

超音波画像を用いた簡易式腹部筋断面積推定法の作成*

野口 雄慶^{*1}, 横谷 智久^{*1}, 杉浦 宏季^{*1}, 前川 剛輝^{*1}, 辻本 典央^{*1}, 内藤 景^{*1}

Developing a Simple Method for Estimating the Cross-sectional Area of Abdominal Muscles Using Ultrasound Imaging

Takanori NOGUCHI^{*1}, Tomohisa YOKOYA^{*1}, Hiroki SUGIURA^{*1}, Taketeru MAEGAWA^{*1},
Norio TSUJIMOTO^{*1}, and Hikari NAITO^{*1}

^{*1} Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Sports and Health Sciences

In this study, we aimed to develop a simple and non-invasive method to estimate the cross-sectional area of abdominal muscles using images from an ultrasound imaging diagnostic device. The target sites were the rectus abdominis muscle, abdominal external oblique muscle, and abdominal internal oblique muscle. The subcutaneous tissues were imaged with the B mode and stored. Imaging sites were from the umbilical region to a point that intersected the line drawn straight down from the axilla (the edge of the external and internal oblique muscles). We obtained images by shifting the width of the probe. Using the analytical software developed in this study, we input the obtained images, adjusted the position for the images to line up, and identified the area of each muscle group and calculated the cross-sectional area. We hope that the analytical software developed in this study will be used as a simple and non-invasive method to estimate the cross-sectional area of muscles, regardless of the types of ultrasound imaging diagnostic devices.

Key Words : Ultrasound Imaging, Cross-Sectional Area, Abdominal Muscles

1. 緒 言

側腹部には外腹斜筋、内腹斜筋が腹横筋と共に層をなしており、外・内腹斜筋は体の捻転や側屈動作に主に関与する⁽¹⁾。よって、スポーツ選手にとっても重要な筋といわれており、側腹部の筋が、一般的な状態よりも優れているかを把握することは指導現場でも興味・関心が高いことであると推測される。筋断面積推定には、CT やMRI を用いて撮影された画像が利用される方法が知られている⁽²⁾⁽³⁾。しかし、いずれも医療用の高額かつ大型な測定器であり、撮影場所が限られていること、また、専門の技師や医師でなければ撮影できないなど、スポーツや健康科学の分野でこれらの測定結果を利用することは実用性に乏しく、現実的には難しい。そこで、非侵襲的且つ簡便に筋の断面積を測定できる方法の開発が望まれる。

非侵襲的に皮下組織の画像を映し出せる装置の一つに、超音波画像診断法がある。しかし、超音波画像診断法は非侵襲的に皮下組織を映し出すことが可能な測定方法であるが、映し出せる範囲がプローブの幅に限定されるため、広範囲に広がる筋を全て映し出すことができない。よって、これまでは筋の厚さ（筋厚）の測定方法や評価方法については多く研究されてきた^{(4)~(6)}が、断面積の計測方法については一般的な方法は開発されていない。簡便かつ非侵襲的な方法で腹部の筋断面積を測定する方法があれば、スポーツ選手のコンディショニングチェックへの応用が期待される。そこで、上述の問題をクリアするような、簡便かつ非侵襲的に腹部の筋断面積を測定できる方法の開発が求められる。よって、本研究では超音波画像診断装置で部分的に映し出された画像をソフト上で連結させることで連続した断面図を作成する手法を用いて断面積を推定する方法を考案した。この方法を用

* 原稿受付 2018年2月26日

^{*1} スポーツ健康科学部、スポーツ健康科学科

E-mail: t-noguchi@fukui-ut.ac.jp

いれば、理論的には連続する筋断面図を映し出すことが可能であるため、断面積を推定できると考えられる。しかしながら、測定には誤差がつきまとうため、信頼性が保障されているか否かを十分に検討しておく必要がある。

よって、本研究では、超音波画像診断装置の画像を利用し、腹部の筋群の断面積を非侵襲的かつ簡易的に推定する方法を用いて計測した測定値の信頼性を検討し、作成した評価方法の実用度を証明することを目的とした。

2. 方 法

2.1 被験者

本研究の被験者は、運動部に所属する大学生女子 7 名（年齢：21.0 ± 1.6 歳、身長 161.4 ± 3.21 cm、体重 57.4 ± 6.70 kg）であった。全ての被験者は、健康でかつ身体的問題が無かった。測定に先立ち、被験者には実験の趣旨を口頭にて十分説明し、実験参加の同意を得た。

なお、本研究の実験計画は、福井工業大学における人を対象とする研究倫理審査委員会にて承認された（承認番号：人 - 2016 - 02）。

2.2 測定方法

腹部筋断面積に用いる画像の測定には超音波画像診断装置（GT-101, TANITA 社製）を用いた。腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋の 3 つの部位を測定対象とした。筋断面図を測定するため、被験者を直立姿勢で立たせた状態で臍位から平行に脊柱部分付近までプローブ（周波数 6MHz）を移動させながら画像を撮影し、JPEG 形式にて保存した。その際、プローブの幅ごとに画像を保存し移動する必要があったため、腹部にテーピングを貼り付け、マジックで測定した位置を記しながら背部まで順次撮影を実施した (Fig1)。また、測定時の画像が安定するように、画像をキャプチャする際には被験者に呼吸を止めさせた状態で行った。

