

研究種目：	若手研究(B)
研究期間：	2009～2010
課題番号：	21700475
研究課題名(和文)	肩インピンジメント：肩甲骨上腕リズムの生体力学的解析に基づく新しい治療法の開発
研究課題名(英文)	Effect of Scapula Orientation on Shoulder Internal Impingement: A Biomechanical Study on Cadaveric Model
研究代表者	
三幡 輝久	(Mihata Teruhisa)
大阪医科大学・医学部・助教	
研究者番号：	30425053

## 研究成果の概要(和文)：

肩甲骨の位置異常が、投球動作中のインターナルインピンジメントに及ぼす影響について検討した。新鮮凍結屍体 7 肩関節を用いて大結節と肩甲骨関節窩との間に挟まった腱板と上方関節唇にかかる圧力を計測した。肩甲骨内旋角度の増大により、腱板と上方関節唇にかかる圧力は統計学的有意に増大した。このことから野球選手の肩甲骨内旋角度が増加している場合には、インターナルインピンジメントによる腱板損傷や上方関節唇損傷のリスクが高くなると考えられた。肩甲骨の位置異常は投球障害肩を予防する上で重要な診察所見と考える。

## 研究成果の概要(英文)：

**Background:** Although deviations in scapular orientation are thought to result in shoulder injuries in throwing athletes, the biomechanical mechanism underlying shoulder injuries in throwing athletes caused by altered scapular orientation has not been clarified.

**Methods:** Seven fresh frozen cadaveric shoulders were evaluated at 90° abduction, with the humerus externally rotated from 90° to the maximum angle, to simulate the late cocking phase of the throwing motion. Loads were applied to the deltoid, pectoralis major, latissimus dorsi, teres major muscles, and all rotator cuff muscles. Contact pressure in the glenohumeral joint was measured using a pressure sensor. The area of internal impingement was calculated based on three-dimensional location data. Glenohumeral contact pressure and area of impingement were compared between 20°, 30°, and 40° of internal scapular rotation, between 20°, 30°, and 40° of upward scapular rotation, and between 0° and 10° of anterior scapular tilt. Data were analyzed using repeated measures ANOVA with Tukey's post hoc test ( $P < 0.05$ ).

**Results:** Contact pressure was detected in the posterior glenohumeral joint. The glenohumeral contact pressure and internal impingement area increased with increasing internal scapular rotation. The glenohumeral contact pressure (by 43.4%,  $p < 0.01$ ) and impinged area (by 43.1%,  $p < 0.05$ ) at 40° of internal scapular rotation were significantly greater than those at 20° of internal scapular rotation. Decreasing upward scapular rotation resulted in an increase in internal impingement area. The impinged area at 20° (by 38.1%,  $p < 0.0001$ ) and 30° (by 28.9%,  $p < 0.01$ ) of upward scapular rotation were significantly greater than that at 40° of upward scapular rotation.

**Conclusions:** Increasing internal scapular rotation and decreasing upward scapular rotation significantly increase glenohumeral contact pressure and/or impinged area of the rotator cuff tendon between the greater tuberosity and glenoid during simulated throwing motion.

**Clinical Relevance:** Shoulder internal impingement is accentuated by increasing internal rotation or decreasing upward rotation of the scapula during throwing motion.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：肩甲骨、肩関節、インピンジメント

### 1. 研究開始当初の背景

肩の痛みを主訴に病院を受診される患者数は多い。その原因の一つに上腕骨と肩甲骨が強く衝突する肩インピンジメントがあげられる。肩インピンジメントは図に示すように衝突する部位により肩峰下インピンジメントとインターナルインピンジメントに分類される。

腱板断裂は、肩峰下インピンジメントによる肩の痛みを起こす。外傷によって20-30歳代で生じる場合もあれば、加齢に伴う腱板の変性が原因で中高年層に生じることもある。60歳以上の30-50%に腱板断裂を認めるという報告もある。腱板断裂による肩峰下インピンジメントに対してはリハビリテーションで改善しない症例が多い。

肩関節脱臼などによって前方関節唇が損傷されたり、前方関節包が伸長されると骨頭の前方への動揺性が増大しインターナルインピンジメントによる肩の痛みが出現する。10-40歳代のスポーツ選手に起こることが多く、症状が強い場合にはスポーツを継続することができない。またインターナルインピンジメントは腱板断裂や後上方関節唇損傷などの二次的障害を起こすため、リハビリテーションによる早期治療が推奨される。

近年、肩インピンジメントに対するリハビリテーションの重要性が広く理解されるようになってきた。しかし肩インピンジメントの病態がまだ解明されていない現状においては、リハビリテーションを行っても改善しない症例が多い。幅ひろい年代で肩の痛みを引き起こす肩インピンジメントに対して効果的な治療を推進するためには、肩インピンジメントの詳細な病態の解明が不可欠である。

