

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：22401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750192

研究課題名(和文) 高齢者における新たな運動時呼吸負荷トレーニングの評価手段構築と効果検証

研究課題名(英文) The construction of the evaluation method and effect inspection of the combined training with breathing resistance and sustained physical exertion in healthy elderly

研究代表者

木戸 聡史(Kido, Satoshi)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師

研究者番号：50513214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：心肺持久力や呼吸機能の低下は多くの疾患の罹患率と死亡率に関連する。我々はこれまでに運動時呼吸負荷トレーニングが健常若年者の心肺持久力や呼吸機能の向上をもたらすことを見出した。本研究では、運動時呼吸負荷トレーニングを高齢者の健康増進に貢献するトレーニングとして構築するために呼吸筋耐久力評価と呼吸パターン評価方法を構築し、これらを用いて運動時呼吸負荷トレーニングの効果を検証した。

研究成果の概要(英文)：Cardiorespiratory endurance and the respiratory function are associated with morbidity and mortality of much disease. In this study, We built the evaluation method of the respiratory muscles endurance and respiratory dynamics. Furthermore, we tested an effect of the combined training with breathing resistance and sustained physical exertion using the methods that we built.

研究分野：呼吸理学療法学

キーワード：呼吸筋トレーニング 高齢者 健康増進

1. 研究開始当初の背景

加齢により心肺持久力や呼吸機能が低下し、これらは日常生活の活動性低下をきたすだけでなく、多くの疾患に対する死亡率増大に関連する (Blair SN. et al., 1995)。これらに対して、心肺持久力と呼吸機能を短時間で効果的に改善することができれば、高齢者の健康増進に有益である。

心肺持久力を改善するトレーニングはリズムカルな全身運動が提唱され (ACSM's guidelines 2011)、呼吸筋機能を高めるものでは安静時に呼吸に負荷をかける呼吸筋トレーニング (Geddes EL et al., 2009) が挙げられる。これに対して運動時呼吸負荷トレーニングは若年者用トレーニングマスク (特許第 4413217 号) を使用して身体運動と呼吸負荷を同時に行うトレーニング方法であり、我々の研究グループでは、高齢者トレーニングのための前段階として、開発されたマスクによる呼吸負荷と自転車運動を組み合わせた健常若年成人に対する 6 週間のトレーニングプロトコルを構築し、従来のトレーニングと比較して呼吸筋機能や心肺持久力の有意な改善を確認した。呼吸機能や心肺持久力の改善は先に述べたように高齢者の健康増進のために重要な要素であるため、本研究計画では運動時呼吸負荷トレーニングを高齢者に応用することを目指した。

高齢者では呼吸機能や心肺持久力が低下しているため、運動時呼吸負荷トレーニングを高齢者が行うためには 2 つの配慮が必要と考えられた。1 つは若年者に対してトレーニング中に血圧上昇と低酸素状態を引き起こす可能性が高まることに対する対策である。これに対しては運動時の安全性を高める事を目指して、高齢者用トレーニングマスクプロトタイプを製作して、トレーニング中のバイタルサインを評価して低酸素状態と血圧上昇を引き起こさずトレーニングできることが既に確認された。2 つめは効果的な負荷量を見出すことである。本トレーニング方法では呼吸筋に長時間負荷をかけるため、呼吸筋最大筋力に加えて呼吸筋耐久力評価が必須である。また、予備実験では運動時呼吸負荷トレーニング中の評価により 1 回換気量呼吸数の変化がみられたことから呼吸パターンの変化をきたしていることが予測された。しかし、現状では呼吸筋耐久力や呼吸パターンの評価が実施できなかったため、トレーニング効果の評価が十分に行えなかった。

2. 研究の目的

本研究目的は、運動時呼吸負荷トレーニングを高齢者の健康増進に貢献するトレーニングとして構築するために、高齢者における運動時呼吸負荷トレーニングの効果的な負荷量設定に必要な評価方法として、呼吸筋耐久力評価と呼吸パターン評価を実施可能にし、これらを用いて高齢者における運動時呼吸負荷トレーニングの効果を明らかにする

