

最大呼気圧における腹部筋厚との関連性

堀 弘明[†]・佐橋健人・古山勇氣・藤内宏典

KEY WORDS 最大呼気圧, 腹部筋, 超音波診断装置

I はじめに

自己排痰は、深い吸気、声門閉鎖後の圧縮、声門開放後の速い呼気で構成され、深い吸気は肺活量、速い呼気は一秒量や最大呼気圧と関連する^{1,2)}。自己排痰時の腹部筋は胸腔・腹腔内圧に関与し、とくに腹横筋と内腹斜筋の筋厚は増大するが最大呼気圧との関係は不明である^{3,4)}。超音波測定装置で測定した骨格筋の筋厚は筋断面積や筋量と高い相関が示されており、腹部筋厚変化率は筋活動と関連する^{5,6)}。本研究は、超音波診断装置を用いた腹部筋厚から腹部筋厚変化率を算出し最大呼気圧との関連性について検討することを目的とした。

II 方 法

1. 対象者

対象者は、健常成人男性13名、年齢 26.7 ± 4.7 歳、身長 173.8 ± 0.1 cm、体重 68.8 ± 12.5 kg、BMI 22.7 ± 3.1 kg/m²とした。

最大呼気圧の計測には呼吸筋力測定装置（Auto spiro AS-507、MINATO社、日本）を使用した。専用の呼吸筋力測定用アタッチメントを装着し両上肢で把持し、姿勢は骨盤中間位を保持した坐位姿勢で実施した。測定手順は、測定前に体幹屈曲位とならないよう十分なオリエンテーションを実施後、安静呼吸後に最大吸気位から努力呼出した口腔内圧（最大呼気圧）を測定した。最大呼気圧は1.5秒以上維持した時の最大値を採用した。測定は2回以上施行し、2回目以降は最大呼気圧 $\times 0.8$ 以下と判断した時に再測定を実施した。測定結果から、最大呼気圧の最高値を採用し、正常予測式（男性： $25.1 - 0.37 \times \text{年齢} + 0.20 \times \text{身長} + 1.20 \times \text{体重}$ ）から%最大呼気圧を算出した⁷⁾。

筋厚測定には超音波診断装置（HI VISION Avius、日立製作所、日本）を用い、画像表示モードはBモード、5~12MHzのプローブで撮影を実施した。各筋の境界が描出できるようにプローブの位置やゲインを微調整し測定者は同一検者により実施した。測定部位は、右側の中腋窩線上における肋骨辺縁と腸骨稜の中央部で腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋の境界を描出し撮影し、腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋を合計した筋厚を腹部筋厚合計とした⁸⁾。安静呼吸時の安静呼気位の筋厚を測定し、最大呼気圧測定時に録画した画像から各腹部筋の最大筋厚を描出し、2回計測し最大値が得られた際の腹部筋厚を使用して腹部筋厚変化率を算出した。

2. 統計処理

比較検討は、最大呼気圧、%最大呼気圧と腹横筋厚変化率、内腹斜筋厚変化率、外腹斜筋厚変化率との相関関係についてピアソンの積率相関係数（0.00~0.10：相関なし、0.10~0.39：弱い相関、0.40~0.69：中等度の相関、0.70~0.89：強い相関、0.90~1.00：かなり強い相関）を用い統計解析を実施した⁹⁾。

また、測定の信頼性として健常成人男性5名（平均年齢： 29.8 ± 4.4 歳）に対し超音波診断装置を使用して最大呼気圧測定時に腹部筋厚測定を2回実施し、2回目は異なる日に実施した結果に対し級内相関係数（intraclass correlation coefficients : ICC 1.1）を用いて検者内信頼性を確認した。

統計処理には、SPSS Statistics ver22（日本アイ・ビー・エム、日本）を使用し有意水準は5%未満とした。

3. 倫理的配慮・説明と同意

本研究はヘルシンキ宣言に沿い、北海道大学病院の自主研究検査機関の承認を受け（自020-0127）、十分な説明を受けた後、被検者本人の自由意思による文書同意を得てから測定を行った。

