

表題：軟部組織硬度計による生体硬度測定の信頼性の検討

英文表題：Reliability of Human Muscle Measurements Using a Soft
Tissue Stiffness Meter

【著者名】

高梨 晃¹⁾ 小沼 亮²⁾ 塩田 琴美¹⁾ 烏野 大³⁾ 松田 雅弘¹⁾ 宮島 恵樹¹⁾ 坂上 昇¹⁾
細田 昌孝¹⁾ 加地 啓介¹⁾ 川田 教平¹⁾ 野北 好春¹⁾ 吉村 正美⁴⁾ 大津 玲滋⁵⁾

【所属】

1) 了徳寺大学健康科学部理学療法学科

Akira Takanashi, RPT, Kotomi Shiota, RPT, PhD, Tadamitsu Matsuda, RPT, PhD, Shigeki Miyajima, RPT, Noboru Sakanoue, RPT, PhD, Masataka Hosoda, RPT, PhD, Keisuke Kaji, RPT, Kyohei Kawada, RPT, Yoshiharu Nogita, RPT: Department of Physical Therapy Faculty of Health Sciences Ryotokuji University

2) 藤リハビリテーション学院理学療法学科

Ryo Konuma, RPT: Department of Physical Therapy, Fuji Professional School of Rehabilitation

3) 郡山健康科学専門学校理学療法学科

Hiroshi Karasuno, RPT, DE: Department of Physical Therapy Koriyama Institute of Health Sciences

4) セコムメディック病院リハビリテーション科

Masami Yoshimura, RPT:

5) 東京歯科大学スポーツ歯学研究室

Kouji Otsu: Department of Research for Sports Dentistry Tokyo Dental College

要旨

(目的)本研究では、軟部組織硬度計による生体測定信頼性について検討した。(方法)軟部組織硬度計(特殊計測社製;TK-03C)は荷重と変位を同時に測定することが可能なものを使用した。測定部位を脊柱起立筋、僧帽筋上部、内側ハムストリングス、内側腓腹筋の筋腹中央部とし、すべて右側を測定した。検査者は3名として、それぞれ3回反復測定させ、荷重5N、10N時の変位値(mm)を求めた。また対象は、本研究に同意を得た整形外科的疾患の既往のない健常成人男性1名とし、検査者は、本研究に同意を得た、理学療法士3名とした。(結果)測定時の変動係数は、全て5%以下であった。検査者内信頼性は、3人全てが $ICC(1\cdot1)=0.95$ 以上であった。また、検査者間信頼性は $ICC(2\cdot1)=0.98$ であった。(結語)今回使用した軟部組織硬度計は荷重と変位を同時に測定することが可能であり、さらにその信頼性も高いことから軟部組織硬度評価の定量的評価に活用できることが示唆された。

Abstract

(PURPOSE)We assessed the soft tissue stiffness meter (STSM; TOKUSHUKEISOKU Corporation, TK-03C, Japan) for inter/intra-rater reliability. This device measures load and displacement simultaneously. (METHODS) 1 healthy subject (with no history of orthopedic problem). Three physical therapists measured the surface stiffness of fore human body parts; intrinsic back muscles, upper trapezius, hamstrings and gastrocnemius of medial side. We each took 3 consecutive readings using the STMS at the right site on each of the human body parts. We calculated the displacement for a load of 5N and 10N. (RESULT) The overall rating reliability for all sites was high; coefficient of variation (CV)<5.0. The intra-rater reliability of the three therapists were high showing an intra-class correlation coefficient (ICC) (1·1) ≥ 0.95 . The inter-rater reliability was also high; $ICC(2\cdot1)=0.98$. (CONCLUSION)Thus, it seems that this STSM is a reliable and useful device for objective quantitative evaluation of soft tissue stiffness.

1. はじめに

物体には粘性と弾性とが存在する。粘性とは、物理学的に流体の液体要素間に摩擦力が働く性質であり、弾性は外力により変形した物体がその外力が除かれた時、元に戻ろうとする性質をいう¹⁾。これらの性質が絡み合い、物の硬さが形成されている。

人体における硬さの一つの指標である軟部組織硬度(soft tissue stiffness ; STS)とは、四肢、体幹の骨、関節、胸腹部内臓を除いた皮膚、皮下組織、筋肉、腱、靭帯、神経、血管すべてを含む組織の硬さである。その硬度の変化は、身体の違和感として主観的に捉えられている。臨床において STS の異常は、痛みや関節可動域制限の一要因となり、主に触診による主観的な方法によって評価されている。しかし、STS の客観的評価手法が確立されておらず、臨床活用されているとは言いがたい。

