ポイント
1	28歳, 3妊0産 妊娠23週2日 発熱, 前期破水にて母体搬送 羊水はほとんどない 推定体重: 600 g	帝王切開 (硬膜外麻酔) 黒緑色羊水が付着 自発呼吸なし 全身チアノーゼ 全身弛緩	子宮内感染の影響 Dry lung syndromeの可能性 人工換気圧の調整 人工肺サーファクタントの投与方法
2	34歳, 2妊1産 妊娠24週2日 妊娠高血圧腎症で子癇発作 推定体重: 550g	超緊急帝王切開 (全身麻酔) 自発呼吸なし 全身チアノーゼ 全身弛緩	全身麻酔の影響 母体の疾患・状態の影響
3	25歳, 1妊0産 妊娠25週0日 切迫早産にて母体搬送 子宮口から胎児の足が出ている 推定体重: 650 g	経膈分娩 弱いが自発呼吸あり 全身チアノーゼ 四肢はやや屈曲	人工呼吸がmask-CPAPが 気管挿管の必要性 人工肺サーファクタントの必要性
4	30歳, 1妊0産 妊娠25週1日 全前置胎盤出血 推定体重: 650 g	緊急帝王切開 (硬膜外麻酔) 全身に血液付着 自発呼吸なし 口腔内に血液あり	口腔内吸引 気管内吸引の必要性 人工肺サーファクタントの投与方法
5	35歳, 3妊2産 妊娠22週4日 体動なく来院 モニター: 高度胎児徐脈 推定体重: 不明	超緊急帝王切開 (全身麻酔) 血性羊水 自発呼吸なし 全身弛緩	重症仮死の可能性 胸骨圧迫 アドレナリンの投与方法 蘇生中止の判断

全てシナリオの一部を抜粋して掲載。CPAP, continuous positive airway pressure.

アドレナリン投与には10倍希釈液を作成する操作、人工肺サーファクタント投与には溶解により懸濁液を作成する操作も含めた。

③ シナリオトレーニング

母体背景と出生時の状態を基盤として、臨床現場における緊迫感を再現する複数のシナリオを作成し(表1)、児の状態変化と対応をアルゴリズム化した(図3)。学習者の判断および手技に応じてインストラクターが状態を段階的に変化させることで没入感を高めた。シミュレーション実施時の全景を図4aに示す。

2) 臨場感再現における有用性と課題

① ELBW 児マネキン

マネキンの大きさや重量は実際のELBW児を再現しており、その構造と材質はバッグ・マスク換気、喉頭展開や気管内チューブの挿入、臍カテーテル挿入などの手技実施に支障のないものであった。しかし、マネキンには心音・呼吸音を聴診で認識できる音響機能が備わっておらず、補助として使用したNCPRシミュレーションサポーターはスピーカー音源であるため、学習者だけでなく蘇生補助者にも心音が聞こえる状況になると予測された。そのため、聴診による評価が形式的手順にとどまり、実臨床からの乖離が懸念された。

② 生体情報モニターとバイタルサインシミュレーターの連動

モニターに心電図波形と心拍数、SpO₂値が表示され、出生後の状態によって変化するため、実臨床における蘇生場面の再現が可能であった。しかし、心拍数(ProSim2)とSpO₂(OxSim)が別系統操作であることに加えてスマートフォンによる心音提示操作もあることから、インストラクターには複雑な機器操作が求められた。また、学習者の判断や手技に応じて生体指標を逐次変化させる必要があるためリアルタイムな状態提示が難しく、シナリオ進行が途切れることがあった。さらに、臨場感再現のための突発的変化の導入や学習者の評価も求められることから、インストラクターの負担増加が懸念された。

③ 映像記録

頭部装着型アクションカメラは軽量で頭部装着・固定性に問題はなく、実施手技の妨げとはならなかった。しかし、撮影視点が術者視点と一致せず、特に気管挿管や生体情報モニター確認時に視点ずれが顕著であり、装着位置設定には繰り返し調整を要した。視線再現が良好であった際の気管挿管時映像を図4bに示す。

3) 心拍数変動を用いた臨場感評価の可能性

著者自身が学習者役としてスマートウォッチを装着し(図5a)、マネキンを用いたバッグ・マスク換気および気管挿管実施時の心拍数変動を記録した。心拍数はリアルタイムに表示され、蘇生開始後

