

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：31304

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350613

研究課題名(和文)呼吸リハビリテーションにおける呼吸パターン指導法の標準化と効果の検証

研究課題名(英文)The standardization and evaluation of the effects of breathing instruction of pulmonary rehabilitation

研究代表者

小林 大介 (KOBAYASHI, DAISUKE)

東北福祉大学・健康科学部・助教

研究者番号：60636132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：COPDなどの呼吸器疾患において、呼吸パターンを変化させて息切れ緩和を図るプログラムが重要であるが、その妥当性の生理的検証を行った報告は少ない。今回、科学的に息苦しさを起こさせる実験を行い、息切れに対して何も指導しなければ、換気量や呼吸数は変化しないが、呼吸パターン(吸気・呼気のタイミングなど)が変化し、息切れが強くなっていくことが判明した。また、息切れを緩和させるために呼気や吸気を意識させる介入を行った結果、息切れを緩和させるためには、呼気と吸気のタイミングも大事だが、息を「はく時間を長くして、深くはかせる」ことが重要であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Breathing training is an important program to alleviate dyspnea in patients with airflow limitation such as COPD. To find out an optimal breathing strategy for instruction to the patients, relationships between breathing pattern and dyspnea were studied using an experimental model of obstructive diseases. Minute ventilation (VE) and respiratory frequency (f) were not significantly changed during any ventilatory loads. In stead, with resistance dependent fashion, mean inspiratory flow (VT/TI) decreased, duty cycle (TI/TTOT) and BS increased. Changes in the individual BS with expiration during any ventilatory loads were correlated with changes in the end-expiratory lung volume (EELV) values estimated from IC. The effect of breathing training on dyspnea is related to the combined change that it promotes in the TI/TTOT and EELV, suggesting a key strategy for breathing in patients with airflow limitation.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：呼吸リハビリテーション 呼吸トレーニング 吸気と呼気のタイミング 呼気延長 呼気終末肺気量位の低下

1. 研究開始当初の背景

呼吸器疾患による呼吸困難感軽減のために、わが国では呼吸リハビリテーション（呼吸リハ）が行われている。プログラムの一環として、呼吸を十分に行わせるような呼吸パターンの指導が行われてきたが、生理的要因の検討はこれまで十分に行われていない。

呼吸理学療法上で、効率的な運動療法前のコンディショニング調整は重要である。問題となるのは、呼吸パターン異常の他にも胸郭を構成する各関節の可動性の低下である。呼吸困難感を有する疾病者の呼吸機能評価においても、身体所見から総合的に評価することが重要である。COPD患者の呼吸困難感の呼吸パターン指導有用性のエビデンスに関する、研究は十分に報告されておらず、客観的な身体所見や呼吸指標をもとに呼吸生理学的に検証された報告されていない。

慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者の呼吸困難感は、日常生活や生活の質を低下させ、予後を規定する重要な因子である。特に呼吸困難感が強い患者は、少ない患者に比べ生命予後が悪いという報告がされている。これらのことから、呼吸困難感を有する患者の呼吸運動パターンや換気応答を把握、そして予防と対策等について検証していく事は重要であり且つ第一義的な課題であると言える。

2. 研究の目的

呼吸器疾患による呼吸困難軽減のための理学療法的治療として、呼吸方法への介入が一般的に行われている。しかし、これらの臨床効果について、客観的な呼吸指標に基づいて呼吸生理学的に検証された報告は少ない。

本研究の目的は以下のとおりである。

安静呼吸に段階的な粘性抵抗を負荷し、その時の呼吸波形、呼吸運動に伴う胸郭・腹部の運動軌跡に着目するものである。その目的は、呼吸理学療法の観点から、健常者の呼吸困難感や呼吸パターンの変化等の換気応答や呼吸運動パターンの特徴を解析、検証することである。

更に無介入時と呼吸介入時で比較・解析を行い、呼吸困難改善につながる生理的要因を検証する。

3. 研究の方法

若年健常者に対する粘性抵抗負荷試験時に、以下に示す測定を施行し総合的に呼吸機能評価を行った。さらに、呼吸介入の有無により比較・検証し、呼吸パターン指導の視点から呼吸困難感改善効果を検証した。

