

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：33801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01536

研究課題名（和文）筋触診技術の向上を支援する教育プログラムの開発

研究課題名（英文）Development of an educational program to support the improvement of muscle palpation techniques

研究代表者

磯貝 香（ISOGAI, Kaoru）

常葉大学・保健医療学部・教授

研究者番号：00549496

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：筋硬結触診シミュレーターの開発を目的として、徒手理学療法実践者が認識している筋硬結の具体的な特性値と、超音波断撮影を用いて計算された臀部の異なる荷重下での皮下組織および筋のヤング率を調査した。その結果、徒手理学療法実践者が認識している臀部に存在する典型的な筋硬結は、ほぼ大きなアーモンドナッツ形状であった。また、超音波断撮影と圧縮試験を使用して、大規模な参加者サンプルの皮下組織と筋肉組織のヤング率を測定することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

筋痛の原因となる筋硬結の探索には触診が用いられるが、その検査結果の信頼性は一義的に高いとは言えない。触診技術を向上させるためには、熟練者の指導の下、実際の筋硬結に触れる体験を積み重ねることが有効と考えられるが、患者の苦痛を助長する方法は倫理的に推奨できない。我々は、この問題を補完するために人工的な筋硬結触診練習用モデルの開発を目指している。本研究成果は、このモデル製作に必要なデータとなるものである。

研究成果の概要（英文）：For the purpose of developing the muscle nodule palpation simulator, we conducted a survey to investigate specific values of muscle nodules recognized by manual physical therapy practitioners and, Young's moduli of subcutaneous tissues and muscles under different loads at the gluteal region calculated using ultrasonography. As a result, the typical muscle nodule found in the buttocks by manual physical therapy practitioners was roughly the shape of a large almond. Also, Young's moduli were successfully measured for subcutaneous and muscle tissues in a large participant sample using ultrasonography and compression testing.

研究分野：理学療法学

キーワード：筋硬結 シミュレータ 応力 - ひずみ特性

## 1. 研究開始当初の背景

筋筋膜性疼痛症候群を治療するためには、その症状発現原因であるトリガーポイントの同定が欠かせない。その方法として一般的に触診が用いられるが、その技術の習得は容易でない。また、様々な教育環境のもとで学ぶ多くの臨床家はその技術を共有することは難しい。結果として、触診によるトリガーポイントの評価は再現性に欠ける状況となっている。この問題を解決するために、我々はトリガーポイント探索の客観的所見である palpable nodule (筋硬結) の触診技術教育を目的とした模型 (筋硬結触診シミュレータ) の開発を進めてきた。しかし、筋硬結の実態の解明が膠着状態にあるなかで、シミュレータに埋め込む筋硬結モデルに与えるべき特性を決定できていない。また、シミュレータ全体を形作る皮膚皮下組織・筋モデルに与えるべき機械的特性についても、様々な力を用いて行われる触診動作に対応できる報告は少ない。また、触診技術のコツを解明するためには、熟練者の触診の仕方を知ることが効果的であるが、これを計測するシステムは存在しない。

## 2. 研究の目的

筋硬結触診シミュレータに埋め込む筋硬結モデルの形、大きさ、方向、埋没深度、硬さに関する具体的な値と個々の変数間の関連について、参加者を追加し、更に詳細な分析・検討を行う。また、皮膚皮下組織・筋モデルに与えるべき機械的特性を決定するために、十分な人数を対象に、ヒト臀部の皮下組織と筋それぞれの応力-ひずみ特性を明らかにすることで、異なる荷重下におけるヤング率を計測するとともに、それぞれの変数間の相関を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### 3-1 徒手理学療法実践者が認識している筋硬結の性状

臨床において日常的に筋硬結を治療対象としていると申告した参加者にアンケート調査を実施した。参加者は理学療法士 111 名、作業療法士 14 名、柔道整復師 3 名、柔道整復師とはり師両方の有資格者 2 名、あん摩マッサージ指圧師とはり師両方の有資格者 3 名の合計 133 名 (平均年齢  $29.9 \pm 7.2$  歳、平均臨床経験年数  $6.1 \pm 5.7$  年) であった。アンケートによる調査対象は、参加者が治療対象とする機会の多い、筋硬結の形、大きさ、方向、埋没深度、硬さの 5 項目とした。また、対象者に具体的な筋硬結を想起してもらうため、筋硬結が存在すると仮定する部位を臀部とした。筋硬結は頸部や肩部、腰部等にも多く存在するが、臀部は十分な量の筋を平らな骨が支える構造をしており、複雑な解剖学的構造による影響を受けない状態で対象者が筋硬結を想起するのに適している。

