

令和 6 年 6 月 15 日現在

機関番号：20101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K19834

研究課題名（和文）骨形態は腱板筋群の作用方向に影響を与え投球障害肩発症のリスク因子となるか？

研究課題名（英文）How does the morphology of the scapula affect the line of action of the rotator cuff muscles and is it a risk factor for developing a throwing shoulder?

研究代表者

戸田 創（Toda, Hajime）

札幌医科大学・保健医療学部・講師

研究者番号：40516580

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：肩甲骨の形態変異は投球障害肩の発症リスクを高める可能性が議論されている。本研究では、肩甲骨骨形態の計測方法の妥当性検証に加え、投球障害肩の既往の有無により肩甲骨の骨形態に違いがあるかを検討した。その結果、既往歴が無い野球選手の肩甲骨関節窩は既往歴が有る野球選手やコントロール群と比較し、retroversionおよびanterior torsionが大きい傾向が認められた。この結果より、「大きな関節窩後傾」や「大きな関節窩前捻」は投球動作で生じる肩関節への力学的ストレスを減少させる適応の一つである可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで肩甲骨骨形態と投球障害肩の発症リスクの関連は十分な知見が確立されていなかった。本研究では「大きな関節窩後傾」や「大きな関節窩前捻」を持つ野球選手が投球障害肩の発症リスクを下げる可能性を示した。研究開始当初の目的である「骨形態に応じた機能的な予防プログラム」につながる知見は示せなかったが、投球動作への適応として重要となる骨形態的特徴が明確になり今後の検討につながる研究となった。

研究成果の概要（英文）：Morphological variations in the scapula have been discussed as potentially correlating with the risk of developing throwing shoulder. In this study, we validated the method of measuring scapular bone morphology and investigated whether differences in scapular bone morphology were associated with a history of throwing shoulder. The results showed that the glenoid of baseball players without a history of shoulder injury tended to have greater retroversion and anterior torsion compared to baseball players with a history of shoulder injury and controls. These findings suggest that greater glenoid retroversion and anterior glenoid torsion may be adaptations to reduce the mechanical loading on the shoulder joint caused by the throwing motion.

研究分野：スポーツ理学療法学

キーワード：骨形態 投球障害肩 肩甲骨 回旋筋腱板 画像解析

1. 研究開始当初の背景

前後方向の関節窩傾斜角に代表される、肩甲骨における骨形態学的特徴は、幅広い個体差が報告されている。これまでの研究では、「関節窩の過度な前傾」が、投球障害肩の発症リスクを高める可能性が示されてきた。しかし、新たな発症・再発予防を目的とした理学療法において、リスク因子とされる骨形態に応じた「機能的な介入」を提案できない現状があった。

このような現状を解決するために、次の学術的問いが重要と考えていた。①投球肢位である肩外転外旋位において、肩関節中間位と同様に、「関節窩の前傾が大きい」と「腱板筋群の作用方向の後方への傾きが小さくなる」のか？②「過度な前傾の関節窩」を持ち「腱板筋群の作用方向の後方への傾きが小さい」野球選手は、投球障害肩の新たな発症ならびに再発のリスクが高まるのか？

2. 研究の目的

研究開始当初は以下の3点を明らかにし、前述の学術的問いを立証することを目的としていた。①健常野球選手の「関節窩傾斜角」と「外転外旋位における腱板筋群の作用方向」に関係があるか。②投球障害肩の既往の有無により、「関節窩傾斜角」および「外転外旋位における腱板筋群の作用方向」に違いがあるか。③「関節窩傾斜角」が、投球障害肩の新たな発症、再発のリスク因子となるかどうか。

しかし、2020年より始まったCOVID-19の流行に伴い、医療機関のMRI機器の使用が困難な状況となった。その後、研究データ収集再開に向け調整を重ねたが、研究期間内にMRI撮影を再開することができなかった。そのため、「肩関節外転外旋位」でのMRI撮影を統計解析に必要なデータ数まで実施することができなかったため、研究目的を下記の2点に変更しデータ解析を進めた。

