

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：20101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K19833

研究課題名（和文）超音波剪断波エラストグラフィによる腱板機能不全の定量評価と継時的変化の検証

研究課題名（英文）Quantitative assessment of rotator cuff dysfunction and time-course changes using ultrasound shear wave elastography

研究代表者

神 善成（Sakaki, Yoshinari）

札幌医科大学・保健医療学部・訪問研究員

研究者番号：50554549

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、腱板断裂症例と健常人を対象に、棘上筋ステイフネスを筋線維別に健常肩と比較した。さらに腱板修復術後における棘上筋ステイフネスを継時的に検討することを目的とした。腱板断裂症例は棘上筋の機能障害を定量的に評価する上で、前方線維浅層部が焦点となる可能性があることを示すことができた。また、腱板修復術後は、特に棘上筋前方線維浅層部を強化することが重要であり、手術後3カ月以降においても棘上筋のリハビリテーションが必要であることを明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
本研究の成果により、腱板断裂症例および腱板修復術後症例における棘上筋をはじめとした肩関節周囲筋の機能解明が進展したと考えられる。主に、医療・スポーツ現場におけるリハビリテーションの基礎的知見として用いられる可能性が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study compared the effect of the load of the upper limb on the stiffness of supraspinatus muscle regions during isometric shoulder abduction in the scapular plane in healthy individuals and patients with a rotator cuff tear. And this study aimed to investigate the time-course changes in the active stiffness of the supraspinatus muscle after arthroscopic rotator cuff repair. The anterior superficial region could be a focal point of quantitative dysfunction evaluation of the supraspinatus muscle in the case of a rotator cuff tear. Moreover, it is important to consider the rehabilitation of the anterior superficial region after arthroscopic rotator cuff repair. Moreover, supraspinatus muscle rehabilitation is required 3 months postoperatively.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：理学療法学 腱板断裂 発揮張力 剪断波エラストグラフィ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

年齢の増加とともに発生率が高くなるといわれている。腱板断裂症例および腱板修復術後症例に対するリハビリテーションでは、棘上筋の機能不全を評価した後に、適切に強化することを考慮する必要がある。また、そのためにはより詳細に棘上筋の機能特性を理解することが重要である。

著者は、主に筋電図の手法を用いて、健常者および腱板断裂症例に対して、肩関節運動時における肩関節周囲筋の筋活動特性を調査してきた。しかし、棘上筋計測に用いるワイヤ電極では、同一筋内で計測する運動単位が限局されるため、導出される筋電図の積分値が筋線維の領域による活動を反映していない可能性があった。さらに、ワイヤ電極の刺入は、極めて限局されるものの皮膚および筋に対して侵襲を加えるため、痛みを誘起する可能性がある。したがって、筋電図の手法では、生体において棘上筋の発揮張力を線維別に推定することに限界があった。

健常者における棘上筋は、肩甲骨関節窩に対して上腕骨頭を求心位に保持する作用に加えて、肩甲骨面外転トルクを産生するとされる。一方で、腱板断裂症例は、機能解剖学的変化として棘上筋の筋萎縮が生じるといわれている。したがって、腱板断裂症例では、棘上筋が筋萎縮変化し合わせて筋腱の連続性が破綻していることから、棘上筋によって産生される肩甲骨面外転トルクは低下する可能性がある。しかしながら、腱板断裂および腱板修復術後の棘上筋が、肩甲骨面外転トルクに及ぼす影響は明らかではない現状であった。

また、棘上筋筋線維は前方線維と後方線維に分かれており、各々の筋線維の形態が異なるとされる。Kimらは、前方線維は後方線維と比べて筋腹の体積が大きく、また収縮時に筋長が短縮する割合が大きいことを示している。以上より、前方線維は後方線維と比較してより発揮張力の産生や関節安定化に寄与する可能性があることを述べている。したがって、肩甲骨面外転トルクに貢献する程度は、棘上筋筋線維の領域により異なる可能性があった。

### 2. 研究の目的

本研究では超音波剪断波エラストグラフィによる腱板機能不全の定量評価と腱板修復術後の経時的变化の検証に向けて、以下の点を目的とした。

- (1) 健常男性における棘上筋スティフネスを筋線維別に調査すること。
- (2) 腱板断裂男性症例における棘上筋スティフネスを筋線維別に調査すること。
- (3) 腱板断裂男性症例と健常男性を対象に、腱板修復術後における棘上筋スティフネスを経時的に検討すること。
- (4) 腱板修復術後症例における肩関節周囲筋の収縮時スティフネスと等尺性肩甲骨面最大外転筋力の関係を検討すること。

### 3. 研究の方法

(1, 2) 腱板断裂男性症例 10 例と健常成人男性 13 例を対象に、肩甲骨面外転保持運動時の棘上筋各線維のスティフネス変化を検討した。運動課題は肩甲骨面 30° 外転保持の運動課題 3 つ（無負荷、上肢 1/2 自重負荷、上肢自重負荷）とし、棘上筋（前方・後方線維の浅層部と深層部）の 4 領域の筋スティフネスを、超音波剪断波エラストグラフィを用いて計測した。各筋領域の群間比較は、Friedman 検定を用いた。

