

高校野球選手における肩甲骨内旋と肩関節周囲筋筋力の関連性

Scapular internal rotation position relates to the increment of shoulder muscles strength in high school baseball players

樋口隆志¹⁾, 田中康明²⁾, 金澤佑治³⁾, 松尾萌美⁴⁾, 横山茂樹⁵⁾
Takashi Higuchi¹⁾, Yasuaki Tanaka²⁾, Yuji Kanazawa³⁾, Moemi Matsuo⁴⁾, Shigeki Yokoyama⁵⁾

- 1) 大阪人間科学大学 保健医療学部 理学療法学科
- 2) 済生会長崎病院 リハビリテーション科
- 3) 北陸大学 医療保健学部
- 4) 西九州大学 リハビリテーション学部
- 5) 京都橘大学 健康科学部 理学療法学科

1) *Department of Physical Therapy, Osaka University of Human Sciences*

2) *Department of Rehabilitation, Saiseikai Nagasaki Hospital*

3) *Faculty of Health and Medical Sciences, Hokuriku University*

4) *Faculty of Rehabilitation Sciences, Nishi Kyushu University*

5) *Department of Physical Therapy, Kyoto Tachibana University*

《要旨》本研究の目的は、高校野球選手における肩甲骨位置と筋力の関連性を明らかにすることである。高校野球選手 32 名を対象とした。測定項目は、肩甲骨位置、肩関節周囲筋の筋力とした。肩甲骨位置は、胸鎖関節から烏口突起までの距離 (SN-CP) を測定し、その後同側の烏口突起から同高位胸椎棘突起までの距離 (PLA-TS) を測定した。その後、 $(\text{SN-CP distance} / \text{PLA-TS distance}) \times 100$ の式で *scapula index* を算出した。筋力は、徒手筋力測定器で測定し、被検筋は肩関節内旋筋、肩関節外旋筋、肩関節外転筋、僧帽筋下部線維とした。投球側において、*scapula index* と肩関節外転筋、僧帽筋下部線維の筋力は負の相関を示した。肩甲骨内旋の増加は、肩甲骨固定性を向上させ、肩関節外転筋力発揮に寄与することが示唆された。

《キーワード》 高校野球・肩甲骨・肩関節・筋力

緒言

肩関節は、投球動作の反復に伴う障害を最も受けやすい関節の 1 つである¹⁻³⁾。投球動作に伴う肩関節障害は投球障害肩と呼ばれ、腱板損傷や関節唇損傷、インターナルインピンジメントなどが含

まれる⁴⁻⁷⁾。投球障害肩は、球速や制球力などの投球パフォーマンスの低下、および競技継続困難などの原因となる⁸⁾⁹⁾。

投球動作などの一側性オーバーヘッド動作の反復は、適応的变化として肩甲骨の位置異常を引き

1) 大阪人間科学大学 保健医療学部 理学療法学科 大阪府摂津市正雀 1-4-1 (〒566-8501)
TEL : 06-6383-6441 E-mail : t.higuchi1124@gmail.com

起こすとされている¹⁰⁾¹¹⁾。Oyama ら¹²⁾は、健全な野球やバレーボールなどの選手において、非投球側や非利き手側と比較して投球側および利き手側肩甲骨のプロトラクション（前傾・内旋）が増加していることを報告している。一方で、肩甲骨の位置異常は投球障害肩との関連が報告されている¹³⁻¹⁶⁾。Burkhart ら¹⁷⁾は、肩甲骨の位置異常を含む肩甲骨機能低下の状態を”SICK scapula”と称し、投球障害の原因であるとしている。

投球障害肩の別の原因として、肩関節可動域の減少や筋力低下が挙げられる。肩関節可動域について、内旋可動域の制限は **glenohumeral internal rotation deficit: GIRD** として知られている¹⁸⁻²¹⁾。また、外旋可動域の制限や **total arc motion**（内旋可動域と外旋可動域の和）の減少も、投球障害肩と関連することが報告されている^{13) 22-26)}。他方、筋力について、肩関節外転筋筋力の低下は投球障害肩のリスク因子であることが報告されている^{27) 28)}。

