

氏名（本籍）	高橋真（茨城県）		
学位の種類	博士（保健医療科学）		
学位記番号	博甲第 61 号		
学位授与年月日	令和 7 年 3 月 14 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	保健医療科学研究科		
学位論文題目	野球競技における投球側肩関節の解剖学的変化に関する研究		
学位審査委員			
主査	茨城県立医療大学教授	博士（保健学）	浅川 育世
	茨城県立医療大学教授	博士（医学）	馬場 健
	茨城県立医療大学准教授	博士（保健医療科学）	青山 敏之
	札幌医科大学教授	博士（理学療法学）	谷口 圭吾

### 論文の内容の要旨

【背景】投球動作のレイトコッキング相における過度な肩甲上腕関節外旋運動は、肩関節内で上腕骨頭と肩甲骨窩後縁の骨衝突に起因する。この肩関節内骨衝突は関節唇損傷や上腕骨頭骨嚢腫、腱板損傷などの肩関節構造体の破綻を引き起こし、最終的には慢性的な投球時の肩関節痛により競技復帰が困難な投球障害肩につながる。我々は、肩関節内骨衝突で生じる肩関節の解剖学的変化を定量化（肩関節解剖学的指標）し、それが投球障害肩の要因と指摘されている投球側肩関節の特異的な関節可動域検査に関連していることを報告した。しかし、我々の研究も含め先行研究では肩関節解剖学的指標と投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度の関連性を明らかにした報告は少ない。理論的背景から、肩甲上腕関節最大外旋角度の増大は、肩関節解剖学的変化に関与すると仮説を立てた。

【目的】本研究の目的は後方骨間距離および腱板組織面積値といった肩関節解剖学的指標と投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度との関連性を明らかにすることである。

【方法】研究協力者は、大学野球選手および社会人野球選手の男性 15 名とし、両肩関節 30 肢を対象とした。Open MRI は Fujifilm Medical AIRIS Vento 0.3-tesla を使用し、撮像条件は Gradient Echo 法による T2\*画像とした。撮像肢位は肩関節 90° 外転位から 90°、100°、110° 外旋位に設定した。肩関節解剖学的指標において、後方骨間距離 (mm) は肩甲骨関節窩前縁と後縁の結んだ線を基準とし、後縁から上腕骨頭への垂線を引き、上腕骨頭の交点から肩甲骨関節窩後縁までの距離とした。腱板組織面積値 (mm<sup>2</sup>) は上腕骨大結節と肩甲骨関節窩後縁に挟み込まれた低信号域で描出された面積値とした。後方骨間距離および腱板組織面積値ともに非投球側肩関節で正規化し、投球側肩関節の%後方骨間距離

離と%腱板組織面積値を求めた。投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度はバーマーカーを肩峰と上腕部遠位部に貼付し、三次元動作解析装置を用いて計測した。統計解析において、投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度と肩関節解剖学的変化の関係を明らかにするために、%後方骨間距離と%腱板組織面積値を従属変数、肩甲上腕関節最大外旋角度を独立変数とした単回帰分析を実施した。また、外旋角度の増大に伴う肩甲上腕関節の骨間接近ならびに腱板組織の圧縮状態を明らかにするために、肩関節 90°、100°、110° 外旋位における後方骨間距離および腱板組織面積値の比較は多重比較検定を用いて分析した。本研究は茨城県立医療大学倫理委員会の承認（承認番号 1041）を得て施行した。

