

(原著論文)

## 超音波皮脂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

宮本賢作<sup>1)</sup>、田中 聡<sup>2)</sup>、田中 愛<sup>1)</sup>、松村秀一<sup>3)</sup>、谷沢俊嗣<sup>4)</sup>、守山成則<sup>5)</sup>、中谷壽男<sup>6)</sup>、  
田中重徳<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>金沢大学医学系研究科神経分布路形態・形成学、<sup>2)</sup>県立広島大学保健福祉学部理学療法学科、<sup>3)</sup>誠鋼社、  
<sup>4)</sup>日葡医学友好協会、<sup>5)</sup>金沢大学医学部付属病院理学療法部、<sup>6)</sup>金沢大学医学系研究科保健学専攻

(投稿：2007年1月9日、採択：2007年5月12日)

### 要 旨

超音波画像診断装置による生体内器官の観察は臨床で広く用いられ、運動器の分野では筋厚の計測が行われている。本研究では脂肪組織領域をカラー化させる超音波断層画像システムを用い、筋厚を計測し解剖実習遺体を用いその妥当性について検討した。また更に男女85名を対象とし筋収縮時と弛緩時の筋厚に着目したパラメタの算出を目的とし、超音波画像による筋厚と筋力および筋量の関連性について検討を行った。御遺体での測定により超音波画像の筋厚と実際の筋厚との間には高い相関がみられた。安静時の筋厚は大腿周径および体重と、収縮時の筋厚は筋力とそれぞれ相関が高くみられた。更に収縮時と安静時の筋厚比は筋力との相関がみられた。本研究結果から、筋収縮時の筋厚は筋力を推定する可能性が示唆された。

### キーワード

超音波 筋厚 筋力 筋量 体組成

### 序 文

超音波画像診断装置による生体内器官の観察は臨床で広く用いられ、運動器の分野では筋および腱損傷の評価をはじめ、損傷等による筋萎縮<sup>1-5)</sup>やそれに対する術後評価の検討<sup>5, 6)</sup>が行われている。また形態的指標として羽状筋の羽状角の評価<sup>7, 8)</sup>や筋厚の計測<sup>9)</sup>が行われている。特に筋厚から筋断面積を推定したり<sup>10)</sup>(あるいは直接計測したり<sup>11, 12)</sup>、筋力との関連を検討したりする報告<sup>11, 15)</sup>が多くみられる。また近年 Miyatani らは筋厚から筋量を推定する方法を確立した<sup>14, 15)</sup>。超音波法以外の筋形態に関する測定技法では生体インピーダンス法(BI)、核磁気共鳴法(MRI)、X線コンピュータ断層撮影法(CT)などがあげられる。BIによる筋量・体積の推定に関しては近年急速に研究がなされてきておりMRIによる筋体積との関連から測定精度の検証がなされている<sup>14, 16, 17)</sup>。他方、MRIやCTは測定精度がUS、BIに比して卓越しており、筋の体積や筋力に関する研究報告が多くみられる<sup>18, 19)</sup>が、測定環境や条件が厳しく、同時に大勢を測定するのに不向きである。本研究では皮下

脂肪厚計測用に開発された脂肪組織領域をカラー化させる超音波断層画像システムを用い、より深部の筋厚を計測しその妥当性について検討した。また更に筋収縮時と弛緩時の筋厚に着目し、超音波画像による筋厚と筋力および筋量との関連性について検討を行うことを目的とした。

### 材料と方法

#### 実験 1

平成18年度解剖実習遺体の12肢を対象とし、大腿部中央(上前腸骨棘-脛骨粗面の間中点)の筋厚を実習開始前に超音波断層装置(SM-306、誠鋼社、日本)を用い大腿直筋(RF)および中間広筋(VI)の筋厚を測定した。また実習期間中において上記2筋の剖出時に同部位を、デジタルノギスを用いて計測した。超音波とノギスの両測定値間の関連について相関係数を算出し、有意性を検討した。

#### 実験 2

#### 対象

19～69歳の男女85名(男性37名、女性48名)を対象とした(表1)。

#### 筋厚測定および筋力測定

筋厚は超音波皮脂厚計(SM-306、誠鋼社、日本)にて計測した。測定は、仰臥位にて、膝関節屈曲0°における

著者連絡先: 宮本賢作  
金沢大学大学院医学系研究科神経分布路形態・形成学  
〒920-8640  
石川県金沢市宝町13-1  
Tel: 076-265-2157  
Fax: 076-234-4221  
e-mail: miyamoto@med.kanazawa-u.ac.jp

