

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：37101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10915

研究課題名（和文）野球投手における投球動作の反復が身体の筋硬度に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effect of repetitive pitching motion on muscle hardness in baseball pitchers

研究代表者

長谷川 伸（Hasegawa, Shin）

九州共立大学・スポーツ学部・教授

研究者番号：70350444

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：野球投手が投球動作を反復することにより、投球後、投手の身体では筋が硬くなる部位があることが経験的に知られているが、筋硬度が増加しやすい身体部位や筋、筋硬度の回復に要する時間は明らかではない。本研究の目的は、投球動作の反復により筋硬度が上昇しやすい筋を明らかにすること、筋硬度の上昇が続く時間を明らかにすることである。野球投手には試合を想定した投球動作の反復（105球）を行わせ、投球前、投球後、24時間後、48時間後における筋硬度を測定した。その結果、投球後24時間、48時間後に棘上筋において筋硬度の増加が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、野球投手において筋硬度の上昇が示されやすい筋を明らかにするとともに、その回復時間を明示することができた。本研究で使用したBモード超音波装置を使用した筋硬度の測定法は、筋硬度という観点から筋の回復時間を推定することができることから、球数制限や投球間隔の設定を行うにあたり、個々の投手に応じた回復時間や投球数の設定に利用できる可能性があることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：It is well known that repetitive pitching motions lead to muscle stiffness in baseball pitchers. However, it is not clear which muscles tend to increase muscle hardness after pitching and how long it takes to recover. The purpose of this study was to clarify the increase in muscle stiffness after repeated throwing motions and the time to recovery of muscle stiffness. A baseball pitcher performed a pitching motion (15 pitches x 7 innings = 105 pitches) assuming an actual game. Muscle hardness was measured before pitching, after pitching, 24 hours, and 48 hours after pitching. As a result, muscle stiffness of the supraspinatus muscle increased 24 hours and 48 hours after pitching.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：筋硬度 投球動作 回復時間 超音波

1. 研究開始当初の背景

投球障害予防の観点から、野球投手における投球動作の反復が身体機能に及ぼす影響に関する研究が多く行われている。これらの研究から、短期的な影響としては、骨格筋の損傷や浮腫の発生、それに対応した筋力や関節可動域の低下が生じることが報告されている。投球を身体に対する力学的ストレスとみなし、100球程度の投球後に起こる各種指標の経時変化を見た研究から、投球後にはクレアチンキナーゼや乳酸脱水素酵素など骨格筋の損傷を示す血中酵素や疼痛 (Petteiger, 1992)、筋横断面積や MRI 画像における信号強度など筋の浮腫に関連した指標の増加が見られ (杉本, 1999; Yanagisawa, 2003)、筋力や関節可動域などの筋機能の低下がみられること (Yanagisawa, 2003; Mullaney, 2005) が示されている。一方、長期的な影響としては、投球動作に関与する筋に特異的な筋肥大が生じることが報告されている。視診による研究から投球側の前腕部や上背部に筋肥大が見られることや (King, 1968)、超音波法や MRI 法を用いた研究から投球側の前腕屈筋群、広背筋、大胸筋、さらに非投球側の内腹斜筋、中間広筋などが反対側に対して筋肥大傾向を示すことも報告されている (角田ら, 2002; 長谷川ら, 2012)。投球動作に含まれる関節運動や力学的エネルギーの流れに関する研究報告 (島田ら, 2004) などを考慮すると、特異的な筋肥大が示される身体部位や筋は投球動作における力学的ストレスの伝達と深く関係していることが示唆される。

野球指導の現場において、投手の身体に生じる筋損傷の程度や損傷部位を把握することに対するニーズは高いが、頻繁に採血や画像診断を行うことは難しく、筋損傷が生じた状態や疲労した状態で最大筋力を測定することも現実的ではない。このため、筋の「凝り」や「張り」などの評価は触診によるものが主流であり、筋の硬さ (筋硬度) は筋の状態を把握するための重要な情報源となっている。しかしながら、筋の硬さに関する数値化されたデータは公表されておらず、臨床的には膨大な情報が収集されているにも関わらず、それらが共有されることはない状態である。このような背景から、筋硬度について非侵襲的な方法で頻繁に測定できる筋硬度の評価法を開発し、評価すべき筋とその分布連なり、およびその回復過程を明らかにすることができれば、野球投手の筋の状態を簡便に数値化して評価することが可能となり、投球障害予防の一助となることが期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は荷重超音波装置を用いて、投球前後の筋硬度の変化を定量的に評価する手法を開発するため、筋硬度が増加しやすい筋の特定、各筋における筋硬度の回復時間の特性、投球速度やボール回転速度など投球パフォーマンスのちがいによる筋硬度の変化の程度や筋硬度が上昇する筋の分布パターン、回復時間のちがいを明らかにすることである。

