

# レイトコッキング相の 肩外転外旋角度に伴う肩関節前方不安定性 ならびに肩甲上腕関節の動態変化に適した MRI 評価方法の検討

Consideration for Appropriate MRI Measurement of Anterior Instability and Change of Glenohumeral Alignment with Shoulder Abduction and External Rotation in the Late Cocking Phase

高橋 真\*<sup>1</sup>, 岩本浩二\*<sup>2</sup>, 門間正彦\*<sup>3</sup>  
六崎裕高\*<sup>4,5</sup>, 水上昌文\*<sup>2</sup>

キー・ワード：shoulder joint, late cocking phase, anterior translation of the humeral head rate  
肩関節, レイトコッキング相, 上腕骨頭前方変位率

〔要旨〕 [目的] 野球選手におけるレイトコッキング相の肩外転外旋角度に伴う肩前方不安定性ならびに肩甲上腕関節の動態変化に適した MRI 評価方法を検討することである。[対象および方法] 対象は無症候性の大学野球選手 14 名の両肩 28 肢とした。MRI 測定肢位は肩 90° 外転位から 90°, 100°, 110°, 120° 外旋位とし、各外旋角度での上腕骨頭前方変位率（前方変位率）を計測した。MRI 所見から上腕骨大結節の輝度変化を伴う骨病変の有無を評価した。前方変位率の指標は上腕骨頭の中心（中心法）と前面（前面法）を基準とした異なる 2 つの算出方法で計測し、比較検討した。[結果] 中心法と前面法ともに前方変位率は投球側が非投球側よりも有意に高かった。しかし、投球側において中心法の前方変位率は外旋 90° よりも 100°, 110°, 120°, 外旋 100° よりも 120°, 外旋 110° よりも 120° で有意に低かった。一方、前面法は有意差を認めなかった。上腕骨大結節の骨病変は投球側に有意に多く認めた。[結語] 中心法と前面法ともに前方変位率は投球側が非投球側より大きかったが、投球側において中心法の前方変位率は前面法よりも外旋角度変化による影響を受けた。これは、上腕骨大結節の骨病変が計測の誤差範囲を大きくした可能性がある。よって、野球選手における前方変位率は上腕骨頭の器質的变化に因らない前面法が適した評価と考察された。

## はじめに

投球動作のレイトコッキング相における過度な肩関節の外転および外旋位は、上腕骨頭を前方へと移動させる<sup>1)</sup>。この上腕骨頭の前方への移動（前方変位）は、大きな負荷が肩関節の前方構成体に

加わることとなり、投球動作の反復は肩関節の前方不安定性を生じさせると考えられている。投球動作における前方不安定性は、上腕骨大結節と肩甲骨関節窩との間で腱板関節面および後上方関節唇を挟み込む Internal impingement<sup>2)</sup> や腱板関節面断裂や後上方関節唇損傷、上腕骨頭骨嚢腫などの原因となる<sup>3-5)</sup>。また動作的原因として、レイトコッキング相での肩甲上腕関節の過度な外旋運動などがあげられ<sup>5,6)</sup>、前方不安定性の観点から、external rotation gain や relocation test といった理学所見も用いられている<sup>3,4,6)</sup>が、肩関節の外転、

\*1 医療法人社団ひたちの整形外科リハビリテーション科

\*2 茨城県立医療大学保健医療学部理学療法学科

\*3 茨城県立医療大学保健医療学部放射線技術科学科

\*4 茨城県立医療大学保健医療学部医科学センター

\*5 茨城県立医療大学付属病院整形外科

外旋に伴う上腕骨頭の前方移動など肩甲上腕関節のアライメント変化までは検査できない。これらの背景から、近年、肩関節前方構成体に大きな負荷がかかりやすいレイトコッキング相における上腕骨頭の前方移動の実態や、前方不安定性の指標となる前方移動の客観的な測定方法（上腕骨頭前方変位率）が検討されるようになった。

