

論 文 内 容 要 旨

Efficacy of the Pulse Pressure Generator During Cardiopulmonary Bypass Training Using the Extracorporeal Circulation Simulator

(体外循環シミュレータを用いた人工心肺操作訓練に
おける拍動圧発生装置の有用性)

Hiroshima Journal of Medical Sciences, 2018, in press.

主指導教員：末田 泰二郎 教授

(医歯薬保健学研究科 外科学)

副指導教員：吉栖 正生 教授

(医歯薬保健学研究科 心臓血管生理医学)

副指導教員：高橋 信也 講師

(広島大学病院 循環器診療科)

南 茂

(医歯薬学総合研究科 展開医科学専攻)

【背景・目的】心臓手術において体外循環技術は、患者の生命に関わる重要な操作である。操作者である体外循環技士は十分な教育や訓練を受ける必要がある。しかし、現状のトレーニング方法や教育方法に統一されたものは無く、操作者は各施設において臨床症例を前にして指導を受けながら運転の訓練をしている。我々はこれまで、人工心肺操作トレーニングのためのシミュレーションシステム ECCSIM (Extra-Corporeal Circulation Simulator) を開発し、臨床経験者および学生を対象として試験的適応を実施し、その有効性を報告してきた。当初 ECCSIM には、装置の大型化やコストの増大の懸念から、拍動圧発生装置を内蔵していなかった。しかし、ECCSIM の使用感をアンケート調査した際に、「臨床の操作感覚と違う」との問題が指摘された。この問題を解決するために、我々は小型で簡易的な拍動圧発生装置を開発し ECCSIM に装備した。シミュレーショントレーニングにおける拍動圧の有無がシミュレーションの質や操作感覚に与える影響についての評価はされておらず、定量的な効果は明らかになっていない。本研究では、拍動圧の有無が人工心肺操作のどの場面に変化を与えるか、シミュレーションの質に影響するのかを、実際にシミュレーションを行い比較した。また、操作感覚についてはアンケートを用いその違いを調査した。さらに、体外循環操作の難易度に与える影響を調べるために、主観的指標として用いられている精神的作業負担 (Mental Work Load) を測定した。これらにより、体外循環シミュレータに拍動圧の有無がシミュレーション教育効果にどう変化するかを評価した。

【対象および方法】7名の体外循環技士に課題 (シナリオ) を与え、拍動圧の有無が運転結果や操作感覚に影響を与えるかどうか検討した。人工心肺装置の送血用ポンプには運動型ポンプである遠心ポンプを使用した。シナリオは、1) 静脈貯血レベルを一定に保ちながら送血流量を上昇あるいは下降させる訓練、2) 血圧を一定に保ちながら送血流量を上昇あるいは下降させる訓練、3) 脱血量可変による後負荷を変化させる訓練の3種類を用意した。運転結果は拍動圧有無によるシミュレーション時の波形を観察した。操作感覚はアンケート調査による比較を行った。シミュレーションと臨床の操作感覚については、拍動無と拍動有において、「回路内圧のかかり方は臨床に近いと思うか?」「遠心ポンプの回転数は臨床に近いと思うか?」「モニタ表示は臨床に近いと思うか?」の質問をそれぞれについて行った。また、拍動圧の有無が臨床の操作感覚と異なる場面を調査するために「臨床と操作感覚が異なるフェーズはいつか?」という質問を加えた。拍動の有無がシミュレーションの難易度についてどの程度影響するかの質問には0-100スケールを用いてプロットにて回答を得た。さらに、拍動圧の有無が Mental Work Load に与える影響を調べるために、主観的指標である「日本語版 NASA-TLX」の評価指標を使用した。

【結果】シナリオ1) 2) では、拍動圧を加えることにより遠心ポンプ低回転時の送血流量の変動が大きく、操作が不安定になっていた。シナリオ3) の拍動無では、送血開始前および終了後の回路内圧は“静水圧”を示し、後負荷がない状況であった。拍動圧が発生していないため動脈圧も一定値を示していた。拍動圧有では、送血開始前および終了後には動脈圧と回路内圧がほぼ同程度であった。目標流量到達後、遠心ポンプの回転数を一定としていたが、脱血量を可変させた

ことにより動脈圧が増減し、それに比例するように回路内圧は変動した。また、送血流量は回路内圧に反比例する動向を示した。

アンケート調査では、「遠心ポンプの操作感覚」、「後負荷の感じ方」、「圧のモニタ表示」とすべてにおいて、拍動圧有の方が臨床の操作感覚と近いという回答であった。その他の意見に「遠心ポンプ回転数、血圧、揚程の関係の再現性があった」「低回転時での流量の不安定さが臨床に近かった」「ボリュームと圧の関係が臨床に近い」「遠心ポンプ操作の訓練に適す」があった。シミュレーション全体の難易度は拍動圧有が有意に高くなると回答を得た。

日本語版 NASA-TLX による Mental Work Load 比較では、加重平均負荷得点 (WWL) は $Z = -3.09$ 、 $p = 0.0020$ で拍動無に比し拍動有は有意に大きかった。また各評価項目においても拍動有が無に比し有意に高く、拍動圧を与えることで精神的・身体的ストレスを増加させた。

【結論】 体外循環シミュレータが作り出す拍動圧は臨床の操作感覚を再現することを可能とし、人工心肺操作に影響することが分かった。また、その拍動圧は体外循環操作の難易度に影響を与えており、これは日本語版 NASA-TLX の結果とも合致するものであった。体外循環シミュレータに拍動圧発生装置を付けることにより、臨床の操作感覚を再現し、精神的・身体的ストレスを加えることが可能となり、体外循環シミュレーションの教育的効果を増すことが示唆された。