

3-D デジタイザー法による 投球後の肩甲骨位置測定を試み

A trial of post-pitching scapular position measurement by the 3-D digitization method

乙戸崇寛*^{1,2}, 赤坂清和*^{1,2}, 陶山哲夫*³

キー・ワード : 3-D digitization method, scapular position, pitching
3-D デジタイザー法, 肩甲骨位置, 投球

〔要旨〕 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あき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 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° 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。

はじめに

投手における肩関節障害の発症頻度は他のポジション選手よりも高く¹⁾、投球側の肩甲骨位置は非投球側と比較して前傾、下方回旋であると報告されている^{2~4)}。この肩甲骨位置の変化は投球時における肩峰下インピンジメントの発生要因となる⁵⁾ことから、投球後の肩甲骨位置の変化を正確に評価し、これを修正することは投球肩障害を予防するために重要であると考えられる。

肩甲骨位置を評価する方法の中で、主にスポーツ現場で用いられるものは、(1)背臥位で肩峰後部とベッド間の距離を測定して前傾・後傾を評価する方法、(2)肩甲骨内側縁と後正中線(胸椎棘突起)との間の距離をテープメジャー^{6,7)}やノギス⁸⁾で測定して上方回旋・下方回旋、および外転・内転を評価する方法、(3)肩甲骨の水平角度を傾斜計で測定して上方回旋・下方回旋を評価する方法⁹⁾、(4)肩甲骨三角と下角の 2 点に傾斜計をあわせ、鉛直

方向を基準として前傾・後傾を評価する方法^{10,11)}がある。これらの方法は、短時間で簡単に測定できることからスポーツ現場では大変有用である¹²⁾。しかし、これらの欠点として、(1)は背臥位で行うために被験者が測定中に肩甲骨位置を内転方向へ修正してしまう傾向がみられ、かつ肩甲骨にかかる重力の影響から前傾・後傾の変化を捉えにくい¹³⁾こと、(2)は肩甲骨が外転した場合は同時に内旋も生じており、このような肩甲骨位置の複合変化を十分捉えられないこと¹⁴⁾、(3)および(4)は測定空間の矢状面または前額面が水平計で測定した肩甲骨位置の基準(0°)となるため、測定結果が脊椎の彎曲に左右されやすいこと¹¹⁾が指摘されている。

一方、スポーツ現場ではなく実験環境で行われる一般的な肩甲骨位置の測定方法に電磁式 3 次元位置測定法 (Electromagnetic tracking system) がある。この方法を用いて投球前後の肩甲骨位置の比較を行った Pellegrini ら¹⁵⁾によると、60 球の投球後に肩甲骨位置が変化したものは 84.5% であり、その中で 24 時間後も元の位置へ戻らなかったものが 46% 存在していたと報告している。また、Oyama ら²⁾は、野球やバレーボールなど競技中に

*1 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科

*2 埼玉医科大学大学院医学研究科理学療法学分野

*3 日本リハビリテーション専門学校

上肢を挙上する頻度が高い選手 (overhead athletes) の肩甲骨位置の対称性を比較した結果, 利き手側の肩甲骨位置は有意に内旋, 前傾していたと報告している. このように, 電磁式 3 次元位置測定法はこれまでスポーツ選手の肩甲骨位置の解析に用いられているが, 胸椎の前屈, および肩関節運動時に皮下を移動する肩甲骨位置については直接測定していないため, 実際の肩甲骨位置との誤差が大きいと指摘する報告^{16,17)}も散見される. 例えば, 生体の肩甲骨に直接測定機器をピンで固定した方法と電磁式 3 次元位置測定法を比較した研究¹⁷⁾によると, 特に肩甲骨の前傾・後傾で測定値の差が大きく, その範囲は 9°~31°であったと報告されている.

以上より, 投球肩障害の予防を目的として投球前後の肩甲骨位置の変化を正確かつ短時間に評価しようとする場合, これまでスポーツ現場で行われている方法, あるいは実験環境で行われている方法のどちらにも検討すべき点が存在する.

