



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	人工呼吸器装着中の気管内吸引が訓練可能なリアルタイムフィードシミュレータ : Simmar+ESTE-SIM
Author(s)	コリー, 紀代; 五十嵐, 真里; 小水内, 俊介 他
Citation	北海道小児保健研究会会誌, 令和6年度, 32-39
Issue Date	2024-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93562
Type	journal article
File Information	R6_32.pdf



一般講演 2

人工呼吸器装着中の気管内吸引が訓練可能な リアルタイムフィードシミュレータ：Simmar+ESTE-SIM

コリー紀代¹⁾、五十嵐真里²⁾、小水内俊介³⁾、井上創造⁴⁾
中村美鈴⁵⁾、金井 理⁶⁾、近野 敦⁶⁾、二宮伸治⁷⁾

¹⁾ 北海道大学大学院保健科学研究院

²⁾ 国際医療福祉大学

³⁾ 香川大学創造工学部

⁴⁾ 九州工業大学

⁵⁾ 名古屋市立大学大学院看護学研究科

⁶⁾ 北海道大学大学院情報科学研究院

⁷⁾ 広島国際大学

I. 緒言

2021年(令和3年)に「医療的ケア児及びその家族に対する支援に関する法律」が新規制定され、「第二条 この法律において『医療的ケア』とは、人工呼吸器による呼吸管理、喀痰吸引その他の医療行為をいう。(下線筆者)」とされ、それまでは医師による医行為あるいは看護師による相対的医行為として分類されていた人工呼吸器が、違法性阻却(厚生労働省、2004)の考え方のもと、研修受講により誰もが実施できる行為とされる「医療的ケア」の定義に包含された。

加えて、同法第三条の基本理念においては、「医療的ケア児及びその家族に対する支援は、医療的ケア児の日常生活及び社会生活を社会全体で支えることを旨として行われなければならない」点や、医療的ケア児及びその家族に対する支援は、医療的ケア児が十八歳に達し、又は高等学校等を卒業した後も適切な保健医療サービス及び福祉サービスを受けながら日常生活及び社会生活を営むことができるようにすることにも配慮して行われなければならない」点が示されており、子どもと家族の住む地域や学校種別に捉われず、成人後を含む切れ目のない支援が必要とされている。

一方で、医療的ケア必要児の家族は、医療的ケアを在宅生活に組み込むというストレスに対し、前向きに対処する親はごくわずかであり、大多数は医療的ケアへの対応に苦慮していることが明らかとなっている(コリー, 宮崎, 2010; コリー, 2012; 小坂, 2018)。佐々木ら(2012)は、医療的ケアを生活に組み込むという「逆境(Adversity factor)」に対する「回復力(Resilience)」の支援には、「福祉の組織化」、「ソーシャルキャピタルを形成する人と人のつながりを示す支援者の存在」が重要と指摘している。逆境下に置かれた当事者・家族の声として、看護師には人工呼吸器を含む医療的ケアの実践能力と指導能力、適切な社会サービスへの連絡・調整は勿論、サービス不足があれば当該地域のサービス提供体制を構築する役割が当然求められる。

しかしながら現在、看護学部教育において人工呼吸器シミュレーション教育プログラム、シミュレータは開発段階である(西村, 太田, 2022)。ICUやNICUにおけるOn the Job Training

(OJT) が主流であり、COVID-19パンデミックのようなヘルスケアニードの急激な変化をタイムリーに学部教育に反映する仕組みにすることも課題の一つと考えられる。当事者・家族支援はもっぱら国内の特別支援学校・保育園における教員の着任時研修、看護師配置という形で進んでいるが、看護師の募集数に対し応募数が少なく看護師不足はますます深刻化している(杉井, 2024)。OJTの機会を提供するNICUの増床は、少子高齢化において考えづらく、根本的解決のためには人工呼吸器トレーニングをOJTというインフォーマル教育から学部教育というフォーマル教育に移行する検討が必要な時期と考えられる。

