

# 高校野球投手における 上腕三頭筋の形態変化および組織弾性について— 一投球側の特徴と複数回の肘内側部障害の既往に着目して—

Morphological changes and tissue elasticity of the triceps of high-school pitchers: characteristics of the pitching side and history of elbow pain of the medial part

中井亮佑\*<sup>1</sup>, 小野志操\*<sup>2</sup>, 佐々木拓馬\*<sup>2</sup>  
為沢一弘\*<sup>2</sup>, 水田有樹\*<sup>3</sup>, 柴原 基\*<sup>4</sup>

キー・ワード : Triceps brachii muscle, pitching, ShearWave™ Elastography  
上腕三頭筋, 投球, 剪断波エラストグラフィ

〔要旨〕 臨床において、肘内側部障害を繰り返す症例の上腕三頭筋は圧痛を認め、機能低下を呈することを経験するが、上腕三頭筋に目を向けられた報告は少ない。本研究の目的は超音波画像装置（エコー）を用いて上腕三頭筋を評価し、投球側の特徴と2回以上の肘内側部障害の既往を有する選手の特徴を明らかにすることとした。対象は高校投手13例26肘とした。Bモードでの上腕三頭筋内側頭の外側部と内側部それぞれの短軸像を描出は、野中の報告より上腕骨顆部上稜の1横指背側を指標とし、屈曲位と伸展位の上腕三頭筋の変位量から変位率を算出した。組織弾性値はShearWave™ Elastographyを用いて計測した。投球側の外側部と内側部および投球側と非投球側を比較検討した。さらに、2回以上の肘内側部障害の既往の有無により対象を2群にわけ、比較検討を行った。結果は、上腕三頭筋は内側と比べ外側部の方が屈伸により形態が変化していた ( $p < 0.000$ )。投球側の外側部は非投球側より組織弾性値が高く ( $p = 0.015$ )、既往あり群の外側部は変位率が低値を示し ( $p = 0.035$ )、組織弾性値が高値を示した ( $p = 0.029$ )。投球により上腕三頭筋は炎症が生じやすく、それにより滑走障害を招くとされるため、特に既往あり群で特徴的なエコー所見を示したと推察した。これにより外反ストレスの制動力が低下し、肘内側部障害が再発していたと考えた。反復する肘内側部障害の症例においては、上腕三頭筋の外側部の理学所見とエコーの所見を評価する必要性が示唆された。

## 緒 言

投球障害のうち、内側上顆周囲に生じる障害(以下、肘内側部障害)は発生率が高く<sup>1)</sup>、再発しやすいことが問題である<sup>2)</sup>。肘内側部障害は、投球動作

において内側側副靭帯や前腕屈筋群に外反ストレスが集中することで疼痛が生じる<sup>3,4)</sup>。その原因としては投球フォーム不良<sup>4,5)</sup>、肩関節の回旋可動域<sup>6,7)</sup>などが指摘されており、他関節の機能低下が肘内側部へのメカニカルストレスを増強させる。理学療法においては、疼痛が生じている肘内側部の軟部組織に加えて、その軟部組織にメカニカルストレスを増強させている関節機能や軟部組織を評価し治療を行うことが再発の予防にもつながる。上腕三頭筋も投球時の外反ストレスに抵抗す

\*1 大野整形外科クリニックリハビリテーション科

\*2 京都下鴨病院理学療法部

\*3 しばはら整形外科スポーツ関節クリニックリハビリテーション科

\*4 しばはら整形外科スポーツ関節クリニック整形外科

る軟部組織のひとつであり、その中で唯一、求心性収縮を示し、肘関節の安定化に関与することが知られている<sup>8,9)</sup>。上腕三頭筋の機能不全によりボールリリースでの肘関節の伸展保持が不十分となると、肘内側部障害の発生率は上がると考えられている<sup>10)</sup>。臨床で複数回の肘内側部障害の経験を持つ症例において、投球側の上腕三頭筋の中でも内側頭を触診すると硬く、圧痛を認めることが多い。我々はこの所見の改善を目的とした運動療法により、肘内側部障害が再発しなくなった症例を経験し第31回日本臨床スポーツ医学会学術集會にて報告したが、これらの関係性については明らかとなっていない。