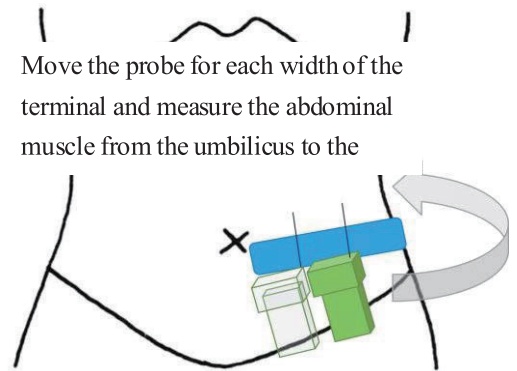


Fig1 Measurement procedure

2.3 画像解析の手順と注意点

保存した画像を解析するため、本研究では専用の分析用ソフトウェア（体幹筋面積計測プログラム Ver 1.00：竹井機器工業オリジナル）を開発した (Fig2)。本ソフトウェアは、パソコン内に保存された画像を取り込み、断面積を推定するまでの処理が行える。推定までの具体的な手順は、以下の通りである。

- 1) 解析を実施する前に、測定画面の範囲（プローブの横幅と映し出されている深度の距離情報）を入力する。
- 2) 部位によって表面の皮下脂肪面の厚さが変動するため、画像を取り込んだのち、断層面が連続するように画像位置を調整する。
- 3) マウスでクリックしながら、フリーハンドで連続した断層面をつなぎ合わせて腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋のエリアを選択する。
- 4) フリーハンドで範囲指定したラインが断層面からずれている場合は、ラインをクリックし位置を調整が可能である。

1)~4)の手順を実行することで、断面積を求める範囲を指定すると、自動的に断面積を算出した結果が各部位ごとに表示される。

なお、今回は GT-101 を超音波画像の測定装置として用いたが、他の測定器で計測した測定画像であっても、保存される画像の大きさが統一されたサイズであり、映し出されている範囲の実際の縦・横の長さが明らかであれば、機種に依存することなく同様の手順にて断面積を推定できる。

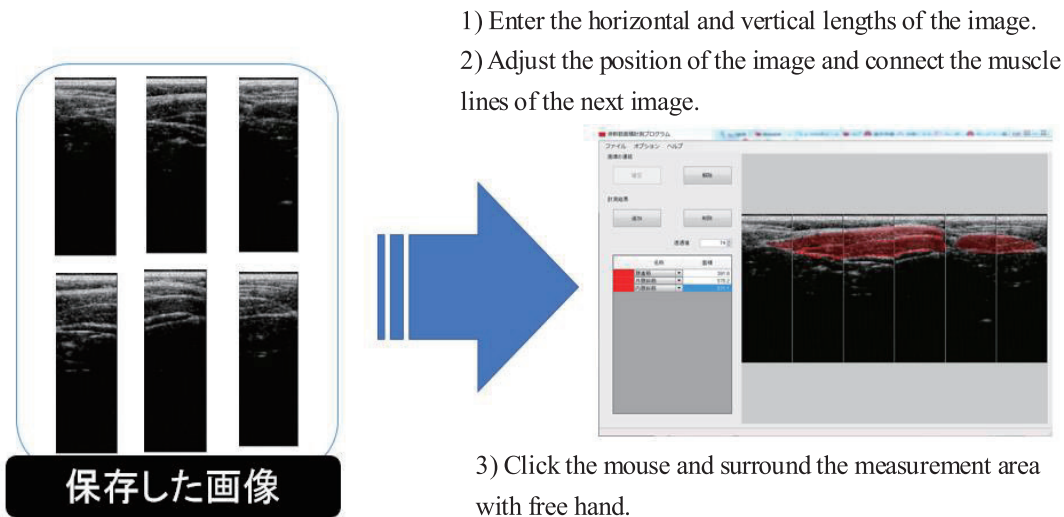


Fig2 Analyzing Software

2.4 統計解析

今回の測定によって得られた断面積の推定結果の試行間信頼性を検討するため、一元配置変量モデルの級内相関係数（Intraclass correlation coefficients: ICC(1,2)）を算出した⁷⁾。

本統計的仮説検定の有意水準は $P < 0.05$ とした。

3. 結 果

Table1 には、腹直筋、外腹斜筋および内腹斜筋の筋断面積の基礎統計値および級内相関係数（ICC）の結果を示している。試行間信頼性を検討するために2試行の測定値の級内相関係数（ICC）を算出した結果、3つの部位とも ICC が 0.81 以上の高い値を示した。