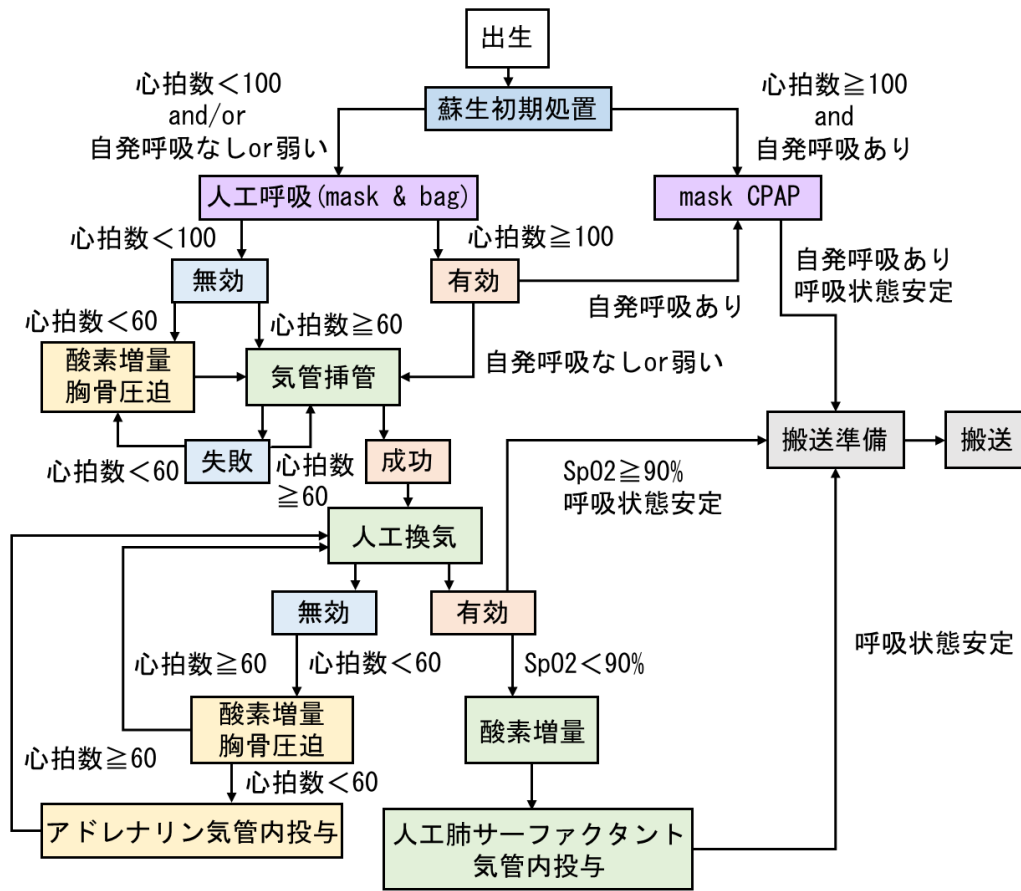


図 3. 超低出生体重児の出生時蘇生における児の状態と対応のアルゴリズム

CPAP, continuous positive airway pressure.

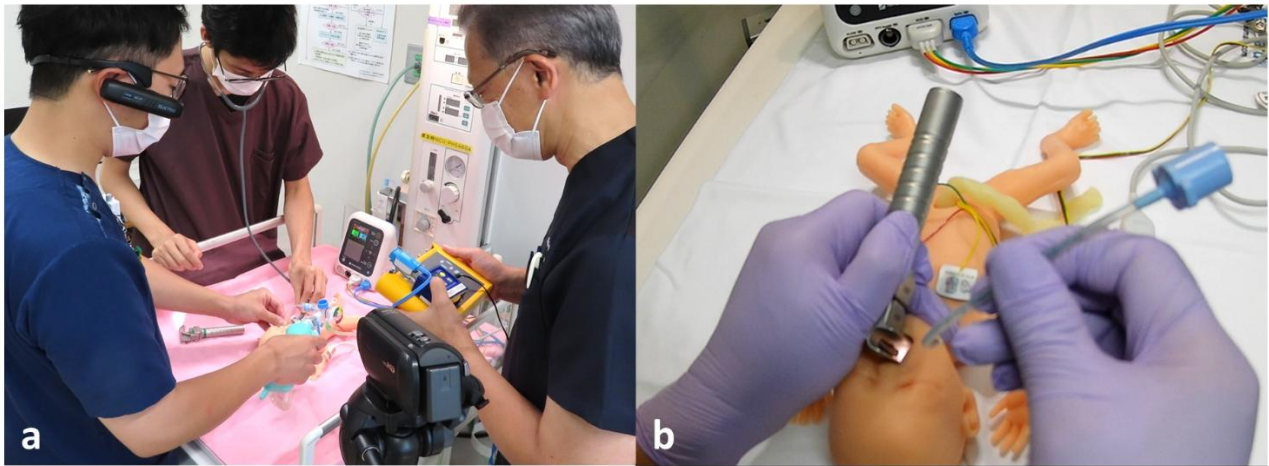


図 4. シミュレーション実施全景 (a) および頭部装着型アクションカメラ映像 (b)

