

超音波診断装置による腹横筋厚測定の新頼性の検討

布施陽子^{1,2}・福井 勉²・矢崎高明¹

¹ 東京北社会保険病院 リハビリテーション室

² 文京学院大学大学院 保健医療科学研究科

要旨

人は、四肢を動かす際に、体幹を安定させるために無意識に腹圧を上昇させる。腹横筋は、腹圧の上昇に最も関与する筋と言われており、腹圧の上昇に伴い、体幹・骨盤帯を安定させる重要な作用を有する。腹横筋は、表層からの触診・徒手的评价が非常に困難であるため、近年、超音波診断装置が用いられつつある。しかしながら、その測定方法における信頼性が確立されているとは言い難い面がある。そこで今回、超音波診断装置を正確に用いる測定方法を考案し、その信頼性について検討を行った。

対象は健康者10名とし、超音波診断装置を用いて、安静呼吸終末の腹部超音波画像を記録した。その結果、左右腹横筋厚値10名、計20群の級内相関係数は $ICC = 0.99$ となり、高い信頼性が得られた。

したがって、超音波診断装置は腹横筋を測定する際、本測定方法によれば、信頼性の高い値を得るツールであると考えられ、臨床場面での評価値として活用できる事が示された。

キーワード

超音波診断装置, 腹横筋, 測定法

序論

体幹、骨盤帯に位置する筋は、構造的に腰椎付着を有する深層筋群で構成されるローカルマッスルと、浅層筋群で構成されるグローバルマッスルに分類できる¹⁾。ローカルマッスルとは腰椎の分節的安定性に寄与しており、グローバルマッスルは運動方向をコントロールしている¹⁾と言われている。また、機能的には、インナーユニットとアウターユニットにも分類することができ²⁾、そのうちインナーユニットとは体幹、骨盤帯の安定化に寄与し、腹横筋、腰部多裂筋深層線維、骨盤底筋群、横隔膜 (=ローカルマッスル) が該当する筋である。これらの筋は、腰椎あるいは骨盤安定化に寄与すると同時に、ユニットとして体幹、骨盤帯の長軸方向への支持作用を有している^{3, 4)}。これに対して、アウターユニットとは、浅層筋により体幹と上下肢

を連結させ、身体のバランス制御に作用している。

アウターユニットの筋群が適切に活動する前提として、インナーユニットの活動が不可欠であるとされ、近年、インナーユニットの重要性が着目されている⁵⁾。Hodgesら⁶⁾は、四肢の運動前にインナーユニットの1つである腹横筋がフィードフォワード作用として、既に活動を始めていると報告した。腹横筋をはじめとするインナーユニットを活性化させる事で、体幹、骨盤帯の安定性が高まり、その結果、四肢の運動は円滑に行う事が出来ると考えられる。

インナーユニットの1つである腹横筋は、第7～12肋軟骨、胸腰筋膜、腸骨稜内面、鼠径靭帯を起始とし、剣状突起、白線(弓状線より上は腹直筋鞘の後葉、弓状線より下は腹直筋鞘の前葉)、恥骨(恥骨結合、恥骨櫛)を停止とする筋である。また同筋は、胸郭下縁から横断方向に走行する上部線維、胸腰筋膜を介して腰椎に付着している中

部線維，腸骨稜と鼠径靭帯に起始を持つ下部線維の3つの領域に分ける事ができ，その作用は，下位肋骨を下方に引き下げ，両側性に収縮する事で，腹囲減少および腹圧上昇を生じ，胸腰筋膜と前方の筋膜を緊張させる⁷⁾。

腹横筋はインナーユニットの一つではあるが，腰部多裂筋深層線維，骨盤底筋群，横隔膜などの他のインナーユニットの筋群と比較して，腹圧の上昇に最も関与しているとも言われている⁸⁾。人は四肢を動かす際に，体幹を安定させるために無意識に腹圧を上昇させる。体幹，骨盤帯の機能不全を呈した状態で，腹圧を上昇させようとする際，腹部が膨張してしまう現象は，体幹，骨盤帯が機能破綻していると推測できる。しかし腹横筋は，内腹斜筋のより深くに位置する深層筋であるため，表層からの触診が非常に困難であり，機能的評価に難渋する。

