

新生児蘇生法における胸骨圧迫に着目した 個人手技訓練システムの研究

渡邊 嶺児^{†1} 西本 騰^{†1} 大井 翔^{†1} 松村 耕平^{†1} 野間 春生^{†1}
花岡 信太郎^{†2} 岩永 甲午郎^{†2}

概要：本研究では、新生児蘇生での基本手技である胸骨圧迫の技術を評価し、技術の振り返りをする個人手技訓練システムを提案する。正期産児のうち約 15%は呼吸循環機能のための何らかの蘇生処置を必要としており、分娩に関わるすべてのスタッフが新生児蘇生法を習得していることが望ましい。この新生児蘇生法を学ぶために、全国各地で講習が設けられている。この講習内で訓練システムとして新生児を模しただけの蘇生人形を用いて胸骨圧迫と人工呼吸の基本手技演習を実施しているが、一般的には模擬手技講習では受講生に対するインストラクターの口頭指導が中心であり、技術的な振り返りが難しい。また、このような訓練システムを一般病院でも普及させるためには、手軽で安価なことが重要である。また継続的な講習も必要である。本稿では自主的な胸骨圧迫手技の習得を目標として、その手技練習の振り返りを自動化する個人手技訓練システムを開発し、評価実験の結果を報告する。

1. はじめに

日本蘇生協議会（JRC）が公開している「JRC 蘇生ガイドライン 2015」によると、正期産児の約 15%は出生後、呼吸循環機能の安定のための何らかの蘇生処置を必要としている[1]。そこで、一般社団法人 日本周産期・新生児医学会では「すべての分娩に新生児蘇生法を習得した医療スタッフが新生児の担当者として立ち会うことができる体制」の確立を目標に、2007 年から新生児蘇生法（以下、NCPR: Neonatal Cardio-Pulmonary Resuscitation）普及事業を展開している[2, 3]。

NCPR 講習の講習会は全国で定期的に開催されている。講習会は座学と基本手技演習、シナリオ実習の 3 部構成である。座学においてはインストラクターが NCPR のアルゴリズムや基本的な知識を説明し、基本手技演習においては

胸骨圧迫と人工呼吸の手技の技術向上のための演習を行い、シナリオ実習においては受講生が新生児の形を模した蘇生訓練シミュレータを使用してシナリオに沿った蘇生実習を行う。このなかで基本手技である胸骨圧迫と人工呼吸に関しては、熟練者と初心者では技術に差が大きいとされる[4]。また、講習での基本手技についての技術の振り返りをする方法が効果的であると考えられているが、その指導方法は口頭指導と実技が中心であり、口頭指導では圧迫の深さや位置などの手技技術の修得が不正確になりやすいという報告もある[5]。さらには、新生児に対して胸骨圧迫が必要な場面は重篤な状態であるにもかかわらず、頻繁に起こらないため、十分な講習を受けたとして、日々の臨床においてその技術を維持することは困難である。

このため、本研究では基本手技の胸骨圧迫に着目し、口頭による振り返りの難しさを課題として、技術の維持の実現を目的とする医療従事者向けの個人手技訓練システム（以下、本システム）を開発してその効果を評価した。これは、医療関係者向けの胸骨圧迫処置の“自主トレ”システ



