

[原著論文]

## 野球投手とやり投げ選手における筋形態と競技パフォーマンスの関係

長谷川 伸<sup>1)</sup>, 比嘉 遥<sup>2)</sup>, 中川 達斗<sup>3)</sup>, 山下 航生<sup>4)</sup>

### The relationship between muscle morphology and throwing performance in baseball pitchers and javelin throwers

Shin HASEGAWA<sup>1)</sup>, Haruka HIGA<sup>2)</sup>, Tatsuto NAKAGAWA<sup>3)</sup>, Kosei YAMASHITA<sup>4)</sup>

#### Abstract

The purpose of this study was to clarify common morphological characteristics of muscles in athletes with throwing movement. Muscle thickness measurements were conducted at 11 sites for baseball pitchers, javelin throwers, and controls. Asymmetry in muscle thickness between the dominant and non-dominant sides, the differences in muscle thickness observed across three groups, and the relationship between muscle thickness and athletic performance were investigated. As a result, the following conclusions were obtained. In baseball pitchers and javelin throwers, the dominant side exhibited significantly higher muscle thickness than the non-dominant side in forearm, anterior upper arm, and chest. Baseball pitchers and javelin throwers exhibited significantly higher muscle thickness on both sides in the forearm and the posterior upper arm, as well as on the non-dominant side in the lateral abdominal, compared to the control group. In baseball pitchers, the muscle thickness of the subscapular region on the dominant side and the forearm regions on both sides showed a significant positive correlation with ball velocity. Additionally, in javelin throwers, the muscle thickness of the subscapular region on the dominant side and the posterior lower leg region on the non-dominant side showed a significant positive correlation with javelin throwing distance.

As a results, it is indicated that baseball pitchers and javelin throwers have muscle development in the upper limbs and trunk. Additionally, it was common to observe larger muscle thickness on the dominant side in the forearm, upper arm, and upper trunk compared to the non-dominant side, as well as a correlation between the muscle thickness of the subscapular region and throwing performance.

**KEY WORDS :** muscle thickness, throwing performance, baseball pitcher, javelin thrower

---

1) 九州共立大学スポーツ学部  
2) ㈱フクモト工業  
3) ㈱新潟アルビレックスランニングクラブ  
4) 九州共立大学大学院スポーツ学研究科

1) Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University  
2) Fukumoto Industries Co., Ltd.  
3) Niigata Albirex Running Club Co., Ltd.  
4) Kyushu Kyoritsu University, Graduate School of Sports Science

## 1. 緒言

野球のピッチングと陸上競技のやり投げにはオーバーヘッド動作で“投げる”という共通点がある。このため、野球投手の中には投球動作におけるトップの位置を安定させることや、全身で投げる感覚を身につけること、腕振りの軌道を覚えることを目的としてジャベリックスローに用いられるターボジャブ（重量300g、長径70cm）や、フレーチャー（重量400g、長径73.5cm）というやりに類似した器具を用いたトレーニングを行う者もいる。また、陸上競技においてやり投げは高校生から採用される競技種目であり、砲丸投げやオーバーヘッド型の投動作や打動作を伴う競技の経験者が転向して取り組むことが多い<sup>1)</sup>。特に野球やソフトボールからの転向については、小学生、中学生年代の競技者数が多いという理由だけではなく、動作の類似性によるところが大きいと考えられる。

一方、野球のピッチングとやり投げの投てきには、投てき物の形状や質量、競技規則による動作制限などの違いも存在する。141.7～148.8gの野球のボールに対して、800g（男子）のやりは5倍以上の質量がある。また、野球のピッチングがマウンドの傾斜を利用してリリース位置よりも下方に投げ下ろすのに対して、やり投げは平地から30～40度の角度で投げ上げることから投射角度も異なる<sup>2)</sup>。さらにやり投げでは約30mの助走を利用することができ、助走速度やリリース時の重心移動速度が高いほど投てき距離が長くなることから<sup>3, 4)</sup>、助走による運動エネルギーの産生は、野球とやり投げの投動作における大きな相違点と考えられる。やり投げでは助走により生み出した大きな運動エネルギーを下肢から体幹、上肢、やりへと伝達して投げる際に、肩や肘に過度な負荷をかけずに、助走速度をやりの速度に変換するために、踏み込み脚（右投げの場合の左脚）で効果的にブレーキをかけて起こし回転を発生させることが重要とされている<sup>5)</sup>。このため投動作中の踏み込み脚の床反力は、野球のピッチングでは鉛直方向に体重の1.46～1.50倍、水平方向に体重の0.68～0.72倍であるのに対し、やり投げでは鉛直方向に体重の5.6倍、水平方向に体重の4.5倍にもなり、床反力は野球のピッチングの5倍以上にも達する<sup>6-8)</sup>。これらの投動作における相違点は、競技者のトレーニング方法にも影響を与えることから、競技を一定期間にわたり継続した野球投手とやり投げ選手の身体には、それぞれの競技に適応した形態的特徴が生じるものと考えられる。