筋の硬さ(stiffness)は超音波画像装置(以下、エコー)に搭載されたエラストグラフィ機能により組織弾性値として数値化が可能であり、硬度計により計測された硬さと組織弾性値には相関があるとされる<sup>11,12)</sup>。臨床での徒手的な硬さは組織弾性値により客観的に表すことができると考えた。

そこで本研究の目的は、現在、投球時痛のない投手を対象に、エコーを用いて上腕三頭筋の形態変化や組織弾性値を評価し、投球側の特徴所見と2回以上の肘内側部障害の既往を有する選手の特徴所見を明らかにすることとした。

## 対象および方法

対象は、全国大会に出場経験のある兵庫県内の私立高校野球部1チームに所属する部員62名のうち、オーバースローの投手とした。手術既往のある例と投球側を変更した例は除外し、研究対象は13例26肘(年齢 $16.3 \pm 0.6$ 歳、15-17歳、学年1-2年、競技歴5-11年)とした。なお、全症例に事前に十分な説明を行い、本研究の内容を十分に説明し、研究対象者の自由意思による研究参加の同意を得て行った。

方法は、エコーを用いて上腕三頭筋の形態変化および組織弾性値の計測を行った。エコーはSuperSonic imagine社製のAIXPLOERERを用い、形態変化の計測にはBモードを用い、組織弾性値の計測にはShearWave™ Elastography機能を用いた。プローブはSuperLinear 10-2を使用した。測定時期はオフシーズンであり、測定日の前日は投球を行っていない状態とした。

### ・上腕三頭筋の屈伸による形態変化の計測

測定肢位は投球動作に類似した肢位にて計測す

る目的で、肩関節外転 $90^\circ$ 外旋 $90^\circ$ とした端座位にて肘関節の最大伸展位と最大屈曲位の2肢位とした。

描出部位は先行研究より上腕骨顆部上稜の1横指背側を指標とした<sup>13)</sup>。加えて、高位を統一するために、上腕三頭筋の内側頭の中央部が上腕の遠位20%に位置することから<sup>14)</sup>、撮影位置は上腕長の遠位20%の高さとした。描出方法は、上腕三頭筋外側部(以下、外側部)は橈骨神経、上腕三頭筋内側部(以下、内側部)は尺骨神経の短軸像を腕尺関節レベルにて描出し、近位へプローブを進め上腕三頭筋の短軸像を描出した(図1)。プローブは上腕と垂直となるように調整した。外側部は外側顆上稜、内側部は内側顆上稜に付着する上腕三頭筋の付着部から、それぞれ腹側の最前縁までの腹側幅を計測した。計測値は外側部および内側部で、それぞれ肘関節の最大伸展位と最大屈曲位において5回ずつ計測し、その平均値とした。外側部および内側部のそれぞれにおける、最大屈曲位の腹側幅を最大伸展位の腹側幅で除した値を変位率とした(図2)。

### ・上腕三頭筋の組織弾性値の計測

測定肢位は肩関節外転 $90^\circ$ 外旋 $90^\circ$ の端座位として肘関節は屈曲 $90^\circ$ 位とした。描出部位は同部位を長軸走査とし、上腕三頭筋の長軸像を描出し組織弾性値を計測した。組織弾性の関心領域は直径2mmの円にて筋膜を含めない中央部とした(図3)。計測は5回行い平均値を組織弾性値とした。

### ・統計解析

①上腕三頭筋の外側部と内側部、②上腕三頭筋外側部の投球側と非投球側、③上腕三頭筋内側部の投球側と非投球側における、変位率および組織弾性値それぞれをMann-WhitneyのU検定を用いて検討した。さらに、変位率と組織弾性値との関連性を検討する目的で、全選手の外側部および内側部それぞれの変位率と組織弾性値をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。危険率は5%未満とした。

過去に2回以上の肘内側部障害を有するかを判断する目的で、アンケートにて過去に競技から離脱する程度の肘内側部障害を2回以上にわたり経験したことがあるかを聴取し、既往あり群と既往なし群の2群間の比較検討を行った。検討項目は基本情報(年齢、競技歴)、肘関節の屈曲と伸展可