III 結 果

最大呼気圧（ 133.4 ± 23.1 cmH₂O）と腹横筋、内腹斜筋、

北海道大学病院 リハビリテーション部

† 責任著者

[受付日：2024年9月30日 採択日：2025年4月14日]

最大呼気圧における腹部筋厚との関連性

外腹斜筋それぞれの筋厚変化率との間に有意な相関関係は認めなかった。%最大呼気圧 ($101.3 \pm 15.4\%$) と腹部筋厚合計変化率 ($40.3 \pm 15.3\%$) は中等度の正の相関関係を認めた ($r=0.584$ 、 $p=0.046$: 図1)。%最大呼気圧と腹横筋厚変化率 ($83.1 \pm 24.5\%$) に関しては、強い正の相関関係を認めた ($r=0.771$ 、 $p=0.003$: 図1)。%最大呼気圧と内腹斜筋厚変化率 ($37.3 \pm 25.2\%$) に関しては、中等度の正の相関関係を認めた ($r=0.625$ 、 $p=0.030$: 図2)。%最

大呼気圧と外腹斜筋厚変化率 ($21.4 \pm 42.3\%$) に関しては、有意な相関関係を認めなかった ($r=0.388$ 、 $p=0.213$: 図2)。

検者内信頼性のICC (1.1) は、最大呼気圧測定時の腹横筋厚 $r=0.92$ (95%信頼区間: 0.69–0.99)、内腹斜筋厚 $r=0.83$ (95%信頼区間: 0.33–0.98)、外腹斜筋厚 $r=0.77$ (95%信頼区間: 0.41–0.98) であった (表1)。

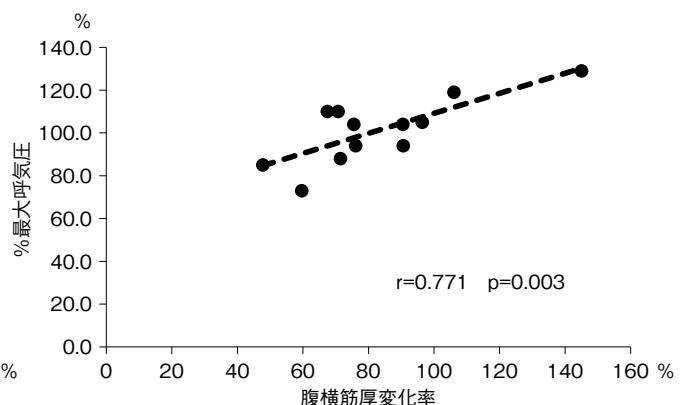
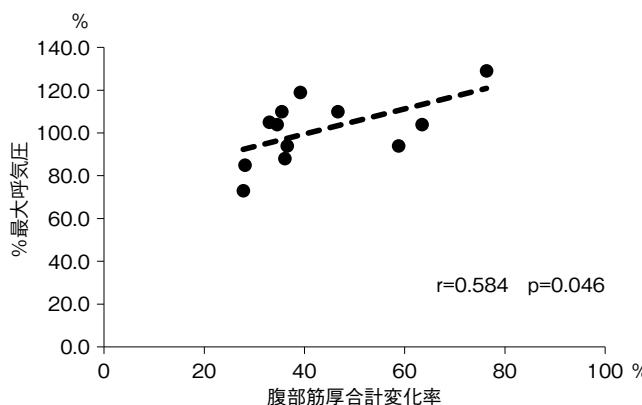


図1 %最大呼気圧における腹部筋厚合計変化率と腹横筋厚変化率との相関関係

%最大呼気圧 ($101.3 \pm 15.4\%$) と腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋を合計した腹部筋厚合計変化率 ($40.3 \pm 15.3\%$) は中等度の相関関係を認めた ($r=0.584$ $p<0.046$)。%最大呼気圧と腹横筋厚変化率 ($83.1 \pm 24.5\%$) に関しては、強い相関関係を認めた ($r=0.771$ $p<0.003$)。