そこで, 肩甲骨位置の測定法として一般的ではないが, 多関節型機械的接触式 3 次元座標測定機を用いて身体位置の 3 次元座標を測定し, 専用ソフトでアライメントを解析する 3-D デジタイザー法は, 測定の点精度が 0.23mm であり¹⁸⁾, かつ短時間で非侵襲的に測定が可能であることからスポーツ現場における投球前後の肩甲骨位置の測定に適しているのではないかと考えた. これまでの研究でも, 3-D デジタイザー法は胸椎に対する肩甲骨の相対位置を求めることが可能¹⁹⁾とされ, Kebaetse ら²⁰⁾は肩関節屈曲時では胸椎前屈の増加に伴い, 肩甲骨の上方回旋と後傾が減少することを 3-D デジタイザー法であきらかにした. しかし, これまでに投球前後の肩甲骨位置を 3-D デジタイザー法で解析した報告はみられない.

本研究の目的は, 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についてあきらかにすることである.

対象および方法

1. 対象

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 名全員が右投げであったため, 右側の肩甲骨を対象とした. 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).

2. 投球課題

投球動作の反復に伴うマウンド形状の変化や, 気温, 風向きなど投球動作に影響を及ぼす環境条件を最小限にするため, 体育館内で投球課題を実施した. 投球用ボールは準硬式球 (143.0g) を使用した. 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, Pellegrini ら¹⁵⁾の研究と同様, 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 (SR 3600, 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ル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. 捕球者は 6 年間以上の野球経験者が行い, ストライクまたはボールを判定し, 対象者にできるだけストライクとなる投球を行うよう指示した. 投球開始 1 球目から 5 球目の平均球速を基準球速とし, 6 球目以降より球速が基準球速の 70% を下回った場合は投球数に含めず, その分を追加することとした.

3. 測定肢位

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. 肩関節屈曲 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° で自動保持させるため, Prinold らの研究²¹⁾を参考に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 (デジタルレベルコンパクト 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 (図 1). 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.

4. 肩甲骨位置の解析方法

肩甲骨位置の測定は, ①投球課題直前, ②投球課題直後, ③投球後 1 日, ④投球後 2 日, ⑤投球後 3 日の計 5 回とした. Kebaetse ら²⁰⁾の方法を参考に, (a) 胸骨柄の頸切痕, (b) 第 1 胸椎棘突起,

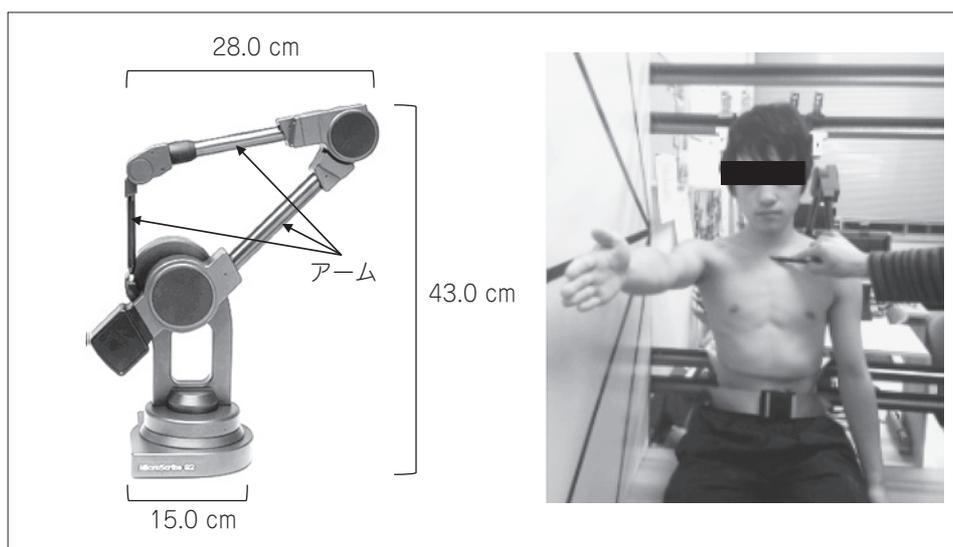


図1 3D デジタイザー (左) と測定肢位 (右)

- ・3D デジタイザーには3つのアームがあり、全アーム長 (1.27m) を半径とする空間の3次元座標を測定することが可能である。また、重量が3.6 kg であり持ち運びが容易である (左)。
- ・肩甲骨位置の測定では、肩関節屈曲 0° , 30° , 60° , 90° , 120° , 150° で保持するため、ホワイトボードとテープを用いて角度表示板を作成し、測定上肢側に設置した。測定時は、上腕をホワイトボードに示した線に合わせるように指示した (右)。

