

測定姿勢が超音波Bモード法による筋厚の測定に与える影響

熊谷 賢哉

(長崎国際大学 人間社会学部 国際観光学科)

The Influence of Posture on Muscle Thickness Measurement Using B-mode Ultrasound

Kenya KUMAGAI

(Dept. of International Tourism, Faculty of Human and Social Studies,
Nagasaki International University)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of posture on muscle thickness (MTH) measurement using a B-mode ultrasound. The MTH of 46 healthy males (mean age: 23.5 ± 6.4 yrs) were measured in both standing and supine (or horizontal) postures at 10 sites (lateral forearm, anterior and posterior upper arm, chest, abdomen, subscapula, anterior and posterior thigh, anterior and posterior lower leg). The MTH measured in supine posture significantly decreased compared with the MTH measured in standing posture. This result indicates deformation of the muscle, which may lead to undervaluation of the muscle volume when measured in supine posture. Pressure on the muscle by gravity is thought to be a factor in causing the transformation. Ground reaction force generated by grounding the body surface during measurement in supine posture will also put pressure on the muscle and finally bring out the transformation. The muscle activation level and the joint angle may also affect the transformation, while not a part of this study, could be something important to consider in the future.

Key words

B-mode ultrasound, posture, muscle thickness

要 旨

超音波Bモード法により臥位安静姿勢における筋厚の測定を行い、立位安静姿勢において測定した筋厚と比較検討することを目的とする。健康男性46名(年齢23.5±6.4歳)を対象に、立位安静姿勢および臥位安静姿勢における全身10カ所(上肢:前腕・上腕後面、体幹:胸部、腹部、肩甲骨下、下肢:大腿前面、大腿後面、下腿前面、下腿後面)の筋厚を、超音波Bモード法により測定した。臥位安静姿勢における筋厚は、立位安静姿勢における筋厚に比べて、全ての部位で有意に小さかった(p<0.01)。このことは、姿勢変化により筋に変形が生じ、臥位安静姿勢による測定では、筋量を過小評価してしまう可能性があることを示唆している。筋に変形を生じさせた要因としては、重力や床反力による筋への圧迫が考えられる。また、筋の収縮レベルや関節角度の違いも筋を変形させる要因として考えられるが、本研究ではさほど影響を及ぼしていないと考えられる。

キーワード

超音波Bモード法、測定姿勢、筋厚

1. 緒言

骨格筋の収縮により発揮される力(筋力)は、腱を介して骨に伝えられ、ヒトの動きを起こす能力として大きな役割を果たしている。筋力の大小は、日常生活動作時や運動時の身体パフォーマンスに多大な影響を与えている^{1,2)}。西嶋ら¹⁾は、中高齢者を対象として、筋量、筋力、筋パワー、体力、および日常生活動作の測定を行い、中高齢者における筋機能から生活機能への影響を示す因果関係を検証した。その結果、「筋量・筋力・筋パワー・体力・日常生活動作」の間に一連の因果関係が認められたことを報告している。また、渡邊ら²⁾は、男子大学生短距離選手の膝関節および股関節の等速性筋力と疾走速度との間に有意な相関関係が認められたことを報告している。このように、日常生活動作時や運動時の身体パフォーマンスを評価するのに筋力は非常に有意義な指標となる。

筋力は、筋の量に(筋量)に比例する³⁾。近年、発達が著しい磁気共鳴映像法(magnetic resonance imaging, MRI)やX線CT(computed tomography, CT)といった映像技術を用いて筋の横断面積(筋横断面積)の測定が可能である。これらの技術を用いて筋横断面積の測定を行った研究が数多く報告されている^{1,2,4,5)}。金ら⁴⁾は、MRIを用いて大腰筋、大腿伸筋、および大腿屈筋の筋横断面積の測定を行い、歩行速度および歩幅との関係を検討したところ、歩行速度と大腰筋および大腿伸筋の筋横断面積との間に正の相関関係が認められたことを報告している。また、田中ら⁵⁾は、健常中高年男性を対象にCTを用いて大腿における筋横断面積の測定を行い、1日の歩行数を指標とした日常生活の活動度との関係を検討したところ、日常生活の活動度が著しく低い被験者の筋横断面積が他の被験者に比べて有意に小さかったことを報告している。このように、MRIやCTの技術を用いて測定した筋横断面積と身体パフォーマンスとの関係を検討した研究は数多く報告されている。しかし、MRIやCTの技