肩甲骨は、上肢の土台としての役割があり²⁹⁾、その位置変化は肩関節機能に影響を及ぼすことが考えられる。野球選手を対象とした先行研究において、肩甲骨位置異常は **GIRD** と関連すること^{30) 31)}、肩甲骨位置異常の改善に伴い **GIRD** の改善が得られたこと³²⁾が報告されている。これらのことから、肩甲骨位置異常と肩関節可動域は関連していると考えられる。一方、肩関節周囲筋の筋力について、肩甲骨の異常運動を呈する高校野球選手では、異常運動がない選手と比較して内・外旋筋力比に差があることは報告されているが³³⁾、肩甲骨位置と筋力の関連性については報告されていない。肩甲骨位置が肩関節筋力に及ぼす影響を明らかにすることは、投球障害肩の治療プログラムや予防策策定の一助になると考えられる。本研究の目的は、高校野球選手における上肢下垂位における習慣的な肩甲骨位置と肩関節周囲筋の筋力との

関連性を明らかにすることである。

方法

対象は、高校野球選手のうち表 1, 2 に示す全ての項目を測定し得た 32 名（全例男性, 16.9 ± 0.3 歳, 171.7 ± 4.8cm, 71.3 ± 6.9kg）とした。肩関節, 肘関節に手術の既往がある者, 測定時に疼痛がある者, 何らかの障害により測定時に練習に参加していない者は対象者から除外した。研究開始にあたり, はじめに自記式の質問紙票により, 身長, 体重, 投球側, 野球経験年数, 守備位置, 投球時痛の有無と程度を聴取した。投球時痛の程度は, **visual analog scale (VAS)** により聴取した。全ての測定は, 投球の影響を最小限にするため冬季オフシーズンの練習前に実施した。測定項目は, 肩甲骨位置, 肩関節周囲筋の筋力とした。本研究は, 京都橘大学倫理審査委員会の承認を得たうえで実施した（承認番号 15-04）。

肩甲骨位置の測定には, **scapula index** を用いた。**Scapula index** は, Borstad ら³⁴⁾により提唱され, 上部体幹と肩甲骨の腹側のランドマーク間の距離と背側のランドマーク間の距離の比率から肩甲骨内旋の程度を数値化するものであり, 本研究においても先行研究に準じた方法で測定した。測定肢位は, 背もたれのない椅子で両上肢を下垂し, 背中を丸めないよう安静坐位とした。頸部や胸郭の動きを最小限にとどめるために 2m 前方の壁面に貼付したマーカーを注視し, 深呼吸を避けるよう指示した。測定は, メジャーを用いて両側実施した。測定者は, 対象者の胸骨切痕から烏口突起までの距離 (**sternal notch to coracoid process distance: SN-CP**) を測定し, その後同側の肩峰後角から同高位胸椎棘突起までの距離 (**posterolateral corner of the acromion to**

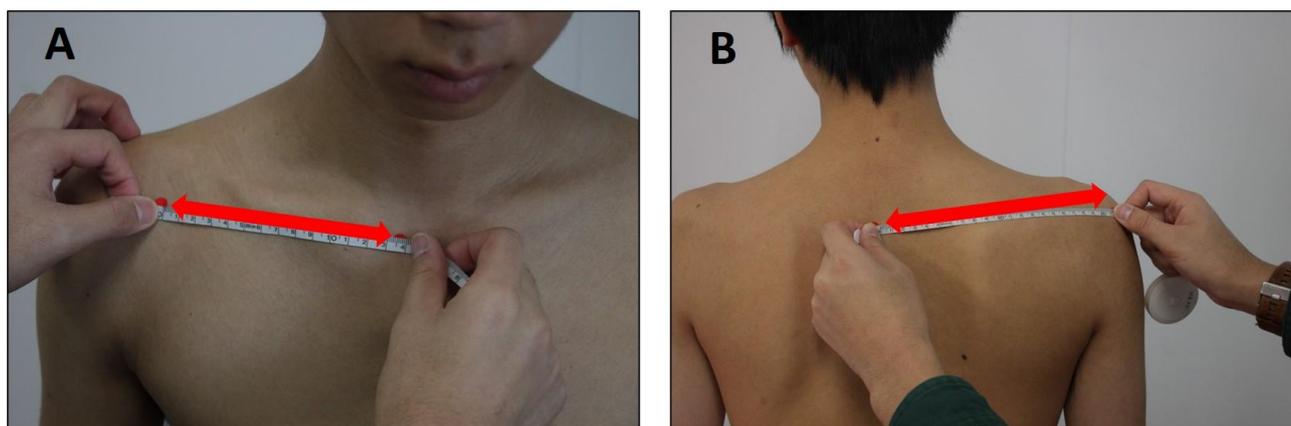


図1 Scapula index の測定方法

(A) SN - CP の測定方法；胸骨切痕と烏口突起の距離を測定する

(B) PLA - TS の測定方法；肩峰後角と同高位の背椎棘突起の距離を測定する

thoracic spine distance : PLA-TS) を測定した (図 1)。Scapula index を肩甲骨位置とし、以下の式で指数化した。

$$\text{Scapula index} = (\text{SN-CP distance} / \text{PLA-TS distance}) \times 100$$

