

胸郭運動制限が咳嗽時最大呼気流量と 努力性肺活量に及ぼす影響

Effects of Chest Wall Restriction on Cough Peak Flow and Forced Vital Capacity

金子 秀雄¹⁾ 出利葉 ゆうき²⁾ 川波 奈緒³⁾ 河野 真実⁴⁾ 谷口 祐貴⁵⁾

HIDEO KANEKO, RPT, PhD¹⁾, YUKI IDERIHA, RPT²⁾, NAO KAWANAMI, RPT³⁾,
MAMI KAWANO, RPT⁴⁾, YUKI TANIGUCHI, RPT⁵⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences at Fukuoka, International University of Health and Welfare: 137-1 Enokizu, Okawa-shi, Fukuoka 831-8501, Japan TEL +81 944-89-2000 E-mail: hkaneko@juhw.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Chidoribashi Hospital

³⁾ Department of Rehabilitation, Fukuoka Tokushukai Hospital

⁴⁾ Department of Rehabilitation, Shirakawa Hospital

⁵⁾ Department of Rehabilitation, Minamiomuta Hospital

Rigakuryoho Kagaku 33(5): 743-746, 2018. Submitted Mar. 30, 2018. Accepted Apr. 25, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] This study investigated the effect of chest wall restriction on cough peak flow and forced vital capacity. [Participants and Methods] Cough peak flow and forced vital capacity of 24 healthy male subjects were measured under the following conditions: no restriction, upper chest wall restriction, lower chest wall restriction, and upper and lower chest wall restriction. [Results] The cough peak flow significantly decreased with decrease of the forced vital capacity by chest wall restrictions, and was significantly decreased under the condition of upper chest wall restriction compared to lower chest wall restriction. [Conclusion] The results suggest that cough peak flow of healthy young males is affected by a decrease in lung volume related to chest wall restriction and is also influenced by the region of chest wall restriction.

Key words: chest wall restriction, cough peak flow, forced vital capacity

要旨:〔目的〕胸郭運動制限が咳嗽時最大呼気流量と努力性肺活量に及ぼす影響を明らかにすること。〔対象と方法〕健康男性 24 名を対象に上部胸郭、下部胸郭、上部胸郭と下部胸郭の 3 種類の運動制限と制限なしの 4 条件における咳嗽時最大呼気流量と努力性肺活量を測定した。〔結果〕胸郭運動制限により努力性肺活量は有意に減少し、それに比例して咳嗽時最大呼気流量は有意に減少した。咳嗽時最大呼気流量は、下部胸郭より上部胸郭の運動制限条件で有意に減少した。〔結語〕健康若年男性における咳嗽時最大呼気流量は、胸郭運動制限による努力性肺活量減少に比例した変化を示し、胸郭運動制限部位の違いに影響される可能性があることがわかった。

キーワード: 胸郭運動制限, 咳嗽時最大呼気流量, 努力性肺活量

¹⁾ 国際医療福祉大学 福岡保健医療学部 理学療法学科: 福岡県大川市榎津 137-1 (〒831-8501) TEL 0944-89-2000

²⁾ 千鳥橋病院 リハビリテーション技術部

³⁾ 福岡徳洲会病院 リハビリテーション部

⁴⁾ 白川病院 リハビリテーション科

⁵⁾ 南大牟田病院 リハビリテーション科

I. はじめに

咳嗽は、気道を浄化させる重要な生体防御機能である¹⁾。特に、神経筋疾患では咳嗽機能低下と肺炎発症の関連が報告されており^{2,3)}、咳嗽機能は肺炎発症に関連する重要な因子である。そして、最大吸気後の自発的な咳嗽によって生じた咳嗽時最大呼気流量 (cough peak flow: 以下、CPF) は咳嗽の強さとして評価され、肺炎リスクに関連する臨床指標³⁻⁵⁾として活用されている。

咳嗽には、気道内の空気を速い流速で駆出させる能力が必要となる。これは吸気後に胸腔内圧を高め、気道を動的に圧迫する呼吸筋力と声帯の協調的な活動により達成される。特に咳嗽初期における吸気量は、胸腔内圧を高める呼吸筋を有利に機能させ、CPFを決める重要な要素である⁶⁾。実際、高齢者⁷⁾や筋ジストロフィー患者⁸⁾における努力性肺活量 (forced vital capacity: 以下、FVC) はCPFと密接な関連があることが報告されている。