3. 研究の方法

本研究では筋硬度の測定に荷重超音波装置 (ビューズアイ, 酒井医療機器) を使用した。これまでの筋硬度の研究において使用されることの多かった押し込み型筋硬度計は一定の荷重を加えた際の反力を測定するものであり、筋への荷重の方向に関わる再現性や、筋が重層構造を示す場合、いずれの筋の影響により筋硬度が増加したのかを明らかにできないという問題点を抱えている。荷重超音波装置 (携帯型 B モード超音波装置のプロープに圧力計を取りつけたもの) では撮影した映像を見ながら荷重を加え、一定の荷重が加えられた際の超音波画像を取得して、筋厚の変化率から筋硬度を定量化することができる。

測定では被験者の測定部位にプロープを押し当て、ゆっくりと圧迫を加え、その際の 500g、1000g、1500g の 3 段階の超音波画像を取得した。

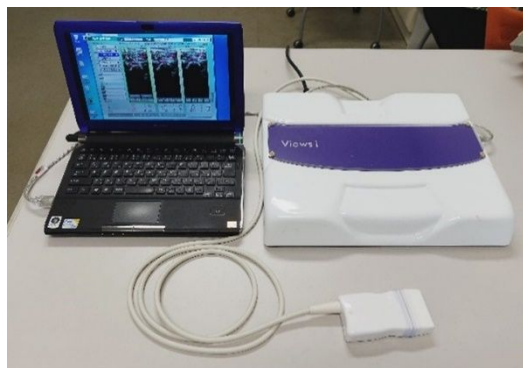


図1 荷重超音波装置

対象は野球経験を持つ男子大学生 6 名とした。初めに野球投手に見られる投球後の筋硬度の変化パターンを把握するため、試合を想定した 105 球の投球 (1 イニング 15 球 × 7 イニング) を行わせ、投球前、投球直後、24 時間後、48 時間後における筋硬度を上肢、体幹部の 10 の筋 (大胸筋、広背筋、僧帽筋、棘上筋、棘下筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、円回内筋、橈側手根屈筋、

尺側手根屈筋)で測定した。筋硬度の測定は、4 回行うことから、撮像部位が変わらないよう、測定部位の基準に基づき体表にマークを行い、全ての測定が終了するまでマークを消さずに実施した。また、各測定部位における基準となる画像(図2)を作成し、これに基づいて画像を取得した。

