

## 投球障害肩の発症予測システムの開発 ～ロジスティック回帰分析を用いて～

石井 壮郎      向井 直樹      宮川 俊平

### DEVELOPMENT OF THE PREDICTION SYSTEM FOR THE ONSET OF THROWING SHOULDER INJURY ～WITH LOGISTIC REGRESSION ANALYSIS～

TAKEO ISHII, NAOKI MUKAI and SHUMPEI MIYAKAWA

#### Abstract

The purpose of this study is to identify the risk factors which affect the consecutive onset of throwing shoulder injury of a collegiate baseball team, and to calculate regression formula which could predict the future onset.

Prospective study. The subjects are 69 asymptomatic collegiate baseball players. We executed medical checkups and investigated who got throwing shoulder injury during this year. We did logistic regression analysis with the medical checkup findings and the data of the onset and found out the factors which significantly affected the onset. We also calculated Odds ratio of these factors and regression formula which predict the probability of the onset of throwing shoulder injury and evaluated the validity of regression model.

52% (36/69 cases) of the players suffered throwing shoulder injury during this year. Among the medical checkup findings of asymptomatic phase, pitcher and catcher, past history of throwing shoulder injury, abnormality of scapula-humeral rhythm, heel-buttock distance were thought to be the risk factors which were near-related to the onset of throwing shoulder injury. We calculated regression formula using the medical checkup findings of asymptomatic phase and we could predict the onset of throwing shoulder injury with 82.5% accuracy.

In order to prevent this injury, the method used in this study could be useful for field players to predict the onset of throwing shoulder injury.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2010, 59 : 389~394)

**key word** : onset prediction, throwing shoulder injury, medical checkup

#### I. はじめに

野球選手にとって投球障害肩は依然有病率が高く最も予防すべき重要課題である<sup>1,2)</sup>。投球障害肩の予防を考える上で重要なことは危険因子を把握することであり、近年メディカルチェックによって危険因子を検出し、早期に予防策を講ずることで投球障害の有病率を減少させる取り組みが全国的に拡大している<sup>3~5)</sup>。

しかしながら、実際はメディカルチェックでどの危険因子を優先的に調べていくべきかという基準はあいまいである。仮にその基準を設けたとしても、

それがすべてのチームや選手に一律に適用できるかどうかは疑問がある。なぜなら、チームごとに構成人数、選手の特性（年齢、体格、競技レベルなど）、練習環境（内容、量など）が異なるからである。もし各選手やチームごとに最重要である危険因子を同定することができれば、それを優先的に除去する予防策をとることができると考えられる。

さらに、メディカルチェックを行うことによって選手一人一人に対して近未来の投球障害肩の発症確率を予測することはできないだろうか？もし発症を予測でき、確率という数字を用いて明確に危険性を警告できれば、選手の障害予防へのモチベーション

を高めることができると考えられる。

本研究の目的は大学野球チームを対象に投球障害肩の各危険因子の重要度を明らかにし、各危険因子の組み合わせから近未来の発症確率を予測する回帰式を求めることである。

## Ⅱ. 対象と方法

### A. 対象者

対象は大学硬式野球部のチームとその選手とした。対象者に対して事前に本研究の趣旨を十分に説明し、文書にて参加の同意を得た。被験者数は69名で、ポジションの内訳は投手15名（右投12名、左投3名）、捕手7名、内野手25名、外野手22名であった。被験者は無症状の選手を対象とし、被験者の絶対条件としてメディカルチェック所見と発症したかどうかのデータの両方が揃っていることとした。被験者の平均年齢は19.5（18～22）歳、野球経験年数は10±1.5年、平均身長は173±6.2cm、平均体重は71±5.4kg、除脂肪体重は58±3.4kgであった。

