

# 健常女性における胸囲および腹囲周囲径と 腹横筋筋厚の関係性

*Relationships between Chest and Abdominal Circumferences  
and the Transversus Abdominis Thickness in Healthy Females*

布施 陽子<sup>1-3)</sup> 福井 勉<sup>2)</sup> 水戸 和幸<sup>1)</sup>

YOKO FUSE, RPT<sup>1-3)</sup>, TSUTOMU FUKUI, PhD<sup>2)</sup>, KAZUYUKI MITO, PhD<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications: 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo 182-8585, Japan TEL +81 42-443-5554 E-mail: f2040007@edu.cc.uec.ac.jp

<sup>2)</sup> Department of Physical Therapy, Bunkyo Gakuin University

<sup>3)</sup> Department of Rehabilitation, Tokyo-kita Medical Center

*Rigakuryoho Kagaku* 37(5): 455-462, 2022. Submitted Apr. 1, 2022. Accepted May 2, 2022.

**ABSTRACT:** [Purpose] The purpose of this study was to clarify the relationships between the chest and abdominal circumferences, and the thickness of the transversus abdominis during breathing. [Participants and Methods] The participants were 11 healthy adult females. The chest circumference, the abdominal circumference, and the thickness of the transversus abdominis during respiratory exercise were measured with the elastic strain sensor C-STRETCH and an ultrasonic diagnostic device. [Results] The amount of change in the chest circumference did not correlate with the difference in the thickness of the transversus abdominis. However, the amount of change in the abdominal circumference was significantly positively correlated with the change in the thickness of the transversus abdominis. [Conclusion] This study showed that abdominal circumference could be used to infer the muscle thickness of the transversus abdominis.

**Key words:** transversus abdominis, chest circumference, abdominal circumference

**要旨:**〔目的〕呼吸時の胸囲周囲径や腹囲周囲径と腹横筋厚の関係性を明らかにすることを目的とした。〔対象と方法〕対象は健常成人女性 11 名とし、課題は背臥位での呼吸運動とした。計測項目は胸囲周囲径、腹囲周囲径および腹横筋厚とし、伸縮性ひずみセンサ C-STRETCH と超音波診断装置を同期して計測した。胸囲周囲径、腹囲周囲径が最大値、最小値を示す際の腹横筋厚をそれぞれ計測し、その変化量を算出した。〔結果〕胸囲周囲径変化量は、腹横筋厚変化量と相関関係を認めなかったが、腹囲周囲径変化量は、腹横筋厚変化量と有意な正の相関を認めた。〔結語〕腹囲周囲径から腹横筋の筋厚変化を推測できることが示唆された。

**キーワード:** 腹横筋, 胸囲周囲径, 腹囲周囲径

<sup>1)</sup> 電気通信大学大学院 情報理工学研究科: 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1 (〒182-8585) TEL 042-443-5554

<sup>2)</sup> 文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

<sup>3)</sup> 東京北医療センター リハビリテーション室



## 1. はじめに

近年、体幹-骨盤帯の安定化構築を目的とした体幹筋群トレーニングが注目されており、医療現場だけでなく、スポーツ現場や介護現場まで幅広く活用されている。体幹筋群は、腹斜筋群や脊柱起立筋群で構成されるアウターユニットと、腹横筋、腰部多裂筋深層線維、骨盤底筋群、横隔膜で構成されるインナーユニットに分類される。表層筋群で構成されるアウターユニットは、脊柱全体としてのダイナミックな運動を担う一方で、深層筋群で構成されるインナーユニットは、脊柱の分節ごとの動きや呼吸による腹腔内圧を調整する作用を持つ。したがって、体幹-骨盤帯安定化には、体幹深層筋群トレーニングが重要とされ、トレーニング方法やその効果判定に対する研究が検証されている。

体幹-骨盤帯の不安定性により生じる代表的疾患として腰痛が挙げられる。腰痛の生涯における罹患率は80%以上<sup>1)</sup>と高く、腰痛に対する運動療法では、インナーユニットに着目したモーターコントロールによる介入方法が重要視されている。モーターコントロールとは、運動における骨格系、筋系、神経系の機構を相互に調整する機能のことであり、これらの機能不全が腰痛の原因とされている。モーターコントロールの機能再構築は、インナーユニットの機能再構築につながる。インナーユニットのなかでも腹横筋は、ダイナミックな身体動作の予備動作として、フィードフォワード作用を持つ。フィードフォワード作用とは、たとえば上肢挙上(屈曲)動作を行う直前から腹横筋が活動して、腹腔内圧を上昇させることであり、体幹の安定性に寄与している<sup>2)</sup>。このフィードフォワード作用により円滑な上肢挙上動作が遂行できるのである。しかし、腰痛患者ではこのような腹横筋活動が遅延または低下するために腰痛を発症しやすいとされている<sup>3)</sup>。そのため、腹横筋強化により、動作に対して先行活動するインナーユニットの反応性を高め、モーターコントロールによる機能回復につながることで腰痛改善予防が期待できる<sup>4)</sup>。