上腕骨頭前方変位率の測定方法として望月ら<sup>7)</sup>は、X線撮影を用い上腕骨頭を中心を基準として算出する方法（中心法）で行い、その有用性を報告した。しかし、X線撮影であったため、不安定性の方向や、関節包・骨・軟骨・靭帯の損傷を把握するのが困難であった。また、レイトコッキング相の肩関節の外旋角度は90°を超えるが、前述の方法では外旋90°を超えた角度での測定は行われてはいなかった。さらに、投球側の上腕骨大結節には骨嚢腫様の骨病変を認めることから<sup>3,8)</sup>、中心法では骨病変による上腕骨頭の形状変化の影響を受ける可能性があると考えた。

筆者らは上腕骨頭の形状変化の影響を受けない測定方法として、上腕骨頭の前面を基準とする算出方法（前面法）にて上腕骨頭前方変位率を求め、肩関節前方不安定性ならびに外旋角度の増大に伴う上腕骨頭前方変位率の変化を2方法で比較検討することを試みた。

本研究の目的は、Open MRIを用いてレイトコッキング相の肩関節肢位を模し、中心法と前面法の異なる2つの算出方法で上腕骨頭前方変位率を計測し、どちらが野球選手の肩関節前方不安定性ならびに外旋角度の増大に伴う肩甲上腕関節の動態変化を評価するのに適しているか検討することである。

## 対象と方法

### 1. 対象

研究協力者は、本研究の同意が得られた首都大学野球連盟1部リーグの大学野球部に所属する無症候性の大学野球選手14名とし、両肩関節28肢を対象とした。平均年齢は19.6±0.7歳、平均身長は173.1±3.5cm、平均体重は71.1±4.2kg、平均BMIは23.8±1.2kg/m<sup>2</sup>、投球側は右利き13名、左利き1名、野球経験年数は平均11.9年、投球障害肩の既往は9名、ポジションは投手が4名、捕手が1名、野手が9名であった。除外基準は、測定時痛や肩関節手術の既往を有するものとした。

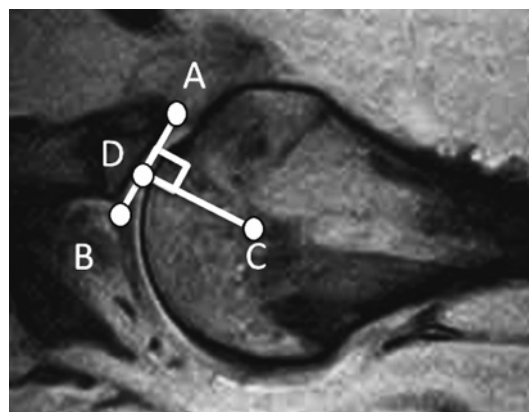


図1 中心法の解析方法

- 1) 肩甲骨関節窩後部【A】から前部【B】を結び肩甲骨関節面とする。
- 2) 上腕骨頭の輪郭から中心【C】を求める。
- 3) 上腕骨頭中心【C】から肩甲骨関節面に引いた垂線との交点【D】を求める。
- 4) 上腕骨頭前方変位率(%) = AD 距離(mm) / AB 距離 (mm) ×100

## II. 方法

肩関節の撮像にはOpen MRI（日立 AIRIS Vento 0.3-tesla）を使用し、肩関節コイルを併用した。撮像条件はGradient echo法におけるT2\*画像とし、repetition timeは600msec、echo timeは11msec、flip angleは40°により撮像し、スライス厚は4mm、field of viewは220mm、画素数は256×256、number of signal averagingは加算回数を1回とした。撮像部位は矢状面にて肩甲骨関節窩の中央を基準にし、水平面にて撮像した。測定肢位は、投球動作解析に関する先行研究<sup>9,10)</sup>に基づき、腹臥位にて肩関節90°外転位から90°、100°、110°、120°外旋位の4肢位とし、各外旋角度での上腕骨頭前方変位率を計測した。10°、20°、30°の自家製傾斜台を使用して肩関節外旋角度を設定し、肩甲骨内外旋ならびに体幹回旋といった代償運動を抑制するためベルトにて肩甲骨、胸椎を固定した。測定項目を以下に示す。

