



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	超音波剪断波エラストグラフィによる肩関節後方関節包の弾性特性の定量評価と受動張力評価の妥当性の検証
Author(s) 著者	飯田, 尚哉
Degree number 学位記番号	甲第 36 号
Degree name 学位の種類	博士 (理学療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2019-03-31
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 スポーツ理学療法学分野	学籍番号 16DP02 氏 名 飯田尚哉
論文題名 (日本語) 超音波剪断波エラストグラフィによる肩関節後方関節包の弾性特性の定量評価と受動張力評価の妥当性の検証	
<p>〈研究目的〉</p> <p>本研究の目的の1つ目は、超音波剪断波エラストグラフィによる後方関節包の受動張力評価の妥当性を検証することである。2つ目は、種々のストレッチング肢位における後方関節包の弾性特性を評価し、受動張力が強く加わるストレッチング肢位を解明することである。</p> <p>〈研究方法〉</p> <p>本研究は2つの実験から構成された。実験1では超音波剪断波エラストグラフィ法により計測した肩関節後方関節包の剪断弾性率と受動張力との関係を検証した。実験2では、種々のストレッチング肢位における後方関節包の剪断弾性率を比較した。</p> <p>対象は肩甲上腕関節およびその周囲筋・腱・関節包に損傷や変形のない未固定凍結人体標本とした。実験1では10体10肩 (87.0±7.4歳)、実験2では9体9肩 (86.6±7.7歳) を用いた。</p> <p>実験1では、まず後方関節包中部および下部における上腕骨頭-後方関節包-関節窩標本を作成した。標本をオーダーメイドの力学試験機に固定し、後方関節包に対し25gずつ最大400gまで受動負荷を加えた。同時に、関節包の剪断弾性率を超音波剪断波エラストグラフィで計測した。10個の標本それぞれで、受動張力を目的変数、剪断弾性率を説明変数とした直線回帰分析を実施した (<math>p &lt; 0.05</math>)。</p> <p>実験2では、3つの運動面 (前額面、矢状面、肩甲骨面) と肩甲上腕関節挙上角度 (<math>-30^\circ</math>、<math>0^\circ</math>、<math>30^\circ</math>、<math>60^\circ</math>) を組み合わせた9つのストレッチング肢位における、後方関節包中部および下部の剪断弾性率を計測した。ストレッチング肢位を要因とした反復測定一元配置分散分析を実施した (<math>p &lt; 0.05</math>)。</p> <p>〈研究結果〉</p> <p>実験1においては、20標本すべてにおいて回帰式は有意 (<math>p &lt; 0.01</math>) で、受動張力と剪断弾性率の間には正の相関関係を認めた。後方関節包の中部10標本の回帰式の決定係数 <math>R^2</math> は <math>0.882 \pm 0.075</math> であった。下部10標本の回帰</p>	

式の  $R^2$  は  $0.901 \pm 0.050$  であった。

実験 2 においては、後方関節包中部では、肩甲骨面挙上  $30^\circ$  位での内旋および挙上  $60^\circ$  位での水平内転が安静肢位より有意に剪断弾性率が高かった。また、後方関節包下部においては、屈曲  $30^\circ$  位での内旋が安静肢位より有意に剪断弾性率が高かった。

#### 〈考察〉

これまで、受動張力と剪断弾性率との関連は、筋組織を対象に検証されており、超音波剪断波エラストグラフィは筋組織の受動張力を高い精度で間接的に計測可能であることが示されている。関節包を対象にした本研究では、剪断弾性率は受動張力を十分に説明可能な変数であることが示され、この知見は涉猟する限り本研究が初めての報告である。本研究結果は、関節包における超音波剪断波エラストグラフィを用いた受動張力の推定評価の妥当性を示すものである。

後方関節包が伸長するストレッチング肢位は、これまで歪みゲージで関節包の歪みを計測する手法で検証されてきた。この手法を用いた先行研究と本研究結果では、有効なストレッチング肢位が一致しなかった。この要因として、本研究では先行研究と異なり、筋や皮膚をすべて残存させた状態で弾性計測を実施したことが挙げられる。また、先行研究では歪みという機械的特性を評価しているのに対し、本研究では剪断弾性率という受動張力を強く反映する指標を用いた。組織の歪みと張力という異なる変数を評価していることも、研究間で結果の違いが生じた一因である可能性がある。

#### 〈結論〉

本研究結果より、超音波剪断波エラストグラフィ法により、関節包の受動張力を高い精度で推定評価可能であることが示された。また、後方関節包に受動張力が強く加わるストレッチング肢位は、後方関節包中部においては肩甲骨面挙上  $30^\circ$  位での内旋および挙上  $60^\circ$  位での水平内転、下部においては屈曲  $30^\circ$  位での内旋であった。

キーワード（5 個以内）：

肩甲上腕関節、関節包、剪断弾性率、ストレッチング

- 1 論文内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究結果・考察・結論等とし、簡潔に日本語で 1,500 字程度に要約する。併せて英語要旨も日本語要旨と同様に作成すること。
- 2 2 枚目からも外枠だけは必ず付ける。