### 2. 研究の目的

肩甲骨の動きは肩の病態に大きく影響を及ぼすのではないかと考えられているが、

(1) 肩甲骨の動きを制御することは難しいこと、(2) 肩甲骨の動きを定量的に評価することが難しいことから肩甲骨の動きに関する研究はほとんどなく、また肩甲骨に対するリハビリ治療も確立されていない。そこで屍体肩の肩甲骨の動きを自由に变えてバイオメカニクスの実験を行うことができる肩実験システムを作製した。これを用いることで肩の病態に対する肩甲骨の影響を評価することが可能である。今回、肩甲骨の動きが増大もしくは減少することにより肩インピンジメントに影響があるという仮説をたてた。本研究の目的は、肩甲骨の動きが肩インピンジメントに対してどのような影響を及ぼすかを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 解剖と実験準備

マイナス20℃で冷凍保存していたヒト新鮮凍結屍体肩を室温で24時間かけて解凍した後解剖を行う。肩腱板、肩関節包、烏口肩峰靭帯、烏口上腕靭帯以外のすべての軟部組織を切除する。肩腱板にはKrackow stitchにて直径1mmの縫合糸をかける。屍体肩を肩実験システムに設置し、その縫合糸を介して生体の筋力に基づいた負荷を腱板にかける。この肩実験システムは、屍体肩の肩甲骨と上腕骨の位置を自由に設定してバイオメカニクスの実験を行うことができる。

#### (2) 上腕骨と肩甲骨の位置関係・肩甲上腕関節内圧・肩峰下接触圧の計測

肩実験システムに肩関節を設置することで、上腕骨骨頭を上下方向、内外側方向、前後方向へ自由に移動させることができる。内転-外転角度、水平内転-水平外転角度、内旋-外旋角度も自由に調節が可能である。腱板に与える負荷は生体の筋力配分に基づいて、棘上筋腱、肩甲下筋腱、棘下筋腱/小円筋腱それぞれ60Nずつとし、三角筋と大胸筋、後

背筋にも 60N の負荷を与える。実験肢位は、肩インピンジメント（肩峰下インピンジメント、インターナルインピンジメント）による肩の痛みが起こる肩関節 90 度外転位とする。この際、肩甲骨外転角度と肩甲上腕関節外転角度の割合を変えて実験を行う（1. 肩甲骨外転 10 度、肩甲上腕関節外転 80 度、2. 肩甲骨外転 30 度、肩甲上腕関節外転 60 度、3. 肩甲骨外転 50 度、肩甲上腕関節外転 40 度）。上腕骨と肩甲骨の位置関係は、3 次元デジタイザーである Microscribe G2X（Immersion, 精度 0.3mm）と WIN analyse ソフトウェアにて計測する。実験中に Microscribe G2X を用いて上腕骨 3 ポイントと肩甲骨 3 ポイントの 3 次元位置データを記録する。そのデータをもとに実験後に肩甲骨—上腕骨モデルを 3 次元的に再構築し、その再構築モデルを用いてそれぞれの異なる条件における上腕骨と肩甲骨の位置関係を計算する。その結果から、インピンジメントが起こっている範囲を計算する。肩峰下接触圧は Tekscan を肩峰と上腕骨の間に挟みこむことにより計測する。得られたすべてのデータは Excel file にて記録する。

#### 4. 研究成果

肩甲骨の内旋角度が増加することにより、大結節と肩甲骨関節窩との間に挟まった腱板と上方関節唇にかかる圧力と面積は有意に増加した（20 度：1.5MPa、30 度：1.7MPa、40 度：1.9MPa、 $p < 0.05$ ）（Table I）。肩甲骨の上方回旋が減少することによって、インピンジメントの面積は有意に大きくなったが、圧力には有意な変化を認めなかった（Table II）。前方傾斜を変化させても、腱板と上方関節唇にかかる圧力、面積ともに有意な変化を認めなかった（Table III）。

	Internal Rotation		
	20°	30°	40°
Internal Impingement Area (mm <sup>2</sup> )	167 ± 22	197 ± 32	239 ± 45
% Change (compared with 20°)		18.0%	43.1%
P value (compared with 20°)		0.32	< 0.05
% Change (compared with 30°)			21.3%
P value (compared with 30°)			0.15
Glenohumeral Contact Pressure (MPa)	1.45 ± 0.13	1.82 ± 0.13	2.08 ± 0.20
% Change (compared with 20°)		25.5%	43.4%
P value (compared with 20°)		0.22	< 0.01
% Change (compared with 30°)			14.3%
P value (compared with 30°)			0.10

\*The values are given as the mean and the standard deviation. †P values were derived from Tukey's post hoc analysis. P values less than .05 were considered to denote statistical significance.