### 1. 上腕骨頭前方変位率 (%)

上腕骨頭前方変位率は肩甲骨関節窩に対する上腕骨頭の変位率を計測し、肩関節前方不安定性の程度を定量化した値である。

#### 1-1) 中心法

望月ら<sup>7)</sup>の方法に基づいて、上腕骨頭を中心を指標とし、肩甲骨関節窩に対する上腕骨頭の変位率を計測した（図1）。

### 1-2) 前面法

上腕骨頭の前面を指標とし、肩甲骨関節窩に対する上腕骨頭の変位率を計測した (図 2)。

中心法と前面法の上腕骨頭前方変位率は高値を示す程、肩関節前方不安定性が強いことを表す。上腕骨頭前方変位率の解析には Software Viewer の計測ツールを使用し、計測者は 1 名とした。測定 1, 2 回目の再現性について、中心法と前面法の ICC(1,1) は、それぞれ 0.785 (95% 信頼区間: 0.688-0.854), 0.843 (95% 信頼区間: 0.769-0.894) であった。

### 2. 上腕骨大結節の骨病変

上腕骨大結節の骨病変の判別は MRI 所見から

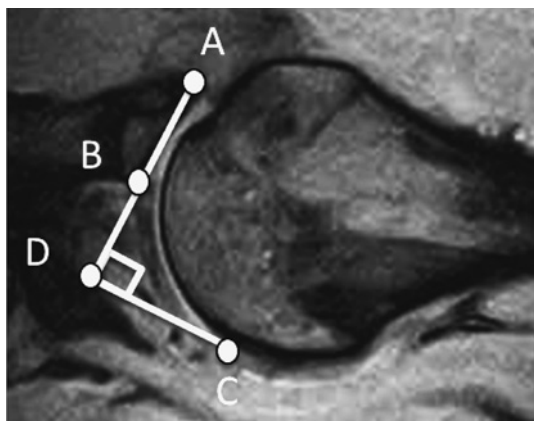


図 2 前面法の解析方法

- 1) 肩甲骨関節窩後部【A】から前部【B】を結ぶ AB 延長線を引く。
- 2) 上腕骨頭前面【C】から AB 延長線の垂線との交点【D】を導出する。
- 3) 上腕骨頭前方変位率 (%) = AD 距離 (mm) / AB 距離 (mm) × 100

上腕骨大結節の輝度変化を認める骨病変が確認された場合を陽性所見とした (図 3)。整形外科医が両肩関節 28 肢の MRI 所見を読影し、その判別を行った。

分析は投球側の前方不安定性ならびに外旋角度の増大に伴う肩甲上腕関節の動態変化を明らかにするために、二元配置分散分析を用いて各外旋角度における投球側と非投球側の上腕骨頭前方変位率を比較した。また、投球側ならびに非投球側の各外旋角度における上腕骨頭前方変位率の比較は、一元配置分散分析を行い有意差があれば、Tukey 法の多重比較検定を行った。さらに、上腕骨大結節の骨病変が投球側と非投球側のどちらに多く存在するか明らかにするために、Fisher の正確確率検定を用いて投球側と非投球側における上腕骨大結節の骨病変の有無を比較した。統計解析には、IBM SPSS Statistics 21 を使用し、有意水準は 5% 未満とした。本研究は茨城県立医療大学倫理委員会の承認 (受付番号 629) を得て施行した。

## 結果

中心法と前面法ともに、上腕骨頭前方変位率は投球側が非投球側よりも高値を示した。また、中心法と前面法ともに上腕骨頭前方変位率は肩外旋角度の増大に伴い減少した (表 1)。