図 1 胸骨圧迫モニタリングシステム

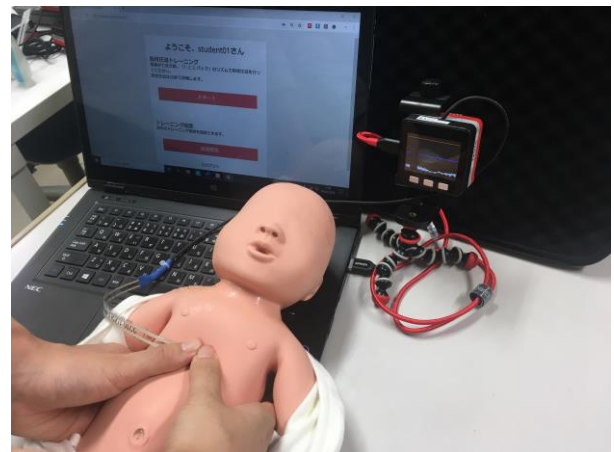


図 2 手技画像

^{†1} 立命館大学
Ritsumeikan University

^{†2} 京都大学医学部附属病院
Kyoto University Hospital

ムとも言える。また本システムの開発においては、教育効果だけでなく一般病院等でも普及できるようにすることを念頭に置いて、手軽で安価にコストをかけずに導入できることも目標としている。

胸骨圧迫手技の評価方法

先行研究[6]で、胸骨圧迫を可視化できる胸骨圧迫モニタリングシステム(図 1, 図 2)を開発した。このシステムは、フィルム状の圧力センサ^{a)}を新生児の形を模した人形の胸部に貼り付けて通常の胸骨圧迫動作をシミュレーションし、その際の圧迫の力をセンサで読み取って小型計算機^{b)}の液晶モニタにグラフ表示し、これを講習において手技の正確さの目安として用いた。本試作機では、圧迫の力の強さを PC に送信し、PC 上で手技の結果を評価して訓練者に技術の振り返り情報を提示、さらには訓練状況の管理を実現している。従って、広く普及している安価な蘇生人形と簡易な圧力センサと小型計算機から構成される本システムの導入コストは極めて低いと言える。

次に、胸骨圧迫モニタリングシステムでの手技の判定処理について述べる。図 3 では、訓練者が胸骨圧迫を施した際に、圧力センサから得られる圧迫の力の強さを正の方向の縦軸とした時系列データの模式図である。ここでの 3 回のピークを示す波形を例示しており、3 回の圧迫動作があったことを意味している。まず胸骨圧迫では一回の圧迫で十分に胸骨を押下げる必要がある。図中の上限、下限というのは、胸骨圧迫の時、圧迫の最大力、つまり波形ではピーク値の上限、下限であり、この上限、下限の間で圧迫を維持することを評価項目の一つとして採用した。さらに、胸骨圧迫では術者の指先が常に新生児の胸に接しつつも、圧迫をした後には十分に圧迫力を解除して胸骨が元に戻るリコイル動作が重要である。このリコイル動作を評価するために、ピークの後に圧迫が十分に解除されたことを検出する“閾値 1”と、指先が常に胸骨に接していることを判定する“閾値 2”をそれぞれ設けて評価指標に加えた。

また、小型計算機の中では 40Hz で圧力センサのデータを取得しているが、ピークが検出されたタイミングでピークの計測値をホストとなる PC に送信する仕様とした。受信したタイミングをピークの発生したタイミングにした。なお、3 章以下の評価実験ではピーク値しか評価対象にしておらず、リコイルも評価対象に将来的には加える

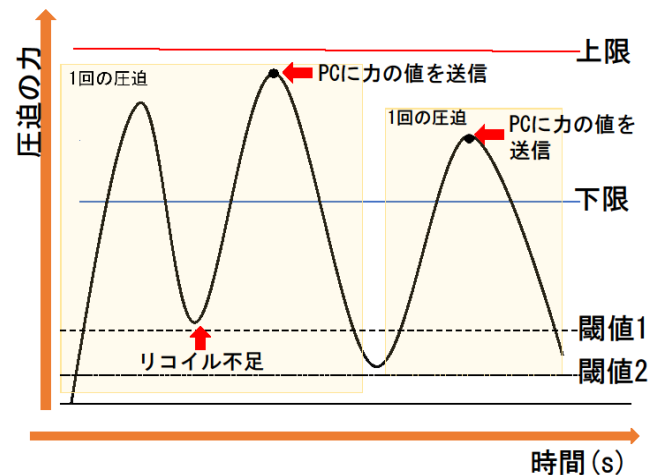


図3 処理の簡略図

2. 個人手技訓練システム

前章で述べた胸骨圧迫手技の評価手法を用いて、いつでも自主的に訓練とその訓練成果の振り返りが可能な個人手技訓練システムを開発した。本システムの利用シーンとしては、病棟のナースステーションなどに本機を備えた新生児蘇生人形を常設しておき、時間の空いた医療従事者が自分のタイミングで自主的に訓練することを想定している。