(3) 腱板修復術を受ける症例 8 名を対象に、肩甲骨面外転保持運動時の棘上筋各筋線維と僧帽筋上部線維、三角筋中部線維のスティフネスを調査した。運動課題は、肩甲骨面 30° 外転保持運動とした。各筋スティフネスを、超音波剪断波エラストグラフィを用いて手術前と手術後 3 ヶ月、手術後 6 ヶ月、手術後 12 ヶ月の計 4 回計測した。測定時期による各筋線維のスティフネス変化を明らかにするために、Friedman 検定を用いた。

(4) 腱板修復術を受ける症例 8 名を対象に、腱板修復術後 6 ヶ月における肩関節周囲筋の収縮時スティフネスと等尺性肩甲骨面最大外転筋力の関係を検討した。運動課題は、肩甲骨面 30° 外転保持運動とした。棘上筋各筋線維と僧帽筋上部線維、三角筋中部線維のスティフネスを、超音波剪断波エラストグラフィを用いて計測した。患側の棘上筋と三角筋中部線維、僧帽筋上部線維の筋スティフネスと最大等尺性外転筋力の関係を重回帰分析にて検討した。

### 4. 研究成果

(1, 2) 棘上筋前方線維浅層部は、1/2 自重負荷課題と自重保持課題において、対照側と比べて患側が有意に低値だった。また、棘上筋前方線維浅層部の他動保持課題は、群間差がなかった。全ての課題で健側と対照群の弾性に差がなかった。以上より、前方線維浅層部は、等尺性肩甲骨面外転運動において発揮張力が特異的に低下する可能性が示された。したがって、腱板断裂

症例の場合は棘上筋の機能障害を定量的に評価する上で、前方線維浅層部が焦点となることが推察された。

(3) 患側の棘上筋前方線維浅層部のスティフネスは、手術前と手術後3ヵ月と比べて手術後12ヵ月が有意に高値だった。また、手術後3ヵ月と比べて手術後6ヵ月が有意に高値だった。最大等尺性肩甲骨面外転筋力は、患側において手術前と手術後3ヵ月と比べて手術後12ヵ月が有意に高値だった。僧帽筋上部線維と三角筋中部線維のスティフネスは、手術前と比べて手術後12ヵ月が有意に低値だった。したがって、腱板修復術症例では、前方線維浅層部の発揮張力は筋の再肥大や構造的な修復腱の強度、リモデリングの段階が異なるため、手術後6ヵ月時には手術前と比べて改善する可能性が示された。

(4) 患側における棘上筋前方線維浅層部のスティフネスは、患側の等尺性肩甲骨面最大外転筋力に対して影響力を持つことが明らかとなった。その他の説明変数は、患側の等尺性肩甲骨面最大外転筋力と関連がなかった。そのため、手術後6ヵ月においては、手術前と比べて棘上筋前方線維浅層部の発揮張力が改善したため、患側の等尺性肩甲骨面最大外転筋力が増加することが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshinari Sakaki, Keigo Taniguchi, Masaki Katayose, Hideji Kura, Kenji Okamura                       | 4. 巻<br>35             |
| 2. 論文標題<br>Effects of shoulder abduction on the stiffness of supraspinatus muscle regions in rotator cuff tear | 5. 発行年<br>2022年        |
| 3. 雑誌名<br>Clinical Anatomy   | 6. 最初と最後の頁<br>94 ~ 102 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1002/ca.23800.   | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>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<br>-              |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Sakaki Yoshinari, Taniguchi Keigo, Sato Fumiko, Oikawa Naoki, Katayose Masaki, Kura Hideji, Okamura Kenji   | 4. 巻<br>49            |
| 2. 論文標題<br>Time-course changes in active stiffness of the supraspinatus muscle after arthroscopic rotator cuff repair | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Medical Ultrasonics (2001)   | 6. 最初と最後の頁<br>77 ~ 84 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/s10396-021-01168-1   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>榊善成, 谷口圭吾, 及川直樹, 金谷耕平, 片寄正樹, 倉秀治, 岡村健司        | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>腱板修復術症例における肩関節周囲筋の収縮時スティフネスと最大等尺性肩甲骨面外転筋力の関係 | 5. 発行年<br>2022年 |
| 3. 雑誌名<br>日本整形外科超音波学会誌                                  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                           | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                  | 国際共著<br>-       |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>榊善成, 谷口圭吾, 佐藤史子, 及川直樹, 金谷耕平, 片寄正樹, 倉秀治, 岡村健司 |
| 2. 発表標題<br>腱板修復術症例における肩関節周囲筋の収縮時スティフネスと最大等尺性肩甲骨面外転筋力の関係 |
| 3. 学会等名<br>第32回日本整形外科超音波学会                              |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>榑善成, 谷口圭吾, 佐藤史子, 金谷耕平, 倉秀治, 片寄正樹, 岡村健司 |
| 2. 発表標題<br>腱板修復術症例における棘上筋の収縮時スティフネスの繼時的変化         |
| 3. 学会等名<br>第31回日本整形外科超音波学会                        |
| 4. 発表年<br>2019年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>榑善成, 谷口圭吾, 佐藤史子, 倉秀治, 片寄正樹, 岡村健司 |
| 2. 発表標題<br>腱板修復術症例における棘上筋の収縮時スティフネスの経時的変化   |
| 3. 学会等名<br>第16回肩の運動機能研究会                    |
| 4. 発表年<br>2019年                             |

〔図書〕 計1件

|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>榑善成                   | 4. 発行年<br>2020年 |
| 2. 出版社<br>文光堂                   | 5. 総ページ数<br>133 |
| 3. 書名<br>運動器理学療法超音波フロンティア Vol.1 |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|         |         |