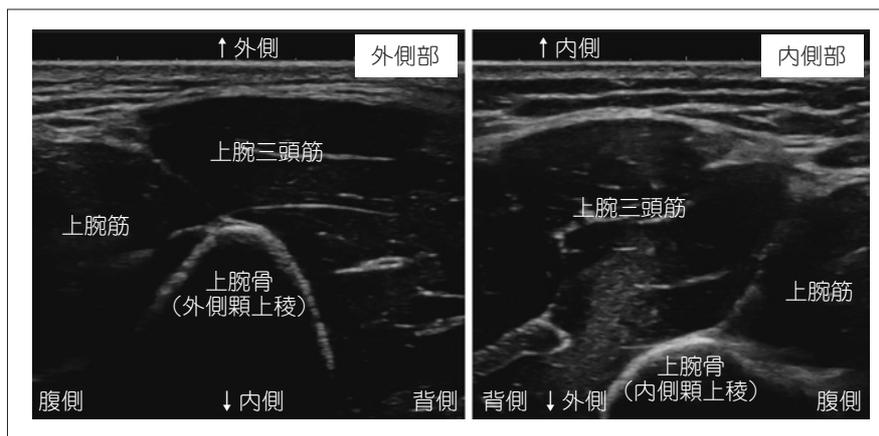


図1 上腕三頭筋の短軸像（左：外側部，右：内側部）  
 図左の外側部のエコーでは，上腕外側からプローブを当てており，描出画像の表層が外側，深層が内側，左側が腹側，右側が背側を示す。  
 図右の内側部のエコーでは，上腕内側からプローブを当てており，描出画像の表層が内側，深層が外側，左側が背側，右側が腹側を示す。

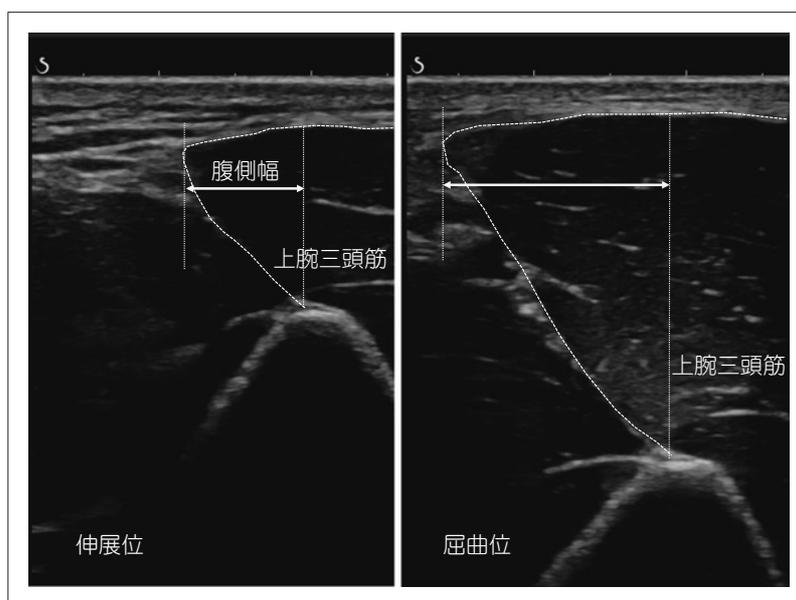


図2 腹側幅の計測方法（左：最大伸展位，右：最大屈曲位）  
 上腕三頭筋の上腕骨附着部から腹側縁までを腹側幅とした。腹側縁外側および内側それぞれの最大屈曲位の腹側幅から肘最大伸展位の腹側幅を変位量とした。図は外側部を示す。

動域，内側と外側のそれぞれの変位率と組織弾性値とし，各項目を Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した。

なお，計測は普段よりエコーを使用する同一検者にて行い，計測の信頼性を級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficients：以下，ICC) を使用し算出した。

## ■ 結 果

ICC (1, 1) は表の通りであり，Landis の判定基準<sup>15)</sup>にて全ての項目が almost perfect であった (表 1)。