1. MRI画像から作成した肩甲骨3次元全体形状をCT画像から作成する方法と比較し、その妥当性を検証すること
2. 野球選手における肩甲骨関節窩の骨形態（3平面における関節窩の向き）を投球障害肩の既往の有無で比較すること

3. 研究の方法

(1) 実験1：MRI画像を用いた肩甲骨全体形状解析の妥当性検証 ～相同モデルによる3次元構造解析～

<対象者>

健常男性10名（平均年齢；33歳，範囲：25-49歳）左右20肩を対象とした。胸鎖関節・肩鎖関節・肩甲上腕関節に障害の既往並びに明らかな骨関節の変形が認められるものを除外した。

<測定項目および解析方法>

MRI、CTともに背臥位、上肢体側下垂位、肩関節内外旋中間位で撮影した。撮影したMRI/CT画像のDICOMデータを医用画像解析ソフトMimics (ver.23.0, Materialise, Belgium)に読み込み、肩甲骨の3次元骨モデルを作成した。次に、相同モデル化支援ソフトウェアHBM-Rugle (Medic Engineering, Japan)を使用し、各肩甲骨の相同モデルを作成した。ここで作成した「相同モデル」は、3次元立体形状をポリゴンメッシュで表現した際に、本来個体間では異なる頂点数、頂点番号および面の数を、個体間に対応関係になるようポリゴンメッシュを再構築したものを指す。これにより頂点数に対応関係が生まれ、骨ランドマークに同一の頂点番号が割り当てられるため、個体間の3次元立体形状を比較することが可能となる。(図1)

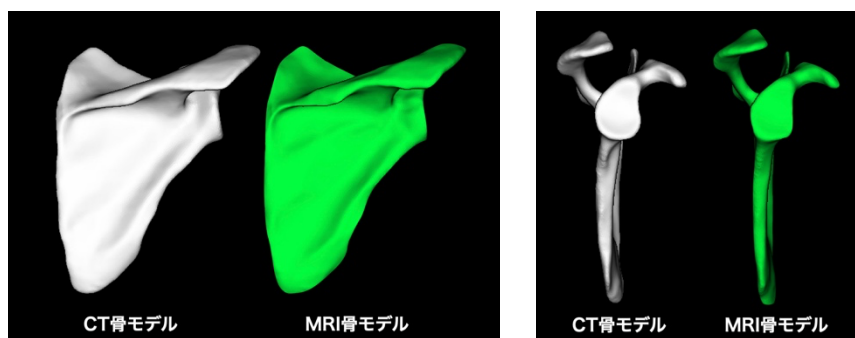


図1：同一個体で作成したCT/MRIの肩甲骨3次元モデル

事前の研究で作成した20～80代の日本人男女473名の肩甲骨相同モデルで実施した主成分分析から得られた固有ベクトルを使用し、MRI画像およびCT画像で作成した各肩甲骨の主成分得点を算出した。この固有ベクトルは現代日本人における普遍的な肩甲骨全体形状のバリエーションを表し、そこから算出される主成分得点は、各個体の全体形状の特徴を表す変数として使用できる。寄与率5%以上の第1から第5主成分(PC1～5)を分析対象とした。両手法で算出した主成分得点を用い、相対妥当性としてICC(3, 1)の算出と、絶対妥当性としてBland-altman分析を行い、系統誤差の有無を検討した。

(2) 実験2：投球障害肩の既往歴がある野球選手における Glenoid version, inclination, torsion の特徴～3次元骨モデルを用いた検討～

