



北海道公立大学法人  
**札幌医科大学**  
Sapporo Medical University

*SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY*

Title 論文題目	未固定ヒト遺体を用いた棘上筋腱深層線維の伸び率計測： 肩甲骨面挙上角度が及ぼす影響
Author(s) 著者	宮本, 浩樹
Degree number 学位記番号 ※	甲第42号
Degree name 学位の種類	博士 (理学療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2020-03-31
Original Article 原著論文	
Doc URL ※	
DOI ※	
Resource Version ※	

## 博士論文の内容の要旨

保健医療学研究科 博士課程後期 理学療法学・作業療法学専攻 生体工学・スポーツ整形外科学分野	学籍番号 17DP02 氏 名 宮本 浩樹 Hiroki Miyamoto
論文題名 (日本語) 未固定ヒト遺体を用いた棘上筋腱深層線維の伸び率計測： 肩甲骨面挙上角度が及ぼす影響	
論文題名 (英 語) Strain Measurement of the Deep Layer of the Supraspinatus Tendon using fresh cadaver: The Influence of Shoulder Elevation	
<p><b>【研究目的】</b></p> <p>肩関節の機能障害は日常生活のほか、労作業やスポーツ活動に大きく影響する。また、超高齢社会の我が国では、変性に伴う肩関節障害は増加することが予想され、肩関節に対する理学療法が適応となる症例は多い。棘上筋腱は過剰な機械的応力により機能障害が発生しやすく、安全で有効な肩の理学療法のために生体工学的特性を知る必要がある。棘上筋腱は組織学的、力学的特性が表層、深層線維で異なることが報告されている。また臨床における棘上筋腱部分断裂も表層、深層断裂に分けられる。筆者らは以前に未固定ヒト遺体を用いて棘上筋の等尺性収縮を定量的に再現し、肩甲骨面挙上角度の減少に伴い、棘上筋腱表層線維の伸び率が有意に増加することを報告した。しかし肩関節角度による棘上筋腱深層線維の生体工学的特性について計測した研究はない。</p> <p>本研究の目的は、未固定ヒト遺体を用いて肩甲骨面挙上角度による棘上筋腱深層線維の伸び率を計測することである。</p> <p><b>【研究方法】</b></p> <p>対象は未固定ヒト遺体 10 体 10 肩（左 5 肩、右 5 肩、男性 4 肩、女性 6 肩、死亡時平均年齢 88.7 歳）で、肩関節周囲に損傷や変形があるものは除外した。3 次元磁気式位置計測システムで肩甲骨面挙上-10～30° を 10° ごとに規定し、木製ジグに固定した。プッシュプルゲージを用いて棘上筋腱に 0～120N の牽引力を負荷し、棘上筋の等尺性収縮を再現した。変位計測器を用いて棘上筋腱深層線維の伸び率を計測した。得られた伸び率について、反復測定二元配置分散分析と Bonferroni の多重比較検定を行った（有意水準は 5%）。</p> <p><b>【研究結果】</b></p> <p>棘上筋腱深層線維の伸び率は、肩甲骨面挙上角度の増加に伴い有意に増加し</p>	

た。また、棘上筋腱の牽引力の増加によっても、この伸び率は有意に増加し、最大牽引力 120N を負荷した際の伸び率は肩甲骨面挙上 30° で 2.82%、20° で 1.86%、10° で 1.47%、0° で 1.21%、および-10° で 0.49%であった。多重比較検定を行った結果、伸び率は 30° では棘上筋腱の牽引力が 40N を超えると-10° と有意差が認められた。さらに、牽引力 50N を超えると 0° との間に、100N を超えると 10° との間に伸び率の有意差が生じていた。また、20° では棘上筋腱の牽引力が 70N を超えると-10° との間に、80N を超えると 0° との間に伸び率の有意差が認められた。

#### 【考察】

筆者らの先行研究では、棘上筋腱表層線維の伸び率は肩甲骨面挙上 10～30° に対し、-10°、0° で有意に増加した。組織学的研究でも、0° では棘上筋腱表層線維の伸び率が深層線維よりも有意に大きいことが報告されている。一方、本研究では棘上筋腱深層線維の伸び率は肩甲骨面挙上-10～10° よりも 20°、30° で有意に増加したことから、20～30° においては棘上筋腱の牽引力が深層線維に負荷されていると考えた。棘上筋腱表層と深層線維の伸び率を比較した先行研究では、0° において表層線維の伸び率が大きいと報告されている。本研究は、棘上筋腱深層の伸び率を複数の肢位で、負荷を連続的に変化させて計測した初めての研究である。本研究の結果は、単独の肢位で検討した先行研究の結果と一致した。