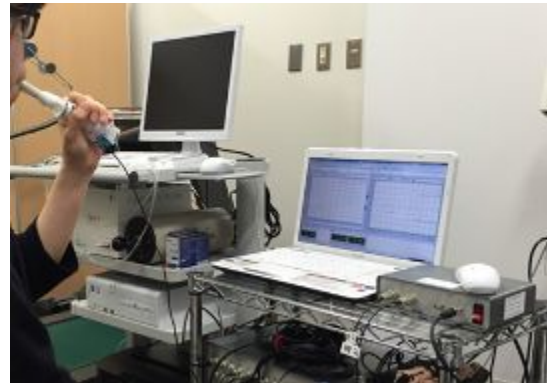
ことだった。

3. 研究の方法

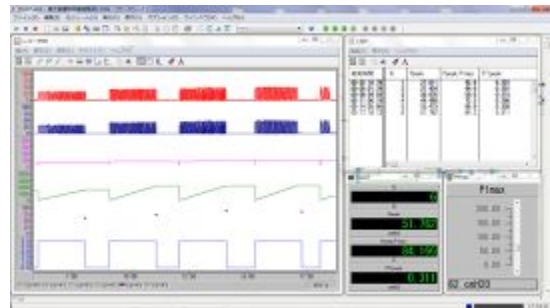
(1) 呼吸筋耐久力評価

呼吸筋耐久力評価のために製作した装置は、呼吸負荷調整部、半導体圧力センサ、アナログデジタル変換器、記録解析部 (DASYLab9.0) で構成された。解析パラメータは Ppeak, Ppeak/Plmax, PTIpeak (PTI = P / Plmax) とした。

【P (平均吸気圧) = 吸気圧の積分値 (PTP) / sampling period】



評価装置



解析ソフトウェア

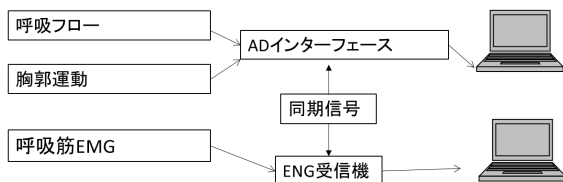
測定方法は断続的吸気負荷漸増法を用いた。吸気最大口腔内圧の 30% 吸気負荷で呼吸を 2 分間行い、1 分間休憩した。続けて 40% 吸気負荷で呼吸を 2 分間行い、1 分間休憩した。このように、2 分間の呼吸と 1 分間の休憩を交互に行いながら 10% ずつ吸気負荷を上げていった。被験者が強い呼吸困難のために呼吸が続けられなくなった時点で終了した。

健常若年者 13 名および、健常高齢者 2 名において評価を実施した。

(2) 運動時呼吸負荷トレーニング中の呼吸パターンとトレーニングによる生理学的効果の評価

運動時呼吸負荷トレーニング中の呼吸運動パターンを評価するために、呼吸フロー、呼吸筋表面筋電位、胸郭拡張差の同期計測システムを使用して、若年者 2 と高齢者 2 名において運動時呼吸負荷トレーニング中の評価

を行った。若年者用の呼吸負荷マスクは事前に最大呼吸時の負荷量計測時においてマスク内圧は呼気時に 32.9cmH₂O で吸気時に -14.9cmH₂O だった。高齢者用に調整したマスクは呼気時に 18.5cmH₂O で吸気時に -8.5cmH₂O だった。



呼吸動態同期計測システム

加えて健常若年者および高齢者において 6 週間の運動時呼吸負荷トレーニング効果の評価を実施した。トレーニングは週 3 回、1 回 30 分間で運動強度は若年者では 75-85% 心拍予備とし、高齢者では 30-50% 心拍予備とした。対象者は運動時呼吸負荷トレーニンググループと呼吸負荷なしの身体運動トレーニンググループに分けられ、トレーニング前と 6 週間後には心肺運動負荷試験に加えて呼吸機能と呼吸筋耐久力を含めた呼吸筋機能を評価した。心肺運動負荷試験と呼吸機能の結果については過去に取得されたデータに追加して解析した。

4. 研究成果

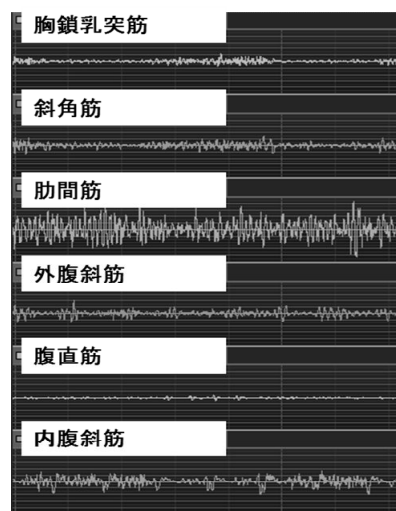
(1) 呼吸筋耐久力

健常者若年および高齢者における呼吸筋耐久力測定はすべての対象者で実施可能であった。実施前には呼吸機能および呼吸筋力測定を事前に行った。以下結果は平均値 ± 標準偏差で示す。主要な結果としては若年者では P_Imax が 108 ± 26 cmH₂O、P_Emax が 132 ± 39 cmH₂O、P_{peak} が 97 ± 20 cmH₂O、P_{peak}/P_Imax が 92.6 ± 22.3 %、P_TI_{peak} が 0.277 ± 0.114 だった。ERS/ATS のステートメントで示された標準的な値の範囲内で計測値が得られた。高齢者では P_Imax が 70.1 ± 12.1 cmH₂O、P_Emax が 65.5 ± 1.8 cmH₂O、P_{peak} が 50.7 ± 1.5 cmH₂O、P_{peak}/P_Imax が 73.7 ± 14.9 %、P_TI_{peak} が 0.266 ± 0.064 であり、若年者より呼吸筋耐久力指標が低下していることが確認された。