に上昇傾向を示した (図 5b). しかし, 心拍数の経時的記録は 1 分単位であり, トレンドグラフ表示も時間軸が長く, 短時間で推移する処置中の変化を連続的に記録することは困難であった. また, スマートウォッチ上で心電図波形の表示自体は可能であ

ったが, 波形の連続保存機能は備わっておらず, 心拍動の規則性の変化を解析するには至らなかった.

〈考察〉

ELBW 児に対する出生時蘇生教育において, 臨床



図 5. スマートウォッチによる心拍数記録

a, ウェアラブルウォッチ本体におけるリアルタイムの心拍数表示画面. b, ペアリングしたスマートフォンにおける心拍数の経時的記録表示および心電図波形表示. トレンドグラフは表示画像を拡大した.

的再現性・没入感・学習定着性の向上を図り、実際の診療場面に限りなく近い学習環境を構築することを目的として、ELBW 児の病態に基づく高度な判断力と手技の習得に加え、実臨床に近い環境・緊張感を再現し、学習者が“場に入り込む”没入的学習を実現することを重視した臨場感重視型シミュレーション教育プログラムを設計した。

シミュレーション教育は、疑似体験から意図的に学ぶことを可能にする教育手法として幅広い分野で活用されており²³⁾、新生児医療領域においてもその教育効果が報告されている²⁴⁾。しかし、早産児・低出生体重児を対象とした出生時蘇生に関するシミュレーション教育の報告はあるものの²⁵⁾、ELBW 児に特化した取り組みは極めて限られている²⁶⁾。本プログラムでは ELBW 児用マネキンを用いたシミュレーションを導入した。使用したマネキンは質感こそ実際の ELBW 児とは異なるものの、実寸に近いサイズに加えて高い解剖学的・機能的忠実性を備えており、ELBW 児蘇生に求められる臨場感の再現に有用と考えられた。特にバグ・マスク換気に関しては、成熟児用マネキンでは臨床で使用されるマスクとの密着性が不良で、熟練者であっても十分な換気圧が得られないことがしばしば経験されている。文献においても、成熟児用マネキンではマスク選択が換気成功率に影響することが報告されている²⁷⁾。これに対し、本研究で使用したマネ

キンはマスクとの密着性は良好で、換気操作に支障をきたす所見は認められなかった。

従来の新生児蘇生法講習では、バイタルサインの再現に際し、インストラクターが心拍数・呼吸数を口頭で提示したり、テーブルを叩いて心拍数を再現するなどの手法が用いられてきた¹³⁾¹⁴⁾。しかし、これらの手法は現実の診療環境との乖離が大きく、リアリティの低下に加え、学習者およびインストラクター双方のモチベーション低下につながるものが指摘されていた²⁸⁾。本プログラムでは、心電図波形、心拍数、SpO₂をモニター画面に表示し、バイタルサインシミュレーターにより状況に応じて数値を動的に変化させることで臨場感を高めた。モニター上のバイタルサインをリアルタイムに変動させることが学習者の没入感や意思決定に影響することが文献でも示されており²⁹⁾³⁰⁾、本プログラムの教育的妥当性を裏付けている。

デブリーフィングについては、学習者がシミュレーション中に直面した状況への対応を振り返り、判断や手技の適切性を検討する過程が重要である。しかし、従来の新生児蘇生教育では、記憶に依存した振り返りとなりやすく、リアリティの欠如やフィードバックの限界が指摘されていた³¹⁾。動画を活用した振り返り支援システムが報告されているものの³²⁾³³⁾、従来はシミュレーション全景を撮影した映像が中心で、個々の蘇生実施者の技術獲得支援と

しては十分ではなかった。本プログラムでは、頭部装着型アクションカメラによる「視点映像」を導入し、ELBW児蘇生時の視覚・手技の流れをより忠実に再現した。視点映像は、処置の優先順位付けや意思決定過程の可視化を可能とし、認知と行動の双方からの改善を促す点で教育的意義は大きいと考えられる。