腹横筋は、側腹筋群のうち最深層に位置するため触診による評価は困難であり、臨床上、徒手の評価に難渋する筋である。これらを踏まえ、近年、超音波診断装置を用いて腹横筋の筋厚を計測する研究が多くなってきている。超音波診断装置と筋電図を使用した腹横筋研究では、腹横筋厚増大は筋活動を示す<sup>5)</sup>と報告されており、腹横筋厚の増減を指標にした研究が多くなってきている。腹横筋厚の計測方法については、筆者の先行研究<sup>6)</sup>において高い信頼性が認められた。その際用いた計測部位は「解剖学的に内腹斜筋と腹横筋が完全に別個の2層として観察可能な腹横筋中部/下部領域」<sup>7)</sup>であり、「肋骨下縁と腸骨稜間に腹横筋中部/下部領域が存在し、上前腸骨棘より2.5 cm内下方で腹横筋収縮がより触知可能

部位」<sup>8)</sup>とする研究を参考に、上前腸骨棘と上後腸骨棘間の上前腸骨棘側1/3点を通り、床と平行な直線上で、肋骨下縁と腸骨稜間の midpoint とした。その結果、本計測方法は習熟した1人の検者が1回計測すれば十分であることが示された<sup>6)</sup>。さらに筆者は、本法による腹横筋評価を用いた効果的なトレーニング方法を検証してきた。健康成人による発声における円唇母音と腹横筋の関係を検証した先行研究では、a, i, eの母音発声よりもu, o(円唇母音)の母音発声でより腹横筋厚が増大することを示した<sup>9)</sup>。腹横筋の呼吸指導として、様々な現場で活用できるエクササイズであると考えられる。また、ポータブル超音波診断装置の普及から、超音波画像上の腹横筋を対象者に見せることにより、視覚的フィードバックを用いるエクササイズがある。この方法は、超音波画像上の腹横筋厚をリアルタイムで確認できるため、収縮感覚を習得することが困難な対象者に対して実施されることが多い。筋厚増大時の呼吸法が即時的フィードバックが可能であることから、収縮感覚の乏しい対象者に対して非常に有効である。筆者の臨床経験では、超音波画像を見ながらのエクササイズに加え、円唇母音発声などを用いて呼吸指導することで、腹横筋活動をさらに増大することができる<sup>10)</sup>と考える。

臨床現場では、腹横筋に焦点を当てたエクササイズを実践することで、腰痛の改善が多く認められてきた<sup>10,11)</sup>。しかし、超音波画像を用いることができない自宅などの環境では、可視化の点から腹横筋エクササイズを行うことが困難である場合が多い。また腹横筋収縮指導の口頭指示として、ドローインと呼ばれる腹部を凹ませる指導を行う場合が多いが、症例によっては異なる呼吸様式があるため、腹部を凹ませるタイミングや程度については定まっていない。呼気時腹横筋収縮を促す呼吸様式は腹式呼吸と呼ばれているが、上述のように呼気時の腹囲周囲径の減少が特徴的である。一方で、対照的な胸式呼吸においては吸気に胸部を広げることが特徴的な動きである。

呼吸様式を確認する評価法としては、胸部の動きについてはメジャーの使用が一般的であり、腹部の動きは目視での評価にとどまっている。メジャーにより、胸部と腹部の動きを同時に評価することは困難であり、伸長と縮小の往復動作を正確に計測する方法は確立されていない。近年、優れた柔軟性を持つエラストマー素材を使用した伸縮性ひずみセンサが着目されている。従来のものと比較し、伸縮応答性と柔軟性、検出精度が高いとされ、伸長と縮小の往復動作も再現性を維持しつつ計測可能とされている。一方で、胸部や腹部の動きを同時に計測することにより、臨床現場における呼吸指導までには至っていない。臨床上、腹横筋の機能低下を呈する対象者に対して、胸部と腹部の動きを評価したうえで、超音波画像による腹横筋の評価をすることで呼吸指導を実施して