表1 被験者の特性

		男	女	合計
年齢	平均値	41.69	39.35	40.34
(y.o.)	標準偏差	(13.07)	(12.42)	(12.67)
身長	平均値	171.40	157.92	163.60
(cm)	標準偏差	(5.48)	(4.55)	(8.32)
体重	平均値	68.75	53.52	59.94
(Kg)	標準偏差	(7.64)	(9.50)	(11.54)
BMI	平均値	23.39	21.43	22.26
(index)	標準偏差	(2.35)	(3.43)	(3.16)
体脂肪率	平均値	19.12	27.96	24.23
(%)	標準偏差	(4.37)	(5.96)	(6.90)
全身筋肉量	平均値	52.56	35.91	42.93
(Kg)	標準偏差	(4.10)	(3.15)	(9.01)
右脚筋肉量	平均値	9.97	6.44	7.93
(Kg)	標準偏差	(1.10)	(0.59)	(1.95)
大腿部周径	平均値	52.33	49.58	50.74
(cm)	標準偏差	(3.58)	(4.99)	(4.63)

安静時（安静 0°）、膝関節屈曲 0°における随意的大腿四頭筋等尺性収縮（大腿四頭筋セッティング時（収縮時 0°）、座位にて、膝関節屈曲 60度における安静時（安静時 60°）、膝関節 60° 屈曲における大腿四頭筋最大等尺性収縮時（収縮時 60°）におこなった。測定部位は大腿部中央（上前腸骨棘—脛骨粗面の中点）における大腿直筋（RF）と中間広筋（VI）の筋厚とした。筋厚比はそれぞれの膝屈曲角度での筋収縮時の筋厚と安静時の筋厚の比率（%）として算出した。膝伸展筋力の測定（ $\mu$ -Tas F1、アニ

マ、日本）は筋厚測定（収縮時 60°）と同時にを行い、2回測定 of 最大値を測定値とした。

他の測定項目

身長（cm）を質問紙に記述させ、インピーダンス法による体組成計（InnerScan BC-600、タニタ、日本）により、体重（Kg）、BMI（index）、体脂肪率（%）、全身筋量（Kg）、右脚のセグメント筋量（Kg）を算出した。また大腿部周径（cm）として筋厚測定部位の周径を計測した。

結果

実験 1

超音波による測定値とノギスによる計測値の相関係数は、RFで  $r=0.85$ 、VIで  $r=0.93$  だった（図1）。また RF において超音波による測定値がノギスによる計測値よりも若干小さい傾向にあったが、VI においてはほぼ同値であった。

実験 2

図2に安静時 0°、収縮時 0°、収縮時 60°の超音波断層像を示す。安静時 0°の筋厚平均値は RF が 16.29 mm、VIが 15.69 mm、RFとVIの合計（RF + VI）が 31.98 mm であった。また収縮時 0°の筋厚平均値は RF が 20.21 mm、VIが 19.74 mm、RF + VIが 39.94 mm であった。また収縮時 60°の筋厚平均値は RF が 22.51 mm、VIが 21.98 mm、RF + VIが 44.48 mm であった（表2）。尚、筋厚比の計算のために計測した安静時 60°の筋厚平均値は RF が 14.27 mm、VI14.1mmが、RF+VIが 28.36 mm であった。

安静時 0°の筋厚は大腿周径と強く相関（ $r=0.78$ ）し、体重（ $r=0.60$ ）、BMI（ $r=0.59$ ）とも高い相関を示した。しかしながら安静時 0°の筋厚は BI 法による筋量（全身