軟部組織硬度計(soft tissue stiffness meter ; STSM)を用いた研究では、痙攣、痙縮、腫脹などによる変化²⁾や筋疲労³⁾、また神経学的疾患やリンパ性・静脈性疾患などの STS の変化⁴⁾について検討されているが、その信頼性に関して明確ではない。さらに基礎および臨床の両面からのデータ集積も十分ではない。

我々は⁵⁾、荷重と変位をリアルタイムに測定可能である STSM を使用して、異なる 3 種類の硬度サンプルを測定し、検査者内信頼性、検査者間信頼性の検討を行った結果、10 人の検査者内信頼性はすべてにおいて級内相関係数(Intraclass correlation coefficients ; ICC) $ICC(1\cdot1) = 0.97$ 以上の信頼性を示した。また検査者間信頼性は、 $ICC(2\cdot1) = 0.96$ の信頼性を示した。さらに、3 種類のサンプル間において有意な硬度の差が認められた ($p < 0.01$)。

そこで今回我々は、荷重と変位を測定可能である STSM を使用して、生体測定による検査者内信頼性および検査者間信頼性の検討を行った。

2. 方法

対象は、本研究に同意を得た整形外科的疾患の既往のない健常成人男性 1 名(年齢 20 歳、体重 62kg, BMI 21.0)に対して STSM 測定を本研究に同意を得た、理学療法士 3 名(経験年数 4-6 年)にて測定を実施した。

測定部位は、右側の脊柱起立筋(L4-5 レベル)と僧帽筋上部、右下肢の内側ハムストリングス、内側腓腹筋の筋腹中央部とした。

測定には荷重と変位を同時に測定可能な STSM(特殊計測社製, TK-03C)を使用した。本研究に使用した STSM は、押し当て部位先端の径 30φ, 変位測定範囲 30mm, 荷重測定範囲 30N であり、動ひずみアンプ 2ch と接続することにより同時に測定可能なものである(図 1)。

測定方法は、理学療法士 3 名により、各被検筋の筋腹中央部にあらかじめ印を付け、その直上より STSM により測定した。検査者には、①利き手を用いること、被検筋に対して②垂直に押圧すること、②ゆっくりと押圧することを指示した。

本研究では、動ひずみアンプ(共和電業社製, PCD-300A)に直接接続し、サンプリング周波数 100Hz で 25 秒間に 3 回の測定を行い、1 測定ごとに荷重量と変位値の関係について回帰直線を求め、荷重量 5N および 10N 時の変位値(mm)を算出した(図 2)。

統計学的検討は、まず荷重量と変位値の関係について、測定ごとに決定係数(R^2)を求めた。

検査者内の測定回数に関する信頼性については、被検筋ごとの測定結果より変動係数(coefficient of variation ; CV)を算出した。また、検査者内信頼性および検査者間信頼性については、ICC を算出して検討した。