①上腕三頭筋外側部と内側部の比較では，外側部の変位率が  $198.6 \pm 7.3\%$  (中央値  $\pm$  SD)，内側部の変位率が  $154.3 \pm 3.6\%$  であり，外側が有意に変

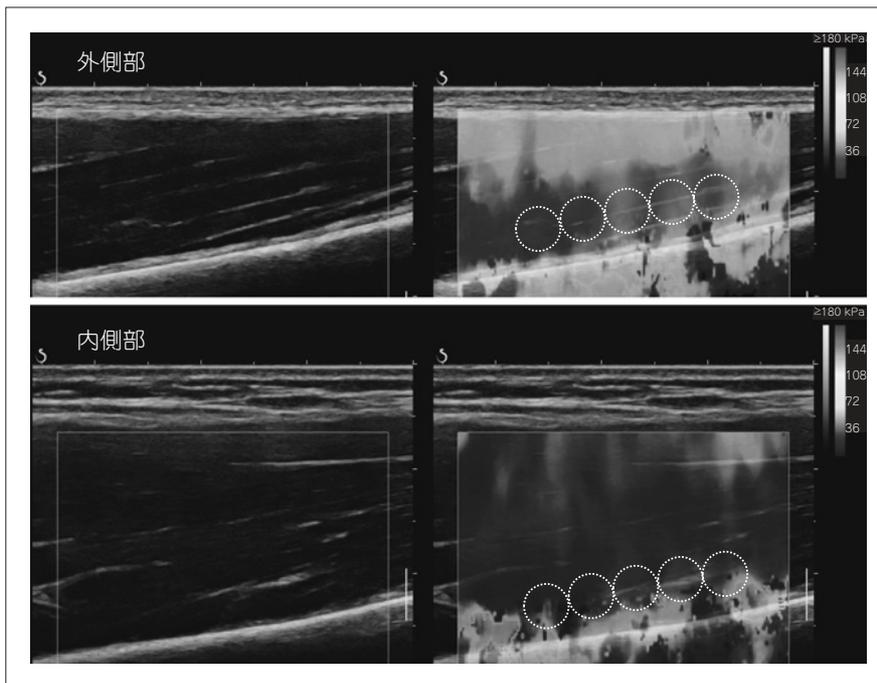


図3 ShearWave™ Elastography を用いた組織弾性値の計測方法  
上腕三頭筋の長軸像を描出し組織弾性値を計測した。図内の丸は組織弾性の関心領域を示し、直径2mmにて筋膜を含めない中心部とした。

表1 検者内信頼性

	外側		
	伸展時腹側幅	屈曲時腹側幅	組織弾性値
ICC (1, 1)	0.944	0.934	0.841

	内側		
	伸展時腹側幅	屈曲時腹側幅	組織弾性値
ICC (1, 1)	0.893	0.912	0.865

位していた ( $p < 0.000$ )。組織弾性値は、外側が  $26.9 \pm 2.1 \text{ kPa}$ 、内側部が  $23.9 \pm 1.8 \text{ kPa}$  で、有意差はなかった ( $p = 0.694$ )。

②上腕三頭筋外側部の投球側と非投球側の比較では、変位率は両側間に有意差はなかった ( $p = 0.293$ )。組織弾性値は投球側が有意に高値を示した ( $p = 0.015$ )。

③上腕三頭筋内側部の投球側と非投球側の比較では、変位率、組織弾性値ともに有意差はなかった ( $p = 0.564, p = 0.331$ )。

変位率と組織弾性値の関係性は、外側部では負の相関がみられた ( $r = -0.43, p = 0.031$ )。内側部では相関関係はみられなかった ( $r = 0.15, p = 0.456$ ) (図4)。

既往の有無による比較では、既往あり群が7例

と既往なし群が6例で2群間の基本情報と肘関節可動域に有意差はなかった。既往なし群と比較し、既往あり群の外側部では、変位率が低値を示し ( $p = 0.035$ )、組織弾性値が高値を示した ( $p = 0.029$ )。投球側の内側部では有意差はなかった (表2)。