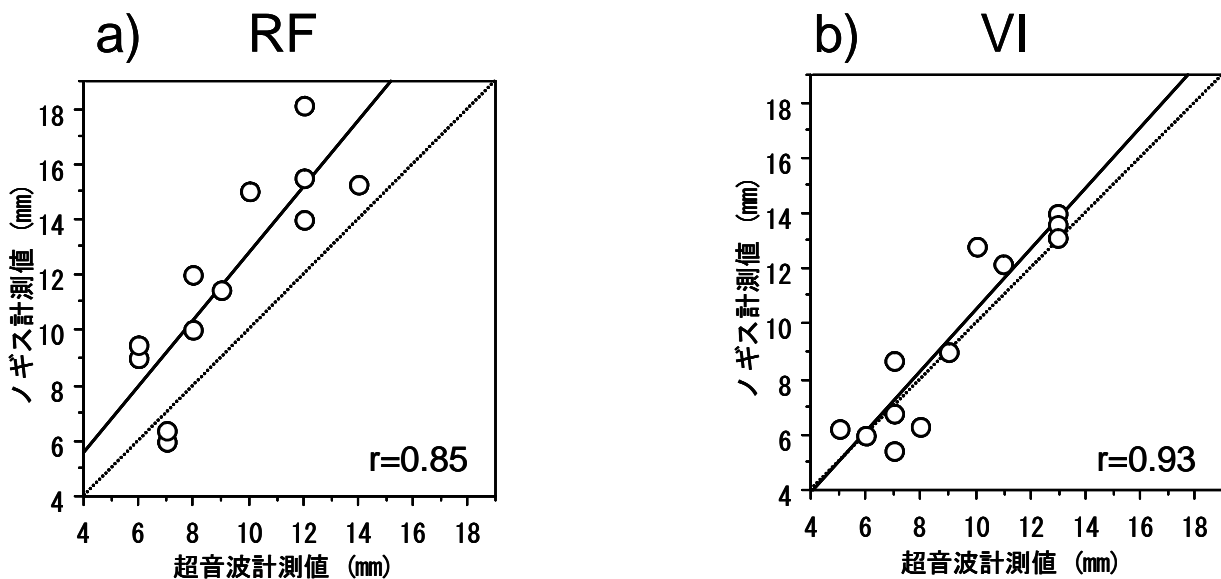


図1 超音波断層像およびノギス実測による筋厚の関係 RF:大腿直筋、VI:中間広筋。破線は両測定値の一致線。RF はノギスによる計測値よりも超音波による計測値が小さい傾向にあった。

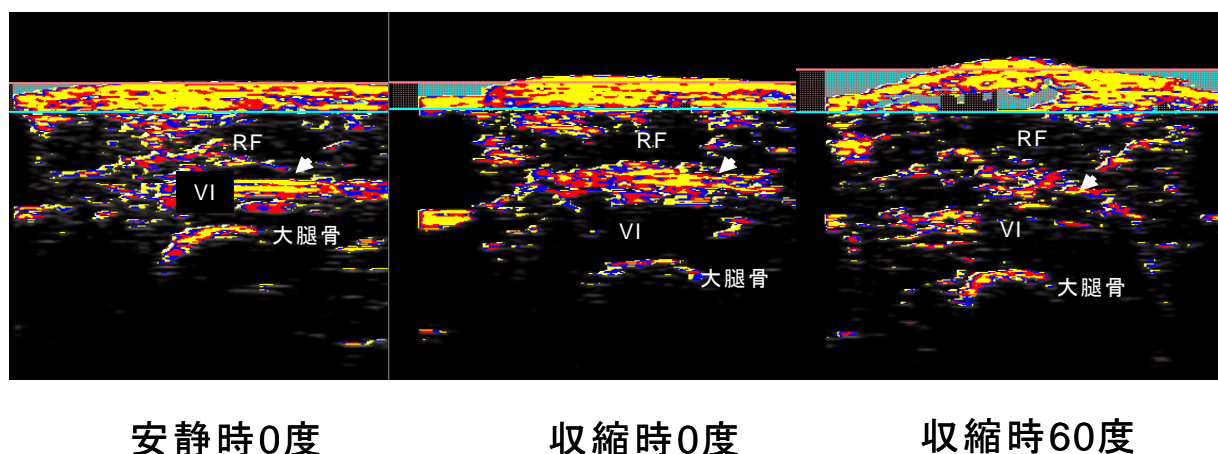


図2 安静時0°、収縮時0°（大腿四頭筋セッティング時）、収縮時60°（MVC時）の大腿部中央横断超音波断層像  
RF:大腿直筋、VI:中間広筋、矢頭:筋膜。プローブを筋の走行に対して直交するように皮膚表面にあて計測した。皮下脂肪、大腿骨、筋膜が黄色を主とした色調化により識別されている。自動計測では皮下脂肪領域を1mm間隔で自動認識するが、本実験では手動にて皮下脂肪と大腿直筋の境界から大腿直筋—中間広筋間の筋膜までを大腿直筋筋厚、そこから大腿骨骨膜表面までを中間広筋筋厚として計測した。