### B. 調査期間

調査期間は2008年12月に新チームが発足してすぐのオフシーズン中にメディカルチェックを行い、その後発症したかどうかを2009年11月までの一年間調査した。

### C. メディカルチェックの項目

〈問診〉

- ①身長・体重・BMI・除脂肪体重
- ②投手経験年数・投球障害肩の既往歴・ポジション
- ③平均一日投球数・平均月間練習日数・平均年間練習月数・野球経験年数

〈理学所見〉

- ①仰臥位・肩関節90度外転位における内旋可動域・外旋可動域<sup>6)</sup>
- ②Horizontal flexion test<sup>6)</sup>
- ③両肩内外旋筋力<sup>7)</sup>
- ④肩甲上腕リズム<sup>8)</sup>
- ⑤踵殿距離・SLR角度・股関節内旋可動域<sup>9)</sup>

理学所見の各項目は今までによく報告される危険因子<sup>2,6~9)</sup>を基に選定した。

筋力測定はマイクロFET(Hoggan health industries

社製)を使用した。内外旋筋力測定は代償作用をできるだけ防ぎ、簡便にするために腹臥位とし、肩関節90°挙上した状態で手関節にマイクロFETをあて、等尺性筋力を測定した。

肩甲上腕リズムは以下のように行った。立位で両上肢下垂位の状態でスタートし、ゆっくりと両上肢を対称的に前額面上で180°外転させ（約5秒間）、その後下垂位までゆっくり内転させた（約5秒間）。その時の両側の肩甲骨の上方・下方回旋を観察してその左右差を調べた。左右対称に上方回旋および下方回旋する場合を正常、上肢外転開始時もしくは上肢内転終了時に非投球側に比べ投球側が下方回旋する場合を異常と定義した。この調査は肩甲胸郭関節の運動に着目し、肩甲骨の上方・下方回旋を評価している。異常となった場合は肩甲骨を安定して可動させる機能が障害されていることを示唆する。

股関節内旋可動域の測定は代償作用を防ぎ、簡便にするために腹臥位とした。

### D. 発症の定義

発症したかどうかについてのエンドポイントは以下のように定義した。

「一年間で一度でも投球時に肩痛を認め、診察所見によって投球障害肩と診断されたもの。」

投球障害肩の診断基準は以下のようにした。

- ①投球時に投球肩に疼痛があること
- ②現病歴からその原因が投球に起因すると考えられるもの
- ③理学所見から肩関節部に病因があると考えられ、その他の疾患を除外できたもの

### E. 危険因子の分析方法

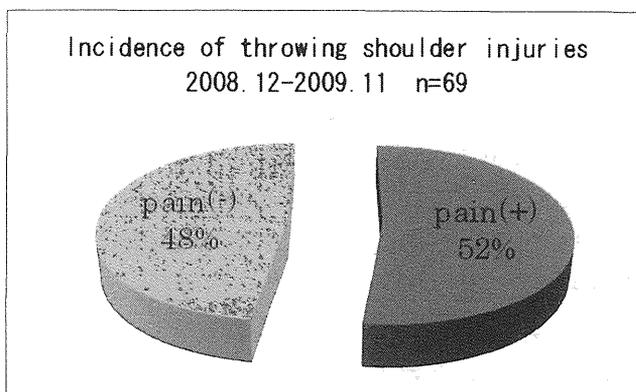
本研究において解析ソフトウェアはSPSSを使用した。問診・理学所見を独立変数とし、発症したかどうかを従属変数としてロジスティック回帰分析をおこなった。まず独立変数の候補すべてにおいて一つずつ単変量解析を行い明らかに有意性のないものはこの時点で除外した。次に残った独立変数に対し尤度比検定量を基準とした変数増加・変数減少法にて発症に対して有意に影響のある因子（有意水準<0.10）を見出し、その係数を求め、影響力の大きさをオッズ比として表現した。さらに投球障害肩の発症確率を推定する回帰式を求めた。

回帰式の適合度はHosmer-Lemeshowの適合度検定にて評価し、予測確率のcut off lineを0.5に設定した分割表を作成して回帰式の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率、正診率を算出して回帰モデルの評価を行った。

