



**札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor***

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

|                        |   |
|------------------------|---|
| Title                  | 関節窩面に対する肩回旋筋腱板筋群の筋内腱の走行における健常成人の利き手・非利き手の比較   |
| Author(s)              | 戸田, 創; 菅野, 洋平; 片寄, 正樹   |
| Citation               | 札幌保健科学雑誌, 第 6 号: 7-13   |
| Issue Date             | 2017 年  |
| DOI                    | 10.15114/sjhs.6.7   |
| Doc URL                | <a href="http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6984">http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6984</a> |
| Type                   | Journal Article   |
| Additional Information |   |
| File Information       | n2186621X67.pdf   |

- ・コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- ・利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- ・著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

原 著

## 関節窩面に対する肩回旋筋腱板筋群の筋内腱の 走行における健常成人の利き手・非利き手の比較

戸田 創<sup>1)</sup>、菅野洋平<sup>2)</sup>、片寄正樹<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 札幌医科大学附属病院リハビリテーション部

<sup>2)</sup> 社会医療法人母恋天使病院放射線科

<sup>3)</sup> 札幌医科大学保健医療学部理学療法第二講座

【目的】本研究は肩甲骨を直上から観察した際の回旋筋腱板筋群の筋内腱の走行と関節窩面の成す角(Shear Force Angle Anterior-Posterior; 以下SFA-AP)の健常成人における利き手・非利き手の比較をすることを目的とした。【方法】オーバーヘッドアスリートでない健常男性15名30肩を対象とした。3 Dimensional (以下3D) MRI画像を用いて肩甲骨全形・上腕骨近位と棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋の筋内腱を領域選択し、肩甲骨および筋内腱の3D形態を描出し、4筋それぞれのSFA-APを計測した。各筋における利き手と非利き手の比較にPaired T-testを用いた ( $p < 0.05$ )。【結果】4筋それぞれのSFA-APは利き手/非利き手の順で棘上筋が $7.3 \pm 3.3^\circ / 6.7 \pm 3.5^\circ$ 、棘下筋が $2.9 \pm 4.0^\circ / 1.5 \pm 3.0^\circ$ 、小円筋が $7.0 \pm 3.9^\circ / 6.4 \pm 3.5^\circ$ 、肩甲下筋が $13.0 \pm 2.6^\circ / 13.1 \pm 2.7^\circ$ であった。各筋の利き手/非利き手の間で有意差は認められなかった。【結語】日常生活での上肢使用頻度の違いは腱板筋群の前後方向の力の向きには影響しないことが示された。

キーワード：回旋筋腱板筋群 (rotator cuff)、筋内腱 (intramuscular tendon)、3D-MRI (3D-MRI)

### A comparison of dominant and nondominant the pathway of rotator cuff intramuscular tendon for the glenoid plane in healthy subjects

Hajime TODA<sup>1)</sup>, Youhei KANNO<sup>2)</sup>, Masaki KATAYOSE<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Division of Rehabilitation, Sapporo Medical University Hospital

<sup>2)</sup> Social medical corporation BOKOI TENSHI Hospital

<sup>3)</sup> Second Division of Physical Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

**Objective:** The aim of this study was to compare the pathways of rotator cuff intramuscular tendons with respect to the glenoid plane in dominant and nondominant shoulders. Three-dimensional (3D) bone and intramuscular tendon models constructed from magnetic resonance imaging (MRI) of healthy male subjects were used for the study. **Methods:** Fifteen volunteers (30 shoulders) without a history of shoulder pathology participated in this study. 3D bone and intramuscular tendon models were constructed from MRI data. The anteroposterior shear force angle (SFA-AP) in 4 rotator cuff muscles (supraspinatus: SSP, infraspinatus: ISP, teres minor: Tmi, and subscapularis: SSC) was measured as the angle between the intramuscular tendon and glenoid plane in the transverse scapular view. A positive SFA-AP value indicated that the intramuscular tendon had a posterior shear force component. Paired t-tests were used to compare the differences in the SFA-AP on the dominant and nondominant sides for the 4 rotator cuff muscles. **Results:** In all 4 muscles, the SFA-AP values were not significantly different (SSP: dominant =  $7.3 \pm 3.3^\circ$  / nondominant =  $6.7 \pm 3.5^\circ$ ; ISP:  $2.9 \pm 4.0^\circ / 1.5 \pm 3.0^\circ$ ; Tmi:  $7.0 \pm 3.9^\circ / 6.4 \pm 3.5^\circ$ ; and SSC:  $13.0 \pm 2.6^\circ / 13.1 \pm 2.7^\circ$ ). **Conclusions:** These results implied that the pathway of the rotator cuff intramuscular tendons with respect to the glenoid plane was not influenced by the frequency of upper extremity use.