いる。したがって、呼吸指導を行ううえで、腹横筋評価としては超音波画像による評価方法を選択している現状がある。

そこで本研究では、自宅でも簡単に腹横筋エクササイズを行えるようにするため、超音波画像に代わる評価手法として、超音波診断装置よりも安価で、かつ計測が容易な伸縮性ひずみセンサを用いて、呼吸時の胸囲周囲径や腹囲周囲径と腹横筋厚の関係性を明らかにすることを目的とした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は、健康成人女性 11 名（年齢  $27.4 \pm 4.8$  歳、Body Mass Index  $20.2 \pm 1.5 \text{ kg/m}^2$ ：平均 ± 標準偏差）とした。除外条件として、妊娠中および妊娠している可能性のあるもの、出産経験のあるもの、産婦人科系疾患および呼吸器疾患の既往歴および現病歴のあるもの、内視鏡や開腹手術歴を有するもの、実験の実施に影響を及ぼす精神・心理的疾患を有するものとした。

本研究はヘルシンキ宣言に基づき、研究の目的および方法を十分に説明して同意を得られたものを対象とし、電気通信大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：20063）。

### 2. 方法

被験者の計測肢位は両膝屈曲位の背臥位とし（図 1）、自然呼吸の計測を行った。呼吸は、深い呼吸（深呼吸）を促したいことから、8 秒間かけて鼻から息を吸い、その後 8 秒間かけて口から息を吐く方法で 8 回行った。計測前にはメトロノームを使用してタイミングを制御し、十分に練習をした。

計測機器は、伸縮性ひずみセンサ C-STRETCH（バンドー化学社製）および超音波診断装置（EUB-8500、日立メディコ社製）を用いた。呼吸運動時の胸囲周囲径と腹囲周囲径は、胸部（剣状突起を通る周囲）と腹部（臍と恥骨結合の midpoint を通る周囲）の 2 ヶ所に設置した伸縮性ひずみセンサ C-STRETCH で計測した（図 2）。また、



図 1 計測肢位  
両膝屈曲位の背臥位。

同時に腹横筋厚を超音波診断装置で計測した。超音波診断装置による腹横筋厚の計測部位は、先行研究<sup>6)</sup>と同様に、上前腸骨棘と上後腸骨棘間の上前腸骨棘側 1/3 点を通り、床と平行な直線上で、肋骨下縁と腸骨稜間の midpoint とした（図 3）。超音波画像は、腹筋層筋膜が最も明瞭で平行線となるまで圧迫した際の画像を記録した。

伸縮性ひずみセンサ C-STRETCH の特性は素早い伸縮応答性であり、エラストマーフィルム絶縁層と、ナノカーボンの伸縮性導電層の積層体で構成されている。線形性の検討を行い、伸長量と出力電圧に高い相関関係が認められた（図 4）。呼吸運動時のひずみセンサの信号は、PowerLab 4SP（ADInstruments 社製）を介して LabChart7 にてサンプリング周波数 100 Hz にて計測し

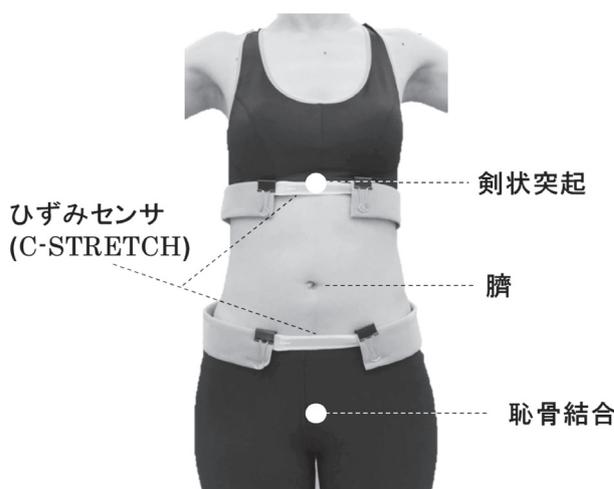


図 2 ひずみセンサ (C-STRETCH) の貼付位置  
胸囲周囲径として剣状突起を通る部位、腹囲周囲径として臍と恥骨結合の midpoint を通る部位へ貼付した。



図 3 超音波プローブの測定部位  
上前腸骨棘と上後腸骨棘間の上前腸骨棘側 1/3 点を通る床と垂直な直線上で、肋骨下縁と腸骨稜間の midpoint (☆)。

た。また、超音波診断装置で計測した画像をWEBカメラにて同時にモニター上で録画し、Labchart7のVideo Captureを用いてひずみセンサ信号と超音波画像診断装置の画像を同期させた(図5)。

計測後の解析区間は、8回の呼吸運動のうち腹囲周囲径の軌跡をもとに、3番目最小値(3呼吸目最大呼吸位)から7番目最大値(7呼吸目最大吸気位)までの5呼吸相とした(図6)。