そこで本研究は、人工呼吸器中の気管内吸引がトレーニング可能なシミュレータを共同開発し、その学習効果と看護学部教育における適切な開講時期に関する調査を目的とする。

Ⅱ. 方法

人工呼吸器トレーニングアプリSimmar (ジマー) (Simulator for the management of artificial respiration: 図1、開発者: 広島国際大学、二宮伸治教授) と、プロジェクションマッピングにより患者モデルの表情変化を呈示する気管内吸引シミュレータESTE-SIM (エステシム) (Endotracheal Suctioning Training Environment SIMulator: 図2) を統合し、学習者が実施する看護行為に対し、即時のフィードバックを患者モデルの生体反応という臨床現場に即した形で提供可能なトレーニング環境を構築した。A大学の承諾を得て、救急看護コース4年次学生8名を対象に、Simmar+ESTE-SIMを用いた人工呼吸器装着中の気管内吸引トレーニング後に、アンケート調査を実施した。成績に関与しないことを説明し、書面による同意を得た。研究に先立ち倫理審査委員会の承認を得た(22-59)。



図1 Simmarの操作画面



図2 Simmar+ESTE-SIMの全景

1. 人工呼吸器トレーニングアプリ: Simmar

人工呼吸器トレーニングアプリSimmar (図1) は、国内の臨床工学技士養成校や病院施設で導入されている体外循環教育用仮想患者シミュレータ (ECCSIM) (二宮ら, 2010: Minami et.al, 2018) の仮想患者モデルをベースとして、主要な人工呼吸モードの動作とそれに伴う生体反応を再現する。呼吸器管理に必須のパラメータである動脈血の血液ガス分析結果(血ガス)、脈拍数、酸素飽和度、非観血的血圧等のバイタルサインデータもボタン一つで表示され、pH、PaO₂、PaCO₂等の数値により、補助・調節換気 (A/C)、従圧式 (PSV)、従量式 (VSV)、同期的間欠的強制的換気 (SIMV) などの呼吸モードのほか、呼吸回数 (分)、一回換気量 (ml)、

I：E比、トリガー感度等の設定値を変更し、モニタ画面上の波形や測定値の変化を確認することが可能となっている。さらに、気道内圧上限・下限、換気量上限・下限を設定することができ、異常時にはアラームが鳴動するため、より臨床に近く、患者に侵襲を与えることなく、学生が心理的に安全な状況で学習可能な環境を提供できるアプリである。

2. 気管内吸引シミュレータ：ESTE-SIM

プロジェクションマッピング技術を援用した気管内吸引シミュレータESTE-SIM（図2）は、吸引カテーテル先端が気道内壁に与える荷重をセンサ付き気道モデルが感知し、吸引カテーテル操作の良否により患者モデルの苦痛表情やチアノーゼを映像で呈示する。両肺に埋め込まれたスピーカーより呼吸音の聴取が可能であるため、吸引前後に呼吸音を聴診することにより、吸引の必要性和効果の判断がトレーニングできる。現在、在宅人工呼吸器管理には、開放式吸引法が実施されることが多いため、実物の呼吸器回路を気管切開カニューレから外し、気管内吸引後に忘れずに再装着を行うトレーニングも実施可能である（Ridwanら、2020：コリーら、2022：小水内ら、2023：Colley, et.al., 2023）。Simmar吸引カテーテル操作によって患者の表情・顔色、バイタルサインが変化するという、学生の行動に対するフィードバックが臨床に即した形で適時に呈示される“リアルタイムフィードシミュレータ”となっている。