肩関節周囲筋として、肩関節内旋・外旋筋、肩関節外転筋、僧帽筋下部線維の筋力を測定した^{27) 35)}。筋力測定には、徒手筋力測定器 μ Tas MT-1 (アニマ社製) を用いた。肩関節内旋・外旋筋の測定方法として、対象者はベッド上で肩関節 90° 外転位の腹臥位となり、肘より遠位をベッドから下垂した。測定者は対象者の手関節掌側に徒手筋力測定器をあてがい、対象者の最大努力の等尺性収縮により 5 秒間の内旋筋力を測定した。その後 1 分間休憩し、外旋筋力を測定した。測定は、同様の肢位とし、測定者は手関節背側に同測定器をあてがった。肩関節外転の測定方法として、対象者は背もたれのない椅子で坐位となり、徒手筋力検査法 (MMT) の方法に準じて、最大努力の等尺性収縮にて 5 秒間測定した。僧帽筋下部線維の測定方法は、対象者はベッド上で腹臥位となり、対象者の手関節背側に徒手筋力測定器をあてがい

MMT の方法に準じて最大努力の等尺性収縮にて 5 秒間測定した。

統計学的解析に際し、筋力は体重で正規化した値を解析に用いた。はじめに shapiro-wilk 検定を行い、データの正規性を確認した。Scapula index と各筋力の相関を、ピアソンの相関係数により解析した。また、投球時痛の有無による scapula index の違いを明らかにするため、対応のない t 検定により比較した。統計学的解析には SPSS ver.22 を用い、有意水準は 5% とした。

結果

対象者の属性と測定結果を表 1 と 2 に示す。対象者 32 名中、20 名 (63%) が疼痛を有しており、VAS の平均は 27.4mm であった。投球と非投球における統計解析結果をそれぞれ表 3 と 4 に示す。投球側において、scapula index と肩関節外転筋力、僧帽筋下部線維の筋力はそれぞれ負の相関を示した ($r = -0.59, p < 0.01$; $r = -0.42, p < 0.01$) (図 2, 3) が、肩関節内旋・外旋筋力とは有意な相関は認められなかった。非投球側において、scapula index と肩関節外転筋力は負の相関を示

した ($r = -0.41, p = 0.02$) が、肩関節内旋・外旋筋力、僧帽筋下部線維の筋力とは有意な相関は認められなかった。

投球時痛の有無による scapula index の比較では、投球側の投球時痛あり群 60.4 ± 5.4 、投球時痛なし群 61.6 ± 4.1 で、統計学的有意差は認めなかった ($p = 0.77$)。非投球側は、投球時痛あり群 63.9 ± 4.8 、投球時痛なし群 60.8 ± 4.5 で、同様に統計学的有意差は認めなかった ($p = 0.08$)。

表1 対象者の属性

n = 32	
年齢 (歳)	16.9 ± 0.3
身長 (cm)	171.7 ± 4.8
体重 (kg)	71.3 ± 6.9
経験年数 (年)	8.3 ± 1.7
投球時痛 (人数)	
あり / なし	20 / 12
投球時痛 (mm)	27.4 ± 28.7

表2 各項目の測定値と正規性の検定結果

	投球側		非投球側	
	測定値	p値	測定値	p値
Scapula index	61.2 ± 4.6	0.22	61.9 ± 4.8	0.75
肩関節内旋筋力 (kgf)	15.4 ± 4.7	0.40	13.1 ± 3.2	0.29
肩関節外旋筋力 (kgf)	12.7 ± 3.5	0.39	11.4 ± 4.8	0.23
肩関節外転筋力 (kgf)	8.1 ± 1.5	0.68	8.1 ± 1.4	0.73
僧帽筋下部線維筋力 (kgf)	6.7 ± 1.7	0.21	5.5 ± 1.4	0.68

表3 相関分析表 (投球側)