術は正確に筋横断面積を測定することが可能である一方、非常に高価な装置を必要とする。また、CTについては、X線照射を伴い、反復して利用することにより、被験者に害を与える危険性がある。MRIやCTとともに発達した技術に超音波Bモード法がある。

超音波Bモード法とは、超音波パルスを生体内に入射し、組織に反射し戻ってくる超音波パルス(エコー)をブラウン管などの表示部に表示し、組織の形状や性状を知るための装置である。CTのようにX線などの使用がなく、弱いパワーであれば、生体に対し非侵襲的であり、しかも繰り返し検査が可能である。経済的にみてもMRIなどに比べると安価であり、また、比較的小型で移動が容易であるといった利点がある。その他にリアルタイムで断層像の観察が可能であるといった利点をもつ。超音波Bモード法により筋肉の厚さ(筋厚)を測定することが可能である⁶⁾。筋厚と筋横断面積との間には高い正の相関関係が認められている⁷⁾。これまで、超音波Bモード法を用いて筋厚を測定し、性別、年齢、人種、行っているスポーツ種目等によってその値を比較検討した研究は数多く報告されている⁸⁻¹¹⁾。また、超音波Bモード法により筋厚を測定し、身体パフォーマンスとの関係を検討した研究も数多く報告されている^{12,13)}。杉田ら¹²⁾は、女子短距離選手を対象に100m走のベストタイムと筋厚との関係について検討を行い、大腿部、下腿部前面、および上腕部前面の筋厚と100m走のベストタイムとの間に負の相関関係が認められたことを報告している。また、安部ら¹³⁾は、1日の歩数を指標とした日常活動量と下肢の筋厚との関係を検討したところ、大腿部後面、下腿部前面および後面の筋厚と日常活動量との間に有意な正の相関関係が観察されたことを報告している。このように、超音波Bモード法により筋厚を測定し、性差や加齢による影響を個体間で検討した研究、更には、筋厚と身体パフォーマンスとの関係を検討した研究は数多く報告されている。これら

の研究では、被験者が立位安静時の測定姿勢において筋厚の測定が行われている。しかし、老化が進んだ高齢者にとって、長時間、立位安静状態を保ち、測定することは容易なことではない。更に、下半身麻痺といった障害を有する者にとって、立位姿勢をとることは不可能である。このように、機能低下を有する高齢者や立位安静姿勢を保つことができない障害者においては、これまでと異なった測定姿勢での筋厚測定が望まれる。近藤ら¹⁴⁾は、脊髄損傷による対麻痺者を対象に超音波Bモード法による筋厚測定を臥位姿勢において行っている。七種と熊谷¹⁵⁾は、下肢に麻痺がある群（車椅子バスケットボール選手群および運動習慣のない車椅子利用者群）および健常者を対象として、超音波Bモード法による全身11カ所における筋厚の測定を行っている。測定姿勢については、身体の前側の測定では仰臥位、身体の後側の測定では俯臥位で行っており、得られた筋厚の群間比較、およびパフォーマンス（チェストパスおよびオーバーヘッドパス投球距離）との関係について検討している。また、金子ら¹⁶⁾は、超音波Bモード法による側腹筋厚の測定を様々な姿勢（骨盤を中間位にした背臥位・座位・立位、骨盤を前傾位および後傾位にした座位の5条件）において行い、測定姿勢が測定値に及ぼす影響について検討している。このように、立位安静時以外の測定姿勢において超音波Bモード法による筋厚の測定を行った研究はいくつかみられるが、少ないのが現状である。また、立位安静時以外の測定値と立位安静時の測定値を比較検討した研究は例をみない。

そこで本研究は、機能低下を有する高齢者や立位安静姿勢を保つことができない障害者も容易に測定を行うことが可能な、臥位姿勢において筋厚の測定を行い、得られた測定値を立位姿勢により得られた測定値と比較検討することを目的とする。