献体の側腹部および下腹部の外腹斜筋，内腹斜筋，腹横筋の3層構造を肉眼的に観察した報告によると，各筋の中部線維は，肋骨下縁と腸骨上縁間において，外腹斜筋，内腹斜筋の筋線維が斜方向であるのに対して，腹横筋筋線維が横断的配列をしているとし，腹横筋が独立して制御されるとした。臨床的には上前腸骨棘の2cm内下方が腹横筋の触診部位とされているが，腹横筋の分離的収縮を触診することはかなり困難であるとしている。

座位において，骨盤が直立した状態を保持できない場合には，体幹，骨盤帯周囲の機能不全があると評価するが，機能破綻筋自体の同定は困難であるため，臨床的には治療前後の姿勢や動作の変化を評価対象とする事が多い。腹横筋の収縮を触診する事の難しさからも，治療後の患者の姿勢や動作，とりわけ体幹，骨盤帯のアライメントに着目して，評価しているのが現状である。

そこで近年，腹横筋の評価として超音波診断装置が用いられ，報告も多くなってきた。腹横筋の研究には，超音波診断装置が用いられることが多いにも関わらず，信頼性の検討は十分にはされていない。

上記のように，触診困難な腹横筋の評価を，超音波診断装置を用いて，視覚的評価が可能であれば，臨床上，患者の姿勢，動作を観察する際の重要なテストバッテリーとなり得る。さらに，体幹深層筋の超音波診断装置による評価は，セラピストはもちろん，患者自身が収縮感覚を掴むフィードバック効果としても有効である。今回，超音波診断装置を用いた，測定方法の信頼性を検証したので報告する。

対象

対象者は健康者10名(男性7名，女性3名)であった(表1)。

被験者には，実験主旨および実験方法について十分に説明し，承諾を得た上で実験を行った。また，被験者には，計測3時間前からの食事は控え，測定前に排尿，排便をするよう指示した。

表1 被験者プロフィール

人数	10名(男性7名，女性3名)
年齢	30.7 ± 7.5歳
身長	166.8 ± 6.7cm
体重	62.2 ± 8.9kg

(平均値 ± 標準偏差)

方法

- 1, 測定機器：測定機器は，超音波診断装置(日立メディコ EUB-8500)を用いた。検者は，腹横筋測定の超音波診断装置に精通した1名とした。
- 2, 測定肢位：測定肢位は，背臥位(図1参照)とし，安静呼吸終末の腹部超音波画像を静止画像にて記録した。
- 3, 測定部位：測定部位は，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2参照)。測定部位は，先行研究を参考に，「解剖により，内腹斜筋と腹横筋が完全に2つの別個の層として観察可能部位は腹横筋中/下部領域」⁹⁾，「肋骨下縁と腸骨稜間に腹横筋中/下部領域が存在する」「腹横筋収縮は上前腸骨棘より2.5cm内下方でより触知出来る」¹⁰⁾，ことを考慮して決定した。



図1 測定肢位

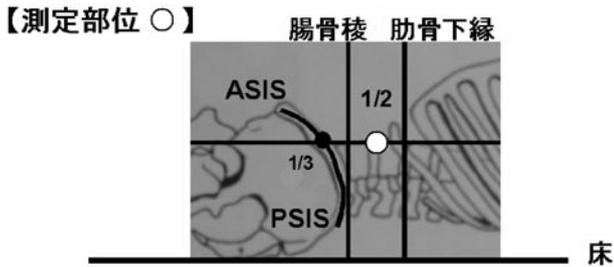


図2 測定部位

4、測定方法：測定部位において、腹筋層筋膜が最も明瞭で平行線となるまで押した際のプローブ移動距離（mm）も測定した。プローブは、定規（1mm単位で計測可能なもの）を先端部に取り付ける事により、移動距離（mm）の測定も可能とした自具を作成した（図3①参照）。測定部位（左右）の順序はランダム化した後に行った。先に計測した側のプローブ移動距離を反対側にも適用し、左右両側側腹筋厚を測定した。本法は、先に測定する側となっ

たプローブ移動距離の分だけ、反対側での圧力を等しくすることを目的としたためである（図3②参照）。上記測定は、被験者毎に左右各10回3日間測定し、腹横筋厚は、筋膜の境界線を基準に0.1mm単位で測定した（図4参照）。