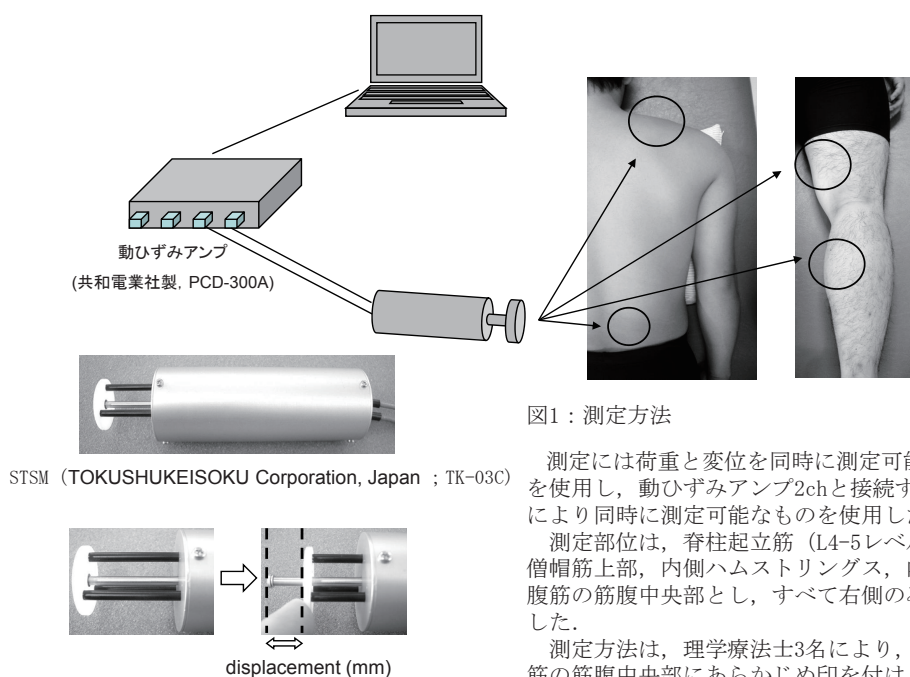


図1：測定方法

測定には荷重と変位を同時に測定可能なSTSMを使用し、動ひずみアンプ2chと接続することにより同時に測定可能なものを使用した。

測定部位は、脊柱起立筋 (L4-5レベル)、僧帽筋上部、内側ハムストリングス、内側腓腹筋の筋腹中央部とし、すべて右側のみ測定した。

測定方法は、理学療法士3名により、各被検筋の筋腹中央部にあらかじめ印を付け、その上をSTSMにより測定した。

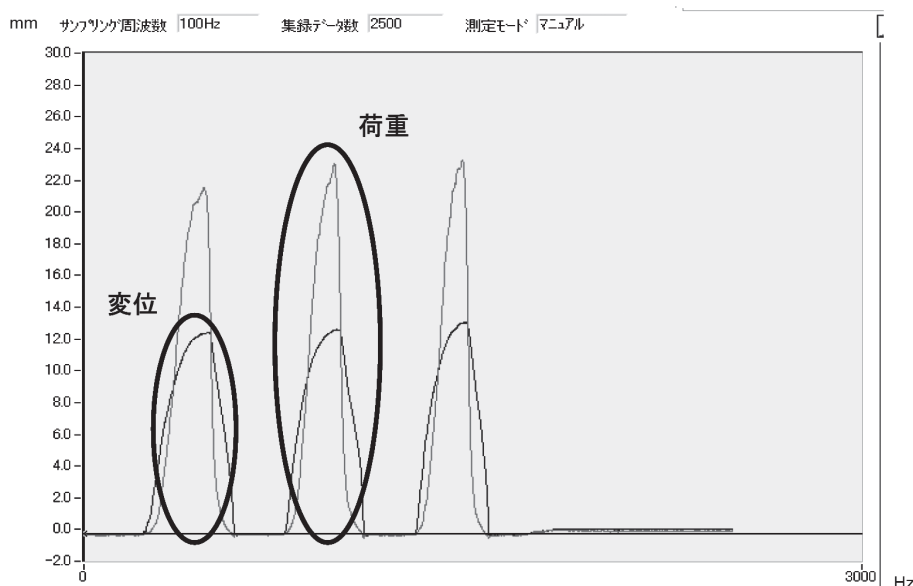


図2：測定データ

サンプリング周波数100Hzで、25秒間に3回の反復測定を行った。測定時に荷重量(N)、5Nおよび10N時の変位値(mm)を算出した。

3. 結果

全 36 回 (4 筋×3 回×3 名) の測定における荷重量と変位値の回帰直線の一致度の指標である決定係数平均値(範囲)は、0.98(0.96-0.99)であった。

繰り返しによる測定における被検筋ごとの%CV=mean±SD は、荷重量 5N および 10N 時の結果を表 1 に示した。また検査者内信頼性については、各検査者の荷重量 5N および 10N 時の ICC(1・1)=0.95 以上となり、高い信頼性を示した(表 2)。

さらに、検査者間信頼性については、荷重量 5N 時で ICC=0.981, 10N 時では ICC=0.903 と高い信頼性を示した(表 2)。

表1 検査者内信頼性(%CV)

	5N	10N
右脊柱起立筋(L4-5)	4.8±0.6	4.0±2.4
右僧帽筋上部	2.2±1.2	1.0±0.5
右腓腹筋内側	4.4±0.4	2.6±1.6
右内側ハムストリングス	4.1±0.4	2.0±1.6

* 単位 (%)

表2 検査者内信頼性および検査者間信頼性

検査者内信頼性		ICC(1・1)	
荷重量		5N	10N
検査者A	0.980(0.899-.999)		0.995(0.973-1.000)
検査者B	0.952(0.773-.997)		0.977(0.884-.998)
検査者C	0.965(0.827-.998)		0.995(0.975-1.000)
検査者間信頼性		ICC(2・1)	
n=3		0.981(0.896-0.999)	0.903(0.330-0.993)

*数値 級内相関係数(95%信頼区間 下限-上限)