解剖学的に棘上筋腱の停止部は大結節上面の前外側まで前方に伸びて停止しており、肩甲骨面挙上-10° から 0° では、棘上筋腱が上腕骨頭と大結節に沿って彎曲することで棘上筋腱表層線維がより伸張され、20° から 30° では棘上筋腱が上腕骨頭に沿う彎曲が減少し、直線的に走行することで表層線維と深層線維はほぼ一体となって棘上筋腱の牽引力が伝達されていると推測した。

腱板の部分断裂は表層、深層、腱内断裂に分けられている。表層と深層線維単独の断裂が生じることについて、腱牽引力による伸び率の知見から、肩関節肢位がその発生に関わっている可能性が考えられた。また、層間剝離の発生機序も表層と深層線維の角度による伸び率の異なりが関連している可能性が考えられた。

腱板断裂の有病率は高く、棘上筋腱の部分断裂症例に対する保存的な運動療法を行うことは重要である。MRI やエコーによって断裂サイズや障害部位を特定し、運動療法を行う際の関節角度や負荷量を設定することが必要である。棘上筋腱の障害部位が表層にある症例は肩甲骨面挙上-10° から 0° を避け、障害部位が深層にある症例は 20° から 30° での運動療法は避けるべきと考える。

### 【結論】

肩甲骨面挙上 30~20° の棘上筋腱深層線維の伸び率は、10~-10° よりも有意に大きいことが明らかとなった。腱板損傷症例における肩の等尺性収縮を行う際は、腱板にかかる負荷を慎重に評価し、肩甲骨面挙上角度を考慮する必要がある。

### キーワード

棘上筋腱, 深層線維, 伸び率, 肩甲骨面挙上角度, 未固定ヒト遺体

### 【Introduction】

Shoulder dysfunction greatly affects daily work, labor, and sports activities. In Japan, a super aging society, shoulder joint disfunction associated with degeneration are expected to increase, and there are many cases where physical therapy for shoulder joints. The risk of dysfunction is increased by adding mechanical stress stimulation. Therefore, it is necessary to understand the biomechanical characteristics of this anatomical site for safe and effective shoulder physical therapy. It was reported that the supraspinatus tendon was different histological and mechanical properties between the surface and deep layer. In addition, supraspinatus tendon partial tears in clinical practice can be divided into surface and deep tears.

In our previous study, we quantitatively reproduced the isometric contraction of the supraspinatus, and found that the strain on the supraspinatus tendon surface layer increases significantly with decreasing scapular elevation angle. However, there are no reports on the biomechanical characteristics of the deep layer of the supraspinatus tendon with changes in the elevation of the scapular plane.

The purpose of this study was to reproduce to measure the strain on the deep layer of the supraspinatus tendon accompanying changes of the angle of elevation of the gleno humeral joint in scapular plane.

### 【Materials and Methods】

Ten fresh-frozen shoulder specimens (5 left, 5 right; average age at time of death 88.7 years) from 10 cadavers were used in this experiment. From -10 to 30 degrees specified every 10 degrees using a six-degree-

of-freedom electromagnetic tracking device (3SPACE FASTRAK, Polhemus, Colchester, USA), the scapular was fixed perpendicular to a jig. Load from 0 to 120N using A digital push-pull load measurement gauge RZ-50 (Aikoh Co., Japan), Isometric contraction of the supraspinatus muscle was then reproduced. The strain on the supraspinatus tendon was measured using a Pulse Coder strain gauge (Levex, Japan). Repeated 2-way ANOVA was performed to compare results at each angle of elevation. Statistical analysis was performed using SPSS, and statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

### **【Results】**

An increase of supraspinatus deep layer tendon strain for increasing tensile force was observed for all elevation angles. The relationship was generally linear throughout the range from 0 to 120 N. Averaged values at 120 N tensile force were 2.82% for scapular plane elevation of 30 degrees, 1.86% of 20 degrees, 1.47% of 10 degrees, 1.21% of 0 degrees, and 0.49% of -10 degrees.

At a scapular plane elevation of 30 degrees, the tensile force of the supraspinatus tendon over 40 N was significantly larger than at -10 degrees, over 50 N was significantly larger than at 0 degrees, and over 100 N was significantly larger than at 10 degrees. At scapular plane elevation of 20 degrees, the tensile force of the supraspinatus tendon over 70 N was significantly larger than at -10 degrees, and over 80 N was significantly larger than at 0 degrees.