投球側において中心法の上腕骨頭前方変位率は外旋角度変化の影響を受けたが、前面法はその影響を受けなかった。投球側における中心法の上腕骨頭前方変位率は、肩関節 90° 外旋位よりも 100°, 110°, 120° で低く、100° 外旋位よりも 120° で低く、110° 外旋位よりも 120° で低かったが、前面法では

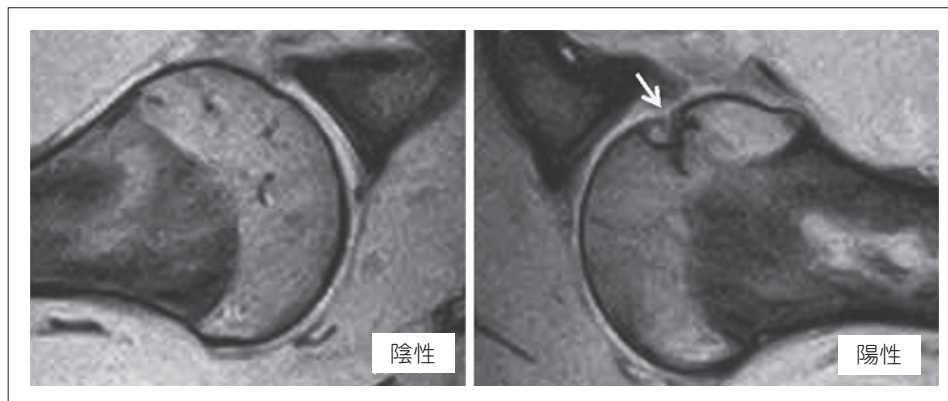


図 3 上腕骨大結節の骨病変

- 左図：上腕骨大結節の輝度変化を認めない (陰性所見)。  
 右図：上腕骨大結節の輝度変化を認める (陽性所見)。

表1 各外旋角度における投球側と非投球側の上腕骨頭前方変位率の比較

		投球側 n=14	非投球側 n=14	p 値		
				主効果		交互作用
				投球側と非投球側	各外旋	
中心法 (%)						
外旋角度	90°	61.5 ± 5.4	45.8 ± 6.3	<0.001***	<0.001***	0.008**
	100°	54.6 ± 5.3	42.1 ± 8.9			
	110°	51.2 ± 5.6	36.4 ± 8.5			
	120°	46.9 ± 7.0	33.7 ± 9.7			
前面法 (%)						
外旋角度	90°	160.3 ± 16.6	158.3 ± 12.5	<0.001***	0.027*	0.167
	100°	164.6 ± 17.6	148.3 ± 11.3			
	110°	159.6 ± 10.4	144.6 ± 13.7			
	120°	156.8 ± 15.1	139.5 ± 13.3			

平均値 ± 標準偏差, \* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001.

表2 投球側ならびに非投球側の各外旋角度における上腕骨頭前方変位率の比較

	90° 外旋	100° 外旋	110° 外旋	120° 外旋	一元配置分散分析 p 値
投球側 n=14					
中心法 (%)	61.5 ± 5.4 <sup>†1</sup>	54.6 ± 5.3 <sup>†1, 2</sup>	51.2 ± 5.6 <sup>†1, 3</sup>	46.9 ± 7.0 <sup>†1, 2, 3</sup>	<0.001***
前面法 (%)	160.3 ± 16.6	164.6 ± 17.6	159.6 ± 10.4	156.8 ± 15.1	0.625
非投球側 n=14					
中心法 (%)	45.8 ± 6.3 <sup>‡1</sup>	42.1 ± 8.9	36.4 ± 8.5 <sup>‡1</sup>	33.7 ± 9.7 <sup>‡1</sup>	0.002**
前面法 (%)	158.3 ± 12.5 <sup>§1</sup>	148.3 ± 11.3	144.6 ± 13.7 <sup>§1</sup>	139.5 ± 13.3 <sup>†1</sup>	0.004**

平均値 ± 標準偏差, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001,

†1 : 90° 外旋位よりも 100°, 110°, 120° で有意に低値 (p=0.037, p<0.001, p<0.001),

†2 : 100° 外旋位よりも 120° で有意に低値 (p<0.001),

†3 : 110° 外旋位よりも 120° で有意に低値 (p<0.001),

‡1 : 90° 外旋位よりも 110°, 120° で有意に低値 (p=0.031, p=0.003),

§1 : 90° 外旋位よりも 110°, 120° で有意に低値 (p=0.040, p=0.002).