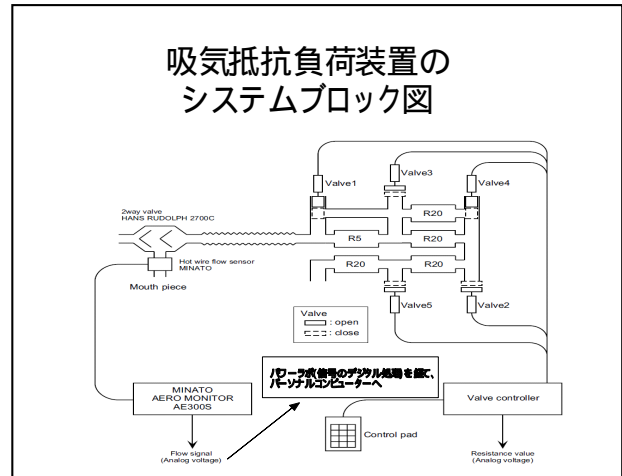
呼吸運動パターン分析

覚醒時における段階的な粘性抵抗負荷時の呼吸運動についてインダクタンス法プレスティスモグラフを用いて解析した。解析は胸郭、腹部の運動を指標とし、解析ソフトを用いて、呼吸・運動パターンを評価した。

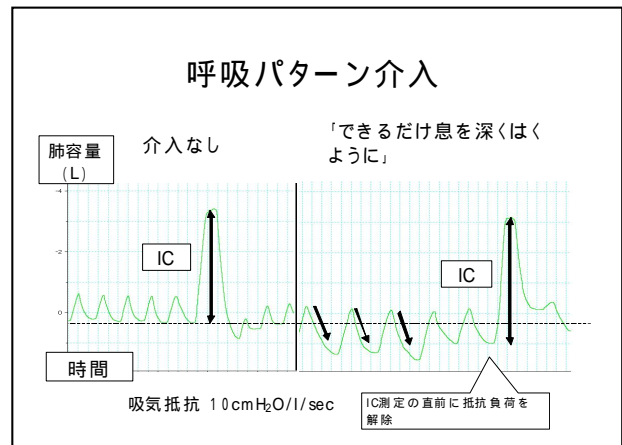
呼吸波形解析

抵抗負荷装置（下図）を用いて、安静呼吸

に段階的な粘性抵抗を負荷し、 $V_T/T_I$ 、 $T_I/T_{TOT}$ などの呼吸パターンを解析した。



呼吸パターンの分析結果と呼吸運動パターン、肺気量位、換気量、呼吸介入の有無、呼吸困難感との関連性について検討した。呼吸介入の方法については、「できるだけ息を長くはくように」という呼気介入指導と「できるだけ息を長く吸うように」という吸気介入指導を行なった（下図）。



4. 研究成果

呼吸運動パターン分析について

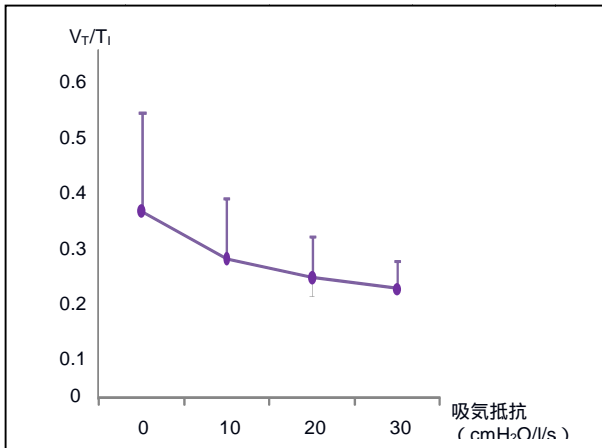
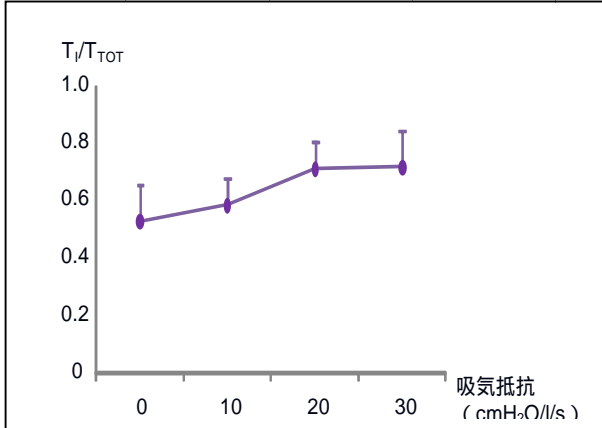
覚醒若年健常者 10 名に対し、段階的な粘性抵抗負荷による呼吸をおこなわせ、その際の呼吸・運動パターンを解析した結果、腹部運動が強調されるほど、呼吸困難感が弱くなる傾向にあった。しかし被験者毎に胸部運動が強調されたり、口頭指示よるばらつきが大きくなり、統計学的に意味を持つ結果にはならなかった。