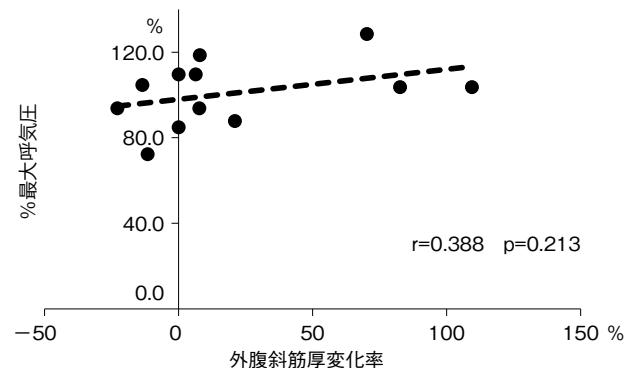
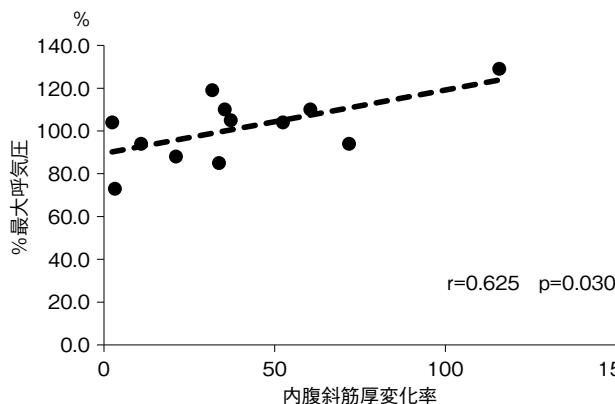


図2 %最大呼気圧における内腹斜筋厚変化率と外腹斜筋厚変化率との相関関係

%最大呼気圧と内腹斜筋厚変化率 ($37.3 \pm 25.2\%$) に関しては、中等度の相関関係を認めた ($r=0.625$ $p=0.030$)。%最大呼気圧と外腹斜筋厚変化率 ($21.4 \pm 42.3\%$) に関しては、相関関係を認めなかった ($r=0.388$ $p=0.213$)。

表1 最大呼気圧測定における腹部筋群の検者内信頼性 (1.1)

	1回目	2回目	級内相関係数
腹横筋厚	$6.4 \pm 1.0\text{mm}$	$7.0 \pm 1.4\text{mm}$	0.92 (0.69–0.99)
内腹斜筋厚	$11.8 \pm 1.5\text{mm}$	$12.5 \pm 2.5\text{mm}$	0.83 (0.33–0.98)
外腹斜筋厚	$6.8 \pm 1.0\text{mm}$	$6.9 \pm 0.5\text{mm}$	0.77 (0.41–0.98)

健常成人男性5名（平均年齢： 29.8 ± 4.4 歳）に対し超音波診断装置を使用して最大呼気圧測定時に腹部筋厚測定を2回実施し、2回目は異なる日に実施。級内相関係数は括弧内に95%信頼区間を記載した。

IV 考察

本研究結果から%最大呼気圧は腹部筋厚合計変化率、腹横筋厚変化率、内腹斜筋厚変化率と正の相関関係を認め、とくに腹横筋厚変化率は%最大呼気圧との相関関係が強かった。%最大呼気圧は咳嗽能力を良好に反映する指標であり、背臥位における咳嗽時の腹横筋と内腹斜筋の筋厚は増大するが外腹斜筋は有意差を認めないことが報告されている^{4,10)}。また、換気量増加により腹横筋の活動は増加し、次に内腹斜筋と外腹斜筋が活動することが報告されている¹¹⁾。本研究結果においても測定課題の違いはあるが先行研究を支持する結果となり腹横筋と内腹斜筋の筋厚変化率の増加が認められた。外腹斜筋厚変化率は個人差により相関関係を認めず、自己排痰の呼気相において腹横筋と内腹斜筋の役割は重要であると考えられるが、深層筋である腹横筋と内腹斜筋と表層筋である外腹斜筋の活動は異なる働きをする可能性が考えられた。一方で、最大呼気圧と腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋の筋厚変化率との間に有意な相関関係は認めなかった。最大呼気圧は、肺気量、性別、年齢、身長、体重に影響される^{12,13)}。本研究各対象者の体重差が最大呼気圧に影響し相関関係を認めなかった可能性が示唆された。そのため、最大呼気圧はさまざまな要因に影響を受けるため、性別や体格を考慮して筋厚の結果を解釈する必要がある。

