

投球障害肩既往のある中学生 野球選手は上肢重量に対して肩甲帯筋量が不足 する—DXA 法を用いた検討—

Shoulder girdle musculature is insufficient for upper extremity mass
in baseball players with a history of shoulder injury

筒井俊春*¹, 坂槇 航*¹, 前道俊宏*¹
飯塚哲司*², 鳥居 俊*³

キー・ワード : youth, shoulder, body composition
成長期, 肩関節, 身体組成

【要旨】 【目的】中学生野球選手における投球障害肩の既往が上肢分節重量および肩甲帯除脂肪量に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は中学1~3年生の野球選手149名とし、その内16名をInjured Shoulder群、133名をNon Injured群に分類し、比較検討を行った。測定はDXA装置を用い、whole body modeを用いて全身スキャンを行った。そしてSubRegion機能を用いて上肢を分画し、上腕、前腕、手部の重量、ならびに肩甲帯部の除脂肪量を算出した。上肢、上腕、前腕、手部の重量、肩甲帯除脂肪量、肩甲帯除脂肪量に対する上腕重量の群間比較にはt検定もしくはMann-WhitneyのU検定を用いた。また、上腕重量、上肢重量、肩甲帯除脂肪量については群間の体格差を考慮するため、体重を共変量とする共分散分析を実施した。

【結果】前腕重量、上腕重量、上肢重量はInjured Shoulder群がNon Injured群と比較して有意に高値を示した($p=0.045, 0.014, 0.028$)。また、肩甲帯除脂肪量に対する上腕重量はInjured Shoulder群がNon Injured群よりも有意に高値を示した($p=0.045$)。共分散分析の結果、肩甲帯除脂肪量はInjured Shoulder群がNon Injured群と比較して有意に低値($p=0.028$)を示した一方、上肢および上腕重量は高値を示した($p=0.049, 0.046$)。

【結論】投球障害の既往を有する中学野球選手は上肢重量に対して肩甲帯筋量が不足することが明らかとなった。肩痛の既往は肩障害再発の危険因子となることから、肩甲帯除脂肪量の発育がピークとなる中学生期に肩甲骨周囲筋のトレーニングを介入することは再発予防に貢献する可能性がある。

1. 緒言

野球選手は繰り返される投球動作によって肩や肘など上肢の障害が多発する。特に成長期選手の身体は発育途上であるため、未成熟な骨軟骨や骨端線、軟部組織に対して頻回に応力が加わることで成長期特有の症状を呈することが知られている。

Lymanら¹⁾は9~14歳の476名の投手を対象とした前向きコホート研究を行った結果、約半数の投手が上肢に痛みを経験しており、34%が肩痛、28%が肘痛を発症したと報告している。

成長期野球選手の肩・肘痛の危険因子を調査した報告²⁾によると、肩痛の発生には肩痛既往が最も高い危険因子(OR=3.34; 95%CI: 2.16~5.17)であったことが示されている。また、投球障害肩を発症した選手は肩関節可動域や回旋筋腱板の筋力および持久力の低下³⁾、肩甲帯周囲の機能不全が生じている⁴⁾と述べられている。すなわち投球障害肩

