

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：32409

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350775

研究課題名(和文) 追従式3次元形状解析法による肩甲骨腕リズムから投球疲労度を推定できるか？

研究課題名(英文) Can scapulo-humeral rhythm analyzed by three-dimensional tracking method estimate fatigue in pitchers ?

研究代表者

乙戸 崇寛 (OTSUDO, Takahiro)

埼玉医科大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：00562943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：3-Dデジタイザー法による投球後の肩甲骨位置測定の有用性を明らかにすることを目的とした。大学野球部に所属する男性8名を対象とし、肩関節屈曲時における投球側肩甲骨の1)上方・下方回旋、2)外・内旋、3)前・後傾、4)外・内転、5)挙上・下制の位置を肩甲骨、胸骨、胸椎棘突起の3次元座標から算出し、投球直前と投球直後、投球後1日、2日、3日で比較した。投球直後では肩関節屈曲150°で有意に下方回旋し、投球後1日、2日、3日では肩関節屈曲60°で有意に前傾した。3-Dデジタイザー法により投球後の肩甲骨位置変化を解析できることが示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify the utility of a 3-D digitization method in assessing the scapular position following pitching. Eight male collegiate baseball players participated in this study. Three-dimensional coordinates of the scapular, sternum, and thoracic spinous processes, were analyzed to determine the following scapular orientation; 1)upward/downward rotation, 2)external/internal rotation, 3)anterior/posterior tilting, 4)abduction/adduction, 5)elevation/depression at shoulder flexion. The scapular position was evaluated prior to pitching, just after pitching, as well as 1, 2, and 3 days after pitching. The results indicate that the scapular is rotated significantly downward after 0 days with the shoulder at 150° flexion, and tilted significantly anteriorly after 1, 2 and 3 days at 60° shoulder flexion compared to pre-pitching. These results suggest that the 3D-digitizer method may be a useful tool to analyze the effects of pitching on scapula orientation.

研究分野：理学療法学

キーワード：3-Dデジタイザー 肩甲骨位置 投球

## 1. 研究開始当初の背景

投球障害とは、上肢を局所的に多用する投球動作で発生する肩・肘・手の障害であり(信原、2001)、特に障害を受けやすい動作は加速期(Acceleration期)と減速期(follow through期)である。特に減速期では、加速期に生じた投球方向への回転モーメントを肩関節後方組織で分散させながら減少させるため、肩関節後方組織の障害が発生しやすい(伊藤、2010)。減速期で発生する肩関節後方部への前方牽引力に対して、腱板が上腕骨を関節窩に引きつけて肩甲上腕関節を安定させる。この場合、腱板は前方牽引力に応じて収縮強度を調節しながら遠心性収縮を行っている。結果として、投球動作ではこの反復により腱板(筋)が短縮すると報告されている(Michael、2008)。投球動作を高頻度で行う野球選手(投手)の肩甲骨は、コントロール群と比較して有意に上方回旋位、内旋位であり(Joseph、2005)、この肩甲骨位置の変化は、減速期における肩甲骨の運動方向と同じであることから、投球動作に伴う肩関節周囲筋の疲労により肩甲骨の位置変化が生じると推測できる。

このように、投球後に生じる肩甲骨の位置変化は、肩甲骨周囲筋の遠心性収縮により生じた疲労症状の残存と考え、肩甲上腕関節の運動に伴う肩甲骨の位置変化、すなわち肩甲上腕リズムの変化から肩甲骨周囲筋の疲労回復度が推測出来るのではないかと考えた。

## 2. 研究の目的

投球前後の肩甲上腕リズムについて、正確かつ短時間で測定する方法を開発するため、本研究では以下の2点について検証した。

- (1)3-D デジタイザー法による肩関節屈曲運動に伴う肩甲上腕リズムの測定信頼性について。
- (2)上記の方法により測定した投球前、及び直後、1日後、2日後、3日後の肩甲上腕リ

ズムの変化と主観的疲労度との関連性より、投球疲労回復度の推定が可能であるかについて。

## 3. 研究の方法

上肢に整形外科的疾患の既往がなく、現在も上肢及び下肢に整形外科的疾患を有さない本学野球部に所属する8名を対象とした。対象者の身体特性は、年齢:21.5±1.2[歳]、身長:172.5±9.4[cm]、体重:64.4±8.7[kg]、競技歴:6.9±3.4[年](全て平均±標準偏差)であった。8名全員が右投げのため、右側の肩甲骨を測定対象とした。全ての対象者に本研究の目的、内容、危険性について十分説明を行い、書面にて同意を得た。本研究は埼玉医科大学保健医療学部倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号101)。