### Ⅲ. 結 果

調査期間の一年前に投球時肩痛の既往のあった選手は54%であった。調査期間中に発症した選手は全体の52% (36例/69例) であった (Fig.1)。投球時痛を認めた症例の回復までの期間 (平均有病期間) は28日間 (3日~90日) であった。

Fig.1. Incidence of throwing shoulder injuries



ロジスティック回帰分析の最終結果をTable 1に示す。投球障害肩の発症に有意に関連性のあった因子はオッズ比の高い順に、ポジションが投捕手、一年前の投球時肩痛の既往、肩甲上腕リズムの左右差であった。有意とはならなかったが踵殿距離も関連性を認める傾向にあった。

ポジションが投捕手についてはオッズ比が19.7であり、投捕手は野手と比べて19.7倍発症しやすいことを示している。同様に一年前の投球時肩痛の既往がある選手は既往のない選手と比べて6.7倍、肩甲上腕リズムに異常がある選手は異常のない選手と比べて2.8倍、踵殿距離は1cm増えるごとに1.3倍発症しやすくなることを示している。

上記因子を用いて 発症確率を推定する回帰式 (regression formula 1) は以下ようになった。

$$P_1 = 1/1 + \exp(-(-4.178 + 2.983x_1 + 1.023x_2 + 0.280x_3 + 0.673x_4 + 1.898x_5 + 0.606x_6))$$

この回帰モデルの適合度の評価を行ったところ、モデル係数のオムニバス検定およびHosmer-Lemeshowの適合度検定では求めたロジスティック回帰モデルは予測に役立ち、適合していることを示した。

回帰式P<sub>1</sub>のcut off値を0.5に設定した分割表を作成したところ、回帰モデルは発症予測において感度85.7%、特異度78.6%、陽性的中率83.3%、陰性的中率81.5%、正診率82.5%であった。(Fig.2)

Table.1. Results of logistic regression analysis.

	B (coefficient)	Standard Deviation	Wald	P value	Odds ratio
(x <sub>1</sub> ) pitcher, catcher	2.983	1.315	5.142	0.02	19.7
(x <sub>2</sub> ) scapulo-humeral rhythm	1.023	0.563	3.301	0.06	2.8
(x <sub>3</sub> ) heel-buttock distance (HBD)	0.280	0.172	2.664	0.10	1.3
(x <sub>4</sub> ) difference between left and right of HBD	0.673	0.489	1.893	0.169	2.0
(x <sub>5</sub> ) past history of throwing injury	1.898	0.654	8.428	0.01	6.7
(x <sub>6</sub> ) shoulder rotational muscle power	0.606	0.769	0.622	0.43	1.8
constant	-4.178	1.914	4.764	0.03	0.01

Fig.2. validity of the regression formula. 1

		prediction	
		negative	positive
survey	negative	22	6
	positive	6	30

cut off=0.5

sensitivity : 85.7 %

specificity : 78.6 %

positive predictive value : 83.3 %

negative predictive value : 81.5 %

accuracy : 82.5 %

regression formula 1.

P<sub>1</sub>: probability of the onset of throwing shoulder injury

$$P_1 = 1/1 + \exp(-(-4.178 + 2.983x_1 + 1.023x_2 + 0.280x_3 + 0.673x_4 + 1.898x_5 + 0.606x_6))$$

### IV. 考 察

#### A. 本研究の手法に関して

本研究においてメディカルチェックと発症データの関連性を求め、発症を予測するためにロジスティック回帰分析を用いた。この手法は米国のフラミンガムで開始された冠状動脈性疾患に対するコホート調査 (Framingham study ; Dawber et al., 1951) において用いられたのが始まりで、近年、医学領域では公衆衛生学の疫学調査でよく使用されている<sup>10)</sup>。医学分野の研究で扱うデータにおいてロジスティック回帰分析の利用価値は高いと考えられており、積極的に利用すべきだとの支持も多い<sup>11)</sup>。