Table 1 ICCs of cross-sectional area of abdominal muscles using ultrasound imaging

unit(cm ²)	1st		2nd		ICC
	Mean	SD	Mean	SD	
rectus abdominis	2.60	0.82	2.54	0.59	0.91
external oblique muscle	4.56	1.29	4.76	1.09	0.81
internal oblique muscle	5.56	0.93	5.33	1.27	0.97

4. 考 察

脂肪組織と異なり、筋組織は厚さが変化する。また、今回の測定方法では、プローブを移動させながら測定値を計測するため、測定誤差が大きくなる可能性が高かった。あるいは、超音波は反射する境界面がいくつもある場合、多重反射が発生し、本来存在しない境界線がアーチファクトとして表示される可能性がある⁸⁾。よって、今回対象とした外腹斜筋、内腹斜筋のように複数の筋が層をなす部位を計測する際に、アーチファクトを筋の境界面と誤認識してしまう可能性が高い。あるいは、媒質中を伝搬する過程で超音波強度が減衰することや、境界面がプローブと水平でない場合に生じる屈折など⁹⁾が原因となり、深部の境界面が不鮮明になることも考えられた。良い測定方法とは、誤差の影響が少なく、信頼性の高い測定値が得られることが条件となる。特に、本研究

のように新しい測定方法を開発する際には、信頼性の検証は欠かせない。そのため、測定値の信頼性、つまり、同一個人に同一の条件で同一のテストを行った場合、同一の結果が出るかどうか（安定性）を検討する必要があった。

超音波画像診断装置によって保存した画像をもとに腹部各筋群の筋断面積を測定した結果、腹直筋、外腹斜筋および内腹斜筋の試行間信頼性はいずれも高い値が得られた（ $ICC \geq 0.81$ ）。超音波画像を利用した皮下脂肪厚の測定値の信頼性を検討した先行研究において、 ICC が 0.81 程度の信頼性は十分に高いと解釈されている⁹⁾。本研究で得られた信頼性はこれらの値と比べて同程度であり、実用化するうえで十分な信頼性を有することが明らかになった。よって、本研究で作成した分析用ソフトは、超音波画像診断装置の機種にとらわれずに、非侵襲的且つ簡易的に筋断面積を測定する方法として今後活用されることが期待される。今回作成した筋断面積推定法が今後普及することで、スポーツ選手の体幹トレーニングの効果の検証やコンディショニング調整のための有益な情報を簡便に得ることが可能となるであろう。

5. 結 言

本研究の結果より、以下のことが明らかになった。

- 1) 腹部各筋群の筋断面積を測定した結果、試行間信頼性はいずれも高かった。
- 2) 本研究で作成した分析用ソフトは、非侵襲的且つ簡易的に筋断面積を測定する方法として有効である。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 16K21450 の助成を受けたものである。

文 献

- (1) Noguchi T, Demura.S, “Effect of Differences in the Exercise Frequency of Young People on Abdominal Strength and Muscle Thickness”, *American Journal of Sports Science and Medicine*, Vol. 2, No.6, (2014), pp. 218- 221.
- (2) 星川佳広, 飯田朝美, 村松正隆, 内山亜希子, 中嶋由晴, “高校生スポーツ選手の競技種目別の大腰筋断面積”. *体力科学*, Vol. 55 (2006), pp. 217-228.
- (3) 設楽佳世, 勝亦 陽一, 熊川大介, 池田達昭, 平野裕一, “ジュニアアスリートにおける体幹筋断面積の年齢差および競技種目差：シニアアスリートとの比較から”, *体力科学*, Vol. 66, No. 1 (2017), pp. 87-100.
- (4) 野口雄慶, 横谷智久, 杉浦宏季, “運動選手の側腹部筋群の形態特性”, *福井工業大学研究紀要*, Vol.47 (2017), pp. 256-259.
- (5) 金子秀雄, 佐藤広徳, 丸山仁司, “姿勢が側腹筋厚に及ぼす影響”, *理学療法科学*, Vol. 21, No.3 (2006), pp. 255-259.
- (6) 宮本賢作, 田中聡, 田中愛, 松村秀一, 谷沢俊嗣, 守山成則, 中谷壽男, 田中重徳, “超音波皮脂肪厚計を用いた下肢筋厚測定値の妥当性と筋力・筋量との関連について”, *形態・機能*, Vol. 6, No.1 (2007), pp.27-32.
- (7) 佐藤進, 山次俊介, 長澤吉則, 出村慎一 (監), *健康・スポーツ科学のための SPSS による統計解析入門*, 杏林書院 (2007)
- (8) 日本超音波骨軟組織学会, “入門 運動器の超音波観察法”, 医歯薬出版 (2008), pp. 1-20.
- (9) 野口雄慶, 出村慎一, 中田征克, 北林保, 南雅樹, 野田政弘, 松澤甚三郎, “精度の異なる超音波測定器による皮下脂肪厚測定値の比較”, *日本生理人類学雑誌*, Vol.11, No.1 (2006), pp. 29-34.

(平成 30 年 3 月 31 日受理)