対象者は投球課題開始前に十分なウォーミングアップを行った後、投球距離(18.44m)を60球(球種はストレートのみ)全力投球させた。投球間隔は30秒間とし、毎回測定者が投球開始の合図を行った。球速を測定するためスピードガン(SR3600、Sports Radar社製)をホームベースの後端から4m後方かつ床より1m上方の三脚上に設置し、球速を1球ごとに対象者へフィードバックして球速を維持するように対象者へ声かけを行った。

測定用固定フレーム(Tactix™ Steel shelving Unit)上での座位とし、頭部と骨盤を非伸縮性ベルトでフレームと固定した。投球側の肩関節屈曲0°、30°、60°、90°、120°、150°で自動保持させるため、ホワイトボードとテープを用いて角度表示板を作成し、デジタル傾斜計(デジレベルコンパクトDGL-C)で水平位置が位置表示板の90°と一致するように設置した。対象者には上肢をホワイトボードに示された線に合わせて保持するように指示した。測定順序は0°、30°、60°、90°、120°、150°の順に統一した。

肩甲骨位置の測定は、投球課題直前、

投球課題直後、投球後1日、投球後2日、

投球後3日の計5回とした。(a)胸骨柄の頸切痕、(b)第1胸椎棘突起、(c)第3胸椎棘突起、(d)肩甲棘三角の内側端、(e)肩甲骨の下角、(f)肩峰の前外側端、の計6箇所を3次元座標(x, y, z)を肩甲骨位置の測定指標とした。本研究で工夫した点は、肩関節屈曲により体幹位置が変化することを想定し、移動座標系として身体内矢状面((a)、(b)、(c)により構成される平面)を設定したことである。つまり、身体内矢状面に対する肩甲骨面((d)、(e)、(f)により構成される平面)の相対位置を算出することにより、測定時に胸腰部を固定するための大きな器具を使用せずに測定誤差を最小限度に抑制することができるのではないかと考えた。さらに測定精度を向上させるため、超音波画像診断装置(Prosound 6、ALOKA社製)による超音波画像と触診法を併用しながら測定指標を同定した。

測定指標の3次元座標を得るため、3-D デジタイザー(MicroScribe G2X、Revware社製)を使用し、前述した6箇所の測定指標の3次元座標を測定後、3-D モデリングソフトウェア(Rhinoceros Ver5.0、Robert McNeel社製)で3次元画像化した上で、肩甲骨の上方回旋・下方回旋、外旋・内旋、前傾・後傾、外転・内転、挙上・下制の位置を各々算出した(図1)。肩甲骨位置の算出方法は、上方回旋・下方回旋では、胸椎((b)と(c)を結ぶ直線ベクトル)に対する肩甲骨内側縁((d)と(e)を結ぶ直線ベクトル)とのなす角度とした。外旋・内旋では、身体内矢状面((a)、(b)、(c)により構成される平面)に直交する平面(身体内前額面)に対する肩甲骨面((d)、(e)、(f)により構成される平面)とのなす角度とした。前傾・後傾では、胸椎((b)と(c)を結ぶ直線ベクトル)に対する肩甲骨面((d)、(e)、(f)により構成される平面)とのなす角度とした。外転・内転では、(c)第

3胸椎棘突起と(d)肩甲棘三角の内側端を結ぶ直線距離[mm]とした。挙上・下制では、胸椎((b)と(c)を結ぶ直線ベクトル)に対する鎖骨((a)と(f)を結ぶ直線ベクトル)とのなす角度とし、胸椎((b)と(c)を結ぶ直線ベクトル)と直交する線を0°として算出した。

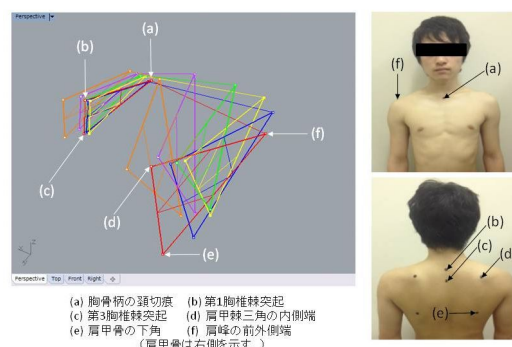


図1 3-D デジタイザーにより測定した指標(右)と作成した画像(左)