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 国立スポーツ科学センター

*3 早稲田大学スポーツ科学学術院

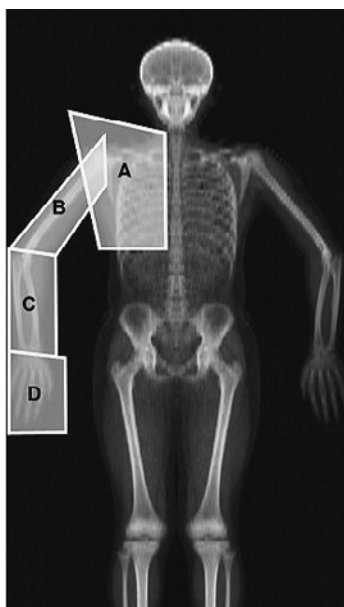


図1 上肢の各分節と肩甲帯部の分画

A：肩甲帯部（上縁：肩軟部陰影；下縁：Th12下縁；内側縁：脊柱外側；外縁：胸部軟部陰影）

B：上腕部（近位縁：肩甲骨外縁；遠位縁：内外測上顆を通る線）

C：前腕部（近位縁：内外測上顆を通る線；遠位縁：橈尺骨茎状突起を通る線）

D：手部（近位縁：橈尺骨茎状突起を通る線）

の発症後は筋力や筋量，機能不全が残存し，肩痛の再発に関与していることが推察される。

発育過程では四肢の各分節の発育は末梢で先行する⁵⁾ため，発育途上ではより発育が先行した末梢部を発育が遅れる中枢部で支持することになる。特に中学生期は投球時に上肢を支持する肩甲骨周囲の除脂肪量⁶⁾が増加のピークを迎える時期となるが，投球障害肩の既往を有する選手は機能不全によって必ずしも十分な肩甲骨周囲の筋量を確保できていない可能性が考えられる。投球時の肩関節圧迫応力および内旋トルクといった肩関節への負荷には上肢分節重量が関連しているという報告⁷⁾を踏まえると，成長期野球選手の上肢重量と肩甲骨周囲の筋量との比率を知ることは再発予防の観点から重要であることが示唆される。

そこで本研究の目的は，中学生野球選手における投球障害肩の既往が上肢分節重量および肩甲帯筋量を示す除脂肪量に与える影響を明らかにする

こととした。仮説として，投球障害肩の既往がある野球選手は既往のない選手と比較して上肢重量が重くなり，肩甲帯除脂肪量が少なくなると考える。

2. 方法

1) 対象および群分け

対象は野球を始めて1年以上経過している中学1～3年生の野球選手149名とした。学年の内訳は中学1年生63名，中学2年生53名，中学3年生33名であった。投球肩障害既往の判別は，事前に配布した既往歴に関する質問紙（発症時期，痛みの続いた期間，投球を休止した期間，病院の受診および診断の有無）に記載された内容をもとに行った。判定基準はOlsenら⁸⁾の投球肩肘障害の包含基準を参考に，過去にi)2週間以上続く疼痛，ii)練習や試合に参加できないほどの疼痛，を有していた者，iii)医療機関で「上腕骨近位骨端線症」や「投球障害肩」と診断された者をInjured Shoulder群と定義した。その結果，149名中16名がInjured Shoulder群，133名がNon Injured群に分類された。なお，対象者は全員硬式野球を行っており，練習は週2回，約3～6時間実施していた。対象者は全員未成年者であったため，保護者にも本研究の意図を十分に説明し，同意を得た上で測定に参加してもらった。本研究の実施にあたっては早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認（承認番号：2017-323）を得ている。

2) 測定方法ならびにデータ解析

測定にはDXA装置（Hologic社製Delphi-A QDR）のwhole body modeを用いた。対象者には軽装とさせ，身体の正中線が検診テーブルの中心と一致するように仰臥位となってもらった。臥位姿勢は肩関節45°外転位，前腕回内位，股関節および膝関節伸展位で両母趾が接するように足部を固定した姿勢とし，測定中は動かないよう指示した上で全身スキャンを行った。そして鳥居⁹⁾の解析方法と同様に，SubRegion機能を用いて図1に示すように肩甲帯部（図1A），上腕部（図1B），前腕部（図1C），手部（図1D）を区画化した。そして，肩甲帯部は上肢の支持に貢献すると考えられることから除脂肪量を，上腕部，前腕部，手部はその重さが投球時に肩関節へ影響を及ぼすと考えられることから重量を算出した。なお，上腕部，前腕

表 1 基本情報および上肢分節重量・除脂肪量の群間比較

変数	Injured shoulder (n=16)	Non Injured (n=133)	p 値	効果量 <i>d</i>
年齢 (歳)	13.6 ± 1.1	13.3 ± 0.8	0.713	0.36
身長 (cm)	161.6 ± 9.5	157.9 ± 8.5	0.110	0.43
体重 (kg)	56.6 ± 11.9	50.9 ± 10.7	0.051	0.53
野球歴 (年)	5.6 ± 1.3	5.7 ± 1.5	0.871	0.07
手部重量 (g)	349.9 ± 71.5	319.2 ± 58.1	0.053	0.52
前腕部重量 (g)	905.3 ± 245.8	804.2 ± 181.7	0.045	0.53
上腕重量 (g)	2194.0 ± 515.2	1859.1 ± 515.2	0.014	0.65
上肢重量 (g)	3449.2 ± 799.9	2982.6 ± 721.7	0.028	0.64
肩甲帯除脂肪量 (g)	3441.0 ± 792.4	3402.3 ± 802.9	0.854	0.05

部, ならびに手部の合計重量を上肢重量と示した. 本測定にあたり装置の較正(キャリブレーション)ならびに精度管理は熟練した整形外科医によって規定通りに行われた.