呼吸波形解析

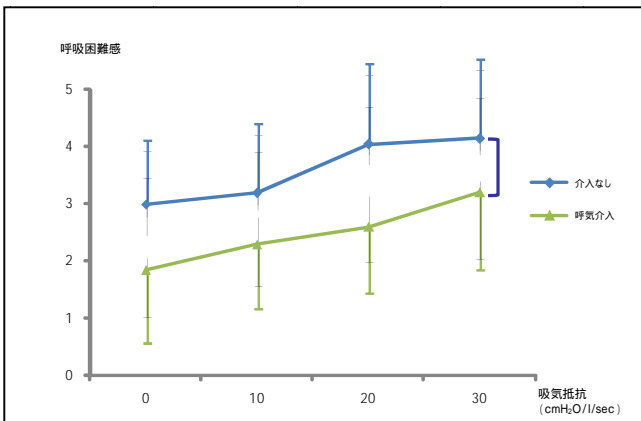
覚醒若年健常者 10 名に対し、抵抗負荷装置を用いて、安静呼吸に段階的な粘性抵抗を負荷し、平均吸気流量（ $V_T/T_I$ ） duty ratio（ $T_I/T_{TOT}$ ）などの呼吸パターンを解析した。

結果として、吸気抵抗負荷に対して、分時換気量や呼吸数に有意な変化はみられなかったが、呼吸パターンに有意な応答（duty  $T_I/T_{TOT}$  の増加、 $V_T/T_I$  の低下：下図）が認めら

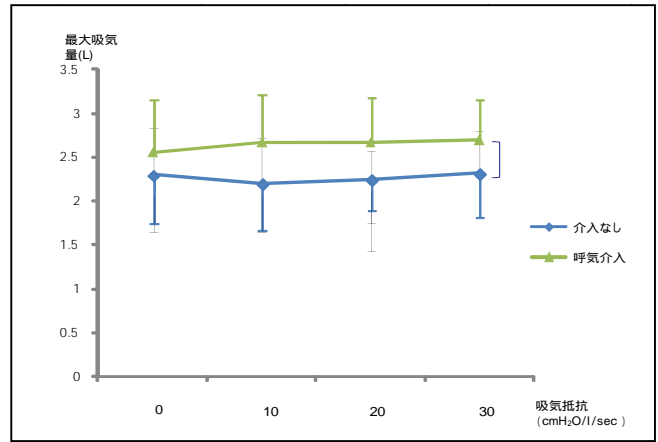
れた。



介入の有無による検討では、呼吸困難感は呼気介入により、安静時に比べ、有意に低下した（図：0cmH<sub>2</sub>O/l/sec 2.8 ± 1.1 vs. 1.9 ± 1.3, 10cmH<sub>2</sub>O/l/sec 3.0 ± 1.2 vs. 2.3 ± 1.0, 20cmH<sub>2</sub>O/l/sec 3.9 ± 1.4 vs. 2.6 ± 1.1, 30cmH<sub>2</sub>O/l/sec 4.0 ± 1.4 vs. 3.2 ± 1.3 p<0.05）。



また、呼気介入により最大吸気量（IC）が有意に増加し、これは呼気終末肺気量位が低下したものと考えられた（下記図、P<0.05）。



中枢神経系による呼吸発生・調節の評価指標として用いられる気道閉塞圧（P<sub>0.1</sub>）の解析からは、介入なしと比べ呼気介入時の P<sub>0.1</sub> が有意に増加した（下記表、P<0.05）。呼気介入時に P<sub>0.1</sub> の増加がみられたのは、肺気量位低下によって吸気筋（腹筋群）の発生圧を高めたことが大きな要因と考えられる。

	介入なし (cmH <sub>2</sub> O)	呼気介入 (cmH <sub>2</sub> O)
0 (cmH <sub>2</sub> O/l/s)	1.16 ± 0.53	2.81 ± 2.36 *
10 (cmH <sub>2</sub> O/l/s)	2.48 ± 1.19	5.08 ± 3.31 *
20 (cmH <sub>2</sub> O/l/s)	1.33 ± 0.95	5.30 ± 4.90 *
30 (cmH <sub>2</sub> O/l/s)	2.05 ± 1.19	5.25 ± 4.26 *

今回の成果で重要なことは、行動調節によって呼吸中枢活動の変化が示されたことである。

呼気介入に伴う、呼吸パターン解析の結果、T<sub>I</sub>/T<sub>TOT</sub> を変化させても呼吸困難が緩和する方向には変化せず、V<sub>T</sub>/T<sub>I</sub> を大きくすることが呼吸困難を緩和するような結果となった。我々が考えた仮説としては、呼気時間を長くし（閾値を上昇させる）、T<sub>I</sub>/T<sub>TOT</sub> を低下させれば、EELV が低下すると考え、その結果呼吸困難を軽減させるといったものであった。しかし今回の結果からは、呼吸パターンへの介入だけでは呼吸困難緩和にはつながらず、吸気と呼気のタイミングが重要ではないことが示唆された。