アンケート用紙に上前腸骨棘と上後腸骨棘の midpoint に印を付けた臀部の写真を掲載し、参加者にその印部分で治療対象とする機会の多い筋硬結を想起してもらい、その筋硬結の輪郭を、頭尾方向に対する向きに留意しながら原寸大で描いてもらった。また、印部分の断面の模式図を提示し、5 等分された筋の深度 (浅いほうから順に、Depth 1, Depth 2, Depth 3, Depth 4, Depth 5) の中から筋硬結が存在する深度を選択してもらった。また、筋硬結の厚さをミリメートル単位の数値で、また、筋硬結の硬さをそれと似た硬さをもつ物の名称で回答してもらった。

全 133 回答紙のうち、筋硬結の輪郭図が一筆書きの線画で描かれていなかったために、その形や大きさが特定できなかった回答紙や、大部分を占める回答とは異なる輪郭図が描かれている回答紙などを分析対象から除外した。分析対象として残った 97 回答紙に描かれていた筋硬結の輪郭図の長軸長と短軸長を測定した。短軸長に対する長軸長の長さが 1.5 倍以上であった図について、その長軸方向が臀部の頭尾方向に近いものと内側外側方向に近いものとに分類した。筋硬結の硬さについては、回答に記載されていた物同士の硬さの類似性をもとに 4 段階に分別した。筋硬結の長軸長、短軸長、厚さ、埋没深度、硬さの 5 項目に因子分析を適用した。

### 3-2 超音波断層撮影により計算された異なる負荷下における臀部皮下組織および筋のヤング率

参加者は、臀部に疾患を持たない 20-22 歳の男子大学生 21 名 (平均身長  $170.5 \pm 4.5$  cm, 平均体重  $60.8 \pm 8.7$  kg, 平均 BMI  $20.9 \pm 2.2$ ) であった。

超音波断層撮影装置 (NEMIO SSA-550A; Toshiba Medical Systems Corp., Japan) のプローブを引張圧縮試験機 (SV-52NA; Imada Seisakusho Co., Ltd., Japan) に延長アームを用いて、垂直方向となるように固定した。プローブの皮膚との接触面の面積は  $576 \text{ mm}^2$  ( $W \times D$ ,  $48 \times 12 \text{ mm}$ ) であった。硬さの計測部位として参加者の左の臀部を選択した。引張圧縮試験機は、プローブが参加者の左臀部の上前腸骨棘と上後腸骨棘との midpoint に位置するように設置した。プローブによって加えられる荷重は 0-45 N の範囲であり、0 N, 0.5 N, 1 N, 2 N, 3 N, 5 N, 7 N, 10 N, 15 N, 20 N, 25 N, 30 N, 35 N, 45 N の 14 値を各撮影セッションの目標荷重として設定した。引

張圧縮試験機の昇降機を 100 mm/min (1.67 mm/s) で降下させ、圧迫力が目標値に達した時点で手動にて停止した。これと同時に超音波画像を、デジタルデータとして保存した。参加者は加圧中に臀部に疼痛を感じたときには、緊急停止ボタンで引張圧縮試験機の動作を停止することができた。しかし、本実験において緊急停止ボタンを操作する参加者はいなかった。

取得された全ての超音波画像上で、皮膚表面から皮下組織と筋との境界までの距離(皮下組織厚)と、皮下組織と筋との境界から骨表面までの距離(筋厚)を測定した。応力はプローブによって加えられる荷重を、プローブの皮膚との接触面の面積で除することで計算された。組織厚の変化から算出されたひずみと応力との関係をもとに、16名の参加者の皮下組織と筋それぞれの応力-ひずみ曲線を作成した。1 N 荷重時、30 N 荷重時の皮下組織のヤング率を、それぞれ荷重範囲 0-3 N、15-45 N の範囲における応力-ひずみ曲線への近似曲線から求めた。5 N 荷重時、30 N 荷重時の筋のヤング率を、それぞれ荷重範囲 0-10 N、15-45 N の範囲における応力-ひずみ曲線への近似曲線から求めた。ピアソンの相関分析を用いて、4つの変数間の相関を検証した。