計測変数は、胸囲および腹囲周囲径と腹横筋厚とし

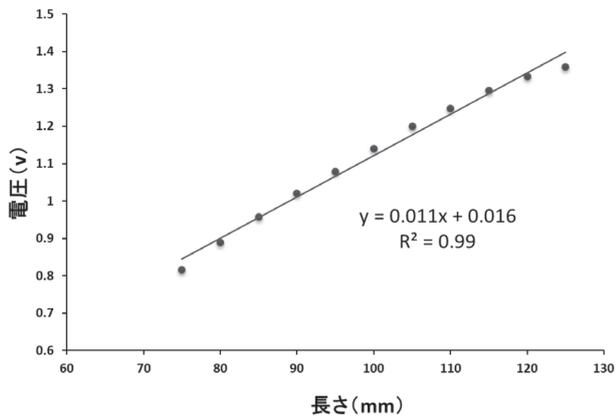


図4 伸縮性ひずみセンサの伸張量と出力電圧との関係  
センサ部分(静止時:75 mm)を5 mmごとに合計50 mm伸張(センサ部位:125 mm)させた。

た。1呼吸中の最大胸囲周囲径(maximum chest circumference:以下, MaxC), 最小胸囲周囲径(minimum chest circumference:以下, MiniC), 最大腹囲周囲径(maximum abdominal circumference:以下, MaxA), 最小腹囲周囲径(minimum abdominal circumference:以下, MiniA)を算出し, その際の腹横筋厚も同時に算出した。それぞれの腹横筋厚においては, 最大胸囲周囲径時の腹横筋厚(transversus abdominis thickness at the MaxC:以下, TA- MaxC), 最小胸囲周囲径時の腹横筋厚(transversus abdominis thickness at the MiniC:以下, TA- MiniC), 最大腹囲周囲径時の腹横筋厚(transversus abdominis thickness at the MaxA:以下, TA- MaxA), 最小腹囲周囲径時の腹横筋厚(transversus abdominis thickness at the MiniA:以下, TA- MiniA)として算出した。その後, 1呼吸中の胸囲および腹囲周囲径と腹横筋厚の変化量を算出した。