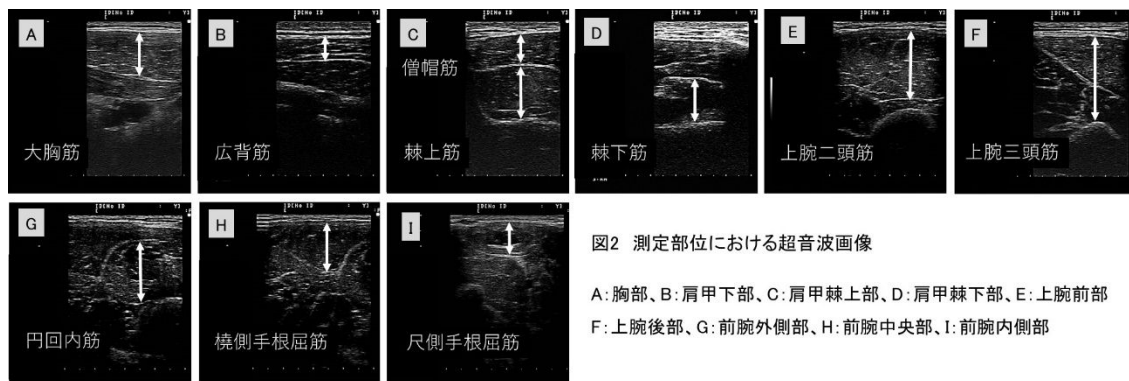


図2 測定部位における超音波画像

A: 胸部、B: 肩甲下部、C: 肩甲棘上部、D: 肩甲棘下部、E: 上腕前部
F: 上腕後部、G: 前腕外側部、H: 前腕中央部、I: 前腕内側部

取得された超音波画像より、専用解析ソフトを用いて3段階の圧迫下における筋厚の計測を行った。その後、プローブにより加えた圧迫力と筋厚の回帰式を求め、得られた回帰式の勾配の絶対値を筋硬度指数(=変形量/圧迫力)、回帰式の切片を筋厚(圧迫を加えていない状態の筋厚)とした。算出された筋硬度指数は1kgfの圧迫力あたりの筋厚の変化量を示すことから、同指数が低いほど筋硬度が高い(硬い)ことを示している。

データ分析では、投球前、投球直後、24時間後、48時間後における筋硬度指数、筋厚の比較を行った。筋硬度指数、筋厚の比較には一元配置分散分析を用い、有意性が認められた場合にはDunnett法による多重比較を行い、投球前の値との比較を行った。有意水準は全て $p < 0.05$ とした。

4. 研究成果

1) 投球動作の反復による筋硬度の変化

ストレートのみ15球×7セット(セット間のインターバル2分)を行かせた際の筋硬度指数を表1に示した。測定を行った10の筋の中で棘上筋のみに24時間後、48時間後に筋硬度指数の低下が示された。その他の9つの筋では、筋硬度指数に変化は示されなかった。

表1 体幹、上肢の筋硬度指数

	筋硬度 (mm/kgf)			
	投球前	投球後	24時間後	48時間後
大胸筋	4.0 ± 2.3	2.2 ± 1.5	2.8 ± 1.3	3.5 ± 2.4
広背筋	3.5 ± 1.6	3.8 ± 1.5	4.2 ± 2.1	3.5 ± 1.4
僧帽筋	0.3 ± 0.5	0.5 ± 0.5	0.7 ± 0.5	0.8 ± 0.4
棘上筋	1.5 ± 0.5	1.2 ± 0.4	0.8 ± 0.4 *	0.8 ± 0.4 *
棘下筋	1.5 ± 1.2	2.0 ± 0.0	2.0 ± 0.6	1.7 ± 1.0
上腕二頭筋	4.5 ± 1.2	4.5 ± 1.0	4.2 ± 0.8	4.2 ± 0.8
上腕三頭筋	4.2 ± 1.6	5.7 ± 1.8	5.0 ± 3.5	5.5 ± 2.1
円回内筋	1.2 ± 1.0	1.5 ± 1.0	1.3 ± 1.2	1.5 ± 0.8
橈側手根屈筋	1.3 ± 0.8	1.0 ± 0.6	0.7 ± 0.8	1.2 ± 0.8
尺側手根屈筋	0.5 ± 0.5	0.5 ± 0.8	0.7 ± 0.5	0.8 ± 0.4

本研究において投球後に筋硬度指数の増加が示されたのは、棘上筋のみであった。棘上筋は肩関節の回旋腱板を構成する筋の1つであり、肩関節の外転に作用するとともに上腕骨頭を関節窩に引きつける支点形成力の発揮が重視されている。先行研究において野球投手に98球の投球を行かせたとき、棘上筋の筋横断面積が投球直後から24時間後まで増加し、その機能を示す外転筋力も低下したことが報告されている(Yanagisawa et al.2003)。また、同様に野球投手に135球の投球を行かせた研究では、筋の腫脹や浮腫を示すMRIのT2値が投球後から96時間後まで増加し続けたことが報告されている(Yanagisawa et al.2003)。MRIのT2値の増加は筋の細胞膜が壊れ、筋内のたんぱく質による浸透圧の増加が細胞外への水分流出をもたらす、浮腫が発生した際に示されることから、投球動作の反復による強いストレスにより、棘上筋に生じた筋損傷を反映したものであると考察されている。本研究においても48時間後まで筋硬度の増加が示されたことも筋の損傷と関連している可能性が高いと考えられる。