	肩関節 内旋筋力	肩関節 外旋筋力	肩関節 外転筋力	僧帽筋下部線維 筋力
Scapula index	-0.04	-0.2	-0.59	-0.42
	0.84	0.27	< 0.01*	< 0.01*

上段：相関係数

下段：p値

*：統計学的有意

表4 相関分析表 (非投球側)

	肩関節 内旋筋力	肩関節 外旋筋力	肩関節 外転筋力	僧帽筋下部線維 筋力
Scapula index	-0.35	-0.01	-0.41	-0.22
	0.05	0.92	0.02*	0.22

上段：相関係数

下段：p値

*：統計学的有意

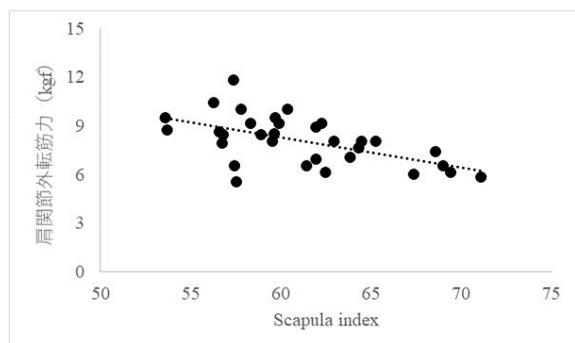


図2 投球側の Scapula index と肩関節外転筋力の相関図

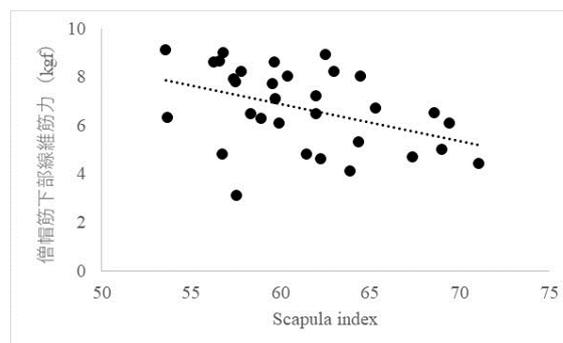


図3 投球側の Scapula index と僧帽筋下部線維筋力の相関図

考察

本研究の主な知見は、高校野球選手の投球側において、肩甲骨内旋と肩関節外転筋力、僧帽筋下部線維の筋力との間には負の相関が認められたことである。肩甲骨の運動は、胸郭上での平面運動と回旋運動に大別される。平面運動には挙上・下制、内転・外転が含まれる。回旋運動として、矢状-水平軸での上方・下方回旋、前額-水平軸での前・後傾の他、垂直軸での内・外旋がある。Scapula index の低値は肩甲骨内旋を示していることから、本研究結果は肩甲骨内旋の増加に伴い肩関節外転筋力と僧帽筋下部線維筋力は増加したことを意味する。先行研究において、肩甲骨の徒手的な内旋・後傾は、肩関節招待の有無にかかわらず肩関節外転筋力を向上させることが報告されている³⁶⁾。しかし、本研究の結果では逆に肩甲骨の内旋増加に伴い肩関節外転筋力は向上した。

肩甲骨内旋に伴い肩関節外転筋力と僧帽筋下部線維筋力が増加した理由に、肩甲骨内旋増加線維などの肩甲骨内転筋群の筋力発揮に有利に働いた可能性が考えられる。肩甲骨は周囲を筋に覆われ、骨性の支持が乏しいという解剖学的特徴を有する。そのため、肩甲骨の固定性は肩甲骨周囲筋に大きく依存する。僧帽筋中部・下部線維、僧帽筋は、肩甲骨の安定性に寄与する主要な筋とされている^{37) 38)}。これらの筋は、脊椎棘突起に起始を持ち、

肩甲骨内側縁や肩甲棘に停止するため、肩甲骨内旋の増加により、起始・停止間の距離は増加すると考えられる。筋は、伸長されることで張力が増加することが報告されている³⁹⁾。また、Wickham⁴⁰⁾は、上肢挙上に際し、肩甲骨内転筋群は関節運動開始前に活動することを報告し、その理由を肩甲骨の固定性を向上させるためとしている。Tate⁴¹⁾は、オーバーヘッドアスリートの肩甲骨を徒手的に保持することで、肩関節外転筋力が向上することを報告しており、その理由として肩甲上腕関節の近位にある肩甲骨の固定性が向上することで、肩関節外転筋群の筋力発揮が向上した可能性を挙げている。Kibler⁴²⁾も同様に、肩甲骨の固定性向上により肩関節外転筋力が向上することを報告している。これらのことから、肩甲骨内旋の増加により、僧帽筋下部線維をはじめとする肩甲骨内転筋群の筋力が向上し、これにより肩関節外転筋力が増加したと考えられる。