2. 方法

(1) 被験者

被験者は、立位安静姿勢および臥位安静姿勢を保つことができる健常男性46名（年齢23.5±6.4歳）とした。被験者の身体特性を表1に示す。各被験者には、事前に測定 of 趣旨、方法、および安全性について十分に説明を行った上、測定参加への同意を得た後に測定を行った。なお、本研究は、長崎国際大学人間社会学部社会学部福祉学科倫理委員会の承認を得ている。

表1 被験者の身体特性 (n=46)

身長 (cm)	体重 (kg)	BMI
171.3±5.7	64.4±8.9	21.9±2.8

平均値±SD (標準偏差)

(2) 筋厚の測定

超音波Bモード装置(SSD-900型、ALOKA)を用いて、全身10カ所（上肢：前腕・上腕前面・上腕後面、体幹：胸部、腹部、肩甲骨下、下肢：大腿前面、大腿後面、下腿前面、下腿後面）の筋厚の測定を行った。測定部位の詳細については表2に示す。なお、測定部位の解剖学的位置については、安部と福永¹¹⁾と同一の部位とした。はじめに、上肢（前腕および上腕）および下肢（大腿および下腿）の体肢長（前腕長、上腕長、大腿長、下腿長）の測定をメジャーにより行い、各測定部位を決定して、その皮膚面にペンでマーキングを施した。なお、前腕長は上腕骨外側上顆から尺骨頭までの長さ、上腕長は肩峰から上腕骨外側上顆までの長さ、大腿長は大転子から膝窩皺までの長さ、下腿長は膝窩から頸骨外果までの長さとした。また、測定部位における周径囲の測定も同時にメジャーを用いて行った。被験者の体肢長および周径囲を表3に示す。

次に、立位安静姿勢における測定を行った。超音波触端子（プローブ）を組織表面に対して垂直になるように皮膚にあてることにより、各部位における組織横断画像を得た。プローブに

表2 測定部位の詳細

測定部位		解剖学的位置	
上肢	前腕	前腕長の遠位30%	
	上腕	前面	
		後面	
		上腕長の遠位60%	
体幹	胸部	乳房上部	
	腹部	臍点横 3cm 部位	
	肩甲骨下部	肩甲骨下角部	
下肢	大腿	前面	
		後面	
			大腿長の遠位50%
	下腿	前面	
後面			
		下腿長の遠位30%	

表3 被験者の体肢長および周径囲 (n=46)

測定部位	体肢長 (cm)	周径囲 (cm)
前腕	24.5±1.3	25.0±2.5
上腕	31.2±1.2	27.4±3.3
大腿	40.0±1.8	50.6±3.9
下腿	41.0±2.0	37.1±2.4

平均値±SD (標準偏差)

は、超音波の伝導性を高めるために超音波用ゼリーを塗布した。また、皮膚への圧迫による筋や皮下脂肪の変形が生じないように、プローブを皮膚に接触させた。測定側は全て右側とした。

立位安静姿勢における測定が終了した後に臥位安静姿勢における測定を行った。はじめに、身体前面に位置する部位(前腕、上腕前面、胸部、腹部、大腿前面、下腿前面)について仰臥位安静姿勢にて測定を行い、次に、身体後面に位置する部位(上腕後面、肩甲骨下、大腿後面、下腿後面)について俯臥位安静姿勢において測定を行った。姿勢以外の測定法については、立位安静時の測定と同様にして測定を行った。なお、臥位安静姿勢の測定は、平らで堅い測定台上にストレッチマットを敷き、その上に被験者が臥位安静姿勢をとった状態で行われた。

立位安静姿勢および臥位安静姿勢で得られた各部位の組織横断画像は、感熱フィルムに現像した。各横断画像において、皮下脂肪組織と筋組織との境界から、筋組織と骨組織との境界までの長さを計測し、その値を各部位における筋厚とした。なお、腹部の筋厚については、皮下脂肪組織と筋組織との境界から、筋組織と腹腔との境界までの長さとした。超音波Bモード法による測定精度および再現性については先行研究により確認されている⁶⁾。