胸囲周囲径変化量は式(1)で示される。

$$\text{胸囲周囲径変化量} = \text{MaxC} - \text{MiniC} \quad (1)$$

一方, 腹囲周囲径変化量は式(2)で示される。

$$\text{腹囲周囲径変化量} = \text{MaxA} - \text{MiniA} \quad (2)$$

また, 最大および最小胸囲周囲径の腹横筋厚変化量(胸囲TA厚変化量)は式(3)で示される。

$$\text{胸囲TA厚変化量} = \text{TA- MaxC} - \text{TA- MiniC} \quad (3)$$

一方, 最大および最小腹囲周囲径の腹横筋厚変化量(腹囲TA厚変化量)は式(4)で示される。

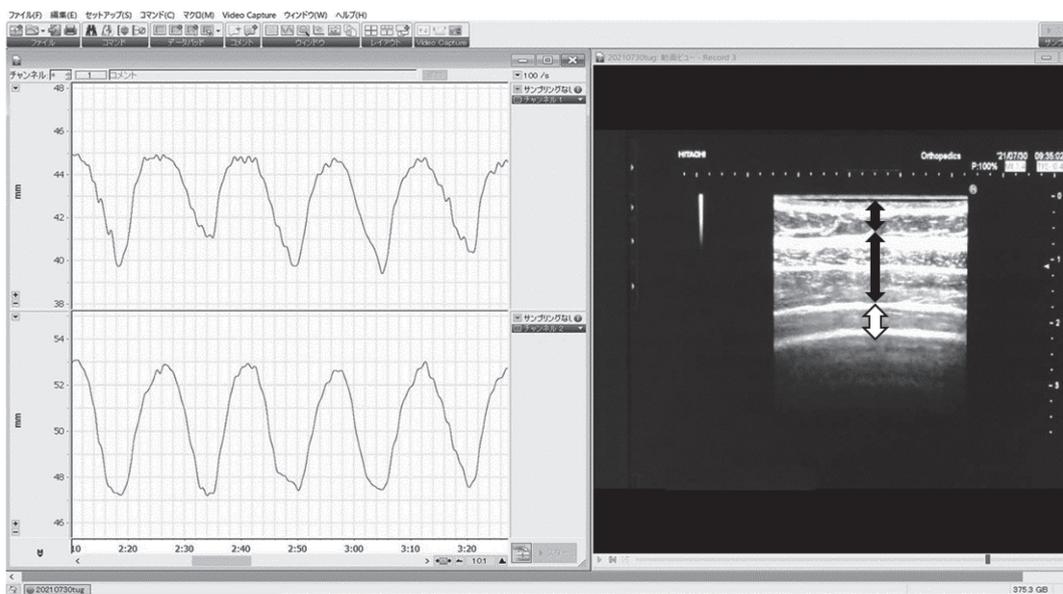


図5 伸縮性ひずみセンサ信号と超音波診断装置画像の同期

左図) 伸縮性ひずみセンサ信号

上段: 胸囲周囲径のセンサ信号波形, 下段: 腹囲周囲径のセンサ信号波形。

右図) 超音波診断装置画像

腹筋層筋膜が層状に白く描出された画像が腹部超音波画像であり, 最上部(黒矢印: 脂肪層), 中間部(黒矢印: 腹斜筋層), 最下部(白矢印: 腹横筋層)を示す。

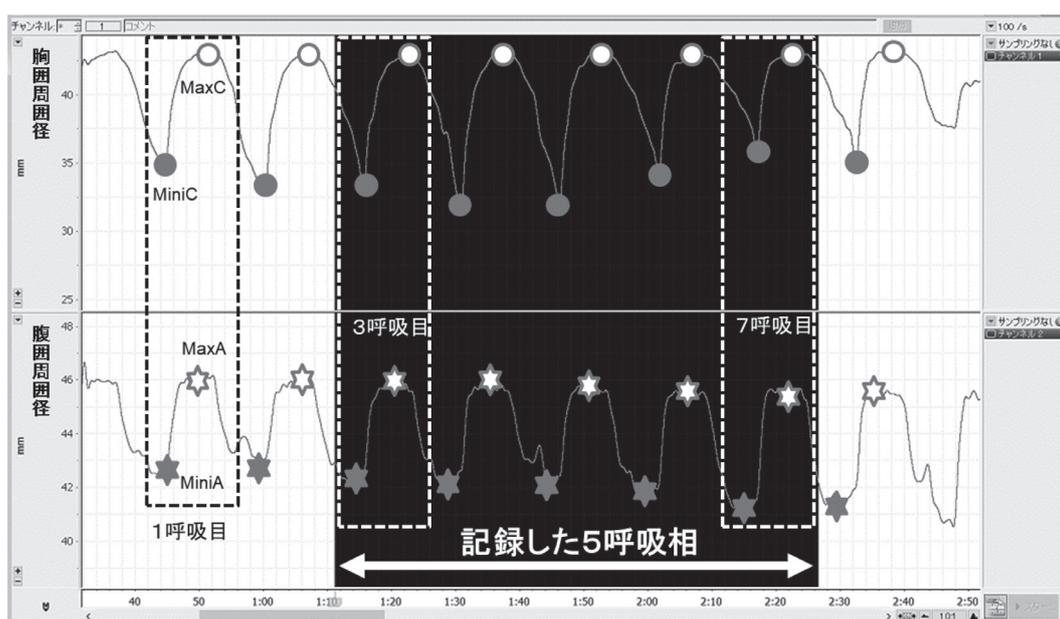


図6 記録した5呼吸相

上図) 胸囲周囲径 (MiniC：最小値 [●], MaxC：最大値 [○])

下図) 腹囲周囲径 (MiniA：最小値 [★], MaxA：最大値 [☆])

腹囲周囲径の軌跡をもとに3番目最小値 (3呼吸目最大呼吸位) から7番目最大値 (7呼吸目最大呼吸位) までを5呼吸相として記録した。

表 1 各計測項目の変化量

	胸囲周囲径変化量	腹囲周囲径変化量	胸囲 TA 厚変化量	腹囲 TA 厚変化量
A	2.13 ± 0.25	15.83 ± 1.71	5.10 ± 0.23	5.20 ± 0.23
B	4.13 ± 0.29	4.58 ± 0.34	3.10 ± 0.42	2.64 ± 0.57
C	4.18 ± 0.13	6.56 ± 0.22	3.10 ± 0.71	3.74 ± 0.66
D	11.61 ± 1.25	6.15 ± 0.30	3.72 ± 0.25	3.52 ± 0.22
E	3.54 ± 0.48	4.51 ± 0.64	2.96 ± 0.53	2.40 ± 0.41
F	8.27 ± 0.56	5.35 ± 0.24	3.48 ± 0.70	3.40 ± 0.98
G	5.91 ± 0.50	7.42 ± 0.36	4.48 ± 0.51	4.74 ± 0.42
H	6.46 ± 0.66	4.42 ± 0.50	3.06 ± 0.18	3.08 ± 0.08
I	14.15 ± 1.22	3.84 ± 0.43	3.18 ± 0.31	2.70 ± 0.23
J	4.34 ± 0.48	1.58 ± 0.11	1.86 ± 0.59	1.50 ± 0.45
K	2.33 ± 0.32	11.52 ± 1.22	3.24 ± 0.24	3.44 ± 0.17