3) 統計解析

統計処理には統計ソフト (SPSS Statistics29, IBM 社) を用いた. 年齢, 身長, 体重, 競技歴を含む基本情報, ならびに手部重量, 前腕重量, 上腕重量, 上肢重量, 肩甲帯除脂肪量に関する全てのデータは平均±標準偏差で示した. 正規性の検定には Shapiro-Wilk 検定を用い, Injured Shoulder 群と Non injured 群との比較においてデータの正規性が確認された場合には対応のない t 検定を, 確認できなかった場合には Mann-Whitney の U 検定を用いた. そして効果量として Cohen's *d* を算出し, $d=0.2$ は効果量小, $d=0.5$ は効果量中, $d=0.8$ は効果量大と判定した¹⁰⁾. その後, 上腕重量, 上肢重量, 肩甲帯除脂肪量については群間の体格差を考慮するため, 体重を共変量とする共分散分析を実施した. 統計学的有意水準はいずれも 5% とした.

3. 結果

Injured Shoulder 群と Non injured 群それぞれの年齢, 身長, 体重, 競技歴を含む基本情報, ならびに手部重量, 前腕重量, 上腕重量, 上肢重量, 肩甲帯除脂肪量の平均値±標準偏差の結果を表 1 に示した. 前腕重量, 上腕重量, 上肢重量は Injured Shoulder 群が Non Injured 群と比較して有意に高値を示した ($p=0.045, 0.014, 0.028$, いずれも効果量中). 身長および体重は群間で統計学的有意差は認められなかったが, 効果量中であった. また, 肩甲帯除脂肪量に対する上腕重量は Injured

Shoulder 群が Non Injured 群よりも有意に高値を示した (図 2; $p=0.021, d=1.01$).

体重を共変量とした共分散分析を行った結果を図 3 に示す. Injured Shoulder 群は Non Injured 群と比較して肩甲帯除脂肪量が有意に低値 ($p=0.028$, Injured Shoulder 群: 3139.7 ± 141.6 g; Non Injured 群: 3472.6 ± 48.6 g) を示し, 上肢重量 ($p=0.049$, Injured Shoulder 群: 3120.4 ± 46.6 g; Non Injured 群: 3022.16 ± 16.0 g) および上腕重量 ($p=0.046$, Injured Shoulder 群: 1968.87 ± 40.5 g; Non Injured 群: 1886.2 ± 13.9 g) は高値を示した.

4. 考察

成長期野球投手の肩痛の発生において, 肩痛既往が最も高い危険因子と言われている²⁾. 本研究は肩痛の再発予防の一助となることを目指し, 中学生野球選手における投球障害肩の既往が上肢分節重量および肩甲帯除脂肪量に与える影響を明らかにすることを目的として DXA 法を用いた検討を行った. 仮説として投球障害肩の既往がある野球選手は上肢重量が高値を示すことが考えられた.

我々の仮説通り, Injured Shoulder 群は Non Injured 群と比較して上腕および前腕を含む上肢重量が重かった. Sterner ら⁷⁾は成長期野球選手を対象に投球時に肩関節にかかる圧迫応力, 水平内転および内旋トルクと DXA 法で取得した上腕, 前腕, 手部重量との関連について検討した. その結果, 肩関節への圧迫応力は上腕, 前腕, 手部重量と, 内旋トルクは上腕, 手部重量と関連することを明らかにした. DXA 法を用いて上肢各分節の重量や上肢慣性値の年齢変化を明らかにした報告^{9,11)}によると, 上腕重量や肘関節より遠位の慣性値は生後約 200 ヶ月頃まで増大し続けることが分