3. ケア対象者の設定

本シミュレータ教育で研究協力者に呈示した患者設定は、以下のとおりである。

太郎さん（仮名）、42歳男性。発熱にて受診。3日前より38度台の発熱、倦怠感があり、「意識が朦朧としており、息苦しそうです」という家族からの情報があった。来院時の発熱は38.5度、SpO₂は95%、脈拍88回／分、呼吸数30回／分であった。末梢冷感があり、皮膚がしっとりしている。既往歴は、脳性麻痺にて反復する誤嚥性肺炎、食量低下が認められたため、10歳で気管切開術を受け、気管カニューレを留置、持続唾液吸引と経鼻経管栄養が開始されている。その後も肺炎を繰り返し、12歳より少量の経口摂取に加え、胃ろうによる経管栄養（半固形）に変更された。入院後、酸素飽和度がさらに低下し、酸素投与が開始されたが、血ガス結果が悪化したことから、人工呼吸器管理を行うこととなった。シミュレータの小型化が進んでいないため、医療的ケア必要者をケア対象者として設定した。

4. 訓練タスク

以下の訓練タスクを学習目標として設定し、デモンストレーション時にインストラクターである共同研究者1名から口頭で説明した。

「太郎さん（仮名）の喀痰吸引の必要性をバイタルサイン、肺音聴取などから判断し、必要な場合、気管内吸引（開放式）を実施してください。人工呼吸器の接続を外すと人工呼吸器（アプリ）の低圧アラームが鳴動しますので、外す前に『アラーム消音ボタン』を押してください。気管内吸引後の肺音聴取などの観察も行ってください。」

訓練タスクの説明の際、画面上のSpO₂や呼吸回数の表示場所、アラーム消音ボタンの場所、アラーム消音ボタンは、気管内吸引時に毎回アラームが鳴ると患者様を不安にさせるために押すこと、ゴーグルやエプロンなど個人防護具の使用について説明した。

5. アンケート項目

アンケート項目は、先行研究を参考にオリジナルの質問項目を用いた。①Simmarの学習効果と開講時期、②ESTE-SIMの学習効果と開講時期、③学部教育で習得すべき内容、④学部教育で習得すべき範囲とした。①②の学習効果に関しては、手軽さ、リアルさ、学習意欲向上効果、所要時間、所要時間と学習のバランスとし、開講時期は3年次の学習内容として適切であるか、4年次の学習内容として適切であるかを「とてもそう思う（4点）」「そう思う（3点）」「そう思わない（2点）」「全くそう思わない（1点）」の4件法で問い、④学部教育で習得すべき範囲については、トラブル時の対処、人工呼吸器管理、機種によって呼吸モード等の名称が異なること、人工呼吸器の組み立て・セッティング、人工呼吸器のメカニズム、呼吸器開始に関する緊急時の判断の6項目を4件法で問うものとした。

Ⅲ. 結果

4年次学生1名が不参加となったため、8名より協力が得られた。SimmarとESTE-SIMそれぞれの学習効果と開講時期に関するアンケート結果を図3に示す。

Simmarの学習効果に関しては、手軽に体験できる (3.25 ± 0.66 点)、リアルである (3.63 ± 0.48 点)、学習意欲向上効果がある (3.75 ± 0.43 点)、所要時間は適切であった (3.63 ± 0.48 点)、所要時間と学習のバランスが適切 (3.63 ± 0.48 点) と手軽さ以外の項目で3.5点以上の高い評価が得られた。開講時期に関しては、3年次が適切 (3.38 ± 0.48 点)、4年次が適切 (3.88 ± 0.33 点) であり、4年次の学習内容として適切と考える傾向が認められた。

ESTE-SIMの学習効果においても、手軽に体験できる (3.38 ± 0.70 点)、リアルである (3.88 ± 0.33 点)、学習意欲向上効果がある (3.88 ± 0.33 点)、所要時間は適切であった (3.88 ± 0.33 点)、所要時間と学習のバランスが適切 (3.88 ± 0.33 点) とこちらも手軽さ以外の項目で3.5点以上の高評価であり、Simmar、ESTE-SIMそれぞれにおいて高い学習効果があるという評価が得られた。

Simmarに関するシミュレーション演習の適切な開講時期に関する質問項目においては、F検定で正規性の確認ののち、有意水準 $\alpha = 0.05$ 、独立2群のt検定を行った結果、3年次よりも4年次が適切と回答した学生が統計学的に有意に多いことが示された ($t(7) = 1.895$, $p = 0.04$)。他方、ESTE-SIMに関しては、有意差は認められなかった ($t(7) = 1.895$, $p = 0.12$)。