単位：mm. 平均値 ± 標準偏差. TA：腹横筋.

$$\text{腹囲 TA 厚変化量} = \text{TA-MaxA} - \text{TA-MiniA} \quad (4)$$

解析区間として使用した5呼吸相それぞれにおける胸囲周囲径変化量, 腹囲周囲径変化量, 胸囲 TA 厚変化量, 腹囲 TA 厚変化量の平均値を算出した. 統計分析では, 胸囲周囲径変化量と胸囲 TA 厚変化量および腹囲周囲径変化量と腹囲 TA 厚変化量を Spearman の順位相関係数を用いて検討した. 解析には SPSS ver.25 (IBM 社製) を使用し, 有意水準は5%とした.

### III. 結果

各計測項目5呼吸相分5データの平均値と標準偏差を表1に示した. 各計測項目の平均値を比較すると, 腹囲周囲径変化量が大きい対象者ほど腹囲 TA 厚変化量が大きい傾向がみられた. そこで腹囲周囲径変化量と胸囲 TA 厚変化量, 腹囲周囲径変化量と腹囲 TA 厚変化量の相関関係を調べた.

胸囲周囲径変化量は, 胸囲 TA 厚変化量と相関関係を認めなかった ( $r = -0.04, p > 0.05$ ) (図 7a). 一方, 腹

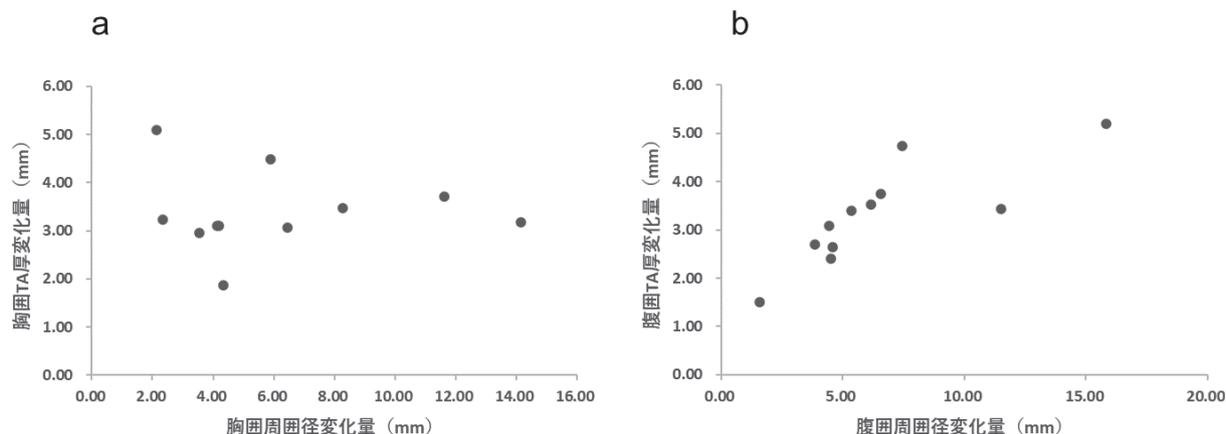


図7 胸囲, 腹囲周囲径変化量とそれぞれの腹横筋厚変化量の散布図

a: 胸囲周囲径変化量は, 胸囲TA厚変化量と相関関係を認めなかった ( $r = -0.04$ ,  $p > 0.05$ ).

b: 腹囲周囲径変化量は, 腹囲TA厚変化量と有意な相関関係を認め, 相関の強さはかなり高い結果となった ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.05$ ).

腹囲周囲径変化量は, 腹囲TA厚変化量と有意な正の相関を認めた ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.05$ ) (図7b). つまり, 腹囲周囲径の変化量が小さいほど腹横筋厚の変化量は小さく, 腹囲周囲径の変化量が大きいほど腹横筋厚の変化量は大きかった.

#### IV. 考察

本研究により, 呼吸時の胸囲周囲径変化量と胸囲TA厚変化量および腹囲周囲径変化量と腹囲TA厚変化量の関係性を調べた結果, 腹囲周囲径変化量と腹囲TA厚変化量の間には正の相関を認めた. つまり, 腹囲周囲径の変化量が小さいと腹横筋厚の変化量も小さく, 腹囲周囲径の変化量が大きいと腹横筋厚の変化量も大きくなるという結果となった. 腹横筋の筋評価としては, 腹囲周囲径の変化量が大きい人ほど腹横筋厚の変化も大きく, 腹部の動きの大きさに着目することで, 腹横筋の筋厚変化を増大できると考えられる.