$r=0.46$ 、右脚  $r=0.44$ ）、筋力 ( $r=0.37$ ) との相関はあまり高くなかった。収縮時0°の筋厚も大腿周径と強く相関 ( $r=0.79$ ) し、体重 ( $r=0.71$ )、BMI ( $r=0.65$ ) とともに高い相関を示した。また筋量 ( $r=0.63$ )、筋力 ( $r=0.58$ ) とともに相関が高かった。収縮時60°の筋厚は大腿周径との相関が最も高く ( $r=0.63$ )、次いで筋力 ( $r=0.62$ )、全身筋肉量 ( $r=0.61$ ) との相関が高かった。筋力との相関は収縮60° ( $r=0.62$ )、収縮0° ( $r=0.58$ )、安静60° ( $r=0.54$ )、安静時0° ( $r=0.37$ ) の順で高かった (表3)。また安静時60°と収縮時60°の筋厚比は筋力の小さいものほど大きくなる傾向にあり、特に筋力の高いものは筋厚比が140~160%付近にみられた (図3a)。また安静時60°の筋厚が小さいもの程、筋厚比は大きくなる傾向を示した (図3b)。

## 考 察

超音波皮厚計測定装置による筋厚測定値の妥当性について

本研究実験1により解剖実習遺体を用いた超音波法の妥当性については十分と考えられる。超音波法による測定値については検者によるプローブを測定部位に当てる際の圧力、画像をもとにした筋膜の同定の再現性などが問題視されるが、本研究においてはホルマリンにより固定された御遺体であることから圧力による差異は無視できる範囲であり、また筋膜の同定に関してはカラー化された画像により筋膜の観察が容易であったことから、特にこのシステムの有効性が示唆されるものである。またVIにおいては超音波による計測値とデジタルノギスによる計測値は  $r=0.93$  と高く、かつ値もほぼ一致していたが、RFにおいては超音波計測値のほうがノギス計測値よ

表2 筋厚測定値

		男			女			合計		
		RF	VI	RF+VI	RF	VI	RF+VI	RF	VI	RF+VI
安静時0°	平均値(mm)	17.51	16.66	34.17	15.40	14.98	30.38	16.29	15.69	31.98
(安静時)	標準偏差	(2.45)	(4.66)	(5.99)	(3.15)	(4.52)	(6.78)	(3.05)	(4.63)	(6.69)
筋収縮時0°	平均値(mm)	22.11	21.54	43.66	18.81	18.42	37.23	20.21	19.74	39.94
(セッティング時)	標準偏差	(2.83)	(4.04)	(5.81)	(3.69)	(3.60)	(5.65)	(3.72)	(4.08)	(6.52)
安静時60°	平均値(mm)	15.94	16.26	32.2	13.04	12.52	25.56	14.27	14.1	28.36
	標準偏差	(2.31)	(4.19)	(5.91)	(2.87)	(3.56)	(5.10)	(3.00)	(4.24)	(6.49)
筋収縮時60°	平均値(mm)	24.77	23.66	48.43	20.85	20.75	41.60	22.51	21.98	44.48
(MVC時)	標準偏差	(3.75)	(4.02)	(6.11)	(3.66)	(3.15)	(4.89)	(4.16)	(3.81)	(6.38)
筋厚比0°	平均値(%)	127.14	133.48	129.10	123.77	129.19	125.15	125.19	131.00	126.82
(セッティング時/安静時0°)	標準偏差	(13.18)	(21.34)	(11.93)	(17.60)	(29.97)	(16.14)	(15.89)	(26.61)	(14.57)
筋厚比60°	平均値(%)	142.05	152.00	152.97	138.28	173.83	166.68	139.87	164.62	160.90
(MVC時/安静時60°)	標準偏差	(15.77)	(34.72)	(19.95)	(24.09)	(37.49)	(23.09)	(20.96)	(37.73)	(22.74)