2) 投球動作の反復による筋厚の変化

同様に投球前、投球直後、24 時間後、48 時間後における筋厚の比較を行ったところ、いずれの筋においても筋厚の差は示されなかった。

表2 体幹、上肢の筋厚

	筋厚 (mm)							
	投球前		投球後		24時間後		48時間後	
大胸筋	14.7 ± 2.5	13.1 ± 2.7	14.1 ± 2.5	15.3 ± 3.7				
広背筋	15.2 ± 4.9	16.3 ± 4.9	18.1 ± 5.1	15.4 ± 4.7				
僧帽筋	9.4 ± 0.8	9.3 ± 1.0	10.2 ± 1.3	10.2 ± 0.5				
棘上筋	21.5 ± 3.4	21.6 ± 3.7	20.9 ± 3.7	21.5 ± 4.1				
棘下筋	23.3 ± 4.3	22.1 ± 3.3	22.9 ± 4.9	22.2 ± 3.4				
上腕二頭筋	19.1 ± 2.1	19.4 ± 2.2	18.6 ± 2.2	18.7 ± 2.4				
上腕三頭筋	23.1 ± 3.6	23.9 ± 3.4	24.3 ± 9.6	22.8 ± 5.4				
円回内筋	20.9 ± 2.1	19.6 ± 3.1	19.9 ± 1.8	20.7 ± 2.3				
橈側手根屈筋	15.7 ± 3.0	15.2 ± 2.0	14.9 ± 2.5	15.0 ± 2.8				
尺側手根屈筋	8.9 ± 1.1	9.1 ± 1.7	8.5 ± 1.3	9.1 ± 1.1				

本研究における筋厚はプローブによる圧迫力が加わっていない状態の筋厚を示すものである。いずれの筋においても投球前との差が示されなかったことから、安静時における筋厚には投球前から投球 48 時間後までちがいがなかったことが示唆された。先行研究では MRI 法により筋の横断面積を調べた研究において、98 球の投球を行った野球投手 (n=7) の棘上筋の筋横断面積が 24 時間後まで増加したとする報告 (Yanagisawa et al. 2003) や、200 球の投球を行った大学野球部員 (n=10) では棘上筋の筋横断面積に変化は見られなかったとする報告が行われている (杉本ら, 1999)。これらの結果は、対象者の全力で投球するという運動への慣れ、普段から投げ込みを行っているか否か、投球速度の違いなどが結果に影響を及ぼす可能性を示すものである。本研究では野球経験を有する大学生を対象としたことから、平均投球速度も 120km/h 台であり、身体に及ぼすストレスも小さかったことが予想される。本研究を進めていくにあたり、投手の投球速度の大きさも考慮すべきものであると考えられる。

本研究は高校野球における球数制限が導入された 2020 年春に先だち、球数制限の妥当性や投球練習を行う頻度、1 日の投球数を变化させた際の身体への影響、投球速度の高い投手と低い投手による回復時間のちがいを調べることを目的に企画したものである。

先に示した研究結果は 2019 年に実験を実施し、2020 年 1 月に発表を行ったものである。当初計画では研究期間最終年に入る直前の 2020 年 3 月より新型コロナウイルスの感染拡大により、被験者を依頼していた硬式野球部内でもクラスターが発生、野球部員の練習時間の制限 (時期によって禁止)、その後も試合に出場するメンバーに限定した時間別練習などが 1 年半にわたり続き、通常であれば当たり前に行われていたシーズン中のピッチング練習が行えない状態となった。研究期間を 1 年延長したものの、実験室内で被験者との接触を伴う筋硬度の測定を行うことの困難さ、被験者として協力してもらえる選手が確保できないなどの問題が生じ、十分な結果を得ることができない状態で終了を迎えることとなったが、本テーマについては、今後も継続してデータ収集を行っていきたいと考えている。

引用文献

- 1) 長谷川伸、投球動作の反復が体幹と上肢の筋硬度に及ぼす影響、九州共立大学研究紀要、第 10 巻第 2 号、2020、79-85.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 長谷川伸	4. 巻 10
2. 論文標題 投球動作の反復が体幹と上肢の筋硬度に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 九州共立大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 79-85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷川伸	4. 巻 2
2. 論文標題 大学野球投手の他動的関節可動域と投球速度の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 九州共立大学学術情報センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 5-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長谷川伸
2. 発表標題 野球投手の関節可動域と投球速度の関係
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	船津 京太郎 (Kyotaro Funatsu) (10259658)	九州共立大学・スポーツ学部・教授 (37101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------