本システムを用いて手技訓練を行う場合の全体的な流れを図 4 に示す。まず受講生はシステムに ID とパスワードでログインし、メニュー画面から“胸骨圧迫訓練”か“訓練履歴閲覧”を選択する。“胸骨圧迫訓練”を選ぶと、カウントダウンが始まり、スタートしたら 30 秒間胸骨圧迫を実施する。その時に、前章で述べた胸骨圧迫モニタリングシステムで圧迫の力の時系列情報を取得する。また、胸骨圧迫は本来、胸骨圧迫 3 回と人工呼吸 1 回を 2 秒間で 1 セットして繰り返すのが一般的である。そのため、胸骨圧迫と人工呼吸のタイミングを訓練するために、システムから胸骨圧迫を 3 回行ったら、その動作に合わせて人工呼吸のタイミングで「バック」という自動音声を出している。訓練が終了すると、胸骨圧迫モニタリングシステムで取得した圧迫の力から、PC 内で手技を評価する。評価する項目は、圧迫回数、適正圧迫回数、圧迫適正率、セット数と時系列グラフである、それぞれの詳細については表 1 に示す。これらの評価項目を PC に表示することで、訓練者は直近の手技の振り返りを行える。このタイミングで訓練者はさらに手技訓練を繰り返すこと、あるいは、ログアウトして訓

a) ニッタ株式会社 Flexiforce Pressure Sensor 100lbs

<https://www.nitta.co.jp/product/sensor/flexiforce/A201/>

b) M5Stack 社 M5Stack BASIC Version

<https://ja.aliexpress.com/item/32837164440.html?spm=a2g11.12010612.8148356.1.3986361bOUYiq>

練をやめることも可能である。また、ログアウトする際には、NCPR に関する用語や胸骨圧迫の技術等の知識問題を 5 問出題して回答を求めている。これによって、技術だけでなく蘇生に関する知識も繰り返し学習して訓練者に定着できることを期待している。さらに、これらの手技訓練の結果と知識問題の解答結果は終了時に受講生自身と管理者にメールによって送信されると共に、データベースに保存している。これによって、訓練者自身やその管理者が、いつでも過去の手技訓練結果を閲覧して訓練状況を時系列で確認できる。このような学習履歴の確認機能によって、訓練者自身の手技訓練のモチベーション向上と管理者によるチーム全体の技術のクオリティコントロールが期待される。

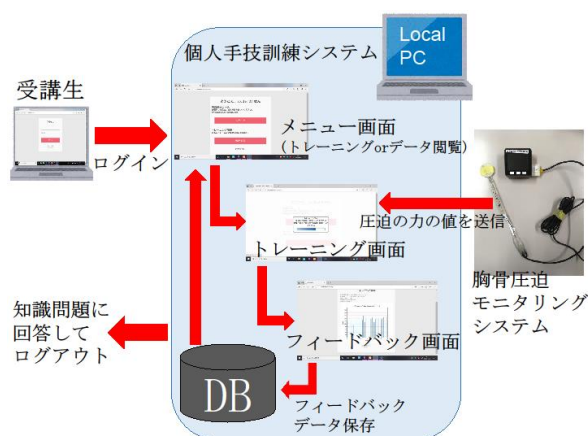


図4 システム図

表1 訓練者への振り返り項目

評価項目	説明
圧迫回数(回)	30秒間胸骨圧迫した時の全圧迫回数であり、30秒間で45回が適正である
圧迫適正回数(回)	適正な力の強さで圧迫した圧迫回数
圧迫適正率(%)	(圧迫適正回数/圧迫回数)*100で求める 圧迫回数と圧迫適正回数の比率
セット数(セット)	胸骨圧迫3回と人工呼吸1回を1セットとした回数であり、30秒間で15セットが適正である
グラフ	縦軸が力の強さ、横軸が時間で表した全圧迫回数の力の強さを可視化したグラフ