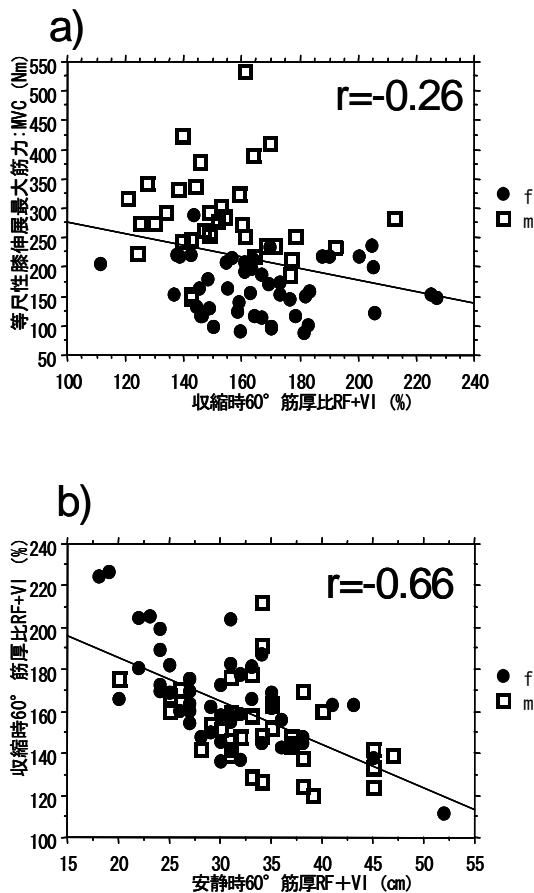


図3 筋厚比・差と筋力、安静時筋厚の関連  
 a)筋力 vs 筋厚比、b)筋厚比 vs 安静時筋厚。●f:女性、□m:男性。筋厚比は筋力および安静時筋厚とそれぞれ負の相関関係を示した。

りも若干小さくなる傾向であった。このことの原因は明確にできず、推測の域をでないが解剖実習において RF 剖出時に牽引されることにより筋断面に空気が流入したことが原因のひとつである可能性が示唆される。

安静時筋厚と筋収縮時筋厚について

本研究実験 2 により、安静時の大腿部 (RF + VI) 筋厚は大腿部周径および BI 法による筋量との関連が強かった。一方で収縮時の筋厚は筋力との関連が高い傾向にあった。このことから安静時筋厚は形態的特徴を捉えるのに対し、収縮時の筋厚は機能的特徴を捉えている可能性が示唆される。市橋<sup>20)</sup>は膝屈曲 0 から 30 度の筋短縮位での RF の筋厚変化が大きく、筋厚による筋力の推定が可能であることを報告した。本研究でも筋収縮時の 0 度および 60 度での RF の筋厚および RF+VI の筋厚は筋力との関連が大きかった (表 3) ことから 収縮時筋厚から筋力を推定できる可能性が示唆される。また一方で安静時と筋収縮時の筋厚比は、分母である安静時の筋厚が小さいもの程大きくなる傾向があり、本研究では筋厚比が大腿周径や他の体格指標と負の相関関係を示したことから、筋力を推定する上で筋厚比に適正な範囲があるものと思われる。児玉<sup>5)</sup>らは移植筋 (薄筋) の筋収縮率 (収縮時/安静時) の回復目標を健側の収縮率から設定し、それを 130 ~ 140% とした。本研究では被験筋が異なるが、筋力の高いものは筋厚比が 140 ~ 160% あたりに集中していたことから、安静時筋厚値と筋収縮時筋厚値を踏まえたうえで、適正範囲を設定することの有効性が示唆される。しかしながら今回測定した RF は羽状筋であり、一般的に羽状角が増すことにより筋が収縮するため解剖学的筋断面積や筋厚変化はあっても僅かである<sup>21)</sup>。また筋力は筋の生理学的断面積に比例するが、羽状筋の解剖学的な断面積は生理学的断面積と一致しない<sup>21)</sup>こと

表 3 筋厚と各測定項目との関連

	安静 0° (安静時)			筋収縮 0° (セッティング時)		
	RF	VI	RF + VI	RF	VI	RF + VI
年齢	-0.33 **	-0.22 *	-0.30 **	-0.20	-0.12	-0.19
身長	0.32 **	0.23 *	0.30 **	0.37 ***	0.35 **	0.43 ***
体重	0.47 ***	0.55 ***	0.60 ***	0.46 ***	0.71 ***	0.71 ***
BMI	0.43 ***	0.58 ***	0.59 ***	0.37 ***	0.71 ***	0.65 ***
体脂肪率	-0.05	0.18	0.10	-0.13	0.08	-0.02
全身筋肉量	0.45 ***	0.37 ***	0.46 ***	0.49 ***	0.57 ***	0.63 ***
右脚筋肉量	0.45 ***	0.35 **	0.44 ***	0.50 ***	0.54 ***	0.63 ***
大腿部周径	0.66 ***	0.69 ***	0.78 ***	0.54 ***	0.77 ***	0.79 ***
筋力	0.43 ***	0.25 *	0.37 ***	0.53 ***	0.45 ***	0.58 ***