(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箇所の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、Kebaetse ら²⁰⁾の研究では対象者が測定時に着席する椅子の位置を固定座標系として肩甲骨位置と胸椎角度を算出しているが、本研究で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肩甲骨位置の測定誤差を最小限度に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 (図2)。

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) を使用した (図1)。前述した6箇所の測定指標の3次元座標を3-D デジタイザーで測定後、3-D モデリングソフトウェア (Rhinoceros Ver5.0, Robert McNeel 社製) を用いて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3)。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、Nijs ら¹²⁾の方法を参考に (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° とした。上方回旋を正, 下方回旋を負, 外旋を正, 内旋を負, 前傾を正, 後傾を負, 挙上を正, 下制を負として算出した。

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名が左側肩関節屈曲

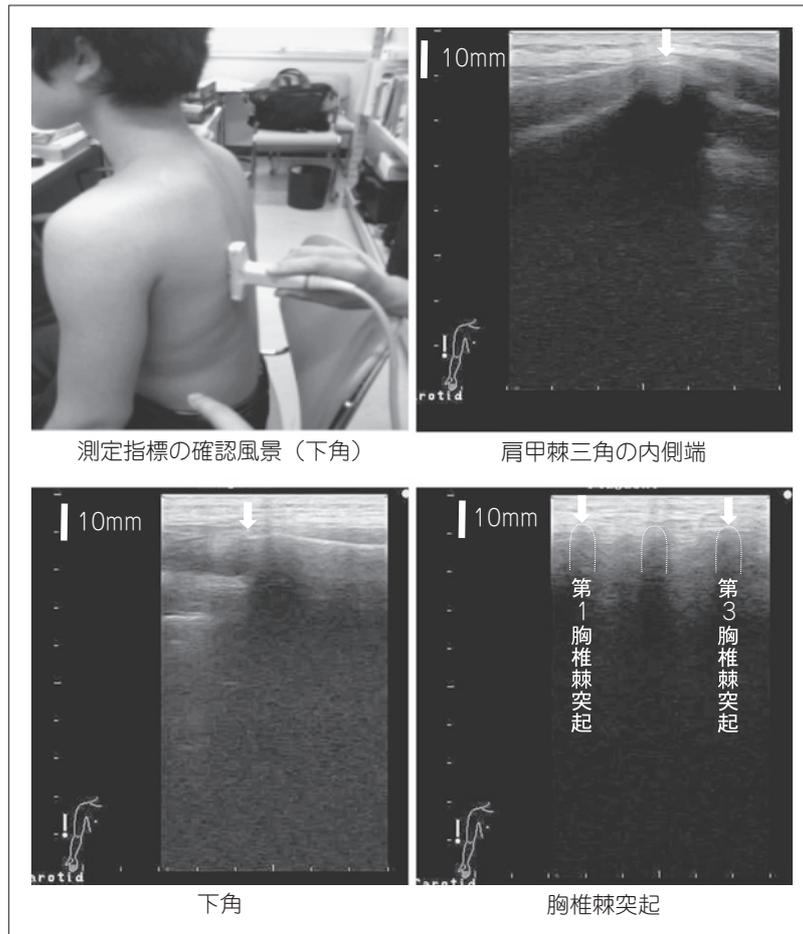


図2 測定指標の超音波画像例
・矢印は各指標の位置を示す。

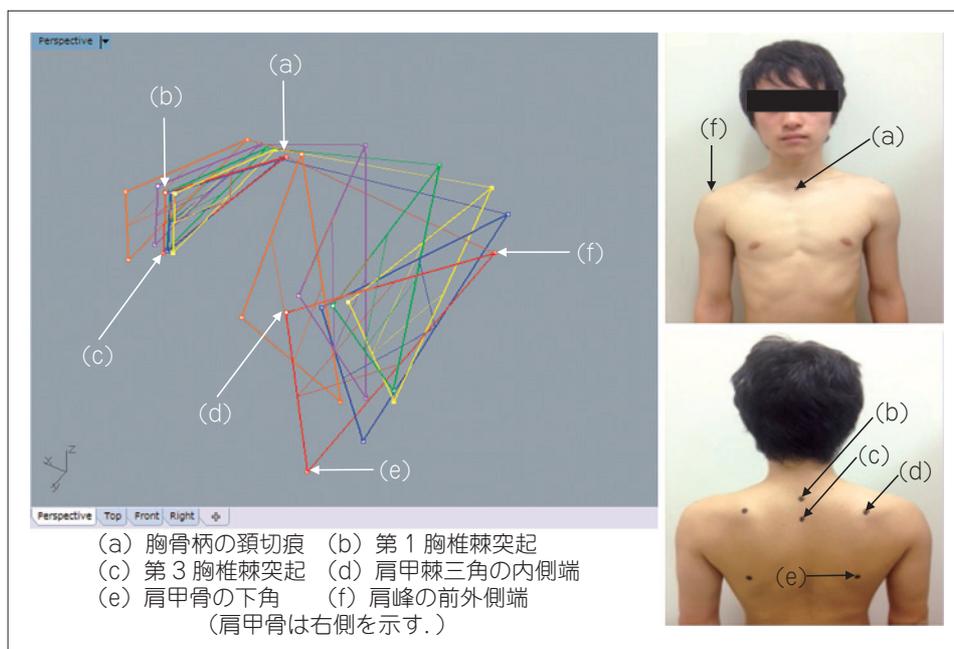


図3 3-D デジタイザーにより測定した指標 (右) と作成した画像 (左)
赤：肩関節 0° 青：肩関節 30° 黄：肩関節 60° 緑：肩関節 90°