(3) 統計処理

測定値は平均値±標準偏差 (SD) により表した。各測定部位における測定姿勢の違いによる筋厚の平均値の差の有意性については、対応のあるt検定により比較検討した(表4)。なお、いずれの統計結果においても、有意水準は5%未満 ($p < 0.05$) をもって有意とした。

3. 結果

身体各部における筋厚を表4に示す。臥位安静姿勢における筋厚は、立位安静姿勢における筋厚に比べて、全ての部位で有意に小さかった

表4 被験者の身体各部位における筋厚分布 (n=46)

測定部位		筋厚 (mm)			
		立位	臥位	臥位/立位	
上肢	前腕	20.9±2.7	19.7±3.0**	0.94±0.07	
	上腕	前面	28.4±4.2	25.6±4.2**	0.90±0.07
		後面	30.5±6.6	21.4±4.2**	0.71±0.09
体幹	胸部	16.1±3.9	13.8±3.5**	0.86±0.14	
	腹部	14.0±2.0	13.4±1.9**	0.96±0.05	
	肩甲骨下部	13.4±4.4	7.4±1.9**	0.59±0.21	
下肢	大腿	前面	51.7±6.4	37.0±6.0**	0.72±0.08
		後面	56.6±5.2	51.1±5.2**	0.91±0.09
	下腿	前面	28.4±3.0	25.5±2.8**	0.90±0.06
		後面	63.7±5.4	60.9±5.2**	0.96±0.05

平均値±SD (標準偏差)

** $p < 0.01$: 立位との比較

($p < 0.01$)。測定姿勢の違いによる測定値の比(臥位/立位)は、肩甲骨下部で最も小さく(0.59 ± 0.21)、上腕後面(0.71 ± 0.09)、大腿前面(0.72 ± 0.08)が次いで小さかった。一方、腹部(0.96 ± 0.05)、下腿後面(0.96 ± 0.05)、前腕(0.94 ± 0.07)では、測定姿勢間に有意な差が認められたものの、その差は小さかった。

4. 考 察

(1) 測定姿勢の違いによる比較①：重力による変形

臥位安静姿勢における筋厚は、立位安静姿勢における筋厚に比べて、全ての部位で有意に小さかった(表4)。このことは、今回、測定を行った全ての筋において、姿勢の変化による変形が生じており、臥位安静姿勢による筋厚の測定値を、これまでの立位安静姿勢での測定値と比較すると筋量を過小評価してしまう可能性があることが示唆された。また、測定姿勢の違いによる測定値の比率(臥位/立位)に大きな差異があることから明らかなように、変形の度合いは測定した筋により異なっており、肩甲骨下部、上腕後面、大腿前面といった部位では変形が大きく、腹部、下腿後面、前腕といった部位では変形が小さかった。

筋を変形させた要因として、筋がその外部から受ける力(外力)が考えられる。筋は構造上、両端が腱を介して骨に付着している(固定されている)ことから、外力により長軸(縦)方向に変形(筋長変化)が生じることは少ないと考えられる。一方、筋は、筋線維、筋束、そして筋全体といった様々なレベルで結合組織(筋膜)により包まれているものの、外力により短軸(横)方向への変形を生じる余地を大きく残している。測定を行った筋は、胸部(大胸筋)および肩甲骨下部(広背筋)を除き、身体の長軸(縦)方向に配列しており、立位安静姿勢では、胸部および肩甲骨下部を除く全ての部位で筋の長軸(縦)方向に、臥位安静姿勢では、全ての部位で筋の短軸(横)方向に重力(外力)を受けて

いる。臥位安静姿勢での測定では、変形しやすい短軸(横)方向に重力を受けることで筋が変形したことが、全ての測定部位において立位安静姿勢よりも臥位安静姿勢における筋厚が小さくなった要因の一つとして考えられる。

(2) 測定姿勢の違いによる比較②：皮膚表層部分の圧迫による変形

測定姿勢に関わらず、超音波Bモード装置を用いた測定では、超音波触端子(プローブ)を測定部位の皮膚表層部分に接触させる必要があり、プローブ接触時の皮膚表層部分への圧迫が筋の変形を起こした可能性がある。しかし、本研究の測定を行った検者は、超音波Bモード法による測定に長けており、プローブを皮膚表層に接触させる際に筋に変形が起きないように、細心の注意を払って測定を行っている。また、仮に変形が起こったとしても、全ての測定を同一の検者が行っているため、姿勢の違いや測定部位の違いにより変形の度合いに大きな差は生じないと考えられる。