Keywords: rotator cuff, intramuscular tendon, 3D-MRI

Sapporo J. Health Sci. 6 : 7-13(2017)

DOI: 10.15114/sjhs.6.7

受付日：2016年10月24日 受理日：2017年2月2日

<連絡先> 戸田 創：〒060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目291番地 札幌医科大学附属病院リハビリテーション部

## 緒 言

近年、MRIなどによる筋構造の解析技術が進歩してきたことから羽状筋である肩甲下筋・棘上筋・棘下筋・小円筋の回旋筋腱板筋群4筋の筋内腱構造が抽出されるようになった<sup>1)</sup>。これにあわせコンピューターシミュレーションモデルによる腱板筋群の力学解析でもMRI画像から筋実質と筋内腱および腱板を3D描出し、筋の収縮力は筋内腱および腱板を通じ上腕骨に伝わる力学モデルが用いられている<sup>2)</sup>。このような現状から、回旋筋腱板筋群の力の向きの規定には筋内腱の走行に着目した力学的に正確な解析手法の可能性が見出されてきている。

我々は生体を対象に撮影したMRI画像から3D骨および回旋筋腱板筋群の筋内腱モデルを作成し、肩甲骨を直上から観察した際の回旋筋腱板筋群の筋内腱の走行と関節窩面の成す角 (Shear Force Angle Anterior-Posterior; 以下SFA-AP) が腱板筋群の関節窩に対する前後方向の力の向きを定量化する方法となる可能性を検討してきた<sup>3)</sup>。(Fig1)

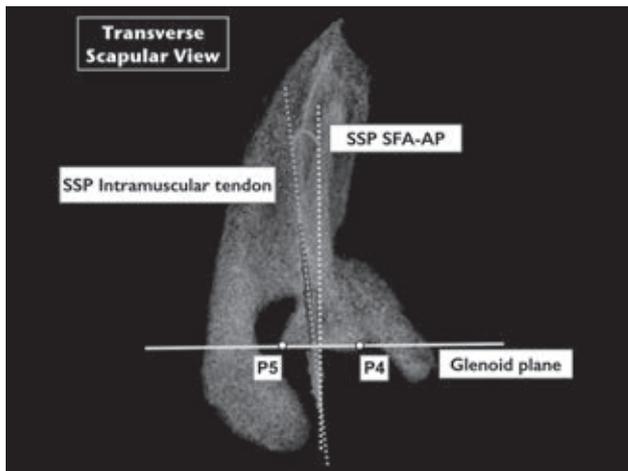


Fig1; MRI画像より作成した3D骨および筋内腱モデルによる棘上筋shear force angle anterior posterior (SSP SFA-AP) の計測

P4: 関節窩前縁 P5: 関節窩後縁; Fig4で定義 関節窩面 (Glenoid plane); P4とP5を結ぶ直線 SSP SFA-AP; 関節窩面に垂直な直線と棘上筋腱の近似直線のなす角

回旋筋腱板筋群に関しては、筋断面積などの力の大きさに関与する形態学的特徴を検討した報告が散見される。中でも、日常生活動作やスポーツ動作において上肢は利き手の使用頻度が高く、利き手と非利き手の間で筋断面積や筋厚を比較検討した報告が多い。Katayoseらは72名の健康成人男性の棘上筋筋断面積を超音波診断装置で計測し、利き手と非利き手の間に臨床的に意義のある差は認められなかったことを報告している<sup>4)</sup>。加えて、肩関節に障害を有さない野球選手の棘上筋と棘下筋に関して筋断面積や筋厚

を計測した過去の報告でも、投球側と非投球側に差が認められないものがいくつか存在する<sup>5,6)</sup>。これらのことから、筋断面積などの力の大きさに関与する筋の形態学的特徴には、上肢使用頻度の違いが及ぼす影響が小さいことが考えられる。

筋の形態学的特徴は筋断面積などの力の大きさに関与する特徴と筋内腱の走行のように力の方向に関与する特徴に分類できる。これまで検討されてきた利き手・非利き手の違いは力の大きさに関わる形態学的特徴しかなく、力の加わる方向に関わる形態学的特徴を検討した報告は見られない。そこで本研究は、MRI画像を用いて計測した肩甲下筋・棘上筋・棘下筋・小円筋4筋それぞれのSFA-APの健康成人における利き手・非利き手の違いを検討することを目的とした。