5、統計処理：統計処理には、級内相関係数ICCを算出し、検者内信頼性を検証した。また、Spearman-Brownの公式（図5参照）を用い、何回測定の平均をデータとして用いれば高い信頼性が保証できるのかを検討した。さらに、日間変動の有無を検証するため、被験者毎1日10回の測定値の変動係数（CV）を求め、検討した。

結果

左右腹横筋厚値10各、計20群の級内相関係数は $ICC(1, 1) = 0.99$ となった。図6に測定例を示す。また、静止画像上の腹横筋厚測定値を表2、図7に示した。目標とする係数値を0.99とした場合、Spearman-Brownの公式（図

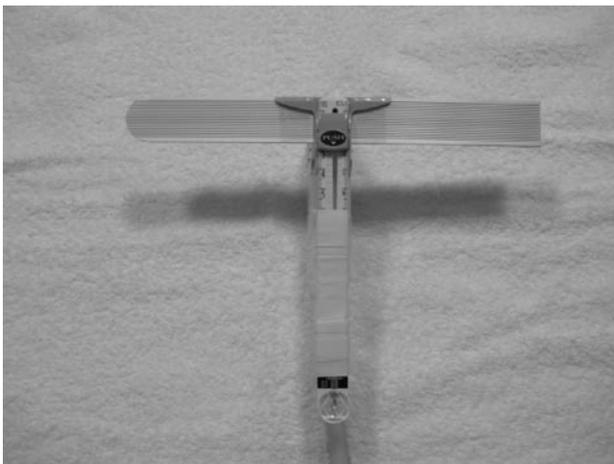


図3① 定規付きプローブ

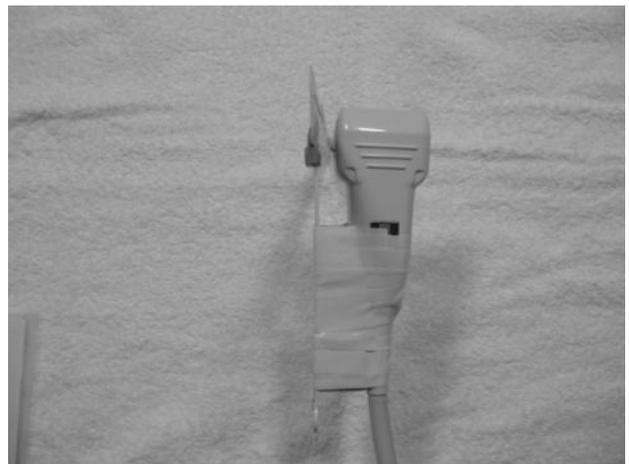


図3② 定規付きプローブでの測定方法

5) により, 1.11 という結果から, 測定は1回で十分という結果となった. 被験者毎1日10回の変動係数の3日分平均値はCV=0.0062~0.039となった. 上記により, 測定日の違いによる腹横筋厚の違いは認められなかった.

$$\rho' = \frac{k\rho}{1 + (k-1)\rho}$$

ρ (ロー) は, 元の信頼性係数
 k は元のテスト項目を何倍の長さにするかの定義

図5 Spearman-Brownの公式

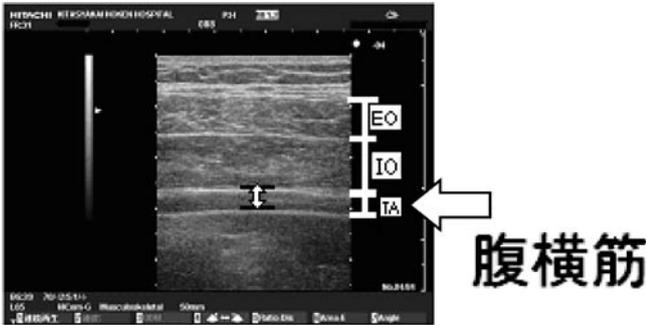


図4 超音波画像 (EO 外腹斜筋, IO 内腹斜筋, TA 腹横筋)

考察

今回の測定方法により, 腹横筋厚の測定値において高い信頼性が示された. また, 習熟した1人の検者が1回測定すれば十分であることも示された. 超音波診断装置は, このように腹横筋を測定する際, 信頼性の高い測定装置であ