一方、臥位安静姿勢における測定では、測定部位の反対側の皮膚表層部分がストレッチマットと接触していることが原因で、筋に変形を起こした可能性が考えられる。特に変形が大きかった3部位(肩甲骨下部、大腿前面、上腕後面)では、反対側の皮膚表層部分の接触により、筋の深部に位置する骨が上方(測定を行った筋の方向)に押し上げられ、その上方に位置する測定筋の深部面を上方(表層方向)へ押し上げることで、筋に大きな変形が起こったと考えられる。変形が少なかった3部位(腹部、下腿後面、前腕)については、腹部は筋(腹直筋)の深部が柔らかい腹腔と接していることから圧迫の影響を受けにくいことが考えられる。下腿後面および前腕については、測定時に反対側(下腿前面および前腿後面)がストレッチマットと接触していなかったため、圧迫の影響を受けなかったと考えられる。

(3) 測定姿勢の違いによる比較③：変形を起こすその他の可能性

外力以外で筋を変形させた要因として、筋活動が考えられる。金子ら¹⁶⁾は、背臥位、座位、および立位における側腹筋厚（外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋）の測定を行い、座位および立位における腹横筋の筋厚が背臥位による筋厚よりも有意に大きかった理由として、抗重力姿勢への変化が影響していることを報告している。Hodgesら¹⁷⁾は、様々な筋活動レベル（0%～100%MVC）において、前頸骨筋、上腕筋、上腕二頭筋、側腹筋（外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋）の筋厚測定を行っており、筋活動レベルの増加により筋厚が増加することを報告している。また、筋厚の増加は線形的には起こらず、筋活動レベルが低い時（0%～30%MVC）に顕著に増加し、被検筋を平均すると4%～22%MVCにおける筋活動を筋厚の変化により評価できることを報告している。これらの報告は、測定姿勢の違いによる筋活動レベルの違いが、筋厚に影響を与える可能性を示唆している。しかし、基本的な日常生活動作である姿勢保持・変換および体重移動動作時の心電図記録から身体各部の筋活動水準を定量評価した沢井ら¹⁸⁾の報告によると、安静立位姿勢では、抗重力筋であるヒラメ筋において10%EMGmax程度の筋活動が認められたものの、その他の筋（腹直筋、脊柱起立筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前頸骨筋）では筋活動がほとんど認められなかった。以上の結果から、本研究において認められた測定姿勢の違いによる筋形状の違いに、筋活動レベルが与えた影響は少ないと考えられる。

筋を変形させたその他の要因として、測定姿勢の違いにより、関節角度（筋長）が変化した可能性が考えられる。今回の臥位安静姿勢における測定では、関節角度に関して規定を行っていない。そのため、俯臥位安静姿勢での測定では、脱力することで上腕は外転、肘関節は屈曲する傾向が認められた。理論上、この関節角度の変化により、上腕の内転筋である広背筋の筋

長は長くなり、上腕の内転筋であり更に肘関節の伸展筋である上腕三頭筋の筋長も長くなり、広背筋（肩甲骨下部）および上腕三頭筋（上腕後面）の筋厚は小さくなる可能性がある。また、仰臥位安静姿勢での測定では脱力することで足関節が底屈する傾向が認められ、理論上、この関節角度変化により前頸骨筋（下腿前面）の筋長は長くなり、筋厚が小さくなる可能性がある。本研究の臥位安静姿勢による測定では、関節角度の固定および測定を行っていないため、姿勢変化により関節角度がどれだけ変化したか詳細に検討することはできない。また、安静状態での関節角度と筋厚に関するデータがないため、本研究で起こった関節角度変化による筋厚への影響を詳細に検討することはできない。姿勢変化による関節角度変化は大きなものではなく、その筋厚への影響も少ないと考えられる。しかし、今回、関節角度変化が多少なりともあったと考えられる肩関節および肘関節に関係する部位（肩甲骨下および上腕後面）において、他の部位よりも著しい筋の変形が認められたことは大変興味深く、今後、更なる検討を加える必要がある。