一般に肺活量は、肺と胸郭のコンプライアンスに関する要因に規定される。肺に異常がないとき、肺活量は主に胸郭コンプライアンスに影響されることになる。すなわち、加齢などに伴う胸郭コンプライアンス低下は、肺活量を減少させる要因となる。実際、胸郭コンプライアンスの臨床指標である胸郭可動性は加齢に伴い低下し、FVCの独立した予測因子となることが示されている⁹⁾。したがって胸郭可動性低下は、FVCを減少させ、吸気量が制限されることでCPFを減少させると考えられる。また、高齢者の多くは胸郭可動性低下を示すのに対して腹部可動性は保たれていることが多く⁹⁾、腹部可動性がFVC維持に寄与していると考えられる。しかし、胸郭可動性とCPFに関する先行研究¹⁰⁾は限られており、その関連は十分に検討されていない。腹部を含めた胸郭可動性とCPFの関連について理解を深めることは、肺炎発症のリスク因子となる咳嗽機能の予防や改善を検討するうえで役立つと考えられる。

そこで本研究では、健康若年男性を対象に異なる部位の胸郭運動を制限し、胸腹部可動性がFVCおよびCPFに及ぼす影響を検証した。

II. 対象と方法

1. 対象

健康男性24名 (20~24歳) を対象とした。呼吸器疾患、循環器疾患、神経疾患、胸腹部外科術後の既往がある人、換気障害のある人は除外した。本研究は所属施設の倫理委員会にて承認 (14-Ig-29) を得たのちに実施し、対象者には研究内容を説明し、書面にて同意を得た。

2. 方法

胸郭運動制限は、上部胸郭制限、下部胸郭制限、胸郭

制限 (上部胸郭制限と下部胸郭制限) の3種類と制限なしの4条件とした。上部胸郭制限では非伸縮性バンド (幅4 cm) を剣状突起の上部に、下部胸郭制限では剣状突起の下部に位置させた。胸郭制限では非伸縮性バンドを2本使い、上部胸郭と下部胸郭の吸気運動を制限させた。胸郭運動制限の大きさは、呼吸運動評価スケールを基準に決めた。呼吸運動評価スケールは、呼吸運動測定器を用いて背臥位における上部胸郭、下部胸郭、腹部の呼吸運動の大きさを0~8の9段階で評価する評価法である¹¹⁾。スケール値4以上は、健康者の下限値を上回る呼吸運動の大きさであり、正常範囲にあることを意味する。対象者に背臥位をとらせ、先行研究¹¹⁾に準じて呼吸運動測定器を測定部位で保持したのち、ゆっくりと深呼吸を行わせた。それぞれの測定部位で深呼吸を2回行わせ、大きいスケール値を記録した。次に非伸縮性バンドを装着したのち、上部胸郭運動制限に対して上部胸郭スケール値が3、下部胸郭運動制限に対して腹部スケール値が3になるように呼吸運動を制限した。

CPFとFVCの測定は、携帯型のスパイロメータ (Spirobank, MIR社製) を用いて背臥位にて実施した。CPFの測定では、スパイロメータに連結したフェイスマスクを対象者の鼻と口に覆うように密着させ、最大吸気位からできるだけ強い咳嗽を行わせた。FVCは、スパイロメータと円筒形のマウスピースを使い、対象者にノーズクリップを装着したのち、口角から息が漏れないようにマウスピースをくわえさせた。最大吸気位から一気に努力呼気をさせ、6秒以上の呼気努力を続けさせた。CPFとFVCの測定は、数回練習を行ったのちに3回実施し、最大値を採用した。FVCは予測値¹²⁾に対する割合 (%FVC) も算出した。予測値の計算には、日本呼吸器学会ホームページ (<https://www.jrs.or.jp/>) で提供されている計算用エクセルファイルを用いた。測定順序は、まず胸郭運動制限なしで測定したのち、残りの3条件をランダムに実施した。

対象者数は、中等度の効果量 ($\alpha=0.05$, $1-\beta=0.8$) を想定したときの標本数 (24名) を基準に設定した。測定値は、平均値 \pm 標準偏差または中央値 (最小値、最大値) で表した。また、制限なし条件を基準とした制限条件におけるFVCおよびCPFの減少率を計算した。各測定値における条件間の比較には、多重比較法 (Bonferroni法) を用いた。なお、有意水準は5%とした。統計分析にはSPSS ver.24 (IBM社製) を使用した。

III. 結果

すべての対象者のスケール値およびFVCは、制限なし条件において正常範囲であった (表1, 2)。FVC, %FVC, CPFの平均値は、胸郭制限条件が最も低く、上部胸郭制限条件、下部胸郭制限条件、制限なし条件の順