## 研究方法

### 1. 研究対象

肩関節に既往症および現在の症状が無く、本研究の目的と危険性を説明し理解を得た健康男性15名の両側30肩を対象とした。対象の平均年齢は $34.7 \pm 8.2$ 歳、範囲は25~49歳であった。除外基準として、①オーバーヘッドスポーツを過去に3年以上継続した経験があるもの、②年齢が50歳以上のものとした。なお、オーバーヘッドスポーツには片側上肢の使用頻度が高い野球、テニス、バレーボール、ハンドボール、やり投げを含めることとした。

### 2. 測定項目

本研究では、3.0 tesla (以下3T) MRI画像から3D骨・筋内腱モデルを作成し、3Dモデル上で規定した肩甲骨水平面及び肩甲骨直上視画像で以下の3変数を測定した。1) 対象者の肩甲骨直上視における肩甲下筋・棘上筋・棘下筋・小円筋4筋それぞれの筋内腱の走行と関節窩面の成す角 (SFA-AP)、2) 肩甲骨の形態学的特徴である肩甲骨関節窩傾斜角、3) 肩甲上腕関節アライメントを表現する肩甲上腕関節内外旋角。

### 3. 測定手順

#### 3.1. 利き手判定方法

Edinburgh handedness inventory を用いて対象の利き手側を判定した。

#### 3.2. MRI撮像および3D骨・筋内腱モデルの作成

MRI撮影は肩関節中間位で行った。肩関節中間位は体幹に対し上腕骨軸を平行にすることで屈曲伸展及び内外転中間位を担保し、肘屈曲位で前腕を体幹に対して垂直にすることで内外旋中間位を担保したのち肘を伸展した。MRI撮影は3T MRI装置 (TOSHIBA, Vantage Titan 3T) でShoulder speeder coil 6chを使用し、撮像シーケンスはT1強調3次元撮影像 (FE3Dシーケンス, TR/

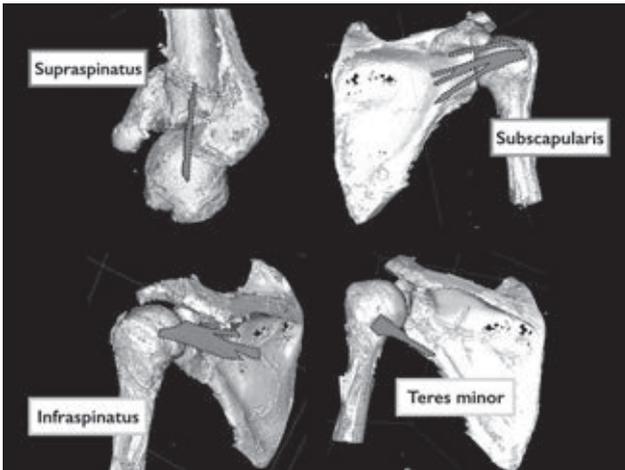


Fig2; MRI画像から骨および回旋筋腱板筋群4筋の筋内腱を抽出し作成した3D骨および筋内腱モデル

左上：棘上筋 左下：棘下筋 右上：肩甲下筋 右下：小円筋

TE=24.4/5.5, FOV=20.0×20.0 cm, Matrix=320×320, thickness=0.8mm, スライス数=256, Voxel size=0.7×0.7×1.0mm) とした。

3D骨・筋内腱モデルの作成は以下の手順で行った。始めにMRI DICOMデータを3D医用画像解析ワークステーションであるAze Virtual Place (株式会社Aze、東京) に読み込み肩甲骨および上腕骨、腱板筋群筋内腱の形状抽出したDICOMデータを作成した。骨および筋内腱の形状抽出は、それぞれの領域のMRI値と周辺組織のMRI値の違いを利用し、目的とした組織領域を手動で抽出し、この領域のMRI値に近似する領域を自動選択する半自動領域選択法を用いて行った。次に形状抽出したDICOMデータをDICOM画像処理ソフトであるOsiriXに読み込み3D骨・筋内腱モデルを作成し各計測画像の作成に使用した (Fig2)。

### 3. 3. 計測画像の作成 (Fig3)

OsiriX内で作成する3D骨モデルから肩甲骨関節窩傾斜角の計測を行なうため、肩甲棘基部と肩甲骨関節窩の中心を結んだ直線を含む肩甲骨面に垂直に交わる肩甲骨水平面 (transverse scapula plane; 以下TSP) を設定した。加えて、SFA-AP及び肩甲上腕関節内外旋角度の2つの変数の計測を行なう2次元画像を作成した。計測画像は3D骨・筋内腱モデルを先ほど定義したTSPを直上から見た肩甲骨直上視 (transverse scapula view; 以下TSV) とした。両画像の規定に用いた肩甲骨面は、肩甲骨の最下端である肩甲骨下角 (P1) と、肩甲骨関節窩の中心 (P2)、肩甲骨内側縁と肩甲棘が交わる点である肩甲棘基部 (P3) の3点からなる面と定義した<sup>7)</sup>。