紫：肩関節 120° 橙：肩関節 150°

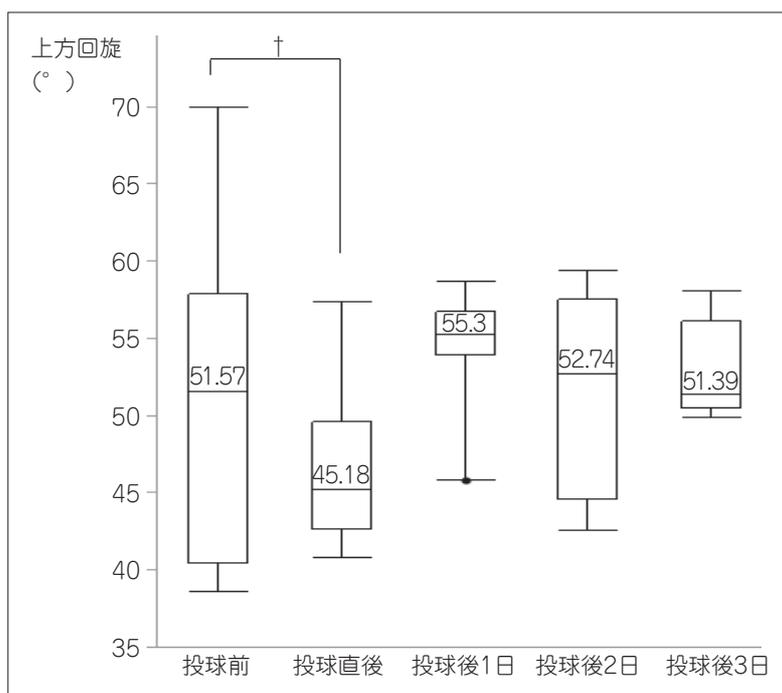


図4 上方回旋・下方回旋の変化（肩関節屈曲 150°）

- ・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

0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° 各々の左肩甲骨位置を各々算出した。

5. 統計処理

統計ソフトは SPSS Statistics Ver.18 (IBM 社製) を使用した。3-D デジタイザー法による肩甲骨位置の測定信頼性の検証については、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。

SEM (Standard Error of Measurement)

$$=SD(d) \times (1-ICC)^{1/2}$$

*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。有意水準は 5% 未満とした。

結果

1. 投球課題の球速とコントロール

対象者 8 名の投球数は全員が 60 球であり, 投球数の追加を行ったものはなかった。最大球速 (平均 ± 標準偏差) は 110.3 ± 5.8 [km/h], ストライク数 (平均 ± 標準偏差) は 26.4 ± 6.4 [回] (約 44%) であった。

2. 3-D デジタイザー法による肩甲骨位置測定の検者間信頼性

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 [°] であった (以下, 同様に平均の ICC (2.1), 95%CI, SEM の順に表記する)。外旋・内旋は, 0.99, 0.99-0.92, 0.16 [°], 前傾・後傾は, 0.95, 0.99-0.73, 0.3 [°], 外転・内転は, 0.89, 0.97-0.82, 2.23 [mm], 挙上・下制は, 0.97, 0.99-0.84, 0.22 [°] であった。