### **【Discussion】**

According to previous studies on strain on the supraspinatus tendon, we reported that the strain on the surface layer of the supraspinatus tendon in scapular plane elevation from -10 to 0 degrees was significantly larger than those obtained from 10 to 30 degrees. Histological studies have also reported that at 0 degrees, the strain on the supraspinatus tendon surface layer is significantly greater than the deep layer. On the other hand, in this study, the strain on the deep layer of the supraspinatus tendon in scapular plane elevation from 20 to 30 degrees was significantly larger than those obtained from -10 to 10 degrees, so that the supraspinatus tendon was increased from 20 to 30 degrees, it was considered that the tensile force of the supraspinatus tendon was loaded on the deep layer. A previous study

comparing the strain on the surface layer of the supraspinatus tendon and the deep layer reported that the strain on the surface layer was large at 0 degrees. This is the first study to measure the strain on the deep layer of the supraspinatus tendon in multiple shoulder positions by continuously changing the load. The results of this study were consistent with the results of previous studies examined in a single shoulder position.

Anatomically, the insertion of the supraspinatus tendon is forward to the superior and anterolateral sides of the greater tuberosity in scapular plane elevation, in scapular plane elevation from -10 to 0 degrees, the supraspinatus tendon is bended along the humeral head, the surface layer of the supraspinatus tendon is more elongation. At a scapular plane elevation from 20 to 30 degrees, the supraspinatus tendon reduces the curvature along the humeral head and runs linearly. Partial tears of the rotator cuff are divided into surface tears, deep tears, and intratendinous tears. Regarding the occurrence of tearing of the surface layer and deep layer fibers alone, it is considered that the shoulder joint position may be involved in the occurrence from the knowledge of the strain due to the tendon tensile force. It is also possible that the mechanism of delamination is related to the difference in elongation depending on the angle between the surface layer and the deep layer.

The prevalence of rotator cuff tears is higher, and it is important to perform non-surgical physical therapy for cases of partial tear of the supraspinatus tendon. It is necessary to specify the joint position and load amount when performing exercise therapy by identifying the tear size and the lesion by MRI or echo. The cases of surface tear of the supraspinatus tendon should avoid exercise on the scapular plane elevation from -10 to 0 degrees, and the cases of deep tear of the supraspinatus tendon should avoid exercise on the scapular plane elevation from 20 to 30 degrees.

#### **【Significance】**

The strain on the deep layer of the supraspinatus tendon in scapular plane elevation from 30 to 20 degrees was significantly larger than those obtained from -10 to 10 degrees. When isometric contraction of the shoulder in patients with rotator cuff injury, it is necessary to

carefully evaluate the load on the rotator cuff and consider the elevation angle of the scapular plane elevation.

Key words

supraspinatus tendon, deep layer, tendon strain, shoulder elevation, cadaver

様式7-8 (博士)

博士論文審査の内容の要旨

<p>報告番号 ※</p>	<p>第 4 2 号</p>	<p>専攻 理学療法学・作業療法学 教育研究分野 生体工学・スポーツ整形外科 学 (研究指導教員 渡邊 耕太) 氏名 宮本 浩樹</p>
<p>論文題名</p>	<p>未固定ヒト遺体を用いた棘上筋腱深層線維の伸び率計測： 肩甲骨面挙上角度が及ぼす影響 Strain Measurement of the Deep Layer of the Supraspinatus Tendon using fresh cadaver: The Influence of Shoulder Elevation</p>	
<p>審査委員</p>	<p>主査 松村 博文 (札幌医科大学) 副主査 名越 智 (札幌医科大学) 副主査 小塚 直樹 (札幌医科大学) 副主査 谷口 圭吾 (札幌医科大学)</p>	
<p>本論文は超高齢社会に突入した我が国の臨床において、有病率の高い腱板損傷に対するリハビリテーションを行う上で、必要とされる棘上筋腱停止部の生体工学的な特性を検証した。筋や腱の柔軟性において生体に近い状態にある未固定ヒト遺体（10体10肩）を用いて、棘上筋腱の等尺性収縮を、肩甲骨面拳上-10°～30°で再現し、棘上筋腱の牽引力に対する停止部の深層線維の伸び率を計測した。</p> <p>その結果、肩甲骨面拳上 20～30° においては、肩甲骨面拳上-10～0° より有意に伸び率が増加した。</p> <p>このことから、近年はMRIやエコーによって断裂サイズや障害部位を特定することができるため、断裂サイズや障害部位を考慮した運動療法を行う際に、関節角度や負荷量を設定することが重要であることが示唆された。具体的には、棘上筋腱の障害部位が表層にある症例では、肩甲骨面拳上-10° から 0° を避け、障害部位が深層にある症例では 20° から 30° での運動療法を避けることが推奨された。</p> <p>以上より、本論文は研究の目的、方法、結果、考察、臨床応用、記述方法のいずれにおいても優れており、審査委員会では、博士（理学療法学）の学位論文に相応しいと判断した。</p>		

※報告番号につきましては、事務局が記入します。