### 3. 4. SFA-AP, 関節窩傾斜角, 肩甲上腕関節アライメントの計測

始めにSFA-APの計測に使用するランドマークを規定した。関節窩面を規定するため、TSP画像上で関節窩の前後端をFig4 P4, P5の様に定義した。次に、腱板筋群4筋の

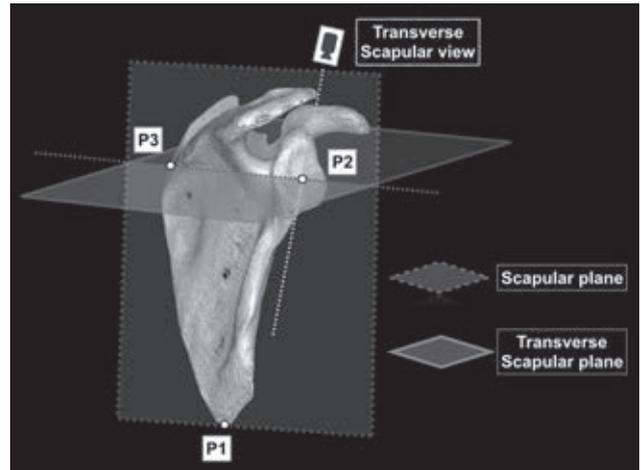


Fig3; MRI画像から作成した3D肩甲骨モデルによる肩甲骨面および肩甲骨水平面、肩甲骨直上視の規定

P1：肩甲骨下角 P2：関節窩中心 P3：肩甲棘基部  
 肩甲骨面 (Scapular plane)：P1-3の3点を含む平面  
 肩甲骨水平面 (transverse scapular plane)：P2, 3を含み肩甲骨面に垂直な平面  
 肩甲骨直上視 (transverse scapular view)：P2を含む肩甲骨水平面に垂直な直線上から見る視点

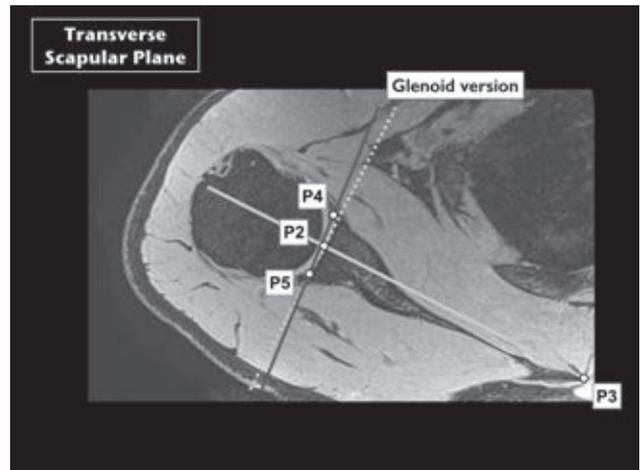


Fig4; MRIによる関節窩傾斜角の計測

肩甲骨水平面上での関節窩傾斜角計測に用いるランドマーク  
 P2 (関節窩中心), P3 (肩甲棘基部)：Fig3で定義  
 P4：関節窩前縁 P5：関節窩後縁  
 glenoid version：P2-P3に垂直な直線とP4-P5のなす角

SFA-APをTSV画像上で計測した。TSP上で定義した関節窩の前後端を結ぶ直線を関節窩面と定義し、関節窩面に垂直な直線を描いた。次にTSV画像で各腱板筋群の筋内腱の走行に近似する直線を手動で描写し、この2直線の成す角をSFA-APとした (Fig1 例; 棘上筋)。筋内腱が2本以上存在すると言われている棘下筋と肩甲下筋は、複数の筋内腱のSFA-APを別々に計測し、全ての筋内腱から得られたSFA-APの平均値をそれぞれの筋の代表値として採用した。筋内腱の近位が後方に傾いている場合を正の値、前方に傾いている場合を負の値として定義した。

次に、TSP画像上で関節窩傾斜角を計測した。関節窩傾斜角は肩甲骨面の定義の際に規定した関節窩中心と肩甲棘基部を結ぶ直線に垂直な直線と、関節窩の前後端を結ぶ直線の成す角と定義した<sup>7, 8)</sup>。関節窩の後方傾斜を正の値、前方傾斜を負の値と定義した。(Fig4)

最後に、TSV画像上で肩甲上腕関節回旋角度を計測した。肩甲上腕関節回旋角度は関節窩の前後端を結ぶ直線と、骨頭最前部と最後部を結ぶ直線の成す角と定義した<sup>9)</sup>。関節窩に対し骨頭が後方を向く値を正、前方を向く値を負と定義した。