4. 考察

臨床場面における軟部組織硬度の測定は、主に触診であり、理学療法士の主観的評価となるため、その評価の再現性や信頼性においては普遍性が得られないことが現状である。そのため、軟部組織硬度における客観的評価指標が求められることから、STSM を用いる定量化の試みが行われている。矢野ら⁹⁾は、生体軟部組織は粘弾性体であるが、力学的性質は変形速度にあまり依存しないということから、弾性体としての測定法に一定の妥当性があることを示している。一方、斉藤⁷⁾によると、評価者の習熟度による誤差や評価者間誤差は避けられず、測定値の信頼性や妥当性には限界があるとしている。

我々は^{8,9)}現在までに、アラーム付きの STSM(TRY-ALL 社製, NEUTONE TDM-NA1) を使用して、同一検査者による 80 脚の腓腹筋内側頭筋腹中央部の測定を行い、ICC (1・1) =0.79 以上の信頼性を示し、同一検査者による 3 回の繰り返しの測定による信頼性が ICC =0.90 以上という結果から、反復測定の必要性について報告した。しかし、皮膚に対する押圧の方向や圧力の定量化が困難であることから、新たな計測するためのパラメータを検討する必要性が示唆された。そこで、本研究で荷重量と変位量を同時に測定可能な STSM を使用した。この STSM は、先行研究で問題とされた荷重量を規定した際の変位量を計測することが可能であり、複数のサンプル硬度測定において検査者内・間の両方で高い信頼性を得られた⁵⁾。

生体測定における信頼性は、Arokoski ら¹⁰⁾は、28 名の被験者の僧帽筋、三角筋、肩甲挙筋に対して測定を行った結果、%CV=4.31~12.6%の測定誤差は生じるものの、量的な評価として有用と述べている。本研究の結果より、生体測定における繰り返しの測定では、すべて 4%以下であった。さらに検査者内信頼性および検査者間信頼性について、Landis¹¹⁾ の Kappa 係数の指標を ICC の判定に応用した基準(ICC \geq 0.8)を用いて検討した。その結果、4 筋である被験筋は、それぞれ荷重方向が異なる筋であるが、被験筋ごとで高い信頼性が得られた。本研究結果から、この STSM を用いた軟部組織硬度の定量的評価は高い信頼性がある計測方法であることが示唆された。しかし、本研究において各被験筋における最適な荷重量についての、検討はおこなわれていないため、最適な荷重量の検討については今後の課題である。

今後は、健常人における軟部組織硬度の基準値を作成し、臨床応用を視野にいれた疾患別の軟部組織硬度の特性などについての検討を進めていく必要がある。また、STSM の臨床応用は理学療法のエビデンスを構築する上でも重要であり、基礎および臨床の両面からデータを集積していくことが重要であると考えられた。

5. 謝辞

今回の研究に協力して頂いた、藤リハビリテーション学院の皆様と、ご指導頂きました先生方に感謝申し上げます。また、協力を頂いた被験者の皆様に感謝致します。

文献

1) 北田耕司, 田巻弘之, 芝山秀太郎・他: 筋疲労による収縮時の筋硬度変化. J J Sport Sci,

- 1994, 13: 273-280.
- 2) Fischer AA: Pressure algometry over normal muscle. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain*, 1987, 30: 115-126.
 - 3) 神山一行, 川手信行, 水間正澄: 健常者長橈側手根伸筋部における短時的屈伸運動負荷時及び負荷後の筋硬度の変化について. *昭和医会誌*, 2004, 64(6) : 494 - 498.
 - 4) Kar SK, Kar PK Mania J: Tissue tonometry a useful tool for assessing filarial lymphedema. *Lymphology*, 1992, 25: 55-61.
 - 5) Akira Takanashi, Hiroshi Karasuno, Munenori Katou et al: Reliability of the use of a soft tissue stiffness meter. *ACPT*, 2008: 203.
 - 6) 矢野忠, 有馬義貴, 井本俊之: 圧痛域値同時計測型生体用組織硬度計「Digital Palpometer」の開発 (第1報). *日本手技療法学会雑誌*, 1998, 9(1):33-40.
 - 7) 斉藤秀之: 痛みに関連する生体情報の測定法. *理学療法*, 2006, 23 : 99-104.
 - 8) 高梨晃, 加地啓介, 烏野大・他: 軟部組織硬度計における再現性, 信頼性の検討と臨床応用. *専門リハビリテーション*, 2008, 7 : 22-26.
 - 9) 高梨晃, 烏野大, 塩田琴美・他: 2 種類の軟部組織硬度計における再現性, 信頼性の検討. *理学療法科学*, 2008, 23(2) : 297-300.
 - 10) Jari PA Arokoski, Jarkka, Tuula: Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter: *PHYSIOLOGICAL MEASUREMENT*, 215-228, 2005.
 - 11) Landis JR, Koch GG: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1997, 33: 159-174.