一方で、シミュレーション環境の課題も明らかとなった。第一に、使用したELBW児用マネキンには心音・呼吸音を再現する音響機能がなく、聴診による評価に関する臨場感が制限された。成熟児モデルには音響機能搭載型が存在するものの³⁴⁾、ELBW児に適応可能なモデルは未整備であり、小型スピーカー内蔵型マネキンの開発が望まれる。外部音源を利用する電子聴診器も市販されているが³⁵⁾、成熟児を想定したサイズであり、ELBW児への適用には限界がある。第二に、頭部装着型カメラについては視線追従性や装着位置に改善の余地があり、光学設計・装着デザインの最適化が必要である。第三に、インストラクターがシミュレーター操作、シナリオ進行と学習者評価を同時に担う負担が大きく、将来的には、人工知能 (artificial intelligence : AI) がシナリオ状況を認識し、自動でシミュレーター操作を行うシステムの開発が期待される。

さらに本研究では、臨場感の定量的評価指標として心拍変動に着目し、スマートウォッチを用いた心拍数記録の可否を検討した³⁶⁾³⁷⁾。臨場感の主観評価のみならず、生体信号、脳活動、行動変容など複数の側面から構成される³⁸⁾。本検討では緊張・集中状態を反映する生理指標として心拍動に着目したが、心拍変動は自律神経活動の変化を反映し、集中時には拍動規則性が高まることが知られている³⁹⁾。連続的で高精度な波形解析には至らなかったものの、蘇生シナリオに伴う緊張の高まりが心拍数変化として捉えられる可能性が示された。一方、市販スマートウォッチは日常的な健康管理を目的として設計されており⁴⁰⁾、短時間に生じる急激な生理反応の高解像度記録には限界があった。今後、臨場感の生理学的評価を精緻化するためには、医療用モニタリング機器との併用や、心電図波形の連続記録が可能なウェアラブル機器の開発が望まれる。

本研究は教育プログラムの設計段階にとどまり、学習者を対象とした運用評価は実施していない。今後は、若手医師を学習者、熟練医師をインストラクターとして試行し、知識・技能の事前比較、主観的評価 (アンケート)、客観的評価 (心拍数・心電図解析) を組み合わせて教育効果および臨場感再現効果を検証する必要がある。また、視点映像に解説を付したオンデマンド教材の開発も視野に入れている。さらに、将来的な拡張の一例として、既報の新生児蘇生教育における Virtual Reality (VR) 活用

41)42) も踏まえ、ELBW児診療に特化したVR教材の開発可能性についても検討課題として挙げられる。医工連携による教材開発は、高度な臨床判断能力が求められるELBW児診療において大きな意義を有すると考えられる。

〈結論〉

ELBW児の出生時蘇生に特化し、臨場感の実現を重視したシミュレーション教育環境を設計した。本研究で開発したプログラムは、ELBW児出生時蘇生に特有の緊張感と判断負荷を再現する試みとして有用である可能性が示された。しかし、音響機能を含む生体反応再現性や視点映像の安定性など環境設定上の課題、インストラクター操作負荷など運用面の改善課題が明らかとなった。今後はプログラムの試行と改良、教育的効果の定量的評価を通じ、標準化可能な教育体系の構築を目指す必要がある。

〈謝辞〉

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究C「超低出生体重児診療に特化した臨場感実現によるシミュレーションプログラムの開発」(課題番号:23K02106)の支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

〈利益相反〉

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

〈著者役割〉

飯嶋重雄は、論文の構想、デザイン、データの収集・分析および解釈、論文執筆を行った。

〈引用文献〉

- 1) Isayama T. The clinical management and outcomes of extremely preterm infants in Japan: past, present, and future. *Transl Pediatr.* 2019; 8: 199-211.
- 2) Wilkinson D, Verhagen E, Johansson S. Thresholds for Resuscitation of Extremely Preterm Infants in the UK, Sweden, and Netherlands. *Pediatrics.* 2018;142(Suppl): S574-S584.
- 3) Trevisanuto D, Satariano I, Doglioni N, et al. Delivery room management of extremely low birthweight infants shows marked geographical variations in Italy. *Acta Paediatr.* 2014; 103: 605-611.
- 4) Noshervan A, Cheung PY, Schmolzer GM. Management of Extremely Low Birth Weight Infants in Delivery Room. *Clin Perinatol.* 2017; 44: 361-375.
- 5) Peterson J, Kahvo M, Tharumakunarah R, et al. Cardiopulmonary resuscitation practices at delivery and outcomes in extremely preterm infants.