表3 投球側と非投球側における上腕骨大結節の骨病変の比較

上腕骨大結節 の骨病変	投球側 n=14	非投球側 n=14	p 値
陽性 (例)	7	0	0.006**
陰性 (例)	7	14	

\*\* : p<0.01,

上腕骨大結節の骨病変 : MRI による輝度変化を伴う骨病変.

有意差を認めなかった。一方、非投球側における中心法と前面法の上腕骨頭前方変位率は、肩関節90°外旋位よりも110°, 120°で低く、同様の結果となった(表2)。

上腕骨大結節の骨病変は投球側の方が非投球側

より多く認めた(表3)。

## 考 察

本研究の結果、中心法と前面法における上腕骨頭前方変位率は、投球側が非投球側より有意に高値を示した。これは、中心法と前面法ともに投球側の前方不安定性を反映できる算出方法であることを示していると考えられる。投球側の前方不安定性は、投球動作のレイトコッキング相で肩関節最大外旋運動に伴う肩関節前方への関節間力によって、前下関節上腕韌帯などの前方組織に伸張ストレスが生じるために起こると考えられており<sup>4,10,11)</sup>、本研究においてもこれらの機序を反映させる結果となった。

中心法の上腕骨頭前方変位率は投球側の方が非

投球側よりも外旋角度変化による影響を受けた。一方で、前面法では、その影響はみられなかった。投球側における中心法の上腕骨頭前方変位率が外旋角度変化に影響を受けた理由として、上腕骨大結節に生じている骨病変ならびに輝度変化が上腕骨頭の輪郭から導出する骨頭中心の指標に影響を及ぼし、計測の誤差範囲を大きくした可能性がある。投球側の上腕骨大結節の骨病変の存在は他の研究<sup>3,8)</sup>においても報告されていることから、野球選手の肩関節前方不安定性ならびに外旋角度の増大に伴う肩甲上腕関節の動態変化を評価するのに適した上腕骨頭前方変位率は、上腕骨頭の器質的变化に因らない前面法が有用と考察された。

本研究の限界として、投球側の上腕骨大結節の骨病変だけでなく、上腕骨後捻角の増大<sup>12)</sup>が中心法に影響を及ぼす可能性があるため、今後は検討が必要である。また、対象が無症候性の野球選手であったために、この上腕骨頭前方変位率で得られた肩関節前方不安定性の程度がInternal impingementなどの投球障害肩にどのように影響するのか明らかにされていない。今後はコホート研究により肩関節前方不安定性と投球障害肩との因果関係を明らかにする必要がある。

## 結 語

本研究では野球選手を対象に中心法と前面法の異なる2つの算出方法で上腕骨頭前方変位率を計測した。投球側における中心法の上腕骨頭前方変位率は前面法よりも、肩外旋角度変化による影響を受け、これには上腕骨大結節の骨病変が関与したと考えられた。よって、野球選手における上腕骨頭前方変位率は上腕骨頭の器質的变化に因らない前面法が適した評価と考察された。

### 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) Andrews, JR. Current Concept. Internal impingement in the shoulder. Presented at the 26th American Orthopaedic Society for Sports Medicine Annual Meeting. 2000.
- 2) Walch, G, Boileau, P, Noel, E, Donell, ST. Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterolateral glenoid rim: An arthro-