また、上腕の外転に伴い肩甲骨は体の中心線から向かって外側へ移動する。超音波Bモード法による肩甲骨下部の測定では、肩甲骨下をそのランドマークとしていることから、肩甲骨の移動により測定部位が移動し測定誤差をまねく可能性がある。この点についても今回の測定のみでは、その詳細については明らかにすることはできず、今後、更なる検討を必要とする。

参考文献

- 1) 西嶋尚彦, 鈴木宏哉, 大塚慶輔, 田中秀典, 中野貴博, 高橋信二, 田淵裕崇, 山田庸, 加賀谷淳子, 福永哲夫, 久野譜也, 松田光生 (2003)「地域在住中高齢者における筋機能, 運動機能, 生活機能間の因果関係」『体力科学』第52号, 213-224頁.
- 2) 渡邊信晃, 榎本好孝, 大山圭吾, 狩野豊, 安井年文, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂 (2000)「スプ

- リンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係』『体育学研究』第45号, 520-529頁.
- 3) 福永哲夫 (1978) 『ヒトの絶対筋力』杏林書院.
- 4) 金俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和美, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津政雄, 岡田守彦 (2000) 「加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響」『体力科学』第49(5)号, 589-596頁.
- 5) 田中宏太佳, 緒方甫, 蜂須賀研二, 合志勝子, 丸山泉 (1990) 「健康中高年者の日常生活の活動性と下肢筋力・筋横断面積」『リハビリテーション医学』第27(6)号, 459-463頁.
- 6) 福永哲夫, 松尾彰文, 石田良恵, 角田直也, 内野滋雄, 大久保真人 (1989) 「超音波Bモード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討」『超音波医学』第16号, 170-177頁.
- 7) 福永哲夫, 安部孝, 池川繁樹, 小沢治夫, 合田浩二, 石田良恵, 浅見俊雄 (1991) 「超音波断層法による筋厚・皮下脂肪厚と組織断面積との関係」『体力科学』第19号, 1-6頁.
- 8) 福永哲夫, 金久博昭 (1991) 『日本人の体肢組成』朝倉書店.
- 9) 石田良恵 (1992) 「日本人一流競技選手の皮下脂肪厚及び筋厚」『J. J. Sports Sci.』第11号, 587-596頁.
- 10) 石田良恵 (1994) 「超音波断層法による身体組成の加齢変化にみられる日米比較」『民族衛生』第60(4)号, 212-222頁.
- 11) 安部孝, 福永哲夫 (1995) 『日本人の体脂肪と筋肉分布』杏林書院.
- 12) 杉田正明, 安部孝, 八田秀雄, 川上泰雄, 小林寛道 (1994) 「一流女子短距離選手の体力的特性とパフォーマンス」『東京大学教養学部体育学紀要』第28号, 37-44頁.
- 13) 安部孝, 福永哲夫, 久保田美紀, 太田英則, 大田賛行 (1992) 「超音波断層法による皮下脂肪厚・筋厚分布と身体活動量および摂取エネルギー」『体力科学』第41(3)号, 416-417頁.
- 14) 近藤照彦, 戸井田晋, 奈良誠人 (1998) 「脊髄損傷による対麻痺者の体脂肪と筋肉分布」『肥満研究』第4(2)号, 136-140頁.
- 15) 七種和恵, 熊谷賢哉 (2005) 「車椅子バスケットボール選手の身体各部における筋厚分布」『日本体育学会大会号』第56号, 222頁.
- 16) 金子秀雄, 佐藤広徳, 丸山仁司 (2006) 「姿勢が側腹筋厚に及ぼす影響」『理学療法科学』第21(3)号, 255-259頁.
- 17) Hodges PW, Pengel LHM, Herbert RD, Gandevia SC (2003) 'Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging.' *Muscle Nerve*, 27, pp. 682-692.
- 18) 沢井史穂, 実松寛之, 金久博昭, 角田直也, 福永哲夫 (2004) 「日常生活動作における身体各部位の筋活動水準の評価—姿勢保持・姿勢変換・体重移動動作について—」『体力科学』第53号, 93-106頁.