肩甲骨内旋の増加は、投球動作の **late cocking phase** においてインターナルインピンジメントを生じさせ、肩関節可動域制限や投球障害肩・肘の原因になることが報告されている⁴³⁾。またHiguchi³²⁾は、肩甲骨内旋増加の主要な原因である小胸筋のストレッチにより投球障害肩の原因とされる肩甲骨位置異常や関節可動域制限の改善が得られたことを報告している。そのため、肩甲

骨のプロトラクションの増加をはじめとする肩甲骨位置異常は、投球障害肩・肘の治療対象と考えられている。しかし、本研究結果から、肩甲骨内旋増加は肩甲骨固定性や肩関節外転筋の筋力発揮に有利となる可能性が示唆された。投球動作において、**follow through phase**では1,000Nを越える力が肩関節後方に生じ、この力は広背筋や肩甲骨内転筋群、肩関節後方筋群が担っている¹⁹⁾。そのため、野球選手における肩甲骨内旋の増加は、これらの筋を効率的に発揮するために必要な適応的变化であると考えられる。投球障害肩・肘の治療においては、肩甲骨内旋増加を常に治療対象とはせず、肩甲骨内旋の増加が投球障害に至るメカニズムを症例個々で推察し、治療対象とすべきか否かを判断する必要があると考えられる。

投球時痛の有無による **scapula index** の違いは認められなかった。投球障害肩には、肩甲骨の位置異常などの身体的要因以外にも、投球数や投球回数など投球への暴露の程度、投球フォームなどのスキルなど、様々な要因が関与することが広く知られている。そのため、本研究では2群間に差が生じなかったと考えられる。

本研究の限界として、第一に投球時痛の影響が考慮されていないことが挙げられる。しかし、本研究では測定時に疼痛を有している対象者はおらず、筋力発揮への影響は少ないと考えられる。第二に、肩甲骨の位置は上肢下垂位のみで測定されていることである。そのため、実際の投球動作中の筋力とは異なる可能性がある。最後に、投手と野手が区別されておらず、サンプルサイズも小さいことが挙げられる。そのため、今後は対象者数を増やし、守備位置ごとの特性やその他投球障害肩に影響を及ぼす様々な因子を加味した、より詳細な解析が必要と考えられる。

引用文献

- 1) Kerr ZY et al: Descriptive epidemiology of non-time-loss injuries in collegiate and high school student-athletes. *J Athl Train* **52**: 446-456, 2017
- 2) Collins CL et al: Epidemiological features of high school baseball injuries in the United States, 2005–2007. *Pediatrics* **121**: 1181-1187, 2008
- 3) Shanley E et al: Incidence of injuries in high school softball and baseball players. *J Athl Train* **46**: 648-654, 2011
- 4) Burkhart SS et al: Shoulder injuries in overhead athletes: the “dead arm” revisited. *Clin Sports Med* **19**: 125-158, 2000
- 5) Burkhart SS et al: The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy* **19**: 404-420, 2003
- 6) Snyder SJ et al: SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy* **6**: 274-279, 1990
- 7) Vargas L et al: Analysis of common shoulder injuries in collegiate baseball players. *Phys Sportsmed*: 1-6, 2021
- 8) Dillman CJ et al: Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther* **18**: 402-408, 1993
- 9) Fleisig GS et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med* **23**: 233-239, 1995
- 10) Cools AM et al: Descriptive profile of scapulothoracic position, strength and flexibility variables in adolescent elite tennis players. *Br J Sports Med* **44**: 678-684, 2010
- 11) Thomas SJ et al: A bilateral comparison of posterior capsule thickness and its correlation with glenohumeral range of motion and scapular upward rotation in collegiate baseball players. *J Shoulder Elbow Surg* **20**: 708-716, 2011