#### 4. 研究成果

##### 4-1 徒手理学療法実践者が認識している筋硬結の性状

筋硬結の輪郭図の長軸長と短軸長の平均値は 30.9 ± 15.5 mm と 16.2 ± 8.4 mm であり、それぞれの中央値は 28 mm と 14 mm であった (Fig. 1a, b)。筋硬結の厚さの回答の平均値は 9.3 ± 6.7 mm であり、中央値は 6.5 mm であった (Fig. 1c)。また、短軸長に対して長軸長が 1.5 倍以上の長さであった図は 74 例 (76.3%) であった。この 74 例中、長軸方向が頭尾方向に近い図が 65 例 (87.8%) であり、内側外側方向に近い図が 9 例 (12.2%) であった。筋硬結の埋没深度は、Depth 2 (筋の表面から 8-16 mm) を選択した回答が 38 例と最も多かった (Fig. 1d)。筋硬結の硬さについては、回答に使用されていたグミ、消しゴム、コルク、石を、4段階の硬さの異なる基準物と定めた。そして、すべての回答に記載されていた物を、その硬さと基準物の硬さとの類似性をもとに、Gummie level, Eraser level, Cork level, Stone level の4段階に分類した。その結果、Eraser level に分類された回答が 38 例と最も多かった (Fig. 1e)。

因子分析の結果、第1から第3因子までの固有値が 1.91, 1.14, 0.96 であったため、第2因子までを採用した。Table 1 に5種類の変数の因子負荷量を示した。第1因子は、長軸長と短軸長に高く負荷され、厚さにわずかに負荷された。第2因子は埋没深度に関わるものであった。独自性の値が1に近いため、厚さと硬さは2因子でほとんど説明されなかった。Table 2 に示した相関行列を総合的に見ると、長軸長は短軸長と強く相関し、埋没深度と弱く相関した。また、短軸長は厚さと弱く相関し、厚さは埋没深度と弱く相関した。対照的に、筋硬結の硬さは他の特性とは独立していた。

徒手理学療法実践は、臀部に存在する典型的な筋硬結の立体形状を、大きめのアーモンドナッツ状と認識していると推察された (Fig. 2)。

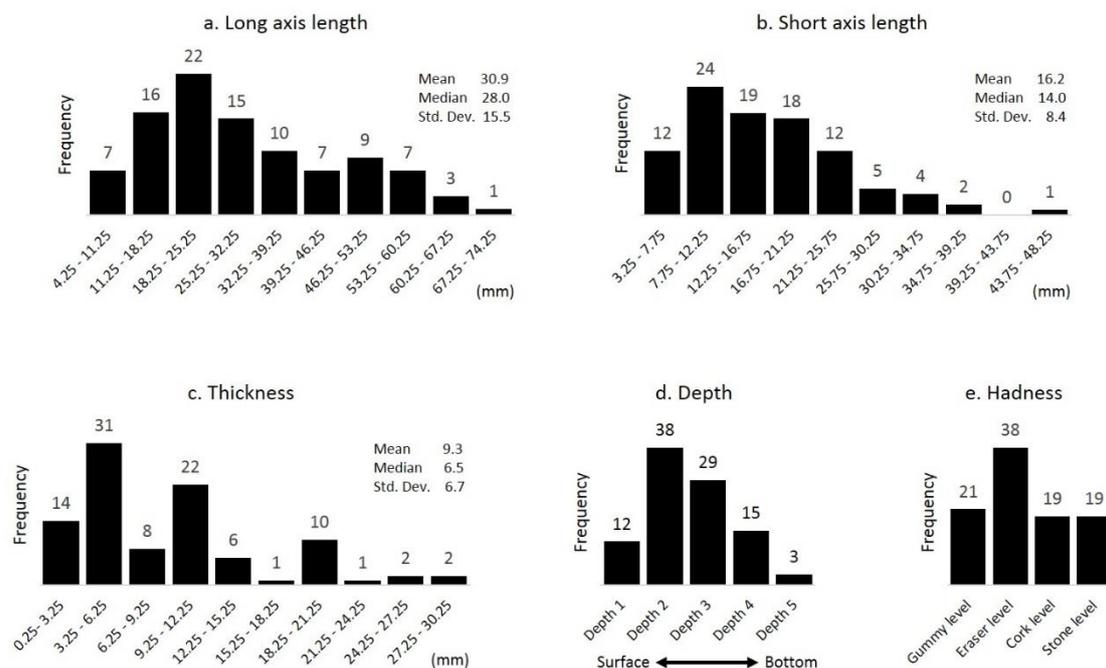


Fig. 1. Histograms of muscle nodule size, depth, and hardness responses

Table 1. Factor loadings

	Factor 1	Factor 2	Uniqueness
Long axis length	0.77		0.40
Short axis length	0.87		0.26
Thickness	0.28	0.20	0.86
Depth		1.00	0.00
Hardness	0.11	-0.16	0.97

