

博士論文の概要

(2015年 11 月 20日 提出)

論文題目 子どもがリラクセーションを学ぶための

呼吸誘導ぬいぐるみの開発と評価

指導教員

大須賀 美恵子



大学院 工学研究科

博士後期課程

生体医工学

専攻

申請者氏名

浦谷 裕樹



大阪工業大学大学院

2011年に発生した東日本大震災のような自然災害や事件・事故の後に心のケアを必要とする人が一定の割合で生じるが、子どもたちも例外ではない。特に一度心的外傷後ストレス障害（Post-Traumatic Stress Disorder：PTSD）を発症すると、その後の心のケア活動は長期に渡る。PTSD 症状緩和法の一つとして、心身を落ち着ける呼吸法の習得が挙げられている。一般的にもゆっくりと深い呼吸をすることが「緊張するような場面に遭遇したときに、心を落ち着ける方法」として支持されており、呼吸法は誰にでも取り組みやすく親しみやすいリラクゼーション方法の一つであるといえる。阪神淡路大震災後の研究結果より、震災などの大災害発生後の心のケア活動においては児童全体の中で低学年の児童（特に女兒）の心のケア活動が優先されるべきであるといわれている。しかし、人的資源に限りのある教育や医療の現場では必ずしも心のケアが行き届いているとは言えない。そこで、低学年の児童でも自律的に呼吸法を学べる装置を探したところ、研究レベルや既存製品として、成人向けには様々な呼吸誘導装置が開発されているが、子ども向けには脈波を計測して視覚的にフィードバックするパソコン用のアプリケーションがあるだけであった。しかし、パソコン操作に慣れていない子どもには指導に時間がかかり、持ち運びが容易でない上に呼吸誘導が明示的でないため直感的に取り組めず、子ども、特に低学年の児童には効果的な使用方法がわかりにくい。そこで、本研究では幼児・小学生を対象とした新たな呼吸誘導ぬいぐるみ装置を開発する。親しみを感じさせ、より体感的にリラックスして呼吸誘導ができるよう、外観にはクマのぬいぐるみを使用した。抱き上げて起動すると呼吸周期を計測し、ぬいぐるみの腹部がその呼吸周期に合わせて動き出す。その動きに合わせて子どもが呼吸誘導されると、子どものペースに合わせて徐々に腹部の動きが遅くなり、長い呼吸周期へ誘導していく。誘導中に脈波から得られた生理情報を基に、終了後に結果の知識を伝える。最終的には持ち運びができ、簡単な操作で使用できるものにする。このように子どもが自分で操作できるものを開発できれば、子どもでも自律的に呼吸法を学べるようになるので、教育や医療の現場での活用が進むと考えられる。また、家庭においても幼少時から呼吸法に馴染むことができればストレス耐性が身に付き、ストレスの多い環境下でも心穏やかに実力を発揮できるようになると期待される。

本論文は7章で構成されている。

第1章では上記の背景と本研究の目的ならびに本論文の構成を記す。

第2章では、呼吸誘導ぬいぐるみ開発へ向けて行った基礎的検討の結果を記す。開発する装置では、子どもが最もリラックスする呼吸周期へ誘導し、装置簡便化のために脈波の生理指標のみで呼吸周期とリラックス度を計測することを考えた。そこで、5～11歳の健常児12名を対象にパソコン画面上で動くクマのキャラクタを利用した呼吸誘導の実験を行い、1. 子どもが最もリラックスする呼吸周期、2. 脈波から得られる呼吸周期の確度、3. 脈波の中でリラックス評価に適した指標を調べたところ、i. 子どもたちが最もリラックスする呼吸周期は、呼吸周期4秒、6秒、8秒の中からは特定できず、個人ごとに異なる可能性があること、ii. 脈波の計測データに乱れない場合は脈拍変動から呼吸周期をほぼ正確に測定