- 12) Oyama S et al: Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *J Athl Train* **43**: 565-570, 2008
- 13) Kibler WB et al: Evaluation and Management of Scapular Dyskinesis in Overhead Athletes. *Curr Rev Musculoskelet Med* **12**: 515-526, 2019
- 14) Kibler WB et al: Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg* **20**: 364-372, 2012
- 15) McClure P et al: A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 1: reliability. *J Athl Train* **44**: 160-164, 2009
- 16) Struyf F et al: Scapular positioning in overhead athletes with and without shoulder pain: a case-control study. *Scand J Med Sci Sports* **21**: 809-818, 2011
- 17) Burkhart S et al: The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: the SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy* **19**: 641-661, 2003
- 18) Johnson JE et al: Glenohumeral Internal Rotation Deficit and Injuries: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med* **6**: 2325967118773322, 2018
- 19) Meister K: Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med* **28**: 265-275, 2000
- 20) Noonan TJ et al: Professional Pitchers With Glenohumeral Internal Rotation Deficit (GIRD) Display Greater Humeral Retrotorsion Than Pitchers Without GIRD. *Am J Sports Med* **43**: 1448-1454, 2015
- 21) Shanley E et al: Changes in passive range of motion and development of glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) in the professional pitching shoulder between spring training in two consecutive years. *J Shoulder Elbow Surg* **21**: 1605-1612, 2012
- 22) Camp CL et al: Decreased Shoulder External Rotation and Flexion Are Greater Predictors of Injury Than Internal Rotation Deficits: Analysis of 132 Pitcher-Seasons in Professional Baseball. *Arthroscopy* **33**: 1629-1636, 2017
- 23) Harada M et al: Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg* **19**: 502-507, 2010
- 24) Miyashita K et al: The role of shoulder maximum external rotation during throwing for elbow injury prevention in baseball players. *J Sports Sci Med* **7**: 223-228, 2008
- 25) Wilk KE et al: Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med* **30**: 136-151, 2002
- 26) Wilk KE et al: Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of shoulder injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *Am J Sports Med* **43**: 2379-2385, 2015
- 27) Byram IR et al: Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: identifying players at risk for injury. *Am J Sports Med* **38**: 1375-1382, 2010
- 28) Leong HT et al: Reduction of the subacromial space in athletes with and without rotator cuff tendinopathy and its association with the strength of scapular muscles. *J Sci Med Sport* **19**: 970-974, 2016
- 29) Kibler WB: The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* **26**: 325-337, 1998
- 30) Laudner KG et al: The relationship between forward scapular posture and posterior shoulder tightness among baseball players. *Am J Sports Med* **38**: 2106-2112, 2010

- 31) Ribeiro A et al: Scapular contribution for the end-range of shoulder axial rotation in overhead athletes. *J Sports Sci Med* **11**: 676, 2012
- 32) Higuchi T et al: Acute effects of doorway stretch on the glenohumeral rotational range of motion and scapular position in high-school baseball players. *JSES Int* **5**: 972-977, 2021
- 33) Bullock GS et al: Relationship Between Clinical Scapular Assessment and Scapula Resting Position, Shoulder Strength, and Baseball Pitching Kinematics and Kinetics. *Orthop J Sports Med* **9**: 2325967121991146, 2021
- 34) Borstad JD: Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture-impairment association. *Phys Ther* **86**: 549-557, 2006
- 35) Trakis JE et al: Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: implications for injury prevention. *Am J Sports Med* **36**: 2173-2178, 2008
- 36) Kibler WB et al: Evaluation of apparent and absolute supraspinatus strength in patients with shoulder injury using the scapular retraction test. *Am J Sports Med* **34**: 1643-1647, 2006
- 37) Laudner KG et al: The relationship of periscapular strength on scapular upward rotation in professional baseball pitchers. *J Sport Rehabil* **17**: 95-105, 2008
- 38) Ebaugh DD et al: Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *J Electromyogr Kinesiol* **16**: 224-235, 2006
- 39) 津田 英: 筋力増強の理論. *Jpn J Rehabil Med* **54**: 740-745, 2017
- 40) Wickham J et al: Quantifying 'normal' shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol* **20**: 212-222, 2010
- 41) Tate AR et al: Effect of the Scapula Reposition Test on shoulder impingement symptoms and elevation strength in overhead athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* **38**: 4-11, 2008
- 42) Kibler WB et al: Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg* **11**: 142-151, 2003
- 43) Itami Y et al: Effect of Increased Scapular Internal Rotation on Glenohumeral External Rotation and Elbow Valgus Load in the Late Cocking Phase of Throwing Motion. *Am J Sports Med* **46**: 3182-3188, 2018