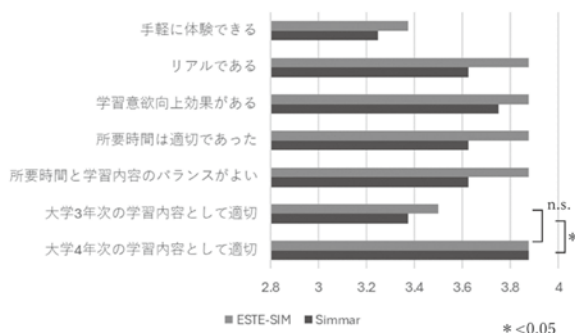


図3 学習効果と適切な開講時期に関するアンケート結果

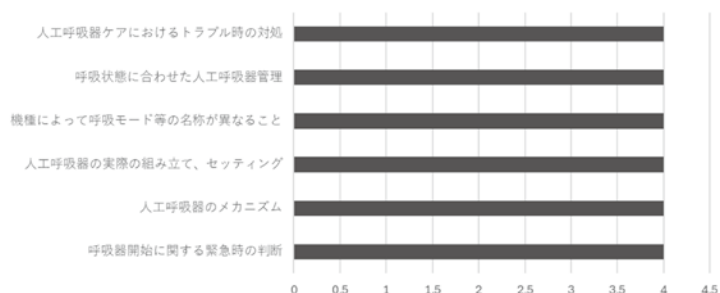


図4 人工呼吸器に関する学部における学習範囲について

続いて、人工呼吸器に関する学部における学習範囲に関するアンケート結果を図4に示す。「人工呼吸器ケアにおけるトラブル時の対処」、「呼吸状態に合わせた人工呼吸器管理」、「機種によって呼吸モード等の名称が異なること」、「人工呼吸器の実際の組み立て、セッティング」、「人工呼吸器のメカニズム」、「呼吸器開始に関する緊急時の判断」の6項目のうち、6項目すべてにおいて学生全員が4点と回答したため、全項目で4点満点という結果となった。

【考察】

人工呼吸器中の気管内吸引がトレーニング可能なシミュレータを共同開発し、その学習効果と看護学部教育における適切な開講時期に関する調査を行った。医療的ケア児の支援体制の充実を目的としているが、現段階では小型化ができていないため、医療的ケア必要者である成人男性を患者設定としたが、SimmarとESTE-SIMそれぞれの学習効果に関し、「手軽に体験できる」という質問項目以外で4点満点中3.5点以上の高い評価が得られた。

学部における開講時期に関しては、Simmarについて、3年次よりも4年次が適切と回答した学生が統計学的に有意に多く、ESTE-SIMは3年次開講と4年次開講で差は認められなかった。少数の参加者の意見ではあるが、本研究で設定した「人工呼吸器装着中の気管内吸引」という訓練タスクは3年次ではやや早く、4年次のシミュレーション教育内容として適切という意見が得られた。

人工呼吸器に関する学部における学習範囲に関しては、準備した6項目すべてに学生全員が4点と回答しており、学生が6項目のいずれにおいても人工呼吸器を扱う際の知識・スキルとして重要と捉えていることが示唆された。本研究では、人工呼吸器管理において必要な知識と技術として6項目「人工呼吸器ケアにおけるトラブル時の対処」、「呼吸状態に合わせた人工呼吸器管理」、「機種によって呼吸モード等の名称が異なること」、「人工呼吸器の実際の組み立て、セッティング」、「人工呼吸器のメカニズム」、「呼吸器開始に関する緊急時の判断」を挙げたが、実際に学部教育にどの程度、組み込めるのかという具体的な検討が必要と考えられた。