できること、iii. リラックス評価に用いる生理指標としては、脈波から得られる指標の中では脈拍と脈波振幅が適した指標であることが示された。また、呼吸誘導における呼吸周期はその子の安静時の呼吸周期から呼吸誘導を始めるのが適当であることも示された。さらに、5～61歳の健康な男女31名を対象とした上記1.～3.を再検証する実験を行い、上記ii.&iii.に関しては同様の結果を得た。

第3章では、第2章の知見を基にクマのぬいぐるみの腹部が一定リズムで上下するプラスチック製の可動部を用いた呼吸誘導装置を試作し、子どもに適用した評価実験について記す。実験では呼吸誘導が可能か、可能ならば年齢や性別により呼吸誘導の合わせやすさに違いがあるのかを調べた。なお、呼吸誘導の合わせやすさを調べるための指標として同期率を用いた。同期率とは呼吸誘導ぬいぐるみの腹部の呼吸周期と子どもの呼吸周期との一致度を表す指標で、完全に一致した場合は100%、全く一致しなかった場合は0%となる。4～12歳の健常児48名を対象に試作した呼吸誘導装置を用いて実験を行ったところ、呼吸誘導は可能であったが、同期率には個人差があり、6歳以下では同期率が低く、女子の方が男子よりもやや同期率が高いという結果になった。また、5～10歳の健常児8名を対象に誘導する呼吸周期が徐々に長くなっていく漸増パターンと最初から一定の呼吸周期で誘導する一定パターンとで同期率を比較したところ、パターン間には差がなかった。主観申告の結果には1回目よりも2回目の方がリラクセスし、呼吸を合わせやすいという順序効果があった。このことより、呼吸誘導で子どもに呼吸を合わせさせ、リラクセスさせるには、呼吸誘導パターンよりも子どもが負担なく快適に利用できて継続しやすい方法を考える必要があると言える。

第4章では、子どもにとって最もリラクセスする呼吸周期を調べた基礎的研究について記す。成人を対象とした数多くの既存研究では、心拍変動の振幅が最大となる約10秒周期(6cpm)のリズムで呼吸を続けることで圧反射が改善され、種々の慢性病が改善すると言われている。第2章では子どもが最もリラクセスする呼吸周期を特定できなかったが、子どもでも心拍変動の振幅が最大となる呼吸周期を調べれば、その呼吸周期が子どもを最もリラクセスさせる可能性があると考えた。しかし、10秒周期の呼吸は成人でも苦しく感じるが多く、子どもはなおさら苦しく感じる。そこで、5～12歳の健常児10名を対象に心拍変動の振幅が最大となる呼吸周期と、その呼吸周期における生理面・心理面のリラクセス度と呼吸の合わせやすさを調べた。生理面のリラクセス度は心拍と脈波振幅を、呼吸の合わせやすさは同期率を指標とした。その結果、成人を対象とした既存研究の結果と同様に、子どもの心拍変動の振幅が最大となる呼吸周期は10～12秒の範囲内にあった。しかし、主観的に最もリラクセスし、呼吸が合わせやすい呼吸周期は心拍変動の振幅が最大となる呼吸周期とは異なっていた。また、10歳以下の子どもたちは生理的にリラクセスした呼吸周期で主観的にリラクセスしたと感じていなかったため、年齢の低い子どもは自分自身の生理的な変化を客観的に把握できていない可能性が高い。以上の結果より、子どものリラクセス度は生理指標を基に評価し、指標としては心拍変動ではなく、脈拍を用いるこ