に高くなり、上部胸郭制限条件と下部胸郭制限条件の間を除いたすべての条件間に有意差が認められた（表2）。FVC減少率およびCPF減少率の平均値もFVC、%FVC、CPFと同様な変化を示した。しかし、FVC減少率は上部胸郭制限条件と下部胸郭制限条件の間を除いた条件間に有意差が認められたのに対して、CPF減少率はすべての条件間に有意差が認められた。

IV. 考 察

健常若年男性における上部胸郭および下部胸郭の運動制限はそれぞれFVCとCPFを減少させ、上部胸郭と下部胸郭の運動制限はFVCとCPFはさらに減少させた。すなわち、可動性低下レベルの胸郭運動制限による明らかなFVC減少は、それに応じたCPF減少を生じさせた。この結果は、咳嗽初期の吸気位がCPFの決定因子であることを示したSmithら⁹⁾の研究を支持する。この研究は4段階の吸気位（肺活量の10～90%）におけるCPFを比較しており、本研究の測定条件とは異なるが、胸郭運動制限によって吸気位が制限されることでは一致する。ゆえに、前述した先行研究と同様、本研究においても各条件間における吸気位の違いがCPFの結果に反

映したと考えられる。しかし、上部胸郭制限と下部胸郭制限の条件間のFVC減少率に有意差がないにもかかわらず、上部胸郭制限条件のCPF減少率は有意に減少した。すなわち、健常若年男性におけるCPFは、胸郭運動制限によるFVC減少に比例した変化とともに、胸郭運動制限部位の違いに影響される可能性があることが示された。

スケール値3を基準とした上部胸郭と下部胸郭の運動制限によるFVC減少率は、それぞれ27%と23%であった。さらに両部位の運動制限はFVCを40%減少させた。この値は胸郭全体の運動制限を行った先行研究の結果（平均41%）とほぼ一致する¹³⁾。背臥位測定のため%FVCが低値を示した可能性はあるが、多くの対象者はそれぞれの制限条件において正常範囲を下回るFVCとなった（上部胸郭制限条件22名/24名、下部胸郭制限条件18名/24名、胸郭制限条件24名/24名）。ゆえに、胸郭運動が可動性低下レベルにあるとき、肺機能は拘束性換気障害を示す可能性が高いと考えられる。高齢者を対象とした先行研究において同様な関係が報告されている⁹⁾。

胸郭運動制限によるCPF減少率は、FVC減少率に比べ低値であった。この理由の一つとして胸郭運動制限そのものによる影響が考えられる。Eberleinら¹³⁾は、50%全肺気量位における最大呼気流量は、胸郭運動制限によって平均159%増大すると報告されており、その要因として胸郭運動制限による肺弾性収縮力の増大を指摘している。本研究では、同じ肺気量位におけるCPFを胸郭運動制限の有無で比較してない。そのため、胸郭運動制限による作用によりCPF減少が抑えられたかは不明である。しかし、制限方法に大きな違いがないことから、最大呼気流量と同様に、胸郭運動制限がCPF増大に作用し、CPF減少率は低値を示した可能性がある。

上部胸郭制限条件のCPF減少率は、下部胸郭制限条件より高値を示した。FVC減少率には有意差を認めなかったことから、FVC以外の影響が考えられる。胸郭

表1 対象者の属性と胸腹部可動性

| 項目 | 値 |
|-------------------------|-------------|
| 年齢（歳） | 21（20, 24） |
| 身長（m） | 1.73 ± 0.06 |
| 体重（kg） | 65.4 ± 8.9 |
| BMI（kg/m ² ） | 21.6 ± 2.4 |
| 上部胸郭（0-8） | 8（6, 8） |
| 下部胸郭（0-8） | 7（6, 8） |
| 腹部（0-8） | 7（5, 8） |

平均値 ± 標準偏差または中央値（最小値, 最大値）。BMI：body mass index.

表2 胸郭運動制限によるFVCとCPFの変化

| | 制限なし | 上部胸部制限 | 下部胸郭制限 | 胸郭制限 |
|-------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| FVC（L） | 4.64 ± 0.61 | 3.37 ± 0.64* | 3.60 ± 0.64* | 2.80 ± 0.54*† |
| % FVC（%） | 96 ± 10 | 70 ± 10* | 75 ± 12* | 58 ± 10*† |
| FVC減少率 （%制限なし） | | 27 ± 10 | 23 ± 9 | 40 ± 10† |
| CPF（L/min） | 521 ± 69 | 429 ± 78* | 459 ± 65* | 387 ± 85*† |
| CPF減少率 （%制限なし） | | 17 ± 12 | 11 ± 13‡ | 26 ± 13† |