	安静 60°			筋収縮 60° (MVC時)		
	RF	VI	RF + VI	RF	VI	RF + VI
年齢	-0.28 *	-0.15	-0.23 *	-0.19	-0.19	-0.23 *
身長	0.46 ***	0.38 ***	0.46 ***	0.33 **	0.33 ***	0.41 ***
体重	0.56 ***	0.65 ***	0.69 ***	0.39 ***	0.53 ***	0.57 ***
BMI	0.43 ***	0.62 ***	0.60 ***	0.29 **	0.48 ***	0.47 ***
体脂肪率	-0.14	0.02	-0.06	-0.27 *	0.01	-0.17
全身筋肉量	0.58 ***	0.56 ***	0.63 ***	0.49 ***	0.46 ***	0.60 ***
右脚筋肉量	0.56 ***	0.54 ***	0.61 ***	0.50 ***	0.44 ***	0.59 ***
大腿部周径	0.61 ***	0.71 ***	0.74 ***	0.46 ***	0.55 ***	0.63 ***
筋力	0.47 ***	0.49 ***	0.54 ***	0.56 ***	0.43 ***	0.62 ***

\*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001 (相関分析; p 値は Fisher の r の z 変換による。StatView ver5 for Windows, SAS Institute Inc.,)

から筋厚による筋力の推定には限界があると思われる。しかしながら本研究での収縮時の筋厚と筋力の相関は安静時のそれよりも高かったことから、単に安静時の断面積あるいは筋厚よりも筋が収縮した状態での筋厚計測が有用であることが推察される。

また筋量は安静時の筋厚との関連よりも収縮時の筋厚との関連が高かったものの、本研究で用いた BI 法装置では大腿部に加え、下腿部および足部も含めた筋量であるため、Miyatani らの報告にみられる高い関連性<sup>16)</sup>はみられなかった。しかしながら今後、超音波法による筋厚計測部位を下腿あるいは上肢、体幹にひろげることにより、筋厚から全身の筋肉量を推定する可能性が示唆される。

本研究により筋収縮時の筋厚および筋厚比から筋力の推定はある程度可能となったと推察される。しかしながら、今回の被験者の規模では運動習慣の有無や性差による検討が不可能であったため、今後被験者数を増やし、年代、性差や運動習慣の違いを考慮した筋力や筋量の推定法、そしてそれらを加味した新しいパラメタの開発を行う。