4. 統計解析

統計学的解析には、統計処理ソフトSPSS (ver 15.0 J for Windows) を利用する。形状抽出したDICOMデータを用い、3D骨・筋内腱モデルを作成する作業から計測までの手順を3回繰り返し、得られたデータから回旋筋腱板筋群4筋のSFA-AP (肩甲下筋、棘上筋、棘下筋、小円筋) の平均値および標準偏差 (SD)、範囲、95%信頼区間を算出した。加えて測定値の検者内信頼性を検討するため、級内相関係数; ICC (1.3)、標準誤差、最小可検変化量を算出した。

回旋筋腱板筋群4筋のSFA-AP及び関節窩傾斜角、肩甲上腕関節内外旋角の利き手・非利き手の比較にはPaired T-testを用いて検討した。有意水準は5%とした。

5. 倫理的配慮

本研究は札幌医科大学倫理委員会より承認を受け実施した。

結 果

Edinburgh handedness inventoryの結果で、対象の利き手は全例右利きであった。計測した4筋のSFA-APの利き手・非利き手側の平均値及びSD、範囲、95%信頼区間をtable1に示す。加えて、table2に各変数の検者内信頼性としてICC (1.3)、平均の標準誤差、最小可検変化量を示す。4筋のSFA-AP及び関節窩傾斜角、肩甲上腕関節内外旋角におけるPaired T-testの結果をtable3に示す。すべての変数において利き手/非利き手の間で有意差は認められなかった。

考 察

本研究の結果より健常成人における腱板筋群4筋それぞれのSFA-APは利き手と非利き手の間に差がないことが示された。この結果は腱板筋群の力の方向に関与する形態学的特徴である筋内腱の走行は、片側性スポーツ活動を実施していない健常成人の背臥位・肩関節中間位においては日常生活動作での上肢使用頻度の違いに影響を受けない可能性を示している。肩甲上腕関節の構成要素である骨や腱板筋群の形態学的特徴に関しては、日常生活動作における上肢使用頻度の違いがその形態学的特徴に及ぼす影響を利き手・非利き手の比較で検討されてきた<sup>4, 10-12)</sup>。しかし、生体における肩回旋筋腱板筋群4筋の力の方向という形態学的特徴を計測した報告は乏しい範囲では確認されない。利き手・非利き手の比較に加え回旋筋腱板筋群の力の向きに影響を与える可能性のある様々な要因を検討してい

Table1 : SFA-APの基本統計量

|      | 利き手   |      |             |             | 非利き手  |      |             |             |
|------|-------|------|-------------|-------------|-------|------|-------------|-------------|
|      | 平均値   | SD   | 範囲          | 95%信頼区間     | 平均値   | SD   | 範囲          | 95%信頼区間     |
| 肩甲下筋 | 12.95 | 2.61 | 7.14~16.08  | 11.63~14.27 | 13.13 | 2.71 | 6.83~17.44  | 11.76~14.50 |
| 棘上筋  | 7.29  | 3.27 | 0.11~11.38  | 5.63~8.94   | 6.74  | 3.52 | -1.07~12.42 | 4.96~8.52   |
| 棘下筋  | 2.86  | 3.99 | -3.88~10.41 | 0.84~4.88   | 1.54  | 3.01 | -2.37~8.2   | 0.02~3.06   |
| 小円筋  | 6.95  | 3.85 | -0.16~12.7  | 5.0~8.90    | 6.39  | 3.45 | 1.52~12.97  | 4.64~8.14   |

Table2 : SFA-AP計測の検者内信頼性

|      | ICC(1,3) | 平均の標準誤差 (°) | 最小可検変化量 (°) |
|------|----------|-------------|-------------|
| 肩甲下筋 | 0.981    | 0.37        | 1.03        |
| 棘上筋  | 0.985    | 0.42        | 1.18        |
| 棘下筋  | 0.975    | 0.58        | 1.6         |
| 小円筋  | 0.969    | 0.69        | 1.9         |

Table3 : 各変数の利き手・非利き手の比較

|            | 利き手         | 非利き手       | P値    |
|------------|-------------|------------|-------|
| SFA-AP     |             |            |       |
| 肩甲下筋       | 12.9 ± 2.6  | 13.1 ± 2.7 | 0.84  |
| 棘上筋        | 7.3 ± 3.3   | 6.7 ± 3.5  | 0.63  |
| 棘下筋        | 2.9 ± 4.0   | 1.5 ± 3.0  | 0.28  |
| 小円筋        | 7.0 ± 3.8   | 6.4 ± 3.5  | 0.66  |
| 関節窩傾斜角     | -1.4 ± 3.6  | -0.9 ± 3.5 | 0.710 |
| 肩甲上腕関節内外旋角 | 17.3 ± 11.4 | 15.8 ± 7.0 | 0.663 |