3. 投球後の肩甲骨位置の変化

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 4)。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 5)。その他の肩甲骨位置に有意な変化はなかった (表 1)。

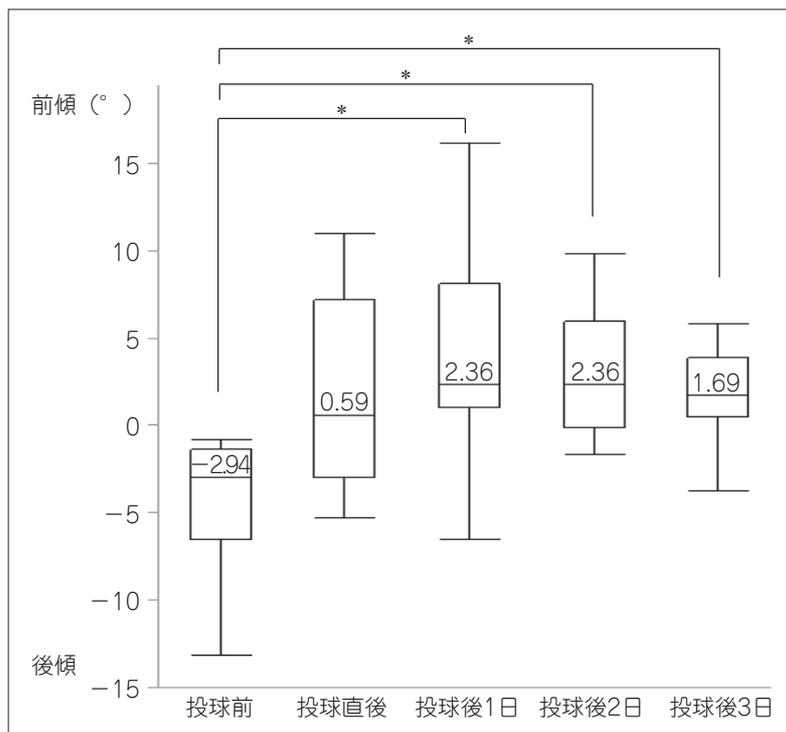


図5 前傾・後傾の変化(肩関節屈曲60°)
 ・数値は中央値を示す。
 ・前傾を正、後傾を負として測定した。
 ・事後検定は Steel の検定を実施した。*P<0.05

考 察

1. 3-D デジタイザー法による投球後の肩甲骨位置測定の特徴

投球前後の肩甲骨位置を測定する場合、Pellegrini ら¹⁵⁾ は肩関節外転と屈曲の両方を行わせて肩甲骨位置を測定している。本研究では、肩関節の屈曲のみを行わせて肩甲骨位置を測定した。その理由は、対象者自身が頭頸部を動かすことなく、側面に設置したホワイトボードの表示線と屈曲した上腕が一致するように肩関節角度を保持する必要があったためである(図1, 右)。この場合、上肢を肩甲骨面や外転方向に挙上する方よりも肩甲骨の上方回旋が小さく後傾が大きくなる¹⁷⁾ ため、この違いについては考慮する必要があるが、肩甲骨上腕リズムの影響は小さい¹⁷⁾ と報告されていることから、本研究で実施した肩関節屈曲方向の上肢挙上により肩甲骨位置を測定する方法でも比較することは可能であると考えた。

3-D デジタイザー法による肩甲骨位置測定の信頼性については、結果2で示したように ICC (2.1), 95% 信頼区間, 測定の標準誤差いずれの値

も良好であった。一般的に肩甲骨の触診誤差は約2°生じる可能性がある²²⁾ との報告を基準とした場合、今回の超音波画像と触診法の併用により得られた SEM の結果は絶対誤差が1°未満であったことを示していることから、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。

以上の点を踏まえて、3-D デジタイザー法による投球後の肩甲骨位置測定の特徴について考察する。光学式動作解析法(Laser-optical digitalization method)を用いた Andel ら²³⁾ の結果では、肩関節屈曲120°での肩甲骨の後傾が-0.1°(0.1°の前傾)であり、傾斜計と電磁式3次元位置測定法を比較した Scibek ら¹¹⁾ の結果では、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°、電磁式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、3-D デジタイザー法で測定した Kebaetse ら²⁰⁾ の結果は、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