咳嗽は、咳の誘発、吸気相、圧縮相、排泄相の4相で構成されている¹⁾。強制呼気には圧縮相と排泄相に生じる胸腔内圧と気道内圧上昇は必須であり、とくに深層にある腹横筋は胸腔と腹腔内圧上昇に最も関与する^{3,14)}。以上のことから、腹横筋厚は自己排痰において重要な可能性が示唆されるため、超音波診断装置を用いた腹部筋群の評価結果から理学療法プログラム立案の一助となると考える。

本研究の限界として、呼吸筋機能検査と超音波診断装置で測定は同期していないため、実際の最大呼気圧時の腹部筋厚にずれが生じていると思われるため針筋電図など使用する必要がある。また、対象者のサンプル数が少なく基礎研究であること、臨床では分泌物の粘性や量、水分管理などの患者の病態やベッドの固さなどの環境要因を含めた追研究が必要であると考える。

V 結語

%最大呼気圧は、腹部筋厚合計変化率、腹横筋厚変化率、内腹斜筋厚変化率と正の相関関係を認め、特に腹横

筋厚変化率とは強い相関関係を認めた。超音波診断装置を用いて腹部筋群を測定することは自己排痰にも関係する情報が得られたため理学療法プログラムの立案に有効であると考える。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

参考文献

- 1) McCool FD : Global physiology and pathophysiology of cough : ACCP Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2006 ; 129 : 48-53.
- 2) Vallverdú I, Calaf N, Subirana M, et al : Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998 ; 158 : 1855-62.
- 3) Essendrop M, Schibye B : Intra-abdominal pressure and activation of abdominal muscles in highly trained participants during sudden heavy trunk loadings. *Spine* 2004 ; 29 : 2445-51.
- 4) Yamashina Y, Tabira K, Miyamoto K, et al : Measurement of expiratory muscle thickness during coughing using ultrasonic diagnostic equipment. *AINO JOURNAL*. 2017 ; 16 : 31-4.
- 5) Dupont AC, Sauerbrei EE, Fenton PV, et al : Realtime sonography to estimate muscle thickness : comparison with MRI and CT. *J Clin Ultrasound*. 2001 ; 29 : 230-36.
- 6) McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, et al : The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech*. 2004 ; 19 : 337-42.
- 7) 鈴木正史, 寺本信嗣, 須藤英一ほか : 最大呼気・吸気の加齢変化, 日胸疾会誌. 1997 ; 35 : 1305-11.
- 8) Urquhart DM, Barker P, Hodges PW, et al : Regional morphology of the transverses abdominis and obliquus internus and externus abdominis muscle. *Clin Biomech*. 2005 ; 20 : 233-41.
- 9) Schober P, Boer C, Schwarte LA : Correlation Coefficients : Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg*. 2018 ; 126 : 1763-8.
- 10) 横山仁志, 武市梨絵, 渡邊陽介ほか : 呼吸機能と自己排痰能力の関係, 呼吸. 2013 ; 32 : 560-5.
- 11) Abe T, kusuhara N, Yoshimura N, et al : Differential respiratory activity of four abdominal muscles in humans. *J Appl Physiol*. 1985 ; 80 : 1379-89.
- 12) 解良武士 : 呼吸筋力の測定, 理学療法科学. 2002 ; 17 : 265-71.
- 13) Tagami M, Okuno Y, Matsuda T, et al : Maximal respiratory pressure in healthy Japanese children. *J Phys*. 2017 ; 29 : 515-8.
- 14) Misuri G, Colagrande S, Gorini M, et al : In vivo ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscle in normal subjects. *Eur Respir J*. 1997 ; 10 : 2861-7.