- Resuscitation. 2020; 155(supple): S34.
- 6) Catlin AJ. Physicians' neonatal resuscitation of extremely low-birth-weight preterm infants. *Neonatal Netw.* 2000; 19: 25-32.
- 7) 國方徹也, 齊藤 綾, 川崎秀徳, 他. 在胎 24 週未満の治療戦略に関する全国アンケート調査報告. *日周産期・新生児会誌.* 2013; 49: 83-87.
- 8) Lamberska T, Luksova M, Smisek J, et al. Premature infants born at <25 weeks of gestation may be compromised by currently recommended resuscitation techniques. *Acta Paediatr.* 2016; 105: e142-e150.
- 9) Sánchez-Torres AM, García-Alixa A, Cabañas F, et al. Impact of cardiopulmonary resuscitation on extremely low birth weight infants. *An Pediatr (Barc).* 2007; 66: 38-44.
- 10) Gaba DM. Anaesthesiology as a model for patient safety in health care. *BMJ.* 2000; 320: 785-788.
- 11) McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, et al. Effect of practice on standardised learning outcomes in simulation-based medical education. *Med Educ.* 2006; 40: 792-797.
- 12) Mills DM, Williams DC, Dobson JV. Simulation training as a mechanism for procedural and resuscitation education for pediatric residents: a systematic review. *Hosp Pediatr.* 2013; 3: 167-176.
- 13) Weiner GM, Zaichkin J. *Textbook of neonatal resuscitation (NRP).* 7th ed. Elk Grove Village, Illinois: American Academy of Pediatrics, 2016.
- 14) 細野茂春 (監). *日本版救急蘇生ガイドライン 2020 に基づく新生児蘇生法テキスト (第4版).* メジカルビュー社, 東京, 2021.
- 15) 元井好美, 森岡広美, 阿部香織, 他. シミュレーション教育における看護学生の学習効果に関する国内文献の検討. *日シミュレーション医療教会誌.* 2023; 11: 112-119.
- 16) 鈴木慎太郎. 医学教育分野における Virtual Reality (VR、仮想現実). *Mod Media.* 2024; 70: 183-190.
- 17) 山下喬之, 平原大助, 下井俊典. Virtual Reality の臨場感がもたらす多職種連携教育の可能性～専門職養成課程における VR を用いた具体的教育方針の考案～. *理学療法教育.* 2023; 3: 19-27.
- 18) Marie Lehmann M, Mikulasch J, Poimann H, et al. Training and Assessing Teamwork in Interprofessional Virtual Reality-Based Simulation Using the TeamSTEPS Framework: Protocol for Randomized Pre-Post Intervention Study. *JMIR Res Protoc.* 2025; 14: e68705.
- 19) NeoNatalie Newborn Educational Manikin. shopAAP in American Academy of Pediatrics. <https://www.aap.org/en/shopaap/> (最終参照 2025.8.12)
- 20) 新生児蘇生モデル LM-089. KOKEN 教育用医療モデル. 株式会社高研. <https://www.koken-educational-medical-models.com> (最終参照 2025.7.30)
- 21) Premie HAL® S108.100 - 24-Week Preterm Newborn Skills Trainer. Gaumard. <https://www.gaumard.com/s108-100> (最終参照 2025.7.30)
- 22) NCPR シミュレーションサポーター. 日本周産期・新生児医学会 新生児蘇生法普及事業. <https://www.ncpr.jp> (最終参照 2025.9.20)
- 23) 尾原秀史. シミュレーション教育の現状と問題点. *日本臨床麻酔学会誌.* 2011; 31: 762-770.
- 24) 甘利昭一郎, 伊藤裕司. 新生児医療におけるシミュレーション基盤型教育のニーズと実情に関する調査. *日周産期・新生児会誌.* 2023; 59: 372-380.
- 25) Barbato AL, Wetzel EA, Li W, et al. Simulation Education for Preterm Infant Delivery Room Management at Community Hospitals. *Pediatrics.* 2020; 146: e20193688.
- 26) O'Connell J, Weiner G. Intubating extremely premature newborns: a randomised crossover simulation study. *BMJ Paediatrics Open.* 2017; 1: e000157.
- 27) Deindl P, O'Reilly M, Zoller K, et al. Influence of mask type and mask position on the effectiveness of bag-mask ventilation in a neonatal manikin. *Eur J Pediatr.* 2014; 173: 75-79.
- 28) 西本 騰, 安藤潤人, 野間春生. 情報技術活用による NCPR 講習の実施支援システムの開発とその効果検証. *情処学インタラクシオン.* 2024; 126-135.
- 29) Ainsworth J, Perumal S, Pillai S. Simulation and its effect on perceived realism: A pilot project. *MedEdPublish.* 2024, 13: 66.
- 30) Alinier G, Oriot D. Simulation-based education: deceiving learners with good intent. *Adv Simul.* 2022; 7: 8.
- 31) 花岡信太郎, 岩永甲午郎, 河井昌彦, 他. よりよいデブリーフィングが可能な新生児蘇生講習を目指したシミュレータ開発. *日新生児成育医会誌.* 2017; 29: 756.
- 32) 西本 騰, 安藤潤人, 野間春生. NCPR 講習を支援するデブリーフィング教材自動生成システムの開発と評価. *情処学論デジタルプラクティス.* 2023; 4: 2.
- 33) 西本 騰, 安藤潤人, 野間春生. 新生児蘇生講習における効率的なデブリーフィングを支援する書き下しシステムの提案. *情処学論デジタルプラクティス.* 2024; 5: 3.
- 34) 新生児蘇生モデルアドバンス LM-111. KOKEN 教育用医療モデル. 株式会社高研究.