腹横筋の筋特性として, 最大筋力 (MVC) の20% (以下, 20% MVC) 以下の弱い収縮では, 腹横筋厚と筋活動の関連性を認めるが, 20% MVC以上では関連性が低下した<sup>12)</sup>とされており, 筋収縮促進には, 低負荷課題が推奨される. 本研究で実施した課題である“呼吸”という活動は, 運動としては低負荷なものであり, 腹横筋の筋厚変化を増大する目的として呼吸課題を呈したことは有効であったと考えられる. また, 本研究結果から腹横筋厚と腹囲周囲径の間に相関関係があったため, 腹囲周囲径から腹横筋の筋活動状態を推測できることが示された. したがって, 筋電図や超音波診断装置で腹横筋厚を計測しなくても, 腹囲周囲径により腹横筋の筋厚変化を簡単に推定できることが示唆された.

临床上, 腰痛症例では, 起き上がりや立ち上がり等の動作初期に呼吸を止めてしまう特徴がある. 通常, 人は四肢を動かす際に, 体幹, 骨盤帯を安定させるために腹腔内圧を上昇させるが, 腹囲周囲径を小さくすることが困難なケースでは日常生活動作において腹横筋機能不全が生じていると考えられる. また呼吸を一時的に止めることで努力的な腹腔内圧上昇を生じさせているとも考えられる. したがって, 腹横筋機能不全例では, 呼吸を止めて“いきむ”ことで腹腔内圧上昇を果たしているため, 腰痛が生じてしまうと考えられる. このような症例に対しては, 腹横筋に焦点を当てたエクササイズではなく, 呼吸を中心としたエクササイズが症状改善に結び付く場合が多い. 呼吸器疾患患者に対する腹式呼吸は呼吸困難感緩和に結び付く<sup>13)</sup>一方, 腹式呼吸の効果的指導方法については議論がある. 本研究結果から, 指導方法の一つとして, 腹部の動きに着目した呼吸指導が腹横筋筋厚変化を随意的に増大させ, 呼気量増大につながる可能性が示唆されたと考えられる. さらに, 腹横筋収縮を伴った呼吸を獲得した後に, 呼気時に動作を施行する指導をすることで, 努力的な腹腔内圧上昇が抑制できるため, 息切れの軽減, 運動耐容能の拡大にも貢献できると考えられる. 呼吸ごとに体幹の安定作用を持つ腹横筋が機能していれば, 腰痛の“予防”としての効果も担うことを期待できる.

本研究では, 腹囲周囲径変化量と腹囲TA変化量の間と同様に, 胸囲周囲径変化量と胸囲TA厚変化量との関係性も認められると予想していたが, 結果から関係性は認められなかった. 胸囲周囲径変化量と胸囲TA厚変化量に相関を認めなかった要因として, 胸囲周囲径と腹囲周囲径それぞれの動きの不一致が考えられた (図8). 腹囲周囲径の最大値および最小値を基準に胸囲