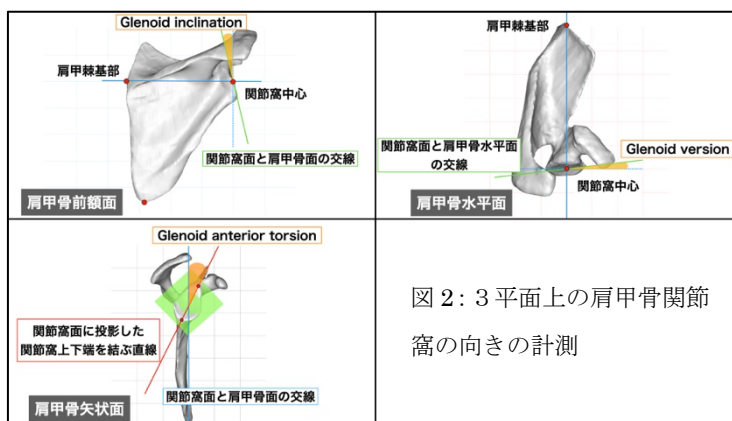
<対象者>

野球選手38名(投球障害肩の既往有り群19名 20.5±1.4歳, 既往無し群19名 19.7±1.1歳)の投球側、およびオーバーヘッドスポーツの経験が無いコントロール群30名(34.6±7.6歳)の利き手側を対象とした。投球障害肩の既往の定義は「過去に1日以上投球時の肩の痛みで練習や試合を休んだことがある」とした。

<測定項目および解析方法>

3T-MRI画像から実験1と同様の方法で作成した肩甲骨3次元構造モデルを用い、Glenoid version (以下GV)、inclination (以下GI)、anterior torsion (以下GT)を計測した(図2)。

統計解析は、既往無し群、既往有り群およびコントロール群の3群を一元配置分散分析で比較した。



4. 研究成果

(1) 実験1：

PC1からPC5が現す全体形状の特徴は下記の通りである。PC1：肩甲骨の縦横比、PC2：肩峰の矢状面上での高さ、PC3：肩峰の前額面での内外側突出、PC4：棘上窩の深さ、PC5：肩峰の水平面での前後突出。

これらPC1からPC5におけるICC(3, 1)は0.872～0.987と全ての主成分で高い相対妥当性を示した。Bland-altman分析の結果、PC1およびPC2で固定誤差を認めた。認められた固定誤差は、MRI画像で作成した肩甲骨の方がCT画像より①頭尾側方向に長く、②肩峰が矢状面上で高い位置に存在する傾向である。全ての主成分においてBland-altman plotの有意な相関関係は認められず比例誤差が無いことが示された。

MRI画像で作成した肩甲骨全体形状は、CT画像と比較し頭尾側方向への一定の歪みを認めるが、高い相対妥当性を認めた。そのため、MRI画像単独で行う研究シリーズであれば、肩甲骨の全体形状解析を実施可能と考える。

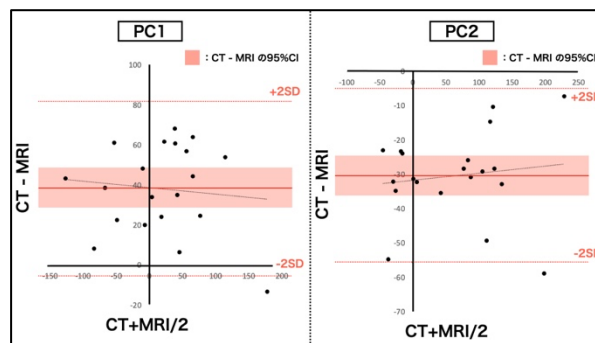


図3：主成分1, 2におけるBland-altman plot

(2) 実験 2 :

GV は既往無し群 $6.6 \pm 5.1^\circ$, 既往有り群 $3.9 \pm 5.2^\circ$, コントロール群 $0.9 \pm 4.5^\circ$ と 3 群間で有意差を認め ($p < 0.001$)、群間比較では既往無し群がコントロール群よりも retroversion が有意に大きいことが示された。GT でも既往無し群 $24.4 \pm 7.2^\circ$, 既往有り群 $18.6 \pm 4.7^\circ$, コントロール群 $20.1 \pm 6.5^\circ$ となり 3 群間で有意差を認め ($p = 0.014$)、群間比較では既往無し群が既往有り群よりも anterior torsion が有意に大きいことが示された。GI は 3 群間に有意な差は認められなかった。(表 1, 図 3)

投球障害肩の既往歴が無い野球選手の肩甲骨関節窩は既往歴が有る野球選手やコントロール群と比較し、retroversion および anterior torsion が大きい傾向が認められた。一方、既往歴が有る野球選手はコントロール群と同じ特徴の肩甲骨関節窩を持つことが示された。したがって、大きな retroversion および anterior torsion は投球動作で生じる肩関節への力学的ストレスを減少させる適応の一つであることが推察された。