ロジスティック回帰モデルの概略を以下に記載する。<sup>10,11)</sup>

ロジスティック回帰モデルは以下のような数式で表せる。

n 個の独立変数 (危険因子) が存在するとして、

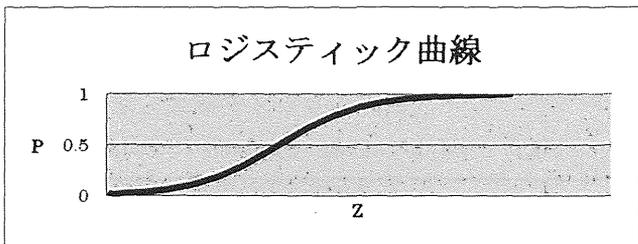
Z を  $x_i$  の関数として以下のように定義する。

$$Z = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \dots + B_i x_i + \dots + B_n x_n \tag{1}$$

さらに P を Z の関数として以下のように定義する。

$$P = 1 / (1 + \exp(-Z)) \tag{2}$$

すると P-Z のグラフは以下ようになる。



この数理モデルを利用したものがロジスティック回帰モデルであり

$x_i$  : 独立変数

$B_i$  : 係数

P : 確率

として、 $B_i$  : 係数を最尤法にて求める。

オッズ比はその定義より、 $P / (1-P)$  と表せるから、

②式を用いると

$$\text{オッズ比} = \exp(-B_i)$$

となり、オッズ比を算出することができる。

この  $B_i$  を① ②式に代入することで発症確率 P を求める回帰式が完成する。

この分析法は従属変数を 2 値データとし、独立変数 (危険因子) が従属変数 (発症) にどの程度独立した影響力があるかをオッズ比として表わすことができる。独立変数の尺度、分布に対して厳密な仮定を置いていないため、現実のデータを対象とする際は汎用性が高いという利点ももつ<sup>10,11)</sup>。

投球障害肩はさまざまな要因が作用して、発症するかしないかという結果にたどりつく。したがってこの分析法を投球障害肩に応用し各危険因子のオッズ比を算出するとその因子がどれほど発症に影響しているかを示すことができる。つまり、調査によって同定された危険因子の重要度を明らかにすることが可能である。さらに各危険因子のオッズ比がわかると回帰式を算出することができ、投球障害肩の発症する確率を予測することも可能である。

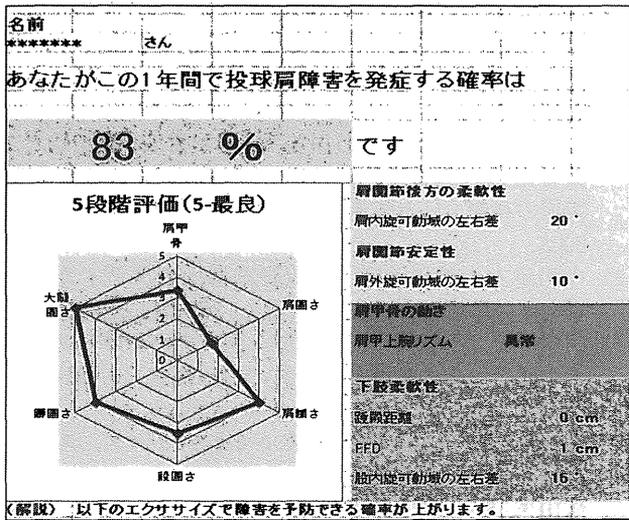
#### B. 現場への応用

今回の分析で有意となった因子は議論の余地はあるが、いずれも危険因子としてよく報告されるものであった<sup>2,7,8,9,12)</sup>。これまで報告されてきた危険因子の報告は retrospective study が多く因果関係がはっきりしないことが多かったが、本研究は prospective study であるので、分析から得られた危険因子の妥当性はさらに高いと考えられる。