赤：肩関節0° 青：肩関節30° 黄：肩関節60° 緑：肩関節90° 紫：肩関節120° 橙：肩関節150°

なお、肩甲骨位置の測定で使用した3-D デジタイザー法の測定信頼性を検証するため、予め対象者8名に対して本研究2名が左肩関節屈曲0°、30°、60°、90°、120°、150°各々の肩甲骨位置を解析した後、検者間信頼性(ICC2.1)、95%信頼区間(95%CI)および測定の標準誤差(SEM)を算出した。SEMは以下の公式より求めた。

$$\text{SEM (Standard Error of Measurement)} = \text{SD}(d) \times (1 - \text{ICC})^{1/2}$$

\* SD(d)は検者間測定値差の標準偏差

投球前後の肩甲骨位置の比較については、肩甲骨位置(角度、距離)を従属変数、測定日を独立変数とし、正規性を確認後、反復測定分散分析またはFriedman検定を各肩関節屈曲条件で実施した。事後検定として、パラメトリックの場合はDunnettの検定、ノンパラメトリックの場合はSteelの検定を実施し

た。主観的疲労度の比較では Steel-Dwass 検定を実施した。有意水準は 5%未満とした。

#### 4. 研究成果

(1) 3-D デジタイザー法による肩関節屈曲運動に伴う肩甲骨位置の測定信頼性については、上方回旋・下方回旋の平均 ICC(2.1)、95%CI、SEM は、0.95、0.99-0.75、0.68[°]、外旋・内旋の平均 ICC(2.1)、95%CI、SEM は、0.99、0.99-0.92、0.16[°]、前傾・後傾の平均 ICC(2.1)、95%CI、SEM は、0.95、0.99-0.73、0.3[°]、外転・内転の平均 ICC(2.1)、95%CI、SEM は、0.89、0.97-0.82、2.23[mm]、挙上・下制の平均 ICC(2.1)、95%CI、SEM は、0.97、0.99-0.84、0.22[°]であった。このように、ICC(2.1)、95%信頼区間、測定の標準誤差のいずれの指標も信頼性は良好であった。今回の超音波画像と触診法の併用により得られた SEM の結果より絶対誤差が 1° 未満であったことが示されたため、測定誤差を最小限度に抑えることができたのではないかと考えた。

(2) 3-D デジタイザー法により測定した投球前、及び直後、1 日後、2 日後、3 日後の肩甲骨位置の変化については、投球前と比較して投球直後の肩甲骨位置は肩関節屈曲 150° において有意に下方回旋した(図 2)。

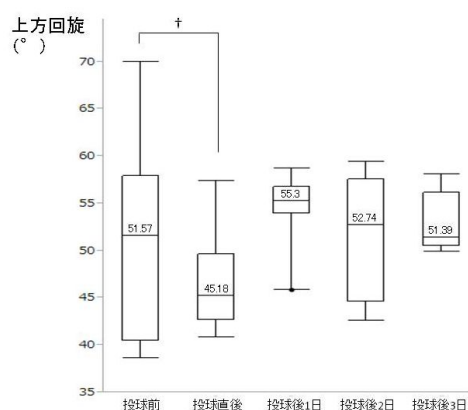


図 2 上方回旋・下方回旋の変化(肩関節屈曲 150°)

- ・ 数値は中央値を示す。
- ・ 上方回旋を正，下方回旋を負として測定し

た。

- ・ 事後検定は Steel の検定を実施した。
- ・ † P<0.05

また、投球後 1 日、2 日および 3 日では肩関節屈曲 60° において有意に前傾した(図 3)。

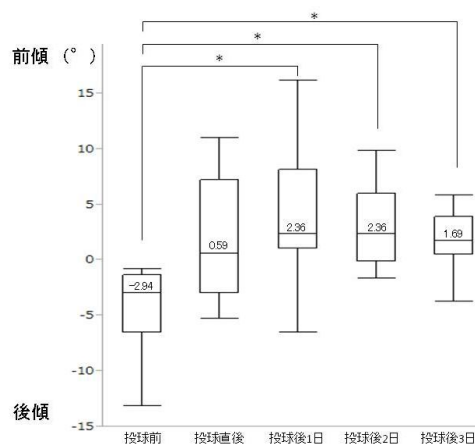


図 3 前傾・後傾の変化(肩関節屈曲 60°)