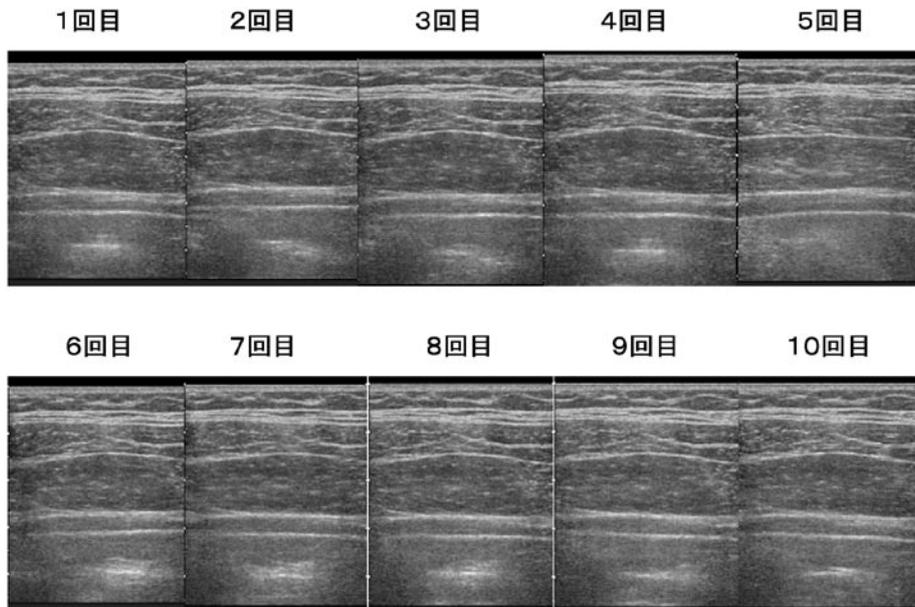


図6 腹部超音波静止画像10回分

左右各10回(3日間)の腹横筋厚

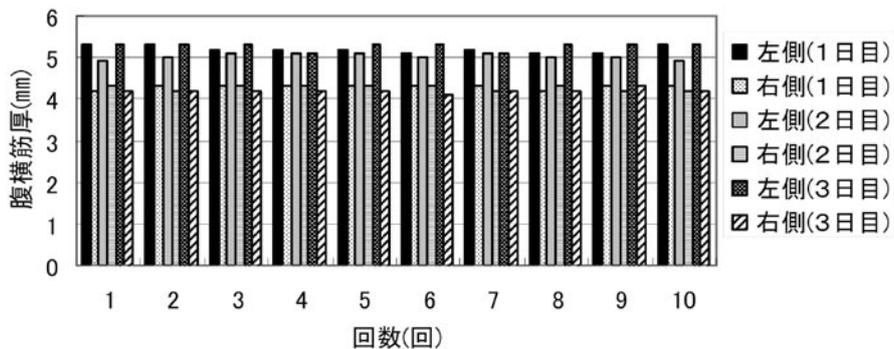


図7 左右各10回(3日間)の腹横筋厚

表2 被験者Aについての腹横筋厚

腹横筋厚(mm) 回	1日目		2日目		3日目	
	左側	右側	左側	右側	左側	右側
1	5.3	4.2	4.9	4.3	5.3	4.2
2	5.3	4.3	5.0	4.2	5.3	4.2
3	5.2	4.3	5.1	4.3	5.3	4.2
4	5.2	4.3	5.1	4.3	5.1	4.2
5	5.2	4.3	5.1	4.3	5.3	4.2
6	5.1	4.3	5.0	4.3	5.3	4.1
7	5.2	4.3	5.1	4.2	5.1	4.2
8	5.1	4.2	5.0	4.3	5.3	4.2
9	5.1	4.3	5.0	4.2	5.3	4.3
10	5.3	4.3	4.9	4.2	5.3	4.2

ると考えられた。

本測定方法は、測定部位を詳細に定め、超音波画像上の腹筋層筋膜が最も明瞭で平行線となる時に静止画像として記録する方法である。Kidd¹¹⁾ や Bunce¹²⁾ も、超音波診断装置は腹横筋厚を測定する、信頼できる道具と報告しているが、本研究においては、さらに測定部位やプローブの押す力を考慮しているため、より高い信頼性のある測定値となったと考えられる。