V<sub>T</sub>/T<sub>I</sub> の増加により呼吸困難感を緩和するようにみえるが、V<sub>T</sub>/T<sub>I</sub> の増加には短い時間で大きく吸うことが重要である。今回の結果では呼吸困難感を緩和しているが、介入なし時の V<sub>T</sub>/T<sub>I</sub> の変化は抵抗による修飾が考えられることや V<sub>T</sub> を増加させると、吸気ドライブが増大し、呼吸困難感を緩和することにはならな

い。これらより今回呼吸困難感を緩和させたことは、呼吸パターンを変化させるというよりも、IC増加の要因のほうが大きいことが推定される。

今回の知見の理解は、臨床面に広く有用と思われる。呼吸困難改善を目的にした呼吸理学療法の呼吸訓練では、呼気および吸気への介入が一般に行われている。呼吸困難改善を主目的にした場合、呼気の深さを考慮した介入方法を行うことで、効果を高められる可能性がある。結果として呼気終末呼気肺気量位（EELV）は低下するが、このことは横隔膜をはじめとする吸気筋の発生圧を高め、呼吸ドライブに対する換気量の効果を改善し、呼吸困難を緩和すると考えられる。一方深い呼気には腹筋や腹斜筋に代表される呼気筋の筋力強化が必要かもしれない。ところが世界的には呼吸筋訓練に関しては、「呼吸リハビリテーションで呼吸筋訓練を日常的に行うことを支持するエビデンスはない」（無作為化比較試験で限定された推奨レベル）とされている。

以上より、これらの成果から、呼吸方法としての呼気介入は経験的に実施するのではなく、呼吸困難感を改善する呼吸法として、呼吸パターンとして呼気を延長させる指導を行う、呼気終末肺気量位の低下を意識した呼吸を行わせることが重要と考えられた。

今回、我々は対象者に対して、呼吸筋力を測定せず、呼吸筋訓練も行っていない。呼吸困難軽減のためには、呼吸パターン介入以外に呼吸筋力増強も影響すると考え、リハビリテーション的な意義があるため、今後は基礎的検証として、今回と同様実験を呼吸筋訓練の有無で比較し、呼吸筋力強化と呼吸調節との関連性について検討することを予定している。また、臨床的な検証として、老年健常者や呼吸困難呼吸器疾患対象者に実施し、呼吸パターンの介入の有用性をより科学的に検討していく予定。

#### 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 5 件）

- 1) 黒澤 一、なぜ身体活動性なのか？、日本呼吸器学会誌、査読無、4 巻、2015、4-7
- 2) 小林大介、黒澤 一、小川浩正他、健常者に対する吸気粘性抵抗負荷換気応答の解析～呼吸困難を緩和する最適な呼吸指導法について～、臨床呼吸生理誌、査読有、47 巻、2015、31-35
- 3) 田邊素子、小林大介、水野一枝他、避難所を想定した条件が筋硬度と睡眠に及ぼす影響について、東北理学療法学、査読有、26 巻、2014、184-188
- 4) 黒澤 一、COPD の治療～禁煙・日常生活指導と呼吸リハビリテーション～、

MEDICAMENT NEWS、査読無、2158、2014、9-10  
5) 小林大介、黒澤 一、飛田 涉、吸気粘性抵抗負荷換気応答における呼吸困難と呼吸パターンの関係～若年健常者における基礎的検討、理学療法法の歩み、査読有、25 巻、2014、34-41

〔学会発表〕（計 4 件）

- 1) Kobayashi D、Kurosawa H、et al、Effect of respiratory pattern intervention on dyspnea during inspiratory resistive loading in healthy subjects、American College of Physicians 2015 Annual Meeting、平成 27 年 10 月 28 日、モントリオール・コンベンションセンター、カナダ
- 2) 新國悦弘、黒澤 一他、肥満患者に対する減量療法が呼吸機能へ及ぼす影響～広域周波オシレーション法を用いての検討～、日本呼吸器学会学術講演会、平成 27 年 4 月 18 日、東京都千代田区、東京国際フォーラム
- 3) Kobayashi D、Kurosawa H、et al、The analysis of respiratory pattern responses to inspiratory resistive loading in young healthy subjects、American Thoracic Society 2014 Annual Meeting、平成 26 年 5 月 20 日、サンディエゴ・コンベンションセンター、アメリカ
- 4) 新國悦弘、小林大介、黒澤 一他、姿勢変化が呼吸機能へ及ぼす影響～MostGraph-01 を用いての検討～、日本呼吸器学会学術講演会、平成 26 年 4 月 26 日、大阪府大阪市、大阪国際会議場

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等：無し

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

小林 大介 (KOBAYASHI DAISUKE)  
東北福祉大学 健康科学部 助教  
研究者番号：60636132

##### (2) 研究分担者

黒澤 一 (KUROSAWA HAJIME)  
東北大学 環境・安全推進センター 教授  
研究者番号：60333788

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：