	Upward Rotation		
	20°	30°	40°
Internal Impingement Area (mm <sup>2</sup> )	226 ± 28	197 ± 32	140 ± 26
% Change (compared with 20°)		-12.8%	-38.1%
P value (compared with 20°)		0.15	< 0.001
% Change (compared with 30°)			-28.9%
P value (compared with 30°)			< 0.01
Glenohumeral Contact Pressure (MPa)	1.86 ± 0.17	1.82 ± 0.13	1.88 ± 0.27
% Change (compared with 20°)		-2.2%	1.1%
P value (compared with 20°)		0.98	0.99
% Change (compared with 30°)			3.3%
P value (compared with 30°)			0.95

\*The values are given as the mean and the standard deviation. †P values were derived from Tukey's post hoc analysis. P values less than .05 were considered to denote statistical significance

	Anterior Tilt	
	0°	10°
Internal Impingement Area (mm <sup>2</sup> )	208 ± 27	197 ± 32
% Change (compared with 0°)		-5.3%
P value (compared with 0°)		0.23
Glenohumeral Contact Pressure (MPa)	2.09 ± 0.18	1.82 ± 0.13
% Change (compared with 0°)		-12.9%
P value (compared with 0°)		0.07

\*The values are given as the mean and the standard deviation. †P values were derived from student t-test. P values less than .05 were considered to denote statistical significance

#### 考察

インターナルインピンジメントとは、野球選手における腱板損傷や関節唇損傷の一因と考えられている。しかしどのようなコンディションがこれらの損傷を起こすのかはいまだはっきりしていない。また肩甲骨の位置異常を認める野球選手においては、肩関節障害が起こる危険性が高くなると考えられているが、そのメカニズムについても明らかにされていない。そこで今回、肩甲骨の位置異常がインターナルインピンジメントに影響を及ぼすのではないかとという仮説をたてて、生体力学的研究を行った。

投球動作のコッキング後期において、肩甲骨関節窩と大結節の間に腱板と上方関節唇が挟まりこむ（インターナルインピンジメント）。この際に腱板と上方関節唇に大きな圧力が加わると損傷の危険性が高くなると考えられている。このため本研究においては、肩甲骨位置異常によって腱板と関節唇に加わる圧力が変化するかを検討した。その結果、肩甲骨内旋角度が増大すると腱板と上方関節唇に加わる圧力は有意に増大した。このことから肩甲骨内旋角度が大きい状態で投球すると、腱板や関節唇が損傷される危険性が高くなるため注意を要すると思われた。

肩甲上腕関節の水平外転角度が増大すると、インターナルインピンジメントによる圧力が増大する。これは hyper-angulation として臨床報告されている病態である。本研究における結果も、この病態に関連があると考

える。肩甲骨内旋角度が増大すると、肩甲上腕関節の水平外転角度が相対的に増大する。その結果、インターナルインピンジメントによる圧力が増大したと考えられた。

Burkhart や Kibler らは、野球選手における肩甲骨の位置異常を Scapula dyskinesis と名付け、特に野球選手における肩甲骨内側縁の突出が、関節唇損傷や腱板損傷に関連があると述べている。今回の結果においても、肩甲骨内側縁の突出に関連があると思われる肩甲骨内旋角度が増大することによって、インターナルインピンジメントによる腱板損傷や関節唇損傷が起こる危険性が高くなるということが示唆された。このことから、肩甲骨内側縁の突出がみられる状態で投球を継続することは望ましくないと思われた。

#### まとめ

野球選手の肩甲骨内旋角度が増加している場合には、インターナルインピンジメントによる腱板損傷や関節唇損傷の危険性が高くなるため注意が必要である。肩甲骨の位置異常は投球障害肩を予防する上で重要な診察所見と考える。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)  
現在投稿中である。

〔学会発表〕(計3件)

①三幡 輝久、肩甲骨の位置異常によっておこるインターナルインピンジメント：屍体肩を用いた生体力学的研究、第23回九州・山口スポーツ医・科学研究会、2010/12/11、パピヨン24 ガスホール、福岡

②三幡 輝久、肩甲骨の位置異常によっておこるインターナルインピンジメント：屍体肩を用いた生体力学的研究、第36回日本整形外科スポーツ医学会学術集会、2010/9/12、新横浜プリンスホテル

③ Teruhisa Mihata, Effect of Scapular Orientation on Internal Impingement of the Shoulder: a Cadaveric Study. AOSSM (The American Orthopaedic Society for Sports Medicine) 2010 annual meeting, July 18, 2010, Rhode Island Convention Center, PROVIDENCE, RI, USA

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

三幡 輝久 (Mihata Teruhisa)  
大阪医科大学・医学部・助教  
研究者番号：30425053