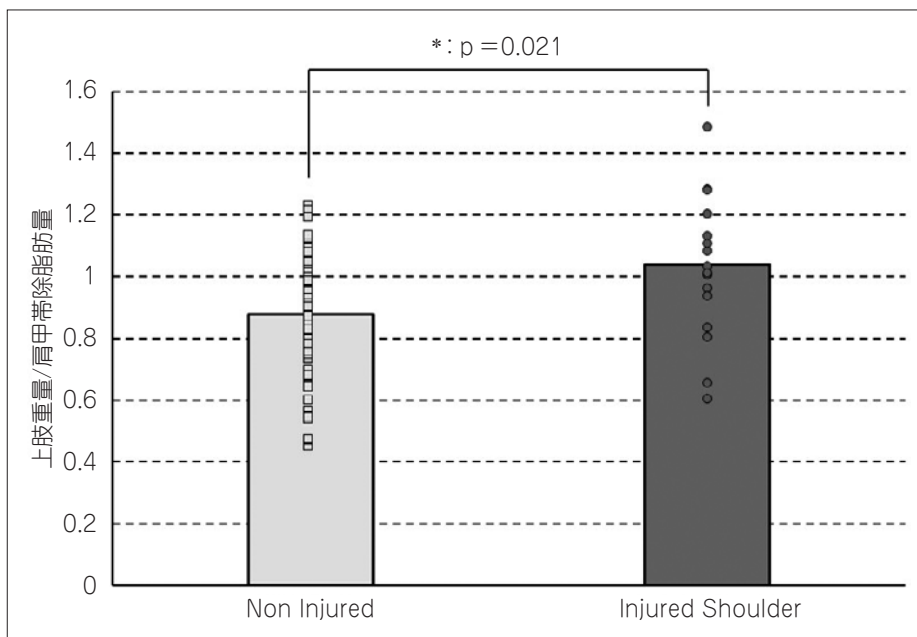


図2 肩甲帯除脂肪量に対する上肢重量の群間比較

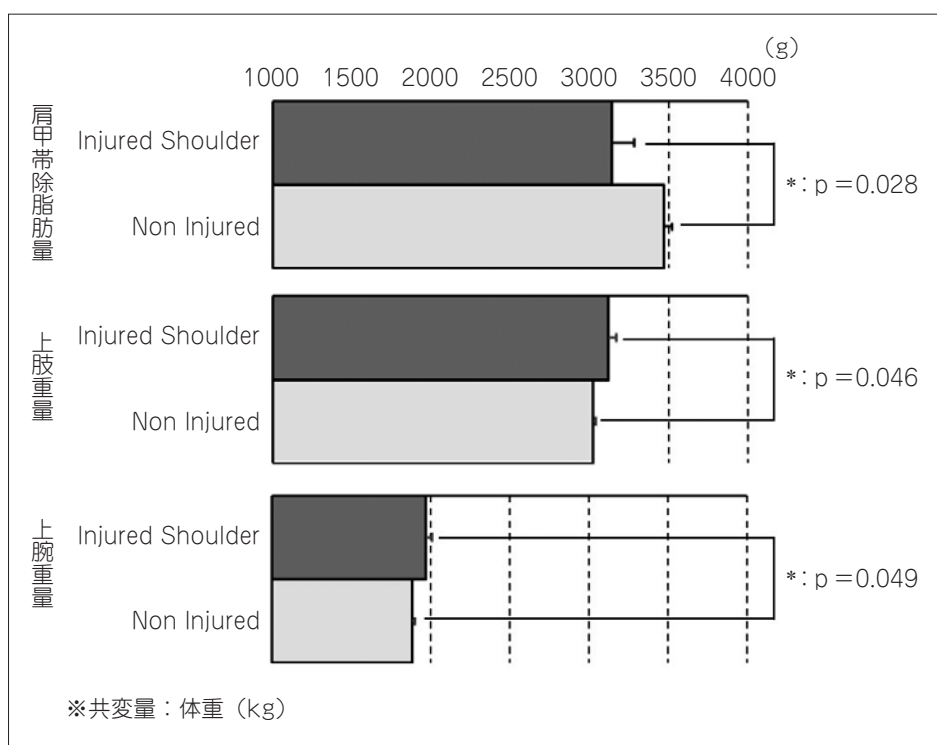


図3 体格を考慮した肩甲帯除脂肪量と上肢・上腕重量の群間比較

かっている。四肢の各分節の発育は末梢側から中枢側へと起こる⁵⁾ことを考慮すると、四肢発育が完了していない段階では相対的に末梢側が重くなることで肩関節への負荷が増大してしまう可能性が考えられる。投球障害肩の既往を有する中学野球選手は上肢各分節の重量が高値を示したという本