(2) 運動時呼吸負荷トレーニング中の呼吸パターンとトレーニングによる生理学的効果

若年者および高齢者において運動時呼吸負荷トレーニング中の呼吸フロー、呼吸筋活動、胸郭拡張差を計測できた。本実験では運動時呼吸負荷トレーニングは心拍予備の 50% の範囲内で行ったが、呼吸フローから算出した一回換気量と呼吸数は安静時と比較して運動時呼吸負荷トレーニングでは一回換気量が増大し、呼吸数が低下する呼吸、すなわち深くゆっくりとしたパターンだった。呼吸筋活

動においては安静時と比較すると運動時呼吸負荷トレーニングでは、胸鎖乳突筋、斜角筋、肋間筋、外腹斜筋、内腹斜筋で活動が亢進していた。トレーニングにより吸気補助筋のみならず、努力呼気に関連する腹部の筋活動が動員されることが示唆された。なおトレーニング中の腹直筋の表面筋電位の計測では呼吸に関連した筋活動は観察できず、計測の困難さが明らかになった。トレーニング中の剣状突起レベルの拡張差は 4.7cm 程度であり、胸郭運動も増幅されていた。



トレーニング中の代表的な呼吸筋筋電位

若年者 6 週間トレーニングでは運動時呼吸負荷トレーニンググループで主に最高酸素摂取量、換気性作業閾値、最大換気量の有意な増大がみられ、呼吸筋耐久力では P_{peak}/P_Imax と P_TI_{peak} が運動時呼吸負荷トレーニンググループのみでトレーニング後に向上していた。よって若年者では呼吸筋機能とともに心肺持久力の向上に効果が高いことが示唆された。

高齢者 6 週間トレーニングでは主に運動時呼吸負荷トレーニンググループで最大換気量の有意な増大と換気当量の有意な低下がみられたため、従来のトレーニング方法に呼吸負荷を加えることで、呼吸筋機能の向上効果が高いことと、運動時の換気に何らかの変化をもたらすことが示唆された。一方呼吸筋耐久力に関しては今回の負荷の範囲内では変化は見られなかったため、今後最適トレーニング負荷量の検討が必要と考えられた。

以上より、運動時呼吸負荷トレーニングではトレーニング中に呼吸パターンの変化をもたらす、従来の身体運動トレーニングと比較して、呼吸筋耐久力を含む呼吸機能および心肺持久力の向上効果が高いことが示唆された。高齢者のトレーニングでは安全面への配慮とともに負荷量の最適化により、呼吸筋耐久力の向上が図れるのかについて今後の検討が必要である。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. Satoshi Kido, Wenwei yu, Yasuhiro Nakajima, Toshiaki Tanaka, Tomoya Miyasaka, Satoshi Shirogane, Hiroshi Maruoka, Kiyomi Takayanagi. Cardiorespiratory Response during Combined Training with Breathing Resistance and Sustained Physical Exertion: a Pilot Study. Physical Medicine and Rehabilitation Research (査読有)(掲載決定)
2. 櫻井秋平, 木戸聡史, 丸岡弘. 健常若年者における呼気および吸気最大口腔内圧と頸部・体幹筋力との関連性の検討. 理学療法-臨床・研究・教育. 2016;23 29-33 (査読有)

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 片倉彩子, 木戸聡史. 健常成人における運動時呼吸負荷トレーニングによる生理学的効果の検証-心肺持久力と呼吸筋耐久力に着目して-. 第 51 回日本理学療法学会大会. 0-RS-04-3, 2016 年 5 月 29 日(札幌)
2. Satoshi Kido, Wenwei Yu, Yasuhiro Nakajima, Toshiaki Tanaka, Tomoya Miyasaka, Satoshi Shirogane, Yuki Yamanaka, Yasuyo Sunaga, Hiroshi Maruoka, Kiyomi Takayanagi. Effects of combined training with breathing resistance and sustained physical exertion on cardiorespiratory endurance in middle-aged and elderly subjects. WCPT Congress 2015. A-613-0000-01617. 2015年5月2日 (Singapore)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者
木戸 聡史 (KIDO SATOSHI)
埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師
研究者番号：50513214

(2)研究分担者
()

研究者番号：

(3)連携研究者
俞 文偉 (Yu Wenwei)
千葉大学・フロンティア医工学センター・教授
研究者番号：20312390

田中敏明 (Tanaka Toshiaki)
東京大学・高齢社会総合研究機構・特任教授
研究者番号：40248670

(4)研究協力者
()