続いて、これらの結果の適用可能性について、学部教育における課題とリアルタイムフィードシミュレータの評価方法の2点から検討する。本研究で提案するアンケート項目では、人工呼吸器を扱う際の知識・スキルとして重要と考えられる6項目を「人工呼吸器ケアにおけるトラブル時の対処」、「呼吸状態に合わせた人工呼吸器管理」、「機種によって呼吸モード等の名称が異なること」、「人工呼吸器の実際の組み立て、セッティング」、「人工呼吸器のメカニズム」、

「呼吸器開始に関する緊急時の判断」とした。先行研究と共同研究者の臨床経験から作成したオリジナルの項目である。すべての項目において満点であったが、本提案の6項目で充分であるのかという内部整合性の確認、また、各項目における到達目標の具体化、学習評価尺度の作成、安全な人工呼吸器管理に必要な知識と技術の最低要件（Minimum Requirement）の検討、卒業時到達度の達成率など、カリキュラム自体を評価するカリキュラム・デザインとカリキュラム・マネジメント（杉谷，2022）に関する研究をさらに進める必要がある。

リアルタイムフィードに関しては、苦痛表情やチアノーゼ、パルスオキシメータの数値変化など、臨床に即した生体反応を示すシミュレータを構築した。リアルな生体反応であるかを評価する方法に関しては、標準化された尺度は管見の限り見当たらない。本研究では、臨床実習を終えた学生によるアンケートにより評価しているため、今後は、実際に人工呼吸器管理の臨床経験のある医師・看護師の意見を加えることにより、リアルさを高め、患者・学習者にとって安全な学習環境の構築が今後の課題と考えられた。

本シミュレータは、国内初の人工呼吸器装着中の気管内吸引が訓練可能なシミュレータであり、2023年に特許を取得した。使用実績を積み、カリキュラム要件を満たす機能を持たせられるよう、更に改良を継続するため、柔軟な分野横断共同体制・ルールを構築する。大学教員・研究者が必要と判断する教育プログラムを実施できるよう互換性・汎用性の高いシミュレータシステムの構築を目指したい。

【結論】

人工呼吸器装着中の気管内吸引をトレーニング可能なシミュレータを構築し、4年次学生に対し学習効果と開講時期に関するアンケートを実施した結果、学習効果に関し高い評価が得られた。人工呼吸器管理において必要な知識と技術として作成した6項目に関しては、学部教育において全て必要という回答が得られた。各項目における到達目標の具体化、学習評価尺度の作成、安全な人工呼吸器管理に必要な知識と技術の最低要件（Minimum Requirement）の検討、卒業時到達度達成率など、カリキュラム自体を評価する方法の開発に加え、今後は、実際に人工呼吸器管理の臨床経験のある医師・看護師の意見を加えることにより、リアルさを高め、患者・学習者にとって安全な学習環境の構築が今後の課題である。

【謝辞】

本研究の一部は、第71回日本小児保健協会学術集会（2024年6月21～23日開催）において発表した。

JSPS科研費（22H03701）の支援を受けたものである。

【文献】

厚生労働省（2021）「医療的ケア児及びその家族に対する支援に関する法律」について、
<https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000794739.pdf>（2024年7月15日閲覧）
e-Gov法令検索 令和三年法律第八十一号 医療的ケア児及びその家族に対する支援に関する法律 <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=503AC0000000081>（2024年7月15日閲覧）
厚生労働省（2004）在宅及び養護学校における日常的な医療の医学的・法律学的整理に関する