平均値 ± 標準偏差。FVC：forced vital capacity, CPF：cough peak flow. 胸郭制限：上部胸郭と下部胸郭の制限。*：p<0.05（制限なしとの比較），†：p<0.05（上部胸部制限および下部胸郭制限との比較），‡：p<0.05（上部胸部制限との比較）。

運動制限部位の違いが肺メカニクスに及ぼす影響を検証した研究では、同じ肺活量（-35%）まで胸部および腹部をコルセットで制限したとき、腹部運動制限時の呼吸抵抗の増大は胸郭運動制限時より小さかったことを報告している¹⁴⁾。本研究における下部胸郭制限条件は腹部運動を基準とした制限であったこと踏まえると、下部胸郭制限は腹部運動制限を含む制限条件である。それゆえ、呼吸抵抗の違いが存在した可能性が考えられる。今後、この点を明らかにするためには、肺機能に関する詳細な評価を含めた検討が必要である。

本研究の結果は、健常若年男性を対象に得られたものであり、女性でも同様な結果かどうかは不明である。特に、深呼吸時の下部胸郭運動には性別が影響することから¹⁵⁾、胸郭運動制限部位による反応は同じでない可能性がある。また、今回は健常者を対象に可動性低下レベルの胸郭運動制限条件を設定したため、加齢の変化や疾患に伴う胸郭可動性低下とは条件が異なる。そのため、今後は胸郭可動性低下を生じやすい疾患や高齢な人を対象に胸郭可動性低下とCPFの関連を検討する必要がある。

本研究は、健常若年男性における可動性低下レベルの胸郭運動制限がFVCおよびCPFに及ぼす影響を検証した。その結果、胸郭運動制限はFVCとCPFをともに有意に減少させ、CPFは胸郭運動制限部位の違いに影響される可能性があることがわかった。

利益相反 開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) McCool FD: Global physiology and pathophysiology of cough: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*, 2006, 129: 48S-53S.
- 2) Addington WR, Stephens RE, Gilliland K, et al.: Assessing the laryngeal cough reflex and the risk of developing pneumonia after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999, 80: 150-154.
- 3) Bach JR, Ishikawa Y, Kim H: Prevention of pulmonary morbidity for patients with Duchenne muscular dystrophy. *Chest*, 1997, 112: 1024-1028.
- 4) Kulnik ST, Birring SS, Hodsoll J, et al.: Higher cough flow is associated with lower risk of pneumonia in acute stroke. *Thorax*, 2016, 71: 474-475.
- 5) Bianchi C, Baiardi P, Khirani S, et al.: Cough peak flow as a predictor of pulmonary morbidity in patients with dysphagia. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91: 783-788.
- 6) Smith JA, Aliverti A, Quaranta M, et al.: Chest wall dynamics during voluntary and induced cough in healthy volunteers. *J Physiol*, 2012, 590: 563-574.
- 7) 鈴木あかり, 金子秀雄: 地域在住高齢者における咳嗽力と呼吸機能, 運動機能, 口腔嚥下機能の関連. *理学療法科学*, 2017, 32: 521-525.
- 8) Gauld LM, Boynton A: Relationship between peak cough flow and spirometry in Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Pulmonol*, 2005, 39: 457-460.
- 9) Kaneko H, Suzuki A: Effect of chest and abdominal wall mobility and respiratory muscle strength on forced vital capacity in older adults. *Respir Physiol Neurobiol*, 2017, 246: 47-52.
- 10) 垣内優芳, 藤原麻子, 河原由梨香・他: 中高齢者の随意的咳嗽力に関連する因子. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*, 2015, 25: 272-275.
- 11) 金子秀雄, 木庭知美, 徳永理紗: 女子学生における非特異的慢性腰痛の有無による呼吸機能の違い. *理学療法科学*, 2016, 31: 799-804.
- 12) Kubota M, Kobayashi H, Quanjer PH, et al. Clinical Pulmonary Functions Committee of the Japanese Respiratory Society: Reference values for spirometry, including vital capacity, in Japanese adults calculated with the LMS method and compared with previous values. *Respir Investig*, 2014, 52: 242-250.
- 13) Eberlein M, Schmidt GA, Brower RG: Chest wall strapping. An old physiology experiment with new relevance to small airways diseases. *Ann Am Thorac Soc*, 2014, 11: 1258-1266.
- 14) van Noord JA, Demedts M, Clément J, et al.: Effect of rib cage and abdominal restriction on total respiratory resistance and reactance. *J Appl Physiol* 1985, 1986, 61: 1736-1740.
- 15) Kaneko H, Horie J: Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. *Respir Care*, 2012, 57: 1442-1451.