今回の調査チームにおいてメディカルチェックで発症を予測するためには、投球障害肩の既往歴とポジションが投捕手であるかを問診で聴取することが最も重要である。肩甲上腕リズム、踵殿距離を理学検査で調査することは危険因子を把握するのに重要である。今回の分析において明らかとなったいずれの危険因子も特別高価な機器を必要とせず現場レベルで取得できる情報である。こうした情報を回帰式に代入することで、選手一人一人に対して今後一年間に投球障害肩が発症する確率を高精度に予測することができる (感度 85.7%, 特異度 78.6%, 正診率 82.5%)。回帰式への計算は現在普及している表計算ソフトウェアで行えばさらに簡便であり、われわれは「発症予測シート (プログラム)」を開発した (Fig.3)。このシートは選手一人一人に対して作成・配布できる。発症する確率が高いと推測された選手にはそれをあらかじめ警告することで、発症を予防するためのモチベーションが高まると考えられる。

さらにこの分析では選手一人一人がどの危険因子

Fig.3. Onset prediction sheets were distributed to each player.



を保有しているかも明らかとなり、選手の弱点をレーダーチャートで表すことができる (Fig.3). したがって選手はモチベーションが高まった状態で自分の抱えている危険因子を確認し、それを重点的に除去する手段を講ずることができる。つまり、選手一人一人に適用できるテーラーメイドな予防方法を策定できることになる。

こうした手法はメディカルチェック---予防策という連関をさらに有効なものにしていくと考えられる。また本手法は、投球障害肩に限らず、さまざまな競技でも、さまざまな部位でも応用することができ、汎用性が高い手法であると考えられる。

C. 本手法の問題点と今後の展望

今回の回帰モデルの正診率は82.5%であり、今後さらに精度を上げていくことが要求される。本手法の精度を上げていくためには、分析サンプル数を増やすこと、発症とより相関の高い因子を発見することが重要である。投球障害肩において未だ発見できていない危険因子は依然存在するものと思われる。今後は本手法をベースに同一チームで毎年解析を繰り返すこと (Fig.4)、他のチームでも本手法を導入すること (Fig.5) を予定している。こうして縦断的、横断的にデータ数・サンプル数を増やし、さまざまな因子の分析を試行することができれば、発症により相関のある危険因子の発見やより精度の高い予測式の開発ができる可能性がある。

本研究の予測はメディカルチェックの診断基準、選手の特長や練習環境等の因子が今後も変わらなかった場合を想定したものである。つまりこうした要因が大きく変化する場合は今回作成した回帰モデルは当てはまらないことに注意が必要である。特に理学所見は検者や被検者の技量や主観の影響を受けるため、再現性の問題から予測精度に影響を及ぼす可能性がある。しかしながら、理学所見は費用がかからず、現場でも簡便に施行できるという大きな長所がある。したがって、今回の手法は理学所見の利点・欠点を考慮しながら使用することが必要であり、理

Fig.4. Longitudinal data collection

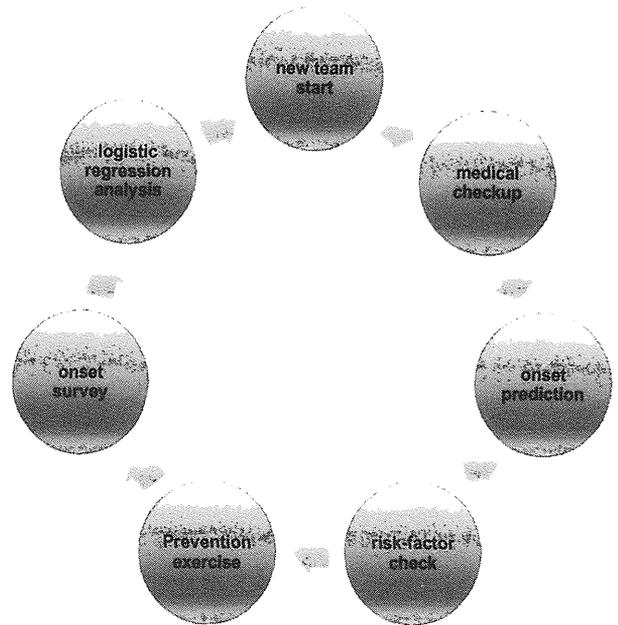
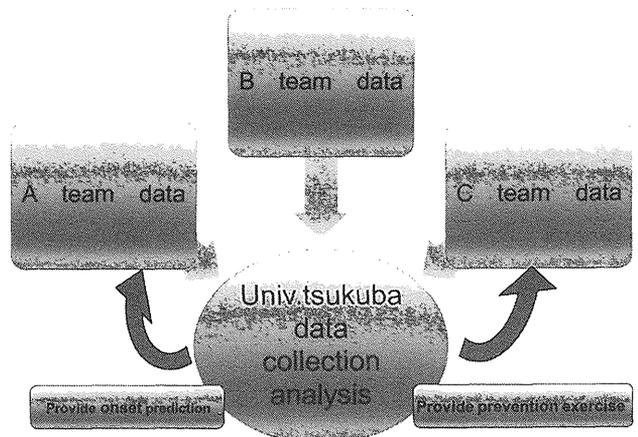