研究の結果を踏まえると、投球障害肩の既往による上肢重量の増大が投球時の肩関節への負荷を増加させ、再発の一要因となっている可能性が示唆された。

Injured Shoulder 群は Non Injured 群よりも上肢を支持すると考えられる肩甲帯除脂肪量が上肢

重量に対して相対的に不足することが示された。また、体格を考慮した場合に、Injured Shoulder 群は Non Injured 群と比較して肩甲帯除脂肪量が少なかった一方、上腕重量は重いことが明らかとなった。これらの結果から Injured Shoulder 群は肩関節より末梢の上肢に依存した投球動作となっていたことが推測される。投球動作中の Arm Cocking 期から Acceleration 期における肩甲骨周囲筋の活動は上肢を支持するために不可欠であり、肩や肘関節の局所的なストレスの低減に貢献すると報告されている¹²⁾。すなわち、肩甲骨周囲の筋量や機能は肩関節の負荷を減らすことに寄与すると考えられる。また、Keeley ら¹³⁾は投球動作中に肩関節近位への力学的負荷の大きい成長期投手は肩痛を訴える割合が高かったことを明らかにした。肩関節の外転に伴う肩甲骨上方回旋の減少は肩峰下のスペースを減少させる¹⁴⁾ことを踏まえると、肩甲骨を上方回旋させる機能を有する僧帽筋下部線維や前鋸筋などの肩甲骨周囲筋のエクササイズや肘下がりや体幹早期回旋による手投げなどの不良動作の修正は肩痛の再発予防に重要であると考えられる。投球障害肩の既往があった選手に対しては特に肩甲骨周囲の筋量が十分かどうかをスポーツ現場やメディカルチェックで確認する必要があるとともに、投球障害肩のリハビリテーションにおいても肩甲骨周囲筋の筋量の確保を目指すべきと考える。

本研究の限界は2点あげられる。1つ目に、DXAは骨格筋量の評価に有用と述べられている¹⁵⁾ものの、肩甲帯区画には胸腔内臓を含んでしまうため除脂肪量を過大評価してしまうことが挙げられる。2つ目に上腕の区画と肩甲帯の区画の一部が重なってしまい、特に三角筋などの肩関節付近の筋群が重複してしまうことが挙げられる。肩痛発症の要因として、投球数²⁾や柔軟性¹⁶⁾、フォームの不良¹⁷⁾などの要素も挙げられていることから、今後は対象数ならびに予測変数を増やした検討が行われることが望まれる。

5. 結論

投球障害の既往を有する中学野球選手は上肢重量に対して肩甲帯筋量が不足することが明らかとなった。肩痛の既往は肩障害再発の危険因子となることから、肩甲帯除脂肪量の発育がピークとなる中学生期に肩甲骨周囲筋のトレーニングを導入