- <https://www.koken-educational-medical-models.com> (最終参照 2025.7.30)
- 35) ELECOM. 新生児蘇生トレーニングデバイス Saving Baby HCS-NRT01BT . <https://www.elecom.co.jp/products/HCS-NRT01BT.html> (最終参照 2025.9.30)
- 36) 鈴木伊織, 佐藤文明. ウェアラブル端末により検知した心拍変動に基づくストレス推定. 情報処学研報. 2020; 30: 1-7.
- 37) Guo J, Luo J, Xiao Y, et al. Validity and clinical utility of a wrist-worn device against polysomnography. PLoS One. 2025; 20: e0330774.
- 38) 安藤広志, カラン明子, Norberto Eiji Nawa, 他. 臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術. 情報通信研究機構季報. 2010; 56: 157-165.
- 39) 江本正喜, 正岡顕一郎, 菅原正幸. 広視野映像システムの臨場感評価. 信学技報. 2007; 106: 25-30.
- 40) 難波秀行. デジタルフロンティア 次世代技術の展望 ウェアラブルデジタルヘルスによる身体活動の評価と促進. J Clin Rehabil. 2025; 34: 561-564.
- 41) Trinh G, McAdams RM. A pilot study of a virtual reality-based simulation platform for Neonatal Resuscitation Program training. J Perinatol. 2025; 45: 521-526.
- 42) McAdams RM, Trinh G. Using Virtual Reality-Based Simulation in Neonatal Resuscitation Program Training. Neoreviews. 2024; 25: e567-e577.

Original Article

Immersive, High-Fidelity Simulation-Based Training Program for Delivery Room Resuscitation of Extremely Low Birth Weight Infants : Program Design and Implementation Challenges

Department of Regional Neonatal-Perinatal Medicine, Hamamatsu University School of Medicine
Shigeo IJIMA

Extremely low birth weight (ELBW) infants require rapid decision-making and precise procedures immediately after birth. However, opportunities for hands-on training are limited due to the low incidence of ELBW cases and restrictions related to patient safety. This study aimed to develop a simulation-based educational program designed specifically for the neonatal resuscitation of ELBW infants, with a focus on enhancing realism and immersion.

The program comprised three components: lectures, skill training, and scenario-based training. A high-fidelity manikin which replicated the anatomical and physiological characteristics of ELBW infant was used, and vital sign changes were displayed in real time through the synchronized use of a medical monitor and medical electrical equipment simulators. Additionally, a head-mounted action camera was used to record the participant's viewpoint, enabling a detailed review of hand movements and decision-making processes during the debriefing. To quantify immersion, heart rate was continuously monitored during simulated resuscitation episodes, suggesting increased physiological arousal and concentration. However, several limitations were identified, such as an absence of audible physiological signs such as heart and breath sounds in the manikin, challenges in coordinating physiological parameter changes, inconsistencies in viewpoint alignment of the action camera, and the operational burden placed on instructors. Further development of manikin functionality, optimization of visual feedback tools, and refinement of instructor operation procedures are necessary to improve educational effectiveness and support broader implementation. Future work will involve iterative pilot training with learners and structured evaluation of educational effectiveness using pre- and post-training assessments, subjective questionnaires, and physiologic indicators of immersion.