表1 3D デジタイザー法による投球前後の肩甲骨位置

投球前	肩関節 0°	肩関節 30°	肩関節 60°	肩関節 90°	肩関節 120°	肩関節 150°
上方回旋・下方回旋 [°]	9.01 (3.65)	14.41 (5.48)	11.58 (8.83)	27.49 (10.07)	42.77 (9.63)	51.57 (10.6) †1
外旋・内旋 [°]	47.04 (3.65)	45.63 (3.51)	51.23 (4.23)	53.44 (7.45)	50.69 (6.85)	47.47 (8.33)
前傾・後傾 [°]	-2.4 (3.23)	-6.8 (4.13)	-2.94 (4.15)*1	0.38 (8.45)	-5.29 (4.86)	-3.36 (3.7)
外転・内転 [mm]	98.35 (6.3)	94.89 (8.99)	106.04 (7.64)	108.87 (9.85)	100.57 (9.3)	92.8 (8.6)
拳上・下制 [°]	2.27 (8.56)	4.34 (7.94)	4.05 (8.61)	13.92 (12.19)	20.61 (2.48)	20.41 (2.63)

投球直後	肩関節 0°	肩関節 30°	肩関節 60°	肩関節 90°	肩関節 120°	肩関節 150°
上方回旋・下方回旋 [°]	9.54 (4.11)	12.65 (8.22)	17.65 (6.09)	27.41 (6.3)	38.68 (4.47)	45.18 (5.36) †2
外旋・内旋 [°]	46.33 (4.83)	49.97 (5.96)	56.74 (7.71)	56.14 (10.84)	52.01 (8.53)	41.72 (6.81)
前傾・後傾 [°]	-1.77 (4.34)	-3.47 (4.5)	0.59 (5.75)	-2.81 (4.44)	-8.02 (5.05)	-2.88 (4.67)
外転・内転 [mm]	91.11 (5.43)	94.93 (12.73)	109.32 (9.94)	102.04 (12.33)	96.47 (11.9)	88.92 (13.8)
拳上・下制 [°]	2.07 (4.39)	5.74 (4.17)	8.28 (6.64)	12.38 (4.16)	18.89 (3.8)	20.66 (4.51)

投球後1日	肩関節 0°	肩関節 30°	肩関節 60°	肩関節 90°	肩関節 120°	肩関節 150°
上方回旋・下方回旋 [°]	11.72 (4.36)	20.38 (7.11)	17.87 (7.88)	33.11 (5.23)	48.11 (4.45)	55.3 (3.85)
外旋・内旋 [°]	48.1 (5.75)	51.06 (7.06)	53.9 (7.92)	54.28 (8.59)	49.01 (11.93)	48.8 (9.06)
前傾・後傾 [°]	0.07 (5.64)	1.22 (6.13)	2.36 (6.68)*2	-8.6 (4.58)	-9.17 (5.45)	-5.21 (3.93)
外転・内転 [mm]	95.59 (14.36)	103.71 (15.84)	100.79 (14.48)	104.53 (14.85)	98.8 (16.64)	90.68 (13.75)
拳上・下制 [°]	2.07 (6.28)	5.82 (6.71)	8.39 (6.41)	15.31 (2.87)	22.67 (5.37)	20.8 (4.73)

投球後2日	肩関節 0°	肩関節 30°	肩関節 60°	肩関節 90°	肩関節 120°	肩関節 150°
上方回旋・下方回旋 [°]	9.15 (3.93)	15.26 (3.18)	17.8 (5.12)	29.4 (5.3)	45.11 (6.18)	52.74 (6.49)
外旋・内旋 [°]	46.24 (4.77)	48.63 (5.61)	54.91 (6.76)	56.99 (9.54)	47.65 (9.14)	42.97 (9.08)
前傾・後傾 [°]	-1.77 (3.1)	-2.05 (3.13)	2.36 (3.75)*3	-3.33 (3.97)	-6.89 (6.83)	-5.46 (3.87)
外転・内転 [mm]	92.66 (9.88)	98.17 (9.12)	100.43 (9.58)	104.38 (12.31)	94.09 (10.16)	87.28 (13.69)
拳上・下制 [°]	5.55 (4.81)	7.63 (6.04)	8.88 (4.34)	14.68 (4.6)	21.25 (8.59)	21.72 (5.06)