3. 評価実験

本システムの受講生の立場からの有用性の検証するために、京都大学医学部附属病院の新生児集中治療室勤務(NICU)の看護師 20 名に個人手技訓練システムを使用した胸骨圧迫訓練を実施した。実験では 1 名の被験者に対して、3 回の胸骨圧迫手技訓練を実施させた。1 回目と 3 回目は圧迫力の波形を表示している小型計算機の液晶モニターを見ずに胸骨圧迫手技を行い、2 回目はモニターを見ながら胸骨圧

迫を行った。これは、液晶モニターで胸骨圧迫の力の波形を見ながら手技練習することの影響を検証するためである。3 回の実施では途中で休憩を設けず、連続して実施した。その後、別日にシステムに関するアンケートに回答を求めた。

4. 考察

評価実験で得られた被験者の手技データとアンケート結果を分析した。手技データにおける平均圧迫適正率では、4 名の被験者が約 80%だったが、17 名の被験者は 90%以上となった(図 5)。また、平均圧迫回数では、45 回が適正である中、一番少ない被験者で 39 回、一番多い被験者で 50 回となった(図 6)。これは被験者が全員 NICU 所属の看護師であり、日常的に胸骨圧迫に臨む姿勢が整っていることに起因すると考える。ただし、圧力センサのずれが原因で正確な圧迫の力の計測データが得られなかったものが 2 件あり、これらのデータは本稿の分析対象から除外した。

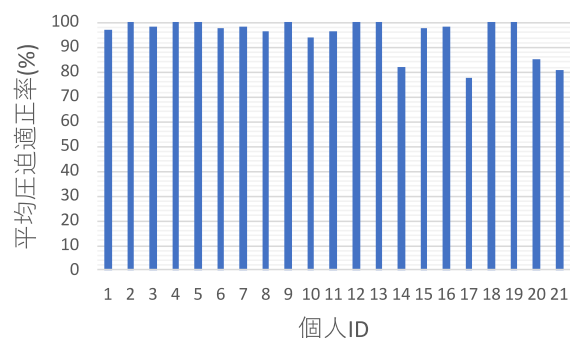


図5 個人別平均圧迫適正率

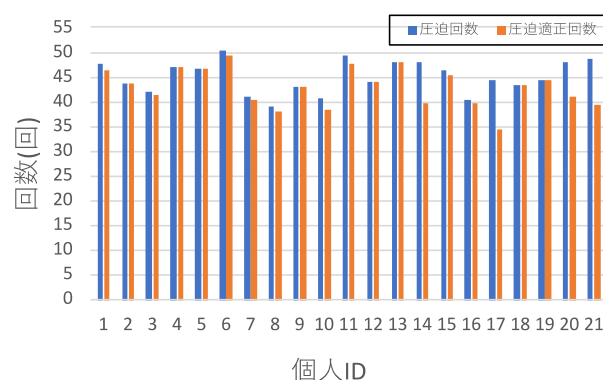


図6 個人別平均圧迫回数と圧迫適正回数

次に試行順序ごとに圧迫適正率と圧迫回数を評価した結果を図 7、図 8 に示す。試行順序別に T 検定を行ったところ、圧迫適正率では、どの組み合わせでも有意差は見られなかった。しかし、圧迫回数では 2 回目と 3 回で有意差は見られなかったが、1 回目と 2 回目および 1 回目と 3 回目で有意差が見られた。これは、回数が進むごとにシステムに慣れたのが要因と考える。