くことは、肩甲上腕関節の安定化機構を整理していくことに非常に重要な知見となると考える。

腱板筋群4筋の筋内腱の走行に影響を与える要因が二つあると考えている。一つ目が筋断面積などの腱板筋群自体の形態学的特徴、二つ目は腱板筋群が付着している肩甲骨・上腕骨の骨形態及び骨アライメントである。これら二つの要因から利き手・非利き手に相違が認められなかった要因を考察する。

一つ目の筋断面積などの形態学的特徴が筋内腱の走行に及ぼす影響を考察する。筋断面積の変化が筋内腱の走行に影響を与える機序は、腱板筋群の解剖学的特徴からの推察と実際に筋断面積の変化と筋内腱の走行の変化を検討した先行研究の報告から考察できる。はじめに腱板筋群の4筋が筋長の大部分で肩甲骨に付着しているという解剖学的特徴から筋内腱の走行に影響を与える機序を推察する。筋長の大部分が肩甲骨に付着している構造で筋肥大が起こると筋内腱と肩甲骨の距離が増加し、筋萎縮が起こるとその距離が減少する可能性が考えられる。具体的には、肩甲骨の腹側に付着する肩甲下筋では筋肥大が起こると筋内腱の起始側が腹側に変位しSFA-APの値が減少し、肩甲骨の背側に付着する棘下筋と小円筋は筋肥大により筋内腱の近位が背側に変位しSFA-APの値が増加する可能性がある。肩甲骨の頭側に付着する棘上筋は筋肥大により筋内腱の近位が頭側に変位することが考えられるが、前後方向の傾きであるSFA-APの変化は推察できない。このような考察を裏付ける先行研究の報告は渉猟しえた範囲では存在しないので推察の域は出ない現状である。

次に、実際に筋断面積の変化と筋内腱の走行の変化を検討した先行研究の報告から考察する。Meyerらは棘上筋を対象に腱板断裂に伴い発生する筋萎縮の特徴と筋内腱の変化を検討している。その報告では腱板断裂を呈している棘上筋は筋内腱よりも表層の領域が選択的に萎縮する事、表層領域の選択的な萎縮に伴い筋内腱が表層に変位する事が示されている<sup>13)</sup>。さらにKimらの棘上筋の3D構造解析によると、筋内腱より表層の筋線維束の多くは筋内腱に対して腹側から付着していることが示されている<sup>14)</sup>。これら2つの報告を合わせると、棘上筋の表層領域の選択的な萎縮は筋内腱の近位を腹側に変位させ、SFA-APの値を減少させる可能性が考えられる。棘上筋以外の3筋では実際に筋断面積の変化と筋内腱の走行の変化を検討した報告はないため、棘上筋のように選択的な筋萎縮が生じる可能性は不明であり、今後その影響を検討する必要がある。

以上の2つの機序より腱板筋群4筋は全て筋断面積の変化が筋内腱の走行に影響を与える因子となる可能性が考えられる。Katayoseらは棘上筋の筋断面積を健常成人で計測し、利き手と非利き手の間に臨床的に意義のある差は認められなかったことを報告した<sup>4)</sup>。本研究では対象筋の筋断面積の計測は行っていないため推察の域は出ないが、病態を有していることで筋の選択的な萎縮が認められる可能性

や、片側性スポーツなどにより筋肥大が認められる可能性は対象基準により除外できていると考える。そのため、筋断面積などの形態学的特徴に利き手と非利き手の間で差がないことが考えられ、筋内腱の走行にも差が認められなかったものと考えられる。