投球後3日	肩関節 0°	肩関節 30°	肩関節 60°	肩関節 90°	肩関節 120°	肩関節 150°
上方回旋・下方回旋 [°]	10.61 (4.26)	13.81 (5.61)	17.16 (5.48)	29.28 (3.96)	44.58 (5.89)	51.39 (3.14)
外旋・内旋 [°]	48.27 (4.95)	50.75 (5.78)	54.81 (5.38)	54.86 (7.51)	49.77 (6.97)	40.4 (7.0)
前傾・後傾 [°]	-1.58 (3.36)	-2.72 (3.48)	1.69 (2.88)*4	-6.01 (3.55)	-6.36 (3.32)	-6.15 (3.0)
外転・内転 [mm]	92.31 (10.36)	93.76 (10.01)	100.53 (10.24)	101.35 (11.56)	92.86 (7.88)	82.7 (8.53)
拳上・下制 [°]	4.7 (5.36)	4.41 (5.8)	8.88 (2.57)	15.51 (4.67)	21.26 (5.56)	22.59 (5.4)

・ 数値は中央値 (標準偏差) を示す。

・ 上方回旋・下方回旋 (肩関節 150°) の †1 と †2 間, および前傾・後傾 (肩関節 60°) の *1 と *2, *3, *4 間に有意差あり。 (P<0.05)

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。

2. 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

3-D デジタイザー法の利点は, 第1胸椎棘突起,

第3胸椎棘突起, 胸骨柄の頸切痕によって構成された対象者の身体内矢状面を基準とした肩甲骨位置を算出できる点にある。これにより, 傾斜計を用いた方法の欠点である肩関節屈曲時における体幹位置の変化による測定値への影響が少なくなり, また測定時に対象者に対して過度な体幹固定を実施する必要がないことから測定時間の短縮にもつながる。さらに 3-D デジタイザー法では, 測定指標に対する皮膚上へのマーカー貼付は不要であり, 対象者への負担が少ないことから, 特にスポーツ現場で有用な方法となり得ると考えた。

肩甲骨の上方回旋と後傾には、主に僧帽筋と前鋸筋の協調性が関与しており、反復投球によりこれらの筋活動の発生が一時的に遅延し、協調性が低下することによって肩インピンジメント症状を呈する可能性がある²⁴⁾と指摘されている。特に、肩甲骨の後傾が約 10° 減少した場合では肩峰下クリアランスが有意に低下する¹⁶⁾との報告があるように、上肢挙上時の肩甲骨の後傾は肩甲上腕関節の負荷を軽減させる重要な要因である。肩甲骨に対するテーピング法は肩甲骨の後傾を増加させ、かつ僧帽筋下部の筋活動を増加させる効果がある²⁴⁾と報告されているが、例えばこのような治療介入後に肩甲骨位置が十分後傾へ修正されたか 3-D デジタイザー法を用いて短時間に評価することが可能となれば、さらに効果的な介入方法を検討して提供することにつながると考える。

■ 本研究の限界

本研究では、3-D デジタイザー法と実際の肩甲骨位置との誤差範囲については検証していない。また、肩関節屈曲方向の上肢挙上時における肩甲骨位置の測定のみを行い、肩甲骨面および外転方向の上肢挙上時における肩甲骨位置について同様の結果が得られるかについては不明である。さらに、筋活動についても測定していないことから、投球後に生じた肩甲骨周囲筋の筋活動と肩甲骨位置との関連についても不明である。よって、今後はこれらの点を検証することが課題であると考えている。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究 C (No.25350775) の助成を受けたものである。