次にアンケートによる調査結果について述べる。全 8 問

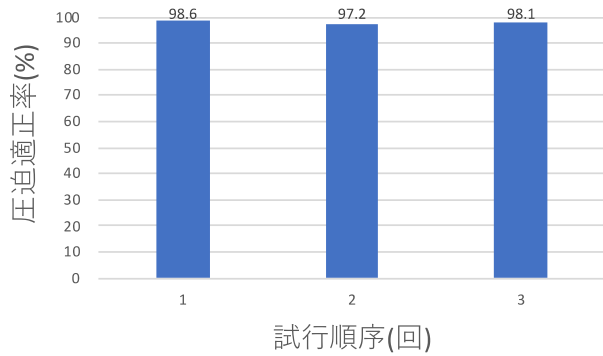


図 7 試行順序別圧迫適正率

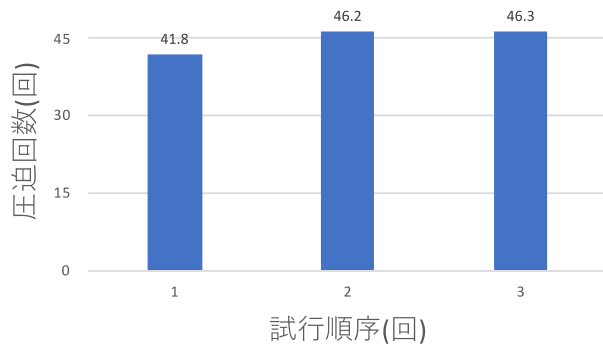


図 8 試行順序別圧迫回数

のシステムの有効性に関するアンケートにおいて、21 名の被験者に対して 17 名の回答を得た。まず、全ての設問を通して提案手法によって手技技能が低下する恐れに対する被験者からの指摘は全くなく、副作用はないと考える。

また、“システムを用いた手技練習が自分の手技のスキル獲得、もしくは維持にとって有益・無益と感じた点があれば教えてください”という設問に対して全員が有益であると回答した。ただし、追加の要望事項として、“リズムよく胸骨圧迫できる。ただ実際より圧の力が弱い。”や“実際の赤ちゃんに行ったことがなかったので、圧迫するタイミングや力を練習できるのは良いが、実際の赤ちゃんに行う場面になった時に生かせるかわからない。”等の意見を得た。

さらに、“今後システムを使った訓練やる場合、どの程度のペースでの反復練習が良いと考えますか”という設問に対して図 9 のような回答を得た。その結果から、6 カ月に 1 回のペースが良いという意見が一番多かった。特に、本システムでの訓練の頻度に関する質問に対しては“日常的にシステムを使いたい”や“年 1～2 回のペースでしてみたい”等の意見も得られた。これは手技の技能の維持の為に、自主的な練習の必要性[4]を裏付ける意見と考えられ、今後、システムを長期間使用することによる効果等も検証する予定である。