Fig.5. Cross-sectional data collection



学検査の方法と診断基準については統一化が必要である。

本研究の最終目標は投球障害肩を予防するために、そのモチベーションを高め、最終的に有病率を減らすことにある。したがって、今回のシステムを経時的に繰り返したときに有病率が減少したかどうかをさらに調査していく予定である。

## V. ま と め

1. 大学野球チームを対象にメディカルチェック所見と発症との関連性についてロジスティック回帰分析を行い、そのチームにおける投球障害肩の各危険因子の重要度と発症確率を推定する回帰式を算出した。
2. 発症に有意に関連する危険因子はそのオッズ比の高い順にポジションが投捕手、投球障害肩の既往、肩甲上腕リズムの左右差であった。有意とはならなかったが踵殿距離も発症に対して注意すべき因子であると考えられた。
3. 投球障害肩の発症を予測・予防していくうえで本手法は現場レベルで使用できる有用な手法であると考えられた。

(受理日 平成22年5月21日)

## 参 考 文 献

- 1) 伊藤博一, 眞瀬垣啓, 河崎尚史, 小野大輔, 中嶋寛之, 渡會公治, 年代別肩・肘有痛部位と真下投げVAS評価の詳細, 日本臨床スポーツ医学会誌, 17, 362-371, 2009.
- 2) 丸山麻子, 桜庭景植, 石川拓次, 角出貴宏, 窪田敦之, 澁谷尚弘, 高校野球における地域差による傷害発生要因の検討, 日本臨床スポーツ医学会誌, 16, 79-85, 2008.
- 3) 中川滋人, 越智隆広, 高校野球選手のメディカルサポート, 臨床スポーツ医学, 12, 365-371, 1995.
- 4) 岡本典子, 小室透, 高校野球全国大会におけるメディカルサポートの取り組み, スポーツ傷害, 5, 21-23, 2000.
- 5) 鳥塚之嘉, 高校球児のメディカルチェック, スポーツ障害(2001), 6, 53-55.
- 6) 飯田博己, 岩堀裕介, 肩関節のリハビリテーション 投球障害肩, MB Med Riha, 73, 60-69, 2006.
- 7) 林田賢治, 中川滋人, 高校野球選手の肩内外旋筋力と投球障害の関係, 肩関節, 29 (3), 651-654, 2005.
- 8) 西中直也, 筒井廣明, Scapula-45撮影法による肩関節機能診断, 関節外科, 23(6), 17-24, 2004.
- 9) 原 正文, 投球肩障害の診察法 (メディカルチェックを中心として), 骨・関節・靭帯, 20 (4), 301-308, 2007.
- 10) 高橋善弥太, 医者のための-ロジスティック・Cox回帰入門. 第1版, 日本医学館, 東京, 2008.
- 11) 対馬栄輝, SPSSで学ぶ医療系データ解析. 第1版, 東京図書, 東京, 2008.
- 12) 大沢敏久, 高岸憲二, 小林勉, 鈴木秀喜, 山本敦史, 設楽仁, 篠崎哲也, 原テストによる高校野球投手のメディカルチェック, 肩関節, 31(2), 437-439, 2007.