文 献

- 1) Sauers, E: Theories on throwing injuries diverge from book of Jobe. *Biomechanics* 8: 61-66, 2001.
- 2) Oyama, S et al.: Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *J Athl Train* 43 (6): 565-570, 2008.
- 3) Laudner, KG et al.: Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 36: 485-494, 2006.
- 4) Myers, JB et al.: Scapular position and orientation in throwing athletes. *Am J Sports Med* 33: 263-271, 2005.
- 5) Michener, LA, McClure, PW, Karduna, AR: Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech* 18: 369-379, 2003.
- 6) Host, HH: Scapular taping in the treatment of anterior shoulder impingement. *Phys Ther* 75: 803-812, 1995.
- 7) Peterson, DE et al.: Investigation of the validity and reliability of four objective techniques for measuring forward shoulder posture. *J Orthop Sports Phys Ther* 25(1): 34-42, 1997.
- 8) Thomas, SJ et al.: Internal rotation and scapular position differences: a comparison of collegiate and high school baseball players. *J Athl Train* 45(1): 44-50, 2010.
- 9) Tucker, WS, Ingram, RL: Reliability and validity of measuring scapular upward rotation using an electrical inclinometer. *Journal of J Electromyogr Kinesiol* 22(3): 419-423, 2012.
- 10) Johnson, MP, McClure, PW, Karduna, AR: New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. *J Orthop Sports Phys Ther* 31(2): 81-89, 2001.
- 11) Scibek, JS, Carcia, CR: Validation of a new method for assessing scapular anterior-posterior tilt. *Int J Sports Phys Ther* 9(5): 644-656, 2014.
- 12) Nijs, J et al.: Clinical assessment of scapular positioning in patients with shoulder pain: state of the art. *J Manipulative Physiol Ther* 30(1): 69-75, 2007.
- 13) Borstad, JD: Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture-impairment association. *Phys Ther* 86: 549-557, 2006.
- 14) Diveta, J, Walker, ML, Skibinski, B: Relationship between performance of selected scapular muscles and scapular abduction in standing subjects. *Phys Ther* 70: 470-479, 1990.
- 15) Pellegrini, A et al.: Motion analysis assessment of alterations in the scapulo-humeral rhythm after throwing in baseball pitchers. *Musculoskelet Surg* 97(Suppl 1): 9-13, 2013.
- 16) Lukasiewicz, AC et al.: Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 29(10): 584-586, 1999.

- 17) McClure, PW et al.: Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *J Shoulder Elbow Surg* 10(3): 269-277, 2001.
- 18) Terhune, CE : How effective are geometric morphometric techniques for assessing functional shape variation? An example from the great ape temporomandibular joint. *Anat Rec* 296(8): 1264-1282, 2013.
- 19) Smidt, GL, McQuade, KJ, Wei, SH: Evaluation of the metrecom and its use in quantifying skeletal landmark locations. *J Orthop Sports Phys Ther* 16(4): 182-188, 1992.
- 20) Kebaetse, M, McClure, P, Pratt, NA: Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arc Phys Med Rehabil* 80(8): 945-950, 1999.
- 21) Prinold, JA, Villette, CC, Bull, AM: The influence of extreme speeds on scapula kinematics and the importance of controlling the plane of elevation. *Clin Biomech* 28: 973-980, 2013.
- 22) de Groot, JH: The variability of shoulder motions recorded by means of palpation. *Clin Biomech* 12(7-8): 461-472, 1997.
- 23) van Andel, C et al.: Recording scapular motion using an acromion marker cluster. *Gait and Posture* 29(1): 123-128, 2009.
- 24) Hsu, YH et al.: The effects of taping on scapular kinematics and muscle performance in baseball players with shoulder impingement syndrome. *J Electromyogr Kinesiol* 19(6): 1092-1099, 2009.

(受付 : 2016 年 6 月 2 日, 受理 : 2016 年 7 月 28 日)

A trial of post-pitching scapular position measurement by the 3-D digitization method

Otsudo, T.^{*1,2}, Akasaka, K.^{*1,2}, Suyama, T.^{*3}

^{*1} School of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

^{*2} Master and Doctoral Program of Medical Science in Physical Therapy, Saitama Medical University Graduate School of Medicine

^{*3} Japan Rehabilitation College

Key words: 3-D digitization method, scapular position, pitching

[Abstract] The purpose of this study was to clarify the utility of a 3-D digitization method in assessing the scapular position after pitching. Eight male collegiate baseball players participated in this study. Three-dimensional coordinates of the scapulae, 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, and 5) elevation/depression at 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, and 150° 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 scapula is significantly rotated downward after 0 days with the shoulder at 150° flexion, and that it is significantly tilted anteriorly after 1, 2 and 3 days at 60° shoulder flexion compared to before pitching. These results suggest that the 3-D digitizer method may be a useful tool to analyze the effects of pitching on scapula orientation.