することは再発予防に貢献する可能性があると考えられる。

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) Lyman S, Fleisig GS, Andrews JR, et al. Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*. 2002; 30: 463-468.
- 2) Matsuura T, Iwame T, Suzue N, et al. Risk factors for shoulder and elbow pain in youth baseball players. *The Physician and Sportsmedicine*. 2017; Published online March 9: 1-5 doi: 10.1080/00913847.2017.1300505.
- 3) Trakis JE, McHugh MP, Caracciolo PA, et al. Muscle Strength and Range of Motion in Adolescent Pitchers with Throwing-Related Pain: Implications for Injury Prevention. *Am J Sports Med*. 2008; 36: 2173-2178 doi: 10.1177/0363546508319049.
- 4) Reinold MM, Gill TJ. Current Concepts in the Evaluation and Treatment of the Shoulder in Overhead-Throwing Athletes, Part 1: Physical Characteristics and Clinical Examination. *Sports Health*. 2010; 2: 39-50 doi: 10.1177/1941738109338548.
- 5) Cameron N, Tanner JM, Whitehouse RH. A longitudinal analysis of the growth of limb segments in adolescence. *Annals of Human Biology*. 1982; 9: 211-220.
- 6) Tsutsui T, Maemichi T, Iizuka S, et al. Longitudinal Change of Forearm-Hand Inertia Value and Shoulder Musculature Using Dual X-ray Absorptiometry in Youth Japanese Baseball Players: Implications for Elbow Injury. *Sports*. 2020; 8: 152 doi: 10.3390/sports8120152.
- 7) Sterner JA, Reaves SK, Aguinaldo AL, et al. Inverse dynamics analysis of youth pitching arm kinetics using body composition imaging. *Sports Biomechanics*. 2020; Published online March 5: 1-15 doi: 10.1080/14763141.2020.1715470.
- 8) Olsen SJ, Fleisig GS, Dun S, et al. Risk Factors for Shoulder and Elbow Injuries in Adolescent Base-

- ball Pitchers. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 905-912
doi: 10.1177/0363546505284188.
- 9) 鳥居 俊. 野球選手の発育に伴う上肢分節の重量分布の変化—肩・肘障害リスクへの考察—. *整形外科スポーツ医学会誌.* 2019; 39: 90-92.
- 10) Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* Routledge; 2013.
- 11) 筒井俊春, 前道俊宏, 飯塚哲司, 他. 慣性値を用いた発育期にある野球選手における肘障害リスクの検討—身体発育変化に着目して—. *日本アスレティックトレーニング学会誌.* 2020; 5: 151-157.
- 12) Escamilla RF, Andrews JR. Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports medicine.* 2009; 39: 569-590.
- 13) Keeley DW, Oliver GD, Dougherty CP. A biomechanical model correlating shoulder kinetics to pain in young baseball pitchers. *Journal of human kinetics.* 2012; 34: 15.
- 14) Laudner KG, Myers JB, Pasquale MR, et al. Scapular dysfunction in throwers with pathologic inter-
- nal impingement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2006; 36: 485-494.
- 15) Midorikawa T, Ohta M, Torii S, et al. Lean soft tissue mass measured using dual-energy x-ray absorptiometry is an effective index for assessing change in leg skeletal muscle mass following exercise training. *Journal of Clinical Densitometry.* 2018; 21: 394-398.
- 16) Shanley E, Kissenberth MJ, Thigpen CA, et al. Pre-season shoulder range of motion screening as a predictor of injury among youth and adolescent baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2015; 24: 1005-1013 doi: 10.1016/j.jse.2015.03.012.
- 17) Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, et al. Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *Journal of Biomechanics.* 1999; 32: 1371-1375.

(受付：2021年7月16日，受理：2021年12月24日)

Shoulder girdle musculature is insufficient for upper extremity mass in baseball players with a history of shoulder injury

Tsutsui, T^{*1}, Sakamaki, W^{*1}, Maemichi, T^{*1}
Iizuka, S^{*2}, Torii, S^{*3}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Japan Institute of Sports Science

^{*3} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Key words: youth, shoulder, body composition

[Abstract] The purpose of this study was to clarify the effects of a history of shoulder injury on upper extremity segmental mass and shoulder girdle muscular in adolescent baseball players. 149 baseball players were included in the study and classified into Injured Shoulder (n=16) and Non Injured (n=133) group. DXA was used to measure whole body composition and the mass of the upper arm, forearm, and hand mass, as well as shoulder girdle musculature, were calculated. The mass of the upper extremity, upper arm, forearm, and hand, shoulder girdle lean musculature, and upper extremity mass to shoulder girdle lean musculature were compared between groups using t-test or Mann-Whitney's U test. Analysis of covariance with weight as a covariate was also performed for upper extremity, upper arm mass, and shoulder girdle muscular. Forearm, upper arm, upper extremity mass and upper arm mass to shoulder girdle musculature were significantly heavier in the Injured Shoulder group. Injured Shoulder group had a significantly lower shoulder girdle musculature than the Non-Injured group, while the upper extremity and arm mass were heavier. It was found that adolescent baseball players with a history of shoulder injury had insufficient shoulder girdle musculature compared to upper extremity mass.