- 研究会（第1回）資料 <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/05/s0531-11.html>（2024年7月15日閲覧）
- コリー紀代、宮崎隆志（2010）障がい児を育てる家族の仮説的危機モデルと専門家に求められる援助、社会教育研究、28：29-45
<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/42855>（2024年7月15日閲覧）
- コリー紀代（2012）人工呼吸器装着児（者）の家族の医療的ケアをめぐる危機～ABC-Xモデルを用いた視覚化～、日本小児保健研究、71（51）：723-730
<https://www.jschild.med-all.net/Contents/private/cx3child/2012/007105/014/0723-0730.pdf>（2024年7月15日閲覧）
- 小坂素子（2018）医療的ケアを必要とする在宅療養児の母親の諸相に関する文献検討
関西国際大学研究紀要 第19号、169-178 <https://kuins.repo.nii.ac.jp/record/882/files/%E2%91%AE%E5%B0%8F%E5%9D%82.pdf>（2024年7月15日閲覧）
- 佐々木剛・草野篤子（2012）非家族・非親族世代間交流モデルについての検討―障がいのある子どもを持つ母親を支援する人の存在とその機能―、日本世代間交流学会誌、2（1）：103-110
https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalofjsis/2/1/2_0201103110/_pdf（2024年7月15日閲覧）
- 杉井たつ子（2024）医療的ケア児支援法制定後の支援体制の整備と課題 全国紙による分析
東海公衆衛生雑誌 11（2）：190-194
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tpha/11/2/11_2023-17/_pdf/-char/ja（2024年7月15日閲覧）
- 西村祐枝、大田直実（2022）救急看護学シミュレーション教育における学生の学びと教育的課題、川崎医療福祉学会誌 32（1）：265-273
<https://kwmw.repo.nii.ac.jp/records/15079>（2024年7月15日閲覧）
- 二宮伸治、戸梶めぐみ、黒崎達也、徳嶺朝子、富澤康子、末田泰二郎（2010）体外循環技術教育用高再現性仮想患者シミュレータシステム（ECCSIM：Extra-Corporeal Circulation SIMulator）、2010年度日本人工臓器学会技術賞受賞
<https://www.jsao.org/ronbun-gijutsu-grant/gijutsu/gijutsu-kako/>（2024年7月15日閲覧）
- Shigeru Minami, Tatsuya Kurosaki, Shinji Ninomiya, Taijiro Sueda（2018）Efficacy of the Pulse Pressure Generator during Cardiopulmonary Bypass Training Using the Extracorporeal Circulation Simulator, Hiroshima Journal of medical Sciences, 67（3）, 71-81
https://www.jstage.jst.go.jp/article/hjms/67/3/67_71/_pdf/-char/ja（2024年7月15日閲覧）
- Fauzi Ahmad Ridwan, Satoshi Kanai, Hiroaki Date, Shunsuke Komizunai, Atsushi Konno, Noriyo Colley, Shinji Ninomiya（2020）Synthesizing Dynamic Facial Expressions of the Patient Model with Projection Mapping for the Nurse Training Simulator, Proceedings of JSPE Semestrial Meeting
https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2020S/0/2020S_254/_article（2024年7月19日閲覧）
- コリー紀代、小水内俊介、金井理、近野敦、井上創造、中村美鈴、二宮伸治（2022）プロジェクトマッピングシミュレータ教育におけるモーションキャプチャを用いた看護技術評

価、高等教育ジャーナル：高等教育と生涯学習、29, 61-67

<http://hdl.handle.net/2115/84350> (2024年7月15日閲覧)

小水内俊介、二宮伸治、金井理、近野敦、コリー紀代 (2023) 手技に応じた生体反応を呈する看護シミュレータESTE-SIMと人工呼吸器シミュレータSimmarの統合、計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会予稿集, 24, 3839-3841

<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/92767/3/3G4-12.pdf> (2024年7月19日閲覧)

Noriyo Colley, Shunsuke Komizunai, Satoshi Kanai, Atsushi Konno, Sozo Inoue, Misuzu Nakamura, Shinji Ninomiya (2023) Proficiency evaluation of simulation education on the entire tracheal suctioning process using a motion capture system and a catheter control sensing device. Journal of International Nursing Research 2 (1), e2021-0016

<https://doi.org/10.53044/jinr.2021-0016> (2024年7月15日閲覧)

杉谷祐美子 (2022) カリキュラムマネジメント論から見た学士課程教育の近年の動向と課題に関する考察、名古屋高等教育研究、第22号、161-183

<https://www.cshe.nagoya-u.ac.jp/publications/journal/no22/08.pdf> (2024年7月15日閲覧)