Table 2. Correlation coefficients between research variables

	1	2	3	4	5
1. Long axis length	1				
2. Short axis length	0.660	1			
3. Thickness	0.232	0.271	1		
4. Depth	0.178	0.088	0.248	1	
5. Hardness	0.104	0.040	0.118	-0.138	1

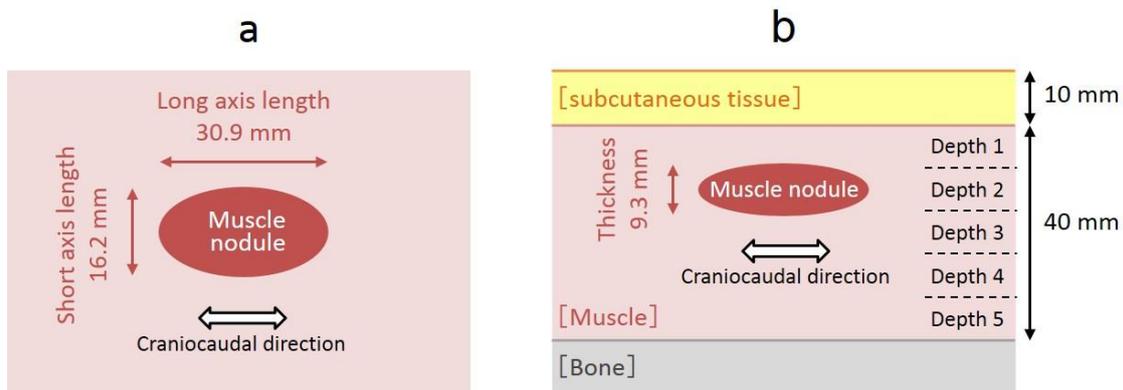


Fig. 2. Diagram of the typical muscle nodule recognized by MPTPs.

a: View of the muscle nodule perpendicular to the surface of the body.

b: View of the muscle nodule parallel to the surface of the body.

#### 4-2 超音波断層撮影により計算された異なる負荷下における臀部皮下組織および筋のヤング率

21名の参加者のうち、圧迫により皮下組織と筋が変形していく様子の連続性が絶たれた画像が含まれていた2名と、皮下組織と筋との境界が不明瞭な画像が含まれていた3名を解析対象から除外した。解析対象となった16名の参加者の無荷重時の皮下組織と筋の厚さの平均値は、それぞれ  $12.6 \pm 4.7$  mm,  $55.5 \pm 7.6$  mm であった。

Fig. 3はすべての参加者の皮下組織と筋それぞれの応力-ひずみ曲線を示す。皮下組織と筋の応力-ひずみ曲線はそれぞれ生体組織に典型的な非線形であった。皮下組織の応力-ひずみ曲線は、応力が0 kPaから約3 kPaまでの間ではほとんど直線的であり、そこから応力が約10 kPaまでの間では曲線的となり、応力がそれ以上の領域では再び直線的であった。筋の応力-ひずみ曲線は、応力が0 kPaから約10 kPaまでの間では直線的であり、そこから応力が約30 kPaまでの間では緩やかな曲線的となり、応力がそれ以上の領域では再び直線的であった。

皮下組織の1 N, 30 N荷重時のヤング率の平均値は、それぞれ  $26.1 \pm 19.0$  kPa,  $2199.1 \pm 1354.8$  kPaであった。筋の5 N, 30 N荷重時のヤング率の平均値は、それぞれ  $62.2 \pm 10.3$  kPa,  $440.4 \pm 80.0$  kPaであった (Table 3)。皮下組織の1 N, 30 N荷重時のひずみの平均値は、それぞれ  $0.16 \pm 0.05$ ,  $0.33 \pm 0.09$  であった。筋の5 N, 30 N荷重時のひずみの平均値は、それぞれ  $0.19 \pm 0.03$  kPa,  $0.47 \pm 0.04$  kPaであった (Table 3)。Table 4は4つの変数間の相関行列を示す。すべての変数間に有意な相関は存在しなかった。