- ・ 数値は中央値を示す。
- ・ 上方回旋を正，下方回旋を負として測定した。
- ・ 事後検定は Steel の検定を実施した。
- ・ † P<0.05

しかし、その他の肩甲骨位置に有意な変化はなかった。

光学式動作解析法(Laser-optical digitalization method)を用いた過去の報告では、肩関節屈曲 120° での肩甲骨の後傾が -0.1° (0.1° の前傾)であった。傾斜計と磁気式 3 次元位置測定法を比較した報告では、肩関節屈曲 120° において傾斜計で測定した肩甲骨の後傾が 20.06°、磁気式 3 次元位置測定法で測定した後傾が 12.73° であった。これに対して本研究では、同じ肩関節屈曲 120° の場合は -5.29° (5.29° の前傾)であり、本研究では後傾が小さい(前傾が大きい)結果となった。一方、今回の測定方法と同じ 3-D デジタイザー法で測定した過去の報告によると、肩関節屈曲 90° の上方回旋が 22.8°、後傾が 0.6° であったのに対し、本

研究では上方回旋が 27.49°、後傾が 0.38°であり、上方回旋、後傾ともに近似した値となった。以上より、3-D デジタイザー法は他の肩甲骨位置測定法と比較して、後傾が小さく評価される傾向があること、また超音波画像と触診法を組み合わせることで測定信頼性を向上させることが可能であることが特徴であり、これらの点を考慮しながら投球後の肩甲骨位置の変化を評価することは十分可能である事が示された。

(3) 投球前後の肩関節周囲の主観的疲労度の変化については、投球 10 球後と比較して投球 50 球後および 60 球後で有意に増加した。また、投球 20 球後と比較して投球 60 球後で有意に増加した。投球課題後では、投球直後と比較して投球後 3 日で有意に減少しており、また投球後 1 日と比較して投球後 3 日で有意に減少していた (表 1)。

表1 肩関節周囲の主観的疲労度 (CR-10) の変化 n=8

10球後	20球後	30球後	40球後	50球後	60球後	投球後1日	投球後2日	投球後3日
2.1 ± 1.2	2.9 ± 1.4	3.6 ± 1.2	4.5 ± 1.2	5.4 ± 1.1	6.0 ± 1.6	4.4 ± 1.8	3.3 ± 1.9	1.4 ± 1.6

一元配置分散分析後、事後検計にはSteel-Dwass検定を実施した。  
 数値は主観的疲労度(CR-10)の平均±標準偏差を示す。  
 \*P<0.05

以上より、3-D デジタイザー法による肩関節屈曲運動に伴う肩甲骨位置の測定信頼性を検証した結果、信頼性は高く、投球前後の肩甲骨位置の解析に利用できることが示された。一方、投球前後の主観的疲労度と肩甲骨位置の変化については関連性が見られなかった。

今回は、3-D デジタイザー法を他の肩甲骨位置測定法と直接比較していないため詳細な精度については不明であること、また肩甲骨周囲の筋活動について測定していないため、投球後に生じた肩甲骨周囲筋の筋活動変化と肩甲骨位置との関連性については不明であることが本研究の限界である。

## 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 1 件)

乙戸崇寛、赤坂清和 3D デジタイザーによる骨模型の肩甲骨角度の測定信頼性 理学療法科学 Vol.29 No.6 2014、905-909  
 DOI: <http://doi.org/10.1589/rika.29.905>

〔学会発表〕(計 3 件)

乙戸崇寛、服部寛、福多佑貴、赤坂清和 3D デジタイザーによる肩甲骨角度の測定信頼性 第 51 回日本理学療法学会大会 (分科学会名: 日本運動器理学療法学会) 2016.5.28 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市)

Otsudo T、Fukuta Y、Akasaka K、Sawada Y、Okubo Y The analysis of gleno-humeral rhythm after repetitive throwing by 3D digitizer 20th Annual Congress of the European College of Sport Science Malmo 2015.6.24 Malmo(Sweden)

乙戸崇寛、澤田 豊、大久保 雄、赤坂清和 3D Microscribe®による肩甲骨位置の測定信頼性 - 骨模型を用いた検者内・検者間信頼性の比較 第 69 回理学療法科学学会学術大会 2014.4.20 埼玉医科大学かわごえクリニック (埼玉県川越市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
 出願状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

なし

6．研究組織

(1)研究代表者

乙戸 崇寛(OTSUDO, Takahiro)

埼玉医科大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：00562943

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：