<結論>

本研究の実験 2 も含め、これまで肩甲骨の骨形態学的特徴が投球障害肩の発症リスクに及ぼす影響を検討してきた報告の全ては、肩甲骨の「部分的な骨形態」に着目して進められてきた。本研究の実験 1 で用いている、3 次元形状データの標準化手法である相同モデルは、「部分的な骨形態」ではなく「全体形状の特徴」を定量化する方法である。実験 1 の結果より、肩甲骨の 3 次元全体形状は被曝侵襲のない MRI 画像でも正確な評価が可能であることを確かめることができおり、野球選手を対象とした研究でも安全に研究を実施できる。

実験 2 の結果より投球動作で生じる肩関節への力学的ストレスを減少させる適応であることが示唆された「大きい glenoid retroversion」は投球時に腕を後方へ引くことに有利な骨形態として解釈されている。一方、「大きい glenoid anterior torsion」は腕を後方へ引くには不利な形態と考えられており、先行研究で説明されてきた投球障害肩の発生メカニズムでは説明が難しく、新たな視点でメカニズムを考察する必要があると考えている。そのため、今後は相同モデルを用いた肩甲骨の全体形状解析で、本研究で得られた新たな学術的問いを明らかにしていく研究を進めていく必要があると考えている。

	n	inclination 正：上方傾斜 負：下方傾斜	version 正：後傾 負：前傾	Anterior torsion 正：前捻 負：後捻
既往無し	19	7.02 ± 5.29	6.61 ± 5.01	24.42 ± 7.18
既往有り	19	6.67 ± 3.73	3.91 ± 5.21	18.56 ± 4.72
コントロール	30	8.1 ± 5.17	0.88 ± 4.48	20.1 ± 6.48
ANOVA		F = 0.59 p = 0.56	F = 8.31 p < 0.01	F = 4.57 p = 0.01

表 1 : 関節窩の向き の 群間比較

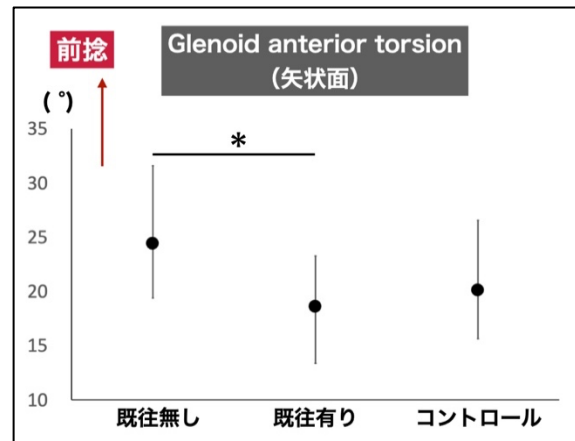
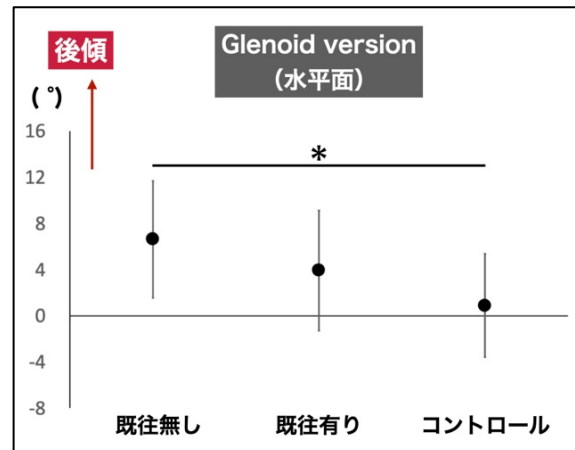


図 4 : 関節窩の向き の 群間比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 戸田創、今村壘、片寄正樹
2. 発表標題 投球障害肩の既往歴がある野球選手におけるGlenoid version, inclination, torsionの特徴-3次元骨モデルを用いた検討-
3. 学会等名 第49回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸田創、時田諒、菅野洋平、今村壘、芝山雄二、片寄正樹
2. 発表標題 MRI画像を用いた肩甲骨全体形状解析の妥当性-相同モデルによる3次元構造解析-
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------