## 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 スポーツ理学療法学分野	学籍番号 16DP02 氏 名 飯田尚哉
論文題名 (英語) The quantitative evaluation of elastic characteristics and the validity of evaluating passive force in the posterior shoulder capsule using the ultrasound shear wave elastography	
<p>〈Purpose〉</p> <p>This study aimed to investigate the association between the shear elastic modulus and passive force in the posterior shoulder capsule using ultrasound shear wave elastography (SWE). We also aimed to identify the stretching position that applied the most passive force in the posterior shoulder capsule by evaluating elastic characteristics in various stretching positions.</p> <p>〈Methods〉</p> <p>Experiment 1 investigated the association between the shear elastic modulus measured by SWE and passive force in the posterior shoulder capsule. In experiment 2, the shear elastic modulus of the posterior capsule was determined in various stretching positions.</p> <p>Fresh-frozen glenohumeral joints without osteoarthritis or rotator cuff tears were used for this study. Ten and 9 shoulder specimens were used in experiment 1 and 2, respectively.</p> <p>In experiment 1, glenoid-capsule-humeral head specimens were created using middle and inferior posterior capsules. Specimens were immobilized with a custom-built device. Passive force from 0 to 400 g was applied in 25-g increments, and elasticity was measured simultaneously using SWE. The elasticity-load relationship of each tested capsule for each loading was analyzed by fitting a least-squares regression line to the data using statistical software (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>In experiment 2, the shear elastic modulus of the posterior shoulder capsule was measured in 9 stretching positions using a combination of several shoulder elevation planes (frontal, sagittal and scapular plane) and elevation angles (-30, 0, 30 and 60°). The shear elastic modulus in all</p>	

stretching positions was compared using one-way repeated-measures analysis of variance ( $p < 0.05$ ).

#### ⟨Results⟩

In experiment 1, data revealed that the relationships between the shear elastic modulus and passive capsule force were highly linear for all 20 tested capsules ( $p < 0.01$ ). The mean ( $\pm$ standard deviation) coefficient of determination ( $R^2$ ) was 0.882 ( $\pm 0.075$ ; range 0.742 to 0.956) in the middle posterior capsule and 0.901 ( $\pm 0.050$ ; range 0.822 to 0.963) in the inferior posterior capsule.

In experiment 2, the shear elastic modulus values of the middle posterior capsule in shoulder internal rotation at  $30^\circ$  in scapular plane elevation and horizontal adduction at  $60^\circ$  of elevation were significantly higher than in resting position. In addition, the shear elastic modulus of the inferior posterior capsule in shoulder internal rotation at  $30^\circ$  of flexion was significantly higher than in resting position.

#### ⟨Discussion⟩

The associations between shear elastic modulus and passive force have been investigated in muscle tissues. Previous studies indicated that SWE could indirectly evaluate passive muscle force with absolute accuracy. The results of experiment 1 in this study indicated that the shear elastic modulus can adequately account for passive force in the posterior capsule. To our knowledge, this is the first such study on capsule tissues. The findings suggest the validity of evaluation for passive force in the posterior capsule using SWE.

The stretching position for the posterior shoulder capsule has been investigated by measuring strain on the capsule with a strain gauge in previous studies. The effective stretching position for the posterior capsule in this study was different from that in previous studies. This may be due to the use of intact muscle and skin during measurement of elasticity in this study, unlike previous studies that removed all soft tissues except for capsules. Moreover, the present study measured the shear elastic modulus that was strongly correlated with passive force instead of the strain that only measured mechanical characteristics. Difference in results may be due to use of different variables, as elasticity and strain, were measured in both studies.

#### ⟨Conclusion⟩

Our study demonstrated that SWE is a valid and useful method for indirectly and noninvasively evaluating the passive force in the posterior shoulder capsule. In addition, the stretching positions in which passive force was applied to the posterior middle capsule were shoulder internal rotation at 30° of scapular plane elevation and horizontal adduction at 60° of elevation. Furthermore, the stretching position in which passive force was applied to the posterior inferior capsule was shoulder internal rotation at 30° of flexion.

キーワード（5個以内）：

Glenohumeral joint, Joint capsule, Shear elastic modulus, Stretching

- 1 論文内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究結果・考察・結論等とし、簡潔に日本語で1,500字程度に要約する。併せて英語要旨も日本語要旨と同様に作成すること。
- 2 2枚目からも外枠だけは必ず付ける。

## 博士論文審査の内容の要旨

報告番号	第 36 号	専攻 理学療法学・作業療法学専攻 教育研究分野 スポーツ理学療法学 氏名 飯田尚哉
論文題名	超音波剪断波エラストグラフィによる肩関節後方関節包の弾性特性の定量評価と受動張力評価の妥当性の検証	
審査委員	主査 片寄正樹 (札幌医科大学) 副主査 松村博文 (札幌医科大学) 副主査 中村真理子 (札幌医科大学) 審査委員 山田崇史 (札幌医科大学)	
<p>投球障害肩の発生要因として肩関節後方関節包のタイトネスが関与するとされており、これまでそのストレッチング手法が多く報告されてきている。しかし、これら様々なストレッチング手法が後方関節包組織にどの程度の張力が加わっているかを示すデータは明らかとなっていなかった。</p> <p>本論文は、組織の性状特性が生体とほぼ同等である未固定凍結人体標本を対象とし、超音波剪断波エラストグラフィによる肩関節後方関節包の受動張力評価の妥当性を検証するとともに、種々のストレッチング肢位における肩関節後方関節包の弾性特性を評価し、受動張力が強く加わるストレッチング肢位の剪断弾性率を定量的に示した。</p> <p>これらの結果より、超音波剪断波エラストグラフィ法を用いて肩関節後方関節包の受動張力を高い精度で推定評価可能であることが示された。また、肩関節後方関節包に受動張力が強く加わるストレッチング肢位は、後方関節包中部においては肩甲骨面挙上 30° 位での内旋および挙上 60° 位での水平内転、下部においては屈曲 30° 位での内旋であることを明らかにした。これらの知見から、肩関節後方関節包の適切で有効なストレッチング手法を考案することに貢献した。</p> <p>以上の研究成果および審査会における質疑応答をふまえ、審査委員会では、博士（理学療法学）の学位論文に値するものと判断した。</p>		

□報告番号につきましては、事務局が記入します。