### 考察

本研究は高校野球投手を対象に、エコーを用いて上腕三頭筋の形態変化と組織弾性値を計測し、投球側ならびに2回以上の肘内側部障害の既往を有する選手の特徴を検討した。

今回の結果から上腕三頭筋の外側部、内側部ともに腹側方向へ形態変化していた。その変位率は外側部が内側部より大きいことが明らかとなったが、組織弾性値には有意差が見られなかった。上

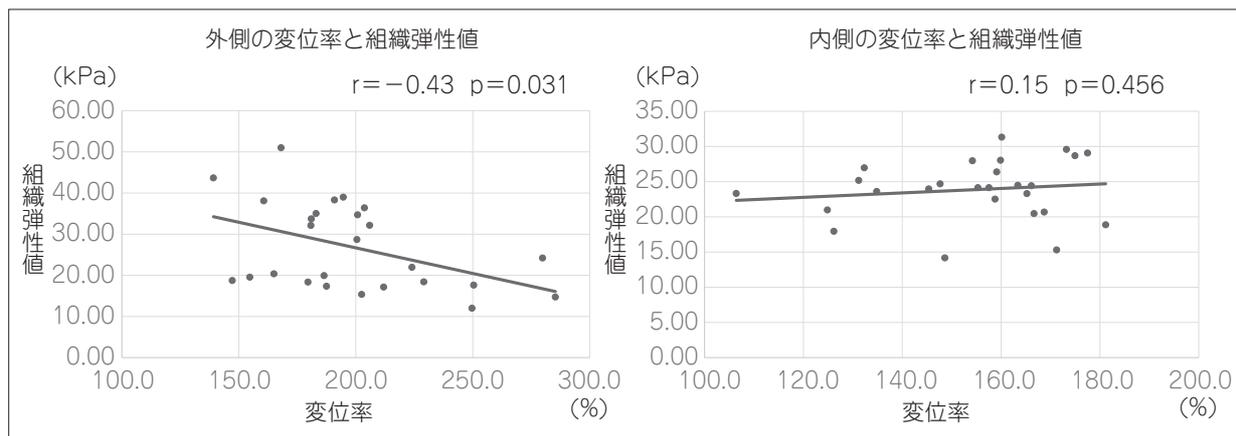


図4 変位率と組織弾性値の関係性 (左：外側, 右：内側)

表2 肘内側部障害の既往の有無による統計学的検討結果 (中央値±SD)

	既往有群 (7例)	既往無群 (6例)	P値	
年齢 (歳)	16.0±0.2	16.5±0.2	0.3352	
競技歴 (年)	8.5±0.8	7.0±1.2	0.6131	
肘屈曲 (°)	135.0±2.3	137.5±3.0	0.6282	
肘伸展 (°)	0.0±1.2	0.0±2.1	0.8143	
外側部	変位率 (%)	168.0±8.7	202.3±10.1	0.0219*
	(変位量 (mm))	1.00±0.16	1.15±0.25	
	組織弾性値 (kPa)	38.1±3.7	30.4±3.3	0.0287*
内側部	変位率 (%)	157.6±5.8	165.7±7.5	0.2566
	(変位量 (mm))	0.97±0.29	0.84±0.21	
	組織弾性値 (kPa)	24.1±1.45	26.6±1.66	0.5902

\*p<0.05

腕三頭筋の遠位部の特徴として、外側部にのみ肘関節の屈伸運動に伴い伸張される Lateral cubital retinaculum が存在する<sup>16)</sup>。この構造から上腕三頭筋は内側部より外側部の方が肘関節伸展作用を効率よく発揮できると考えられ、組織弾性に差がなければ外側部の変位率が大きくなると推察された。外側部の変位率と組織弾性値に負の相関が見られたことから、外側部が形態変化するには、外側部の組織弾性値の低さ、すなわち柔軟性が必要であると考えられた。

投球側と非投球側の特徴において、変位率に差はなく、組織弾性は投球側の方が高かった。これを2回以上の肘内側部障害の有無により2群に分けて検討すると、既往あり群の外側部は既往なし群に比べて変位しづらく、筋の組織弾性は高くなっていた。このことから既往あり群は、同部位