最後にシステムに関した意見や要望を自由記述で求めた結果を表 2 にまとめる。表中のかっこ内数字はその件数を示す。この中で、モニタの有無に関する意見が 1 件あっ

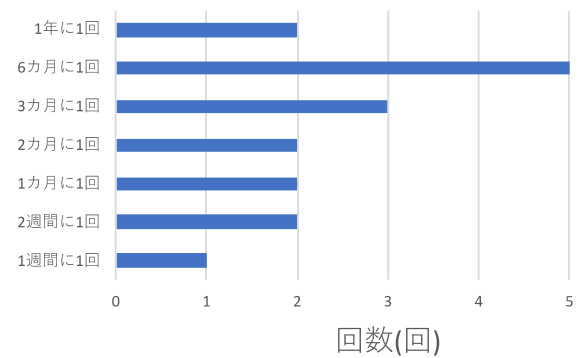


図 9 アンケート回答

表 2 システムに対する主な意見

システムに対する主な意見や要望 (N=17)
・実際の赤ちゃんに比べて圧迫力が弱い (2) ・実際の赤ちゃんに比べて圧迫の感覚が違う (1) ・リコイル(圧迫を戻す動作)の評価もしてほしい (1) ・赤ちゃんの体格別の胸骨圧迫訓練をしたい (2) ・深さを目視すると逆に意識してしまい、見てない方がやりやすかった (1) ・練習問題はもっとあっても良い (1) ・自分の中でタイミングや強さを一定にしようと意識しても、普段していないとどうしてもタイミングがずれたり、力にムラができてしまったりすることが分かり良かった (1) ・日常的にシステムを使いたい (1) ・人工呼吸バージョンもやってみたい (15)

た。

“(訓練者が) 小型計算機の液晶モニタを見ながら手技を行うと液晶モニタのリアルタイム表示に意識が行きがちになり、他の作業に影響を及ぼす”と言及されていた。今回の実験ではモニタの有無に対して手技の適合性に有意差は見られなかった。しかし、臨床の場ではまず患者である新生児に最大の注意を払うべきであり、モニタのような情報の提示があるとそちらに注意を惹かれてしまう危険性の懸念が顕れた結果と考える。

5. おわりに

本稿では、個人手技訓練システムの開発を行い、システムの評価実験を行った。得られた意見の中から、以下のような 3 つの新機能を将来に追加実装する予定である。

1 つ目は、胸骨圧迫のリコイル(圧迫を戻す動作)を評価指標に加える。現在ではリコイル動作を手技評価に加えておらず、アンケートでは評価項目が不十分だという意見が見られた。2 つ目は、胸骨圧迫に加えて人工呼吸の手技を評価する機能を追加し、その技術の振り返りをする機能である。アンケートの結果から蘇生手技の際に同時に実施する人工呼吸手技の訓練についても要望が 15 件あった。3 つ目は、遠隔地から手技データ閲覧ができる機能である。現在は PC のローカル内にデータベースを置いているため、システムが入っている PC のみでしか手技データ閲覧ができ

ない。そのため、遠隔地から管理者が全体の技術のクオリティコントロールをするために、このような機能を実装する予定である。

6. 謝辞

本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 181607012)の委託を受けたものとなる。

参考文献

- [1] “RC 蘇生ガイドライン 2015 オンライン版-第 4 章 新生児の蘇生 (NCP) ”.
<http://www.japanresuscitationcouncil.org/wp-content/uploads/2016/04/08dce2e3b734f1a2d282553a95dfc7ed.pdf>
- [2] “NCPR : 新生児蘇生法普及事業”.
<http://www.ncpr.jp/index.html>

- [3] Nimbalkar A. et al.. Newborn Resuscitation Training Programmes Reduce Early Neonatal Mortality. Neonatology. 2016;110(3):210-24. doi: 10.1159/000443875.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26526494>
- [4] 菊川 忠臣, 小関 一英, 大松 健太郎, 小林 國男 "救助者の CPR 習熟度の違いが 10 分間の CPR の質に与える影響—圧迫単独法と標準法の比較—" 日本臨床救急医学会 2017;20:1-9
- [5] 賀来 典之, 六車 崇, 井手 健太郎 "小児専門施設レジデントの蘇生教育にシミュレーションは有効か?" 日本救急医学会雑誌. 2013; 24: 984-90
- [6] 村田賢弥(立命館大), 西本騰(立命館大), 松村耕平(立命館大), 足立隆弘(ATR), 野間春生(立命館大), 岩永甲午郎(京大), 黒田知宏(京大) “新生児蘇生シミュレーションに用いる聴診器装着型心音再生モジュールの提案” インタラクシオン 2018 3A15