## 文 献

- 高井宏明、井形高明、加藤真介、森田真也、松崎健司 (1992) 超音波による肘部管症候群における筋萎縮の定量評価. 日本整形外科超音波研究会会誌 4:27-30
- Ohta K, Tsuboyama T, Ichihashi N, Minami S (2006) Measurement of muscle thickness as quantitative muscle evaluation for adults with severe cerebral palsy. *Physical Therapy* 86:1231-1239
- 川上泰雄 (2002) 伸張性筋活動における筋損傷と筋腱複合体の特性変化に関する研究. 上原記念生命科学財団研究報告集 16:97-99
- 浅井友詞、野々垣壽男、谷田武喜、水口静子、石田和人、堀場充哉、和田郁雄、水谷武彦、水谷陽子 (1996) 膝傷害による大腿四頭筋萎縮の検討—超音波断層法を用いて—. *理学療法学* 23:191-195
- 児玉成人、土井一輝、服部泰典、池田慶裕、喜多島出 (2004) 筋肉移植後の移植筋の形態変化—超音波エコーでの検討—. *日本手の外科学会誌* 21:664-668
- 中村恭啓、柚木脩 (2003) 超音波検査による大腿部筋損傷に対する保温療法の適応. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌* 23:202-206
- 椎名美沙、三宅英司、渡邊裕之 (2003) 筋伸張 (muscle stretching) が羽状角に及ぼす影響について—超音波 B モード法を用いた画像解析による筋形態変化の検討—. *北里理学療法学* 6:77-80
- 三宅英司、椎名美沙、渡邊裕之 (2003) 筋疲労が羽状角に及ぼす影響について—超音波筋断層法を用いた画像解析による筋形態変化の検討—. *北里理学療法学* 6:121-124
- 加藤浩人、淵本隆文、金子公宥 (1998) 足底屈筋、足背屈筋および膝伸筋における筋力と筋厚の加齢変化. *大阪体育大学紀要* 29:9-17
- 小竹伴照、土肥信之、鷺見信清、前島伸一郎、古橋健彦、今津有美子、内田臣 (1992) 超音波画像による筋断面積の測定. *総合リハビリテーション* 20:223-227
- 熊崎大輔、守田武志、舌正史 (2004) 高校男子スポーツ選手における下腿筋組成について—超音波断層法を用いた下腿筋断面積の解析—. *関西理学療法* 4:97-102
- 佐藤広徳、福田修、辻敏夫、三浦朗、久野譜也、佐藤陽彦、福場良之 (1998) 超音波体肢横断面画像撮影システムの開発. *人間工学* 34:255-260
- 佐藤広徳、三浦朗、坂井学、佐藤陽彦、福場良之 (2000) 上腕部筋横断面積と筋力に関する研究. *人間工学* 36:335-341
- Miyatani M, Kanehisa H, Fukunaga T (2000) Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm. *Eur J Appl Physiol* 82:391-396
- Miyatani M, Kanehisa H, Kuno S, Nishijima T, Fukunaga T (2002) Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur J Appl Physiol* 86:203-208
- Miyatani M, Kanehisa H, Masuo Y, Ito M, Fukunaga T (2001) Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *J Appl Physiol* 91:386-394
- Ishiguro N, Kanehisa H, Miyatani M, Masuo Y, Fukunaga T (2006) Applicability of segmental bioelectrical impedance analysis for predicting trunk skeletal muscle volume. *J Appl Physiol* 100:572-578
- Abe T, Kearns CF, Fukunaga T (2003) Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *Br J Sport Med* 37:436-440
- 斎藤昭彦、丸山仁司、新井正一、橋本光康、金場敏憲、岩谷力 (1998) MR 画像から求めた大腿四頭筋の筋形態と等運動性最大膝伸展筋トルクとの関係について. *国際医療福祉大学紀要* 3:35-43
- 市橋則明、池添冬芽、大畑光司 (2006) 安静時と収縮時における大腿四頭筋の筋厚変化量の測定によって筋力発揮水準の推定は可能か?. 第 41 回日本理学療法学会大会世予稿集 :2
- 山田茂、福永哲夫 (1997) 骨格筋一運動による機能と形態の変化一. pp6-9, NAP 社

## Appropriation of colorized ultrasonographics, and relationships between muscle thickness and muscle volume or strength

Kensaku MIYAMOTO<sup>1)</sup>, Satoshi TANAKA<sup>2)</sup>, Ai TANAKA<sup>1)</sup>, Shuichi MATSUMURA<sup>3)</sup>, Toshitugu TANISAWA<sup>4)</sup>, Shigenori MORIYAMA<sup>5)</sup>, Toshio NAKATANI<sup>6)</sup> and Shigenori TANAKA<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Anatomy and Neuroembryology, Kanazawa University Graduate School of Medical Science, <sup>2)</sup>Faculty of Health and Welfare, <sup>3)</sup>Prefectural University of Hiroshima, Seikosha, <sup>4)</sup>NIPPO Medicine Friendship Association, <sup>5)</sup>Department of Rehabilitation, Kanazawa University Hospital, Division of Health Sciences, <sup>6)</sup>Kanazawa University Graduate School of Medical Science

### Key Words

Ultrasonograph • Muscle Thickness • Muscle Strength • Muscle Volume • Body Component

### Abstract

The purpose of the present study was to investigate the validity of ultrasonographics for predicting the muscle structure and function of lower limb. Fourteen cadaver's lower limbs were measured by colorized ultrasonography with 3.5MHz and digital caliper for appropriation of this system. Eighty-five adult men and women were subjected for ultrasonography under 0 degree of flexion and 60 degree of flexion during MVC (maximal voluntary contraction) and NC (non-contraction). In addition, maximal muscle strength of knee flexion, circum length of thigh and bioelectrical impedance were measured for each subjects. Muscle thickness measured by ultrasonography correlated with that of which measured by caliper. The muscle thickness during NC correlated with the circum length and the body weight. The muscle thickness during MVC correlated with the muscle strength. The ratio of the muscle thickness during MVC to that of NC correlated with the muscle strength.