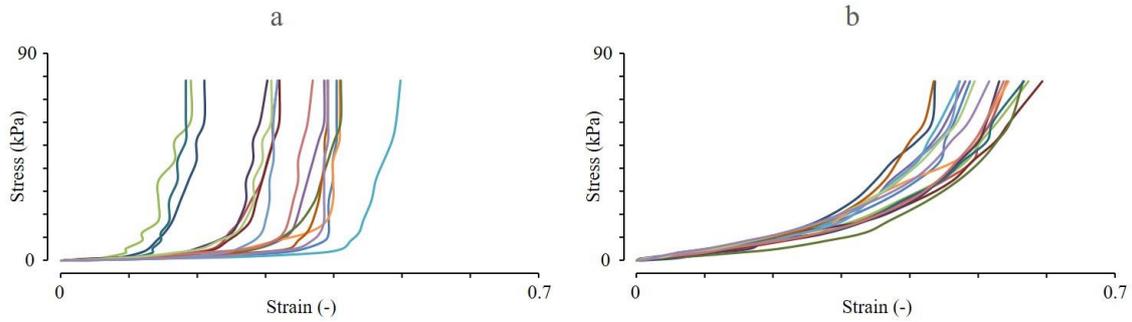


Fig. 3. Stress-strain curves of subcutaneous (a) and muscle (b) tissues for all participants. The results of the same participant are shown using the same line color in graphs a and b.

Table 3. Hardness and strain of subcutaneous and muscle tissues under variable loads

	Load (N)	Young's modulus (kPa)	Strain (-)
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
Subcutaneous tissue	1	26.1 $\pm$ 19.0	0.16 $\pm$ 0.05
	30	2199.1 $\pm$ 1354.8	0.33 $\pm$ 0.09
Muscle	5	62.2 $\pm$ 10.3	0.19 $\pm$ 0.03
	30	440.4 $\pm$ 80.0	0.47 $\pm$ 0.04

Table 4. Correlation matrix for Young's moduli of subcutaneous and muscle tissues under variable loads

	a	b	c	d
a. Subcutaneous tissue hardness under 1 N load	1			
b. Subcutaneous tissue hardness under 30 N load	-0.33 ( $t = -1.323$ ) ( $p = 0.207$ )	1		
c. Muscle hardness under 5 N load	-0.02 ( $t = -0.074$ ) ( $p = 0.942$ )	-0.07 ( $t = -0.262$ ) ( $p = 0.797$ )	1	
d. Muscle hardness under 30 N load	-0.17 ( $t = -0.658$ ) ( $p = 0.521$ )	0.18 ( $t = 0.666$ ) ( $p = 0.517$ )	0.26 ( $t = 1.006$ ) ( $p = 0.332$ )	1

#### 4-3 まとめ

本研究により，筋硬結触診シミュレータを構成する筋硬結モデルおよび皮膚皮下組織・筋モデルに与えるべき特性が明らかとなった．一方で，筋硬結の特性について，典型例とは異なる回答も多く存在した．また，同じ応力であっても参加者によって皮下組織および筋のひずみが大きく異なることも判明した．様々な病態や個人差に対応する筋硬結触診シミュレータの提案が今後の課題である．なお，触診時に加えられる力の分布，量及び方向（触察分布力ベクトル）を計測するシステムの構築については，着手に至らなかった．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Isogai Kaoru, Okamoto Shogo, Asaba Takayuki, Ogusu Shogo, Shimizu Yusuke, Watanabe Takafumi, Yamada Yoji	4. 巻 34
2. 論文標題 Young's moduli of subcutaneous tissues and muscles under different loads at the gluteal region calculated using ultrasonography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 777 ~ 783
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.34.777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kaoru Isogai, Shogo Okamoto, Yoji Yamada	4. 巻 33
2. 論文標題 Properties of muscle nodules recognized by manual physical therapy practitioners	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 356-361
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.33.356	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 磯貝香
2. 発表標題 皮膚皮下組織及び筋の機械的特性 - 手指を用いた理学的検査法への提言 -
3. 学会等名 体表解剖学研究会第6回全国研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 磯貝香, 岡本正吾, 野田明日香, 松澤あゆ美, 山田陽滋
2. 発表標題 筋硬結模型を用いた練習による触診技術の向上
3. 学会等名 第52回日本理学療法学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------