の柔軟性が低下し形態変化が制限されている可能性が示唆された。投球時により肘関節には外反ストレスが生じるが、投球フォーム不良により増強し、肘内側部障害などを招く。上腕三頭筋はこの外反ストレスに対して内反力を生成するとされている<sup>8,9)</sup>。さらに、肘内側部障害を抱える選手の上腕三頭筋の筋力は低下しているとされ<sup>4)</sup>、ボールリリースでの肘関節の伸展運動が不十分となると、肘関節が屈曲位でのボールリリースとなるとされる<sup>10)</sup>。屈曲位でのボールリリースは内側側副靭帯に加わる牽引ストレスが大きいとされ、肘内側部障害の原因となると考えられている<sup>17)</sup>。また、投球により上腕三頭筋の停止部には炎症が生じやすいことが知られており<sup>18)</sup>、炎症によって周囲の軟部組織との間に滑走障害が生じていたことで、上腕三頭筋の形態変化や組織弾性が変化した可能性が

あると推察した。これにより外反ストレスの制動力や肘関節の伸展筋力が低下することで、肘内側部障害の再発に関与していると考えた。理学療法において、上腕三頭筋外側部に対する運動療法に目を向けられた報告は見当たらない。肘内側部障害において上腕三頭筋の外側部の圧痛や柔軟性の低下を認め、エコーにて上腕三頭筋の形態変化を認めた場合、同部位の滑走障害改善を目的とした運動療法を行う必要があると推察された。

しかし、本研究は対象が少なく横断的な研究デザインのため、推測の範囲を脱せない。また、投手のみでの検討であるため他のポジションの選手に関しては検討できていないこと、現在は疼痛を有しない選手での検討であり肘内側部障害の症例での検討ができていないことが限界として挙げられる。今後は、シーズンを通じた変化や実際に障害の発生した時点での状態を見るなど、縦断的な研究を行うことで、上腕三頭筋の形態変化について明らかになるのではないかと考える。さらには、上腕三頭筋外側部の柔軟性の低下に対して、理学療法の有効性についても検討を進める必要があると考える。

## 結 語

本研究は、投球側および2回以上の肘内側部障害の既往を有する高校野球投手の上腕三頭筋の特徴を、エコーを用いて比較検討を行った。本研究より、投球側の上腕三頭筋外側部の組織弾性値は高値を示すこと、2回以上の既往がある選手は組織弾性の高値に加え形態変化も制限されていたこと、外側部の変位率と組織弾性値には負の相関があることが示された。

これまでの肘内側部障害に対する運動療法において上腕三頭筋外側部には目を向けられていなかった。今後、反復する肘内側部障害の症例においては、上腕三頭筋の外側部の圧痛や触診による柔軟性の評価、エコーにて上腕三頭筋の形態変化や組織弾性値を評価する必要性が示唆された。

## 謝 辞

本論文の作成にあたり、ご助言いただきました大野整形外科クリニックの大野貴敏院長に深謝いたします。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) Matsuura T, Suzue N, Kashiwaguchi S, et al. Elbow injuries in youth baseball players without prior elbow pain. *Orthop J Sports Med.* 2013; 1: 1-4.
- 2) Glenn SF, James RA. Prevention of elbow injuries in youth baseball pitchers. *Sport health.* 2012; 4: 419-424.
- 3) 佐藤亮平, 大歳憲一, 猪狩貴弘, 他. 肘内側部痛の鑑別診断—屈曲回内筋付着部障害に着目して—. *日本肘関節学会雑誌.* 2018; 25: 275-277.
- 4) 三原研一. バイオメカニクスと投球フォーム. *関節外科.* 2008; 27: 32-42.
- 5) 藤井秀人, 吉田 晃, 豊田 誠, 他. 1チーム内全選手の連続写真による投球フォームの観察—野球肘予防のために簡便にリスクのある子を探すには—. *中部整災誌.* 2013; 56: 347-348.
- 6) 幸田仁志, 甲斐義浩, 来田宣幸, 他. 高校野球投手における身体機能の非投球側差と投球肩・肘障害について—障害陽性群と陰性群での非投球側差の比較検討—. *ヘルスプロモーション理学療法研究.* 2018; 8: 127-131.
- 7) Kevin EW, Leonard CM, Glenn SF, et al. Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers - A prospective study. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 2075-2081.
- 8) Buffi JH, Werner K, Kepple T, et al. Computing muscle, ligament, and osseous contributions to the elbow varus moment during baseball pitching. *Ann Biomed Eng.* 2015; 43: 405-415.
- 9) Sherry LW, Glenn SF, Charles JD, et al. Biomechanics of the elbow during baseball pitching. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 17: 274-278.
- 10) 田村将希, 千葉慎一, 尾崎尚代, 他. 肩挙上位での肘伸展運動の検討—投球動作との関連性—. *日本肘関節学会雑誌.* 2017; 24: 382-384.
- 11) Nütt M, Michizaki A, Endo A, et al. Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography: a feasibility study. *Acta Radiol.* 2011; 52: 99-105.
- 12) Ruth MM, Dawn MH, Shinohara M. Quantification of dry needling and posture effects on myofascial trigger points using ultrasound Shear-Wave Elastography. *Arch Phys Med Rehabilitation.* 2013; 94: 2146-2150.