また、超音波診断装置はリアルタイムに腹横筋厚が観察できるため、被験者自身も自己の状態を視覚的にフィードバックできる。これは、臨床場面において、評価だけでなく治療としても有効なツールであると考えられる。臨床場面では、患者に超音波画像を見せながら、腹横筋収縮を教示することで、通常触診が困難とされる腹横筋の収縮がしやすい環境下に置かれると考えられる。実際に腹横筋厚を増大することは、画像上の確かな触診との共同評価と考えられる。

このように、超音波診断装置を用いた側腹部画像上の腹横筋厚の値に信頼性が認められたことは、臨床場面で超音波診断装置が評価、測定機器として活用できることを示している。今後、超音波診断装置を使用しながら、腹横筋厚と骨盤形態、姿勢等との関係性を検討し、腹横筋の機能をさらに解明することに努めていきたいと考えている。

結語

表層からの触診、徒手の評価が非常に困難とされる腹横筋を測定する際、本研究で考案した測定方法を活用することで、超音波診断装置は非侵襲的で信頼性のある測定値を与えるツールと考えられ、臨床場面で超音波診断装置が有意義な評価、測定機器として活用できる事が示された。

引用文献

- 1) Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthopaedica Scandinavica 1989; 230 (60) : 20-24.
- 2) Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Stoeckart R. The posterior layer of the thoracolumbar fascia. Its function in load transfer from spine to leg. Spine 1995; 20 (7) : 753-758.
- 3) Richardson C. Abdominal mechanism and support of the lumbar spine and pelvis. Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization 2004; Churchill Livingstone, New York, 31-57.
- 4) 石井美和子. 体幹の機能障害. 理学療法 2006; 23 (10) : 1394-1400.
- 5) Lee DG. The Thorax. Canada: Orthopedic Physical Therapy; 2003.
- 6) Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther 1997; 77 (2) : 132-144.
- 7) 大久保雄, 金岡恒治. コアスタビリティトレーニングのための機能解剖学. 理学療法 2009; 26 (10) : 1187-1194.
- 8) Cresswell AG, Blake PL, Thorstensson A. The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. Scand J Rehabil Med 1994; 26(2) : 79-86.
- 9) Urquhart DM, Barker PJ, Hodges PW et al. Regional morphology of the transverses abdominis and obliquus internus and externus abdominis muscles. Clinical Biomechanics 2005; 20 (3) : 233-241.
- 10) 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 (10) : 1351-1360. 131-132.
- 11) Kidd AW, Magee S, Richardson CA. Reliability of real-time ultrasound for the assessment of transverses abdominis function. J Gravit Physiol 2002; 9 (1) : 131-132.
- 12) Bunce SM, Moore AP, Hough AD. M-mode ultrasound: a reliable measure of transverses abdominis thickness?. Clin Biomech 2002; 17 (4) : 315-317.

The Reliability of the Thickness of Transversus Abdominis by Using the Ultrasonography

Yoko Fuse^{1, 2}, Tsutomu Fukui², Takaaki Yazaki¹

¹Department of Rehabilitation, Tokyo-Kita Social Insurance Hospital

²Graduate school of Health Care Science, Bunkyo Gakuin University

Abstract

We apply our abdominal pressure unconsciously in order to stabilize the trunk when we move limbs. Transversus abdominis applies the most abdominal pressure, and it can stabilize the trunk and pelvis when increased. But transversus abdominis is difficult to evaluate by surface palpation. Recently, ultrasound equipment is used by evaluation of the trunk and pelvic muscles, but its measurement method hasn't been established yet. Our method devised the usual measurement methods by using the ultrasonography with special devices, which had high reliability. Subjects were 10 healthy people, and abdominal ultrasound images were recorded at the end of exhalation. The result showed a coefficient of correlation (ICC) of 0.99 ($p < 0.01$), and indicated high reliability. Therefore, this study showed that ultrasonography can be a non-invasive tool to measure the transversus abdominis using our method, and can also be used to evaluate the transversus abdominis in the clinical workplace.

Key words ——— ultrasonography, transversus abdominis, measurement method

Bunkyo Journal of Health Science Technology vol.3: 7-12