- scopic study. J Shoulder Elbow Surg. 1992; 1: 238-245.
- 3) Harbrecht, JL, Tirman, P, Atkin, D. Internal impingement of the shoulder: comparison of findings between the throwing and nonthrowing shoulder of college baseball players. Arthroscopy. 1999; 15: 253-258.
- 4) Burkhart, SS, Morgan, CD, Kibler, WB. The disabled throwing shoulder spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. Arthroscopy. 2003; 19: 404-420.
- 5) Rizio, L, Garcia, J, Renard, R, Got, C. Anterior instability increase superior labral strain in the late cocking phase of throwing. Orthopedics. 2007; 30: 1-9.
- 6) Jobe, CM. Posterior superior glenoid impingement: Expanded spectrum. Arthroscopy. 1995; 11: 530-537.
- 7) 望月 由, 柏木健児, 夏 恒治, 越智光夫. 投球による肩関節前方不安定性の診断と治療. MB Orthop. 2003; 16: 59-66.
- 8) 黒川正夫, 田久保興徳. 投球障害肩の診断と治療—投球障害肩の画像診断—. MB Orthop. 1998; 11: 25-31.
- 9) Miyashita, K, Kobayashi, H, Koshida, S, Urabe, Y. Glenohumeral, scapular, and thoracic angle at maximum shoulder external rotation in throwing. Am J Sports Med. 2010; 38: 363-368.
- 10) 信原克哉. 第9章 肩とスポーツ. In: 肩—その機能と臨床—. 第4版. 東京: 医学書院; 349-415, 2013.
- 11) 瀬戸口芳正, 百済はつえ, 山口尚子, 野呂吉則, 大東亜衣. アスリートの反復性肩関節脱臼に対する後療法および再発予防 1. スロウイングアスリートの運動連鎖と前方不安定性. 臨床スポーツ医学. 2010; 27: 1359-1368.
- 12) Polster, JM, Bullen, J, Obuchowski, NA, Bryan, JA, Soloff, L, Schickendantz, MS. Relationship between humeral torsion and injury in professional baseball pitchers. Am J Sports Med. 2013; 41: 2015-2021.

(受付: 2018年2月23日, 受理: 2018年10月10日)

## Consideration for Appropriate MRI Measurement of Anterior Instability and Change of Glenohumeral Alignment with Shoulder Abduction and External Rotation in the Late Cocking Phase

Takahashi, M.<sup>\*1</sup>, Iwamoto, K.<sup>\*2</sup>, Monma, M.<sup>\*3</sup>  
Mutsuzaki, H.<sup>\*4,5</sup>, Mizukami, M.<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Rehabilitation, Hitachino Orthopedic Clinic

<sup>\*2</sup> Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

<sup>\*3</sup> Department of Radiological Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

<sup>\*4</sup> Center for Medical Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

<sup>\*5</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences Hospital

**Key words:** shoulder joint, late cocking phase, anterior translation of the humeral head rate

**[Abstract]** [Purpose] The purpose of this study was to evaluate and determine the appropriate MRI evaluation to assess anterior translation of the humeral head between the Center and Frontal method in the late cocking phase. [Subjects and Methods] Fourteen asymptomatic male college baseball players (28 shoulders) participated in this research. Anterior translation of the humeral head rate (ATHHR) was calculated by both the center (C-ATHHR) and frontal (F-ATHHR) methods using MRI scan. Measurement positions were 90° of shoulder abduction with 90°, 100°, 110° and 120° external rotation respectively. Bone Marrow Signal Alteration of the greater tubercle (humerus lesion) was also analyzed using MRI scan. [Results] C-ATHHR was significantly lower at 100°, 110° and 120° external rotation compared to 90°. However, there was no statistically significance in the F-ATHHR. The humerus lesion was significantly greater in the throwing shoulder than the non-throwing shoulder. [Conclusion] The C-ATHHR of the throwing shoulder was influenced by the external rotation angle. It would be related to a humerus lesion and increase the measurement error. As a consequence, the F-ATHHR method was recommended because it is less influenced by abnormal anatomical structures of the humerus lesion for baseball players.