

氏名（本籍）	石井 伸尚（ 茨城県 ）
学位の種類	博士（保健医療科学）
学位記番号	博甲第23号
学位授与年月日	平成31年3月15日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	保健医療科学研究科
学位論文題目	随意呼吸運動制御による有酸素性運動への影響

学位審査委員

主査	茨城県立医療大学教授	博士（医学）	大橋 ゆかり
	茨城県立医療大学教授	博士（医学）	大瀬 寛高
	茨城県立医療大学准教授	博士（ヒューマン・ケア科学）	松田 智行
	高崎健康福祉大学教授	博士（体育学）	居村 茂幸

論文の内容の要旨

本論文は3つの研究から構成されている。本研究の目的は、第1研究では、呼吸筋酸素消費量の少ない随意呼吸法を明らかにすること、第2研究では、視覚的フィードバックを用いて胸腹部運動を制御し、呼吸筋酸素消費量を軽減しながら呼吸する方法を開発すること、第3研究では、第2研究で開発された呼吸法を用いて随意呼吸運動を制御した際の有酸素性運動への影響が明らかにすることであった。

本研究の背景として、呼吸器疾患患者や心疾患患者では、呼吸筋の仕事量の増加、すなわち呼吸筋自体の活動による酸素消費量が運動耐容能を低下させるという問題がある。運動耐容能は生命予後の予測因子としても重要視されている。健常者では運動時に血流の再配分が生じ、骨格筋への血流配分が大きくなる。しかし、呼吸器疾患患者や心疾患患者では、運動時に呼吸筋への血流が過剰に増大することで、骨格筋の血流量が不足し、結果として運動耐容能を低下させている可能性がある。そこで本研究では、呼吸筋の仕事量を軽減する呼吸法を開発し、その呼吸法を用いることにより、有酸素性運動がどのような影響を受けるかを検討することとした。

対象者は健常成人男性10名であった。第1研究では、自作の装置を使用して再呼吸負荷法を行い、胸式呼吸と横隔膜呼吸による呼吸筋酸素消費量を比較した。第2研究では、胸部、腹部の動きを簡易なグラフとしてモニター上に即時的に表示させる装置を開発し、これを視覚フィードバック装置として使用しながら、対象者に横隔膜呼吸の練習をさせた。横隔膜呼吸法が獲得された後に、第1研究と同様の再呼吸負荷法を用いて呼

吸筋酸素消費量を測定し、視覚フィードバックの有無による比較を行った。第3研究では、胸部の拡張を一定程度制限することのできる胸部バンドを対象者に装着させ、さらに第2研究で開発した視覚フィードバック装置を用いながら、自転車エルゴメータによる運動負荷試験を行い、自然呼吸させた場合との比較を行った。

第1研究の結果、横隔膜呼吸では胸式呼吸に比し呼吸筋酸素消費量が少ないことが明らかとなった（胸式呼吸 $0.11 \pm 0.14 \text{ ml/min/kg/L}$ 、横隔膜呼吸 $-0.11 \pm 0.26 \text{ ml/min/kg/L}$ ）。第2研究では、自発的に横隔膜呼吸を行う場合にも、視覚フィードバックを用いるとさらに呼吸筋酸素消費量を低減できることが明らかとなった（自発的横隔膜呼吸 $0.002 \pm 0.05 \text{ ml/min/kg/L}$ 、視覚的フィードバックを用いた横隔膜呼吸 $-0.04 \pm 0.08 \text{ ml/min/kg/L}$ ）。さらに、第3研究の結果、視覚フィードバックに加え、胸部バンドを装着した呼吸（随意呼吸運動制御戦略）により、自然呼吸時よりも嫌気性代謝閾値に至る時間の延長が認められた（自然呼吸時 212 ± 37.4 秒、随意呼吸運動制御戦略時 237.9 ± 45.4 秒）。定常運動負荷試験では、自然呼吸と随意呼吸運動制御戦略の呼吸条件に有意な主効果（ $F(1, 135) = 5.58, p < 0.01$ ）を認めた。ガス交換率では、自然呼吸と随意呼吸運動制御戦略の呼吸条件の有意な主効果（ $F(1, 135) = 12.59, p < 0.01$ ）および交互作用（ $F(7, 135) = 3.47, p < 0.01$ ）を認めた。本研究で開発した随意呼吸運動制御戦略により、運動時の嫌気性代謝閾値に至る時間の延長が見られたことから、随意呼吸運動制御戦略は有酸素性運動能を高める方法として有効であることが示された。

今後は、本研究で開発した随意呼吸制御戦略の臨床応用に向けての検討が必要である。

審査の結果の要旨

本論文の審査は、平成31年1月30日に公開の場における研究発表と質疑応答を行った後に、上記の審査委員4名による協議により行われた。論文審査は、本研究科の指針に従い、創造性・新規性、専門領域の関連性とインパクト、論理性、信頼性・妥当性、論文の表現力、倫理的配慮の観点から行われた。以下に、各観点に関する協議内容の要旨を述べる。

本研究は、中等度までの運動負荷による呼吸応答に焦点を当て、自作（考案）の簡便な器具を開発・使用して検証しようとした研究である。得られた結果には先駆性があり高く評価できる。自作の呼吸再負荷装置と呼吸モニターシステム（視覚的フィードバック装置）自体にも新規性、創造性があり、今後の研究や臨床への応用も期待できる。

運動負荷条件が中等度の強度までと限定的ではあるが、最終的に医療分野の理学療法士が対応することの多い COPD をはじめとした呼吸器疾患患者や高齢者に適した呼吸方法への示唆は価値があり、理学療法分野に貢献する知見としてインパクトがある。

論文の構成は、腹式呼吸における安静時状況の確認、あらたに導入した視覚的装置の効果検証、運動時における効果の検証という順序で進められ、一貫した論理的展開がな

されている。また、研究目的から結論までの道筋は、先行研究の知見を踏まえた上でなされていた。さらに、研究背景や考察では、先行研究が十分に引用され、本研究では言及できなかった問題点についても丁寧かつ粘り強い文献検証がなされた点は高く評価できる。

本研究で得られた結果の統計処理、解釈という意味では信頼性、妥当性が担保されている。しかし、対象者が男性および若年層であるため、結果の解釈やバイアスについては、もう少し丁寧に論述する必要があった。また第3研究では、運動負荷と姿勢変換という2要因が新たに追加されている。そのため、第1研究、第2研究と比較した場合に、結果に影響を与える要因が異なっており、運動負荷のみではなく、姿勢変換の影響を考慮する必要があることが指摘された。

論文の表現力については、用語の定義が曖昧な点や、同様の内容が、異なる表現で記載をされているところがある点が指摘され。また、内容に問題はないものの、1つの文章が長すぎ、句点が少ない部分もあり、やや難解な箇所も見られた。

最後に、本研究は本学倫理委員会の承認を得て適切な倫理的配慮の上で実施されており、倫理的問題は認められなかった。

以上より、本研究では、中程度以下の運動負荷量という条件の限定はあるが、随意的に横隔膜呼吸運動を促進する制御を用いることにより有酸素運動を高めることを明らかにされた。また、本研究は、今後の臨床展開にも十分に寄与し得ると評価され、審査委員全員の合意の下に、本論文が博士論文として適切であるという評価に至った。