- 13) 野中雄太, 増田一太. Struther's arcade での尺骨神経絞扼により肘内側部痛を呈した一症例. 愛知県理学療法学会誌. 2017; 29: 91-97.
- 14) Gael P, Fwderico V, Vincent C. The medial head of the triceps brachii. Anatomy and blood supply of a new muscular free flap: the medial triceps free flap. Surg Radial Anat. 2011; 33: 415-420.
- 15) J Richard L, Gary GK. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977; 33: 159-174.
- 16) Gunther W, Norbert PT, Wolfgang G, et al. The triceps brachii muscle and its insertion on the olecranon. Med Sci Monit. 2006; 12: 290-294.
- 17) 高原政利, 原田幹生, 村 成幸, 他. クラブ活動における上肢障害の管理 野球肘の保存療法と予防. MB orthop. 2008; 21: 37-43.
- 18) Gutierrez NM, Granville C, Kaplan L, et al. Elbow MRI findings do not correlate with future placement on the disabled list in asymptomatic professional baseball pitchers. Sports Health. 2017; 9: 222-229.

---

(受付 : 2021 年 2 月 24 日, 受理 : 2022 年 2 月 14 日)

## Morphological changes and tissue elasticity of the triceps of high-school pitchers: characteristics of the pitching side and history of elbow pain of the medial part

Nakai, R.<sup>\*1</sup>, Ono, S.<sup>\*2</sup>, Sasaki, T.<sup>\*2</sup>  
Tamezawa, K.<sup>\*2</sup>, Mizuta, Y.<sup>\*3</sup>, Shibahara, M.<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Rehabilitation, Ohno Orthopedic Clinic

<sup>\*2</sup> Department of Rehabilitation, Kyoto Shimogamo Hospital

<sup>\*3</sup> Department of Rehabilitation, Shibahara Orthopedic Surgery Sports Joint Clinic

<sup>\*4</sup> Department of Orthopedic Surgery, Shibahara Orthopedic Surgery Sports Joint Clinic

**Key words:** Triceps brachii muscle, pitching, ShearWave™ Elastography

**[Abstract]** It has been observed that the triceps brachii muscle (TBM) in patients with repeated medial elbow injuries is tender and that it exhibits decreased function; however, few reports have focused on the TBM. This study was aimed to evaluate the TBM using ultrasound imaging and to clarify the characteristics of the throwing side of players with a history of two or more medial elbow disorders. The short-axis images of the lateral and medial parts of the medial head of the TBM were drawn in B-mode; the displacement rate was calculated based on the displacement of the TBM in flexion and extension. The tissue elasticity values were measured using ShearWave™ elastography. The results showed that the morphology of TBM was altered by flexion and extension more in the lateral part than the medial part ( $p < 0.000$ ). The lateral part of the throwing side showed higher tissue elasticity ( $p = 0.015$ ) than the non-throwing side. The group with two or more previous medial elbow injuries had a lower displacement rate ( $p = 0.035$ ) and higher tissue elasticity ( $p = 0.029$ ) than the group without previous injuries. In cases of recurrent medial elbow injuries, it is suggested that the physical and echogenic findings of the lateral TBM should be evaluated.