二つ目の腱板筋群が付着している肩甲骨・上腕骨の骨形態及び骨アライメントが筋内腱の走行に及ぼす影響を考察する。腱板筋群4筋は全て肩甲骨体部を起始、上腕骨頭を停止としている。腱板筋群の筋内腱の走行は筋の起肢停止の位置関係の変化と同様の傾向を示すと考えている。本研究では筋内腱の走行を肩関節中間位で検討している。肩関節中間位は体幹に対し上腕骨軸を平行にすることで屈曲伸展及び内外転中間位を担保し、肘屈曲位で前腕を体幹に対して垂直にすることで内外旋中間位を担保している。この肢位の規定は体幹と上腕骨遠位の骨ランドマークを用いている。これは一般的に臨床で用いられる腱板機能検査などを行う肩関節肢位の規定方法であり、これまで整理されてきた腱板筋群の筋機能の理解に必要な知見を得られる規定方法である。しかし、体幹と上腕骨遠位の位置関係で規定する肩関節肢位が同じでも、腱板筋群の筋の起肢停止である肩甲骨体部と上腕骨頭の位置関係は変化する可能性がある。その要因としては上腕骨後捻角・頸体角などの上腕骨の骨形態や体幹に対する肩甲骨の傾きという骨アライメントの影響が挙げられる。特に上腕骨後捻角は上腕骨遠位と上腕骨頭の水平面上での捻じれであり、体幹と上腕骨遠位の位置関係が同じでも体幹に対する上腕骨頭の内外旋角度が変化する要因となる。同様に、体幹に対する肩甲骨の水平面上での傾きである内外旋角度も体幹と上腕骨遠位の位置関係が同じでも肩甲骨体部に対する上腕骨遠位の内外旋角度が変化する要因となる。体幹に対する肩甲骨体部の傾きや上腕骨後捻角は健常成人におけるバリエーションが大きいことが報告されており、日常生活動作での利き手・非利き手の違いも報告されている<sup>10-12, 15, 16)</sup>。本研究では、体幹に対する肩甲骨体部の傾きや上腕骨後捻角を計測しておらずその影響は推察できないが、筋内腱の前後方向の傾きに影響を与えると考えられる肩甲骨と上腕骨頭の内外旋角を計測し、利き手と非利き手の間に有意な差を認めなかったことを確認している。この結果より本研究の対象においては利き手と非利き手の間に腱板筋群の起始停止の位置関係に違いがないことが示されたと考えており、筋内腱の走行に利き手・非利き手間の違いが認められなかった一要因となっていると考える。

加えて、腱板筋群の起始停止である肩甲骨体部と上腕骨頭の位置関係が同じでも、肩甲骨体部に対する関節窩の傾きに違いがあると筋内腱の走行と関節窩面のなす角も変化する可能性がある。本研究では筋内腱の走行を肩甲骨水平面における関節窩面を基準に計測している。そのため肩甲骨面に対する関節窩面の前後方向の傾斜角（Glenoid version）は今回検討した筋内腱の前後方向の傾きに影響

することが考えられる。関節窩面の前後方向の傾斜角については日常生活動作における上肢使用頻度の違いにより利き手と非利き手の違いがないとする報告と違いがあるとする報告が存在し統一した見解はまだない<sup>11) 17)</sup>。本研究対象における関節窩傾斜角は利き手と非利き手の間に有意な差を認めなかったことから、筋内腱の前後方向の傾きに利き手と非利き手の差が認められなかった一要因となると考える。本研究の対象は一側上肢を過度に使用するオーバーヘッドアスリートを除外している。健常野球選手の関節窩傾斜角を計測した過去の報告では、投球側が非投球側と比較し後傾していることが明らかとされている。<sup>11) 18)</sup>。そのため、今後は利き手と非利き手の骨形態学的な違いが多く報告されているオーバーヘッドアスリートを対象に、スポーツ活動での上肢使用頻度の違いが筋内腱の走行に及ぼす影響も検討を進める必要があると考える<sup>10, 11)</sup>。

最後に臨床的な視点から本結果に対する今後の展望を考察する。腱板断裂の発生率は、症候性か無症候性にかかわらず利き手側の方が非利き手側より高いことが報告されている<sup>19)</sup>。さらに、無症候性から症候性へと移行するリスクファクターとしても利き手側であることが挙げられている<sup>20)</sup>。これらの疫学的な知見は利き手と非利き手の間に違いが生じた原因まで言及されていない<sup>19, 20)</sup>。我々は先行研究で棘上筋の筋内腱の走行が20代と比較し40代で骨頭を後方へ引く力の傾きが有意に減少することを示した<sup>3)</sup>。腱板断裂の発生率は50代以降で増加することが報告されており<sup>21, 22)</sup>、筋内腱の走行の加齢変化を50代以降まで検討することで、利き手と非利き手の腱板断裂の発生率の違いが生じる原因を考察できる可能性がある。

本研究の限界として以下の2点が考えられる。1) 安静時でのMRI撮影であり筋収縮がない状態であるため、動的な筋内腱の走行の変化の評価は困難である。2) 使用したMRI画像では、棘上筋及び棘下筋の筋内腱は上腕骨停止部に近づくとも識別が困難なため、筋内腱の3D描出が上腕骨停止部まで至っていない。棘上筋腱は上腕骨停止部に付着する直前で方向を前方へ転じている傾向がある。また、付着する部位にもバリエーションがあると報告されており<sup>23)</sup>、今後の検討を有する。

## 結 論

本研究では、MRI画像を用いて計測した肩甲下筋・棘上筋・棘下筋・小円筋4筋それぞれの関節窩面に対する筋内腱の走行をSFA-APとして計測し、健常成人における利き手・非利き手の違いを検討することを目的とした。