とにした。

第5章では、第2～4章の結果を基に開発したエアバッグ式の呼吸誘導装置の概要と、その装置を用いて呼吸計測ならびに呼吸誘導が可能であるかを調べた実験について記す。第3章で開発した試作品はぬいぐるみの可動部にプラスチック製の装置を用いたが、感触が硬い上に、呼吸周期を測定するために呼吸センサを別途装着する必要があった。それらの課題を解決するために、エアバッグを2つ用い、子どもの下腹部に接するエアバッグの圧変化より呼吸計測を、上腹部に接するエアバッグの膨縮により呼吸誘導を行う呼吸誘導ぬいぐるみ装置を開発した。この装置を用いて7～10歳の健常児12名を対象に呼吸計測ならびに呼吸誘導ができるかを調べたところ、共に可能であった。さらに、装置に改良を加え、装置の制御にパソコンを使わないで済むよう、簡単なボタン操作のみで制御できるようにした。その装置を用いて、4～12歳の健常児58名を対象に、練習をせずに初めて呼吸誘導の試行に取り組んだ際の呼吸誘導の可能性についても調べたところ、7割以上の子どもで可能であった。

第6章では、第5章で開発した呼吸誘導装置に更なる改良を加え、持ち運びがしやすいようにモバイル化した装置の概要と、その装置を用いて行った評価実験について記す。第5章までの装置ではエアバッグ以外の部品はぬいぐるみの外に置いていたが、ここではすべての部品をぬいぐるみに収めて容易に持ち運びができるようにした。そのモバイル型の装置を用いて、8～10歳の健常児9名を対象にリラクゼーション効果を調べる本実験を行った。実験参加者は本実験の1週間以上前に装置を用いた呼吸誘導の練習を行い、呼吸誘導された子どもを対象とした。ここで「呼吸誘導された」というのは、1回でも装置が誘導する呼吸周期が延びたことを指す。なお、この装置では5呼吸中3呼吸以上、装置が誘導する呼吸周期に子どもが±20%以内の誤差で呼吸周期を合わせられたときに、誘導する呼吸周期が延びるように設定した。本実験では、腹部が動かない呼吸誘導ぬいぐるみを3分間ハグするだけの「ハグ条件」と、呼吸誘導ぬいぐるみ装置で3分間呼吸誘導をする「誘導条件」の前後それぞれにおいて、閉眼安静状態で1分間ずつ平均心拍を計測した。実験終了後に、それぞれの試行後と試行前の平均心拍の差（以下、平均心拍変化量）を算出し、個人ごとに条件による違いを調べた。9名中3名が本実験の「誘導条件」において呼吸誘導されなかったため対象から省いた。呼吸誘導されなかった理由としては、装置の呼吸計測部位と子どもの腹部が適切に接触していなかったため、呼吸周期を正確に計測できなかったことが挙げられる。呼吸誘導された6名を対象に2条件の平均心拍変化量を対応のあるt検定で比較したところ有意な差があり（ $p < 0.05$ ）、「誘導条件」の方が小さかった（すなわち心拍の低下が大きい、または上昇が少ない）。この結果より、呼吸誘導のリラクゼーション効果は単なるハグよりも大きいことが示された。

最後に第7章に結論を記した。本研究の成果は、1. 基礎研究を基に幼児・小学生を対象とした新しいコンセプトによる持ち運び可能な呼吸誘導ぬいぐるみ装置を開発したこと、2. 開発した呼吸誘導ぬいぐるみ装置で呼吸計測ならびに呼吸誘導ができることを示したこ

と、3.呼吸誘導を行うと、ハグするだけよりもリラックスすることを示したことである。このような子ども向けの視覚刺激を用いない呼吸誘導装置の開発は世界に類を見ず、また、このような装置の性能ならびにリラクゼーション効果を調べた研究も現存しないので、本研究は子ども向け呼吸誘導装置のパイオニア的なものと言える。今後の課題は、呼吸誘導装置から得られた生理指標のデータを親や教師、医師等に伝え、子どもの安否や健康状態を把握するためのデバイスとして活用することや、抱き枕やクッションなど、外観を変えて成人向けに応用することである。また、呼吸誘導ぬいぐるみ装置を PTSD 患者に適用し、PTSD 症状緩和への応用に取り組みたいと考えている。

なお、本論文における実験計画はすべて大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査を経て実施した。