【結果及び考察】単回帰分析の結果、%後方骨間距離（回帰係数=0.695、 $p=0.005$ ）と%腱板組織面積値（回帰係数=0.754、 $p=0.001$ ）の関連因子は肩甲上腕関節最大外旋角度であった。そのため、レイトコッキング相における肩甲上腕関節最大外旋角度の増大は、上腕骨頭と肩甲骨関節窩後縁の変形や腱板筋群の挟み込みの増大といった肩関節解剖学的変化に関連する可能性がある。また、多重比較検定の結果、90°と比較して110°外旋位の後方骨間距離（6.7mm vs 5.3mm、 $p<0.05$ ）ならびに腱板組織面積値（27.6mm<sup>2</sup> vs 21.0mm<sup>2</sup>、 $p<0.05$ ）は有意に低値を示した。このことから、肩甲上腕関節最大外旋角度の増大は上腕骨頭と肩甲骨関節窩後縁の接近ならびに腱板組織の圧縮に関連し、肩関節内骨衝突の一因と示唆された。臨床的意義は、投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度の増大が微小外傷を引き起こし、肩甲骨関節窩後縁の変形に伴い関節内に侵入する腱板組織が大きくなる肩関節解剖学的変化を認めたことである。この肩関節解剖学的変化を呈した肩関節内で骨衝突が生じれば、正常な肩関節よりも広範囲の腱板損傷をきたす可能性がある。そのため、レイトコッキング相で肩関節痛を訴える野球選手に対して肩甲上腕関節最大外旋角度に着目した投球の動作分析およびMRI所見による肩関節解剖学的指標の照合は極めて重要と示唆された。

【今後の課題】本研究では、%後方骨間距離と%腱板組織面積値といった肩関節解剖学的指標を用いて、投球時の肩甲上腕関節最大外旋角度との関連性を報告したが、今回の研究協力者は無症候性野球選手であった。今後は、投球時の肩関節痛の頻度や練習や試合に参加できない日数など投球障害肩の症状を事前調査し、無症候性と症候性野球選手の横断的研究が必要となる。

【結語】本研究では、open MRI および三次元動作解析装置を用いて、肩関節解剖学的指標と投球の肩甲上腕関節最大外旋角度の関連性を明らかにした。単回帰分析の結果、肩関節解剖学的変化を引き起こす要因に肩甲上腕関節最大外旋角度の増大があげられた。これらの知見から、レイトコッキング相における肩甲上腕関節最大外旋運動を評価することが肩関節内骨衝突および投球障害肩の解明に重要と考えられた。

## 審査の結果の要旨

本論文の審査は、事前に提出された論文をもとに、令和7年1月21日に公開の場における研究発表と質疑応答を行った後に、審査員4名により行われた。審査は、本研究科の指針に従い、創造性・新規性、専門領域の関連性とインパクト、論理性、信頼性・妥当性、

論文の表現力、倫理的配慮の観点から協議された。以下に審査の結果の要旨を述べる。

MRI による画像所見に加え、三次元動作解析を用いた投球時の運動学的所見を組み合わせ、包括的に投球障害肩に関連する機序や病態の特徴を明らかにした点は創造性・新規性を十分備えている。

投球動作におけるレイトコッキング相においては肩関節内骨衝突が生じ、関節唇損傷や上腕骨頭骨嚢腫、腱板損傷などの肩関節構造体の破綻を引き起こし、最終的には慢性的な投球時の肩関節痛により競技復帰が困難な投球障害肩につながるとされ、その際の肩甲上腕関節過外旋に着目し、研究が進められた。本研究から得られたレイトコッキング相における肩甲上腕関節における基礎的な関節内部の所見はその病態の予防に向けた介入に一定の示唆を与えるものであり、スポーツ分野の理学療法に大きな関連性がある。

研究の成果は既に 5 編の国際誌に掲載され、系統立てた研究が進められた。一方、本研究の対象者は投手とは限らないこと、また本来想定しているのが投球障害であるにも関わらず本研究の対象者は無症候性者であり、病態が一致しているとは言えないことなどから、今後の課題を残すものとなった。また、三次元動作解析においては上肢運動に伴うアーチファクトの影響を十分に取り除くことが出来ていない可能性もある。

論文は研究の経過、結果ともに簡潔にまとめられており、図表も適切に挿入されているが、考察では本研究の結果が今後具体的にどのように臨床場面で活かされるのかについてやや強引にまとめられ、先行研究に基づいた知見により、自身の研究結果を解釈していくような記述が不十分であり、結論の正当性を強調できていなかった点に課題があった。

全ての研究は本学の倫理委員会の承認を受けたうえで実施されており、十分な倫理的な配慮がなされている。

いくつかの点で課題は残るが、今後投球障害を抱えた対象者に絞って研究を継続することで、より具体的な介入方法が明確になることも予想され、今後の発展も大きく期待できる。

以上の協議結果を総括し、審査委員全員の合意のもとに、本論文が博士論文として適切であり、博士の学位に相当するという評価に至った。