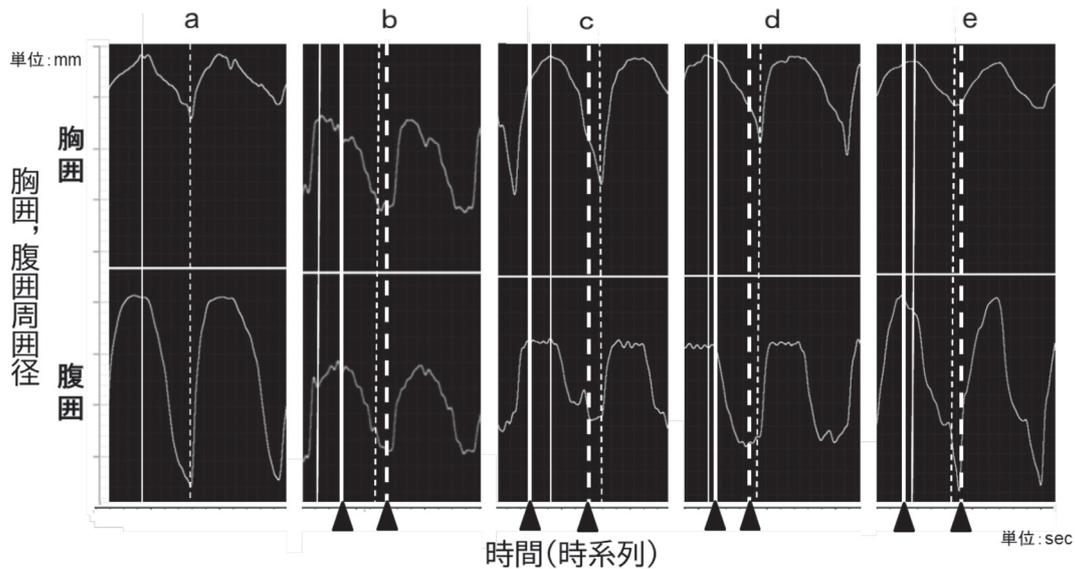


図8 胸囲、腹囲周囲径の最大値、最小値のタイミング

胸囲周囲径、腹囲周囲径(▲)、最大値(線)、最小値(点線)。

- a: 腹囲、胸囲周囲径の最大値、最小値がほとんど一致するもの。
- b: 胸囲周囲径の最大値、最小値が腹囲周囲径よりも先行するもの。
- c: 胸囲周囲径の最大値、最小値が腹囲周囲径よりも遅延するもの。
- d: 胸囲周囲径の最大値は腹囲周囲径より先行し最小値は遅延するもの。
- e: 胸囲周囲径の最大値は腹囲周囲径より遅延し最小値は先行するもの。

周囲径の最大値および最小値のタイミングを比較すると、両者のタイミングの不一致がみられた。タイミングのパターンとしては、腹囲・胸囲周囲径の最大値および最小値がほとんど一致するものが3例(図8a)、胸囲周囲径の最大値および最小値が先行するものが1例(図8b)、胸囲周囲径の最大値および最小値が遅延するものが3例(図8c)、胸囲周囲径の最大値は腹囲周囲径より先行し、最小値は遅延するものが3例(図8d)、胸囲周囲径の最大値は腹囲周囲径より遅延し、最小値は先行するものが1例(図8e)の5パターンがみられた。このように、腹囲周囲径と腹横筋厚の変化は同期していることに対して、胸囲周囲径は様々なタイミングで伸縮するため、胸囲周囲径変化量と胸囲TA厚変化量に相関を認められなかったと考えられる。本研究の被験者は、健康女性であり、腰痛等の症状は生じていない。

本研究結果より、健康女性においても胸囲周囲径における増減のタイミングに関しては、個人差が生じることがわかった。今後、本研究結果を参考に産後女性の呼吸時の胸囲周囲径や腹囲周囲径と腹横筋厚の関係性を明らかにする際には、乳房の張り具合や母乳育児の時期などにおいて個人差が大きくなると捉えることもできる。産後女性の産後生活スタイルについて、条件設定を考慮した研究を行う必要があると考えられる。また、今後の課題としてはエクササイズとして有効な強度についても検討していきたいと考える。

**利益相反** 本研究において開示すべき利益相反関係にある企業等はない。

#### 引用文献

- 1) Walker BF: The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998. *J Spinal Disord*, 2000, 13: 205-217.
- 2) Hodges PW, Richardson CA: Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci Lett*, 1999, 265: 91-94.
- 3) Hodges PW, Richardson CA: Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord*, 1998, 11: 46-56.
- 4) 齋藤昭彦: モーターコントロールアプローチと腰痛. *医道の日本*, 2014, 8: 40-43.
- 5) McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, et al.: The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2004, 19: 337-342.
- 6) 布施陽子, 福井 勉, 矢崎高明: 超音波診断装置による腹横筋厚計測の信頼性の検討. *文京学院大学保健医療技術学部紀要*, 2010, 3: 7-12.
- 7) Urquhart DM, Barker PJ, Hodges PW, et al.: Regional morphology of the transversus abdominis and obliquus internus and externus abdominis muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2005, 20: 233-241.
- 8) 河合敬介, 菅原 仁, 磯貝 香: 体幹筋の解剖学的理解のポイント. *理学療法学*, 2006, 23: 1351-1360.

- 
- 9) 布施陽子, 矢崎高明, 福井 勉: 母音発声と腹横筋活動との関連性. *PTジャーナル*, 2015, 11: 1055-1057.
  - 10) 布施陽子: 出産と理学療法. *PTジャーナル*, 2013, 10: 888-894.
  - 11) 布施陽子, 石井美和子, 田舎中真由美・他: 理学療法MOOK20 ウィメンズヘルスと理学療法. 石井美和子, 福井 勉 (編集), 三輪書店, 東京, 2016, pp55-64.
  - 12) Reeve A, Dilley A: Effects of posture on the thickness of transversus abdominis in pain-free subjects. *Man Ther*, 2009, 14: 679-684.
  - 13) Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, et al.: Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease: a review of the literature. *J Cardiopulm Rehabil*, 2002, 22: 7-21.