得られた結果は以下の通りである。1) SFA-APは健常成人の背臥位・肩関節中間位において利き手と非利き手の間に差が認められない。2) 利き手と非利き手の間に差が認められない結果は、肩甲骨の形態学的な特徴や肩甲上腕関節のアライメントにより影響を受けない。

本研究の結果より、日常生活での上肢使用頻度の違いは腱板筋群の前後方向の力の向きには影響しないことが示された。

## 引用文献

- 1) Le Gars L, Gagey O, Saidani N, et al.: Three dimensional reconstruction of the fibrous frame of the rotator cuff. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 19(4) : 265-268, 1997
- 2) Webb JD, Blemker SS, Delp SL: 3D finite element models of shoulder muscles for computing lines of actions and moment arms. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 17(8) : 829-837, 2014
- 3) 戸田創, 菅野洋平, 片寄正樹: 健常成人における関節窩面に対する棘上筋筋内腱の走行に加齢変化が及ぼす影響. *臨床バイオメカニクス* 36 : 1-6, 2015
- 4) Katayose M, Magee DJ: The cross-sectional area of supraspinatus as measured by diagnostic ultrasound. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume*. 83(4) : 565-568, 2001
- 5) Miniaci A, Mascia AT, Salonen DC, et al.: Magnetic resonance imaging of the shoulder in asymptomatic professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*. 30(1) : 66-73, 2002
- 6) 長谷川伸, 館俊樹, 佐々木宏, 他: 大学野球選手の回旋腱板筋ならびに三角筋の形態および筋力特性. *体力科学* 52 : 407-420, 2003
- 7) Bryce CD, Davison AC, Lewis GS, et al.: Two-dimensional glenoid version measurements vary with coronal and sagittal scapular rotation. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume*. 92(3) : 692-699, 2010
- 8) Kanno Y, Toda H, Horiuchi T, et al.: Reliability and validity study of a measurement method for the glenoid version by a 3-dimensional bone model from 3.0 tesla MRI. *Journal of Musculoskeletal Research*. Epub ahead of print.
- 9) De Wilde L, Defoort S, Verstraeten TR, et al.: A 3D-CT scan study of the humeral and glenoid planes in 150 normal shoulders. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 34(8) : 743-750, 2012
- 10) Chant CB, Litchfield R, Griffin S, et al.: Humeral head retroversion in competitive baseball players and its relationship to glenohumeral rotation range of motion. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 37(9) : 514-520, 2007
- 11) Crockett HC, Gross LB, Wilk KE, et al.: Osseous

- adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*. 30(1) : 20-26, 2002
- 12) Yoshida M, Saho Y, Katayose M: Reliability of Measuring Humeral Retroversion Using Ultrasound Imaging in a Healthy Nonthrowing Population. *Journal of Sport Rehabilitation*. 19 : 149-160, 2010
- 13) Meyer DC, Pirkle C, Pfirmann CW, et al.: Asymmetric atrophy of the supraspinatus muscle following tendon tear. *Journal of Orthopaedic Research*. 23(2) : 254-258, 2005
- 14) Kim SY, Boynton EL, Ravichandiran K, et al.: Three-dimensional study of the musculotendinous architecture of supraspinatus and its functional correlations. *Clinical Anatomy*. 20(6) : 648-655, 2007
- 15) Lin JJ, Hanten WP, Olson SL, et al.: Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 15(6) : 576-586, 2005
- 16) Myers JB: Scapular Position and Orientation in Throwing Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 33(2) : 263-271, 2005
- 17) Matsumura N, Ogawa K, Kobayashi S, et al.: Morphologic features of humeral head and glenoid version in the normal glenohumeral joint. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 23(11) : 1724-1730, 2014
- 18) Wyland DJ, Pill SG, Shanley E, et al.: Bony adaptation of the proximal humerus and glenoid correlate within the throwing shoulder of professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*. 40(8) : 1858-1862, 2012
- 19) Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, et al.: Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 19(1) : 116-120, 2010
- 20) Yamamoto A, Takagishi K, Kobayashi T, et al.: Factors involved in the presence of symptoms associated with rotator cuff tears: a comparison of asymptomatic and symptomatic rotator cuff tears in the general population. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 20(7) : 1133-1137, 2011
- 21) Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, et al.: Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume*. 77(2) : 296-298, 1995
- 22) Yu TY, Tsai WC, Cheng JW, et al.: The effects of aging on quantitative sonographic features of rotator cuff tendons. *Journal of Clinical Ultrasound*. 40(8) : 471-478, 2012
- 23) Mochizuki T, Sugaya H, Uomizu M, et al.: Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume*. 90(5) : 962-969, 2008