先行研究においてオーバーヘッド型スポーツを行う選手の身体における筋量の非対称性や、筋量と競技パフォーマンスとの関係を示した報告が行われている<sup>10-16)</sup>。野球投手とテニス選手を対象とした研究では、利き腕側の前腕部と胸部、非利き腕側の側腹部の筋厚は対側よりも大きいという共通点があり、投球や打撃に共通する体幹の捻転、肩関節の内旋、手関節の掌屈に関連した適応である可能性が示唆されている<sup>10, 11)</sup>。また、野球投手の筋量や筋厚と競技パフォーマンスの関係については、全身の除脂肪量や筋量は投球速度を決定する要因であり<sup>12, 13, 16)</sup>、部位別には前腕部、上腕部、大腿部、下腿部など四肢の筋量<sup>12, 15)</sup>、筋別にみると投球側の橈側手根屈筋、広背筋、僧帽筋下部、非投球側の腹直筋、内腹斜筋、大腿二頭筋、両側の脊柱起立筋、大殿筋、腓腹筋の筋厚と投球速度の間に相関関係が示されることが報告されている<sup>16)</sup>。これらの知見から、やり投げ選手においても下肢から体幹、上肢へ運動エネルギーが伝達される経路には、筋の形態的適応が生じ、筋量における対側との非対称性が示されることが予想される。一方で、やり投げ選手には助走を伴う投動作に特有の形態的特性が示されることも考えられる。そこで本研究では、野球投手とやり投げ選手の筋厚を比較し、投動作を伴う競技者の筋の形態的特性における共通点を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 対象

本研究では大学生男子野球投手15名（競技歴：10.3±2.1年）、大学生男子やり投げ選手15名（競技歴：4.9±1.3年）、対照群として陸上競技部に所属する大学生男子短距離選手15名（競技歴：7.8±2.5年）を対象とした。いずれも右利き（野球投手とやり投げ選手はいずれも右投げ）であった（表1）。野球投手の競技レベルは大学における全国大会出場者4名、高校における全国大会出場者2名、その他9名であった。一方、やり投げ選手の競技レベルは2021年日本学生陸上競技個人選手権大会入賞者4名、それ以下の成績11名であった。測定に先立って、本人及び監督・コーチに対し、測定の目的や危険性を説明したうえで、書面による研究参加の同意を得た。なお、本研究は九州共立大学倫理委員会の承認（承認番号2021-07）を得た上で実施した。

表1 被験者の基本情報

	n	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	除脂肪量(kg)
野球投手	15	19.3 ± 0.9	177.3 ± 5.7	77.0 ± 7.9	66.1 ± 6.4
やり投げ選手	15	20.3 ± 1.6	175.5 ± 5.7	82.0 ± 7.2	68.5 ± 5.7
コントロール	15	20.0 ± 0.9	173.7 ± 4.0	64.3 ± 5.8	57.4 ± 4.4

## 2) 形態測定

身長測定には身長計（ハンドル身長計，ヤガミ）を用い，体組成測定には体成分分析装置（InBody770，インボディ・ジャパン）を使用した．測定時の着衣は下着1枚とし，朝食後2時間から4時間の間で測定を実施した．また，四肢長の測定にはマルチン式人体計測器を使用した．測定項目は前腕長，上腕長，大腿長，下腿長であり，前腕長は橈骨点から橈骨茎状突起まで，上腕長は肩峰点から橈骨点まで，大腿長は大転子上縁から大腿骨と脛骨の関節裂隙まで，下腿長は大腿骨と脛骨の関節裂隙から脛骨外果下縁までとした．

## 3) 筋厚の測定

筋厚の測定にはBモード超音波診断装置（Prosound6, Aloka）を使用した．撮影には7.5MHzのリニア型探触子を使用し，超音波画像は医療用ビデオレコーダー（MediCap USB200, MediCapture）に保存した後，画像解析ソフト（ImageJ, Ver1.48, NIH）を用い，0.1mm未満の計測値は切り捨てて計測した．

筋厚の測定は先行研究の撮影部位の決定法に準じて<sup>17-19)</sup>，事前に被験者の体表にマジックペンで印をつけて測定部位がずれないように配慮して撮影を行った（表2）．測定部位は利き腕側と非利き腕側の前腕前部，上腕前部，上腕後部，胸部，肩甲下部，腹部，側腹部，大腿前部，大腿後部，下腿前部，下腿後部とした．各測定部位に描出し筋厚の測定対象とした筋は，前腕前部では橈側手根屈筋，浅指屈筋，深指屈筋，上腕前部では上腕二頭筋，上腕筋，上腕後部では上腕三頭筋，胸部では大胸筋，肩甲下部では広背筋，腹部では腹直筋，側腹部では外腹斜筋，内腹斜筋，腹横筋，大腿前部では大腿直筋，中間広筋，大腿後部では半腱様筋，大内転筋，下腿前部では前脛骨筋，下腿後部では腓腹筋，ヒラメ筋であった．超音波画像の撮影および筋厚の測定では，検者間の誤差が生じないように全て1名の検者が行った．検者内信頼性の検討のため，事前に5名を対象に1週間以内に同様の方法による再測定を行ったところ，全ての測定部位における級内相関係数ICC（1.1）は0.81-0.96，変動係数は3.7%以内であった．

表2 筋厚の測定部位

測定部位	姿勢	ICC	CV
前腕前部 前腕長の近位30%の前面 <sup>17)</sup>	仰臥位	0.85	0.8
上腕前部 上腕長の近位60%の前面 <sup>17)</sup>	仰臥位	0.96	1.8
上腕後部 上腕長の近位60%の後面 <sup>17)</sup>	伏臥位	0.93	2.5
胸部 鎖骨の midpoint の直下で、第3肋骨と第4肋骨の間 <sup>18)</sup>	仰臥位	0.96	2.4
肩甲下部 肩甲骨下角の直下5cm <sup>17)</sup>	伏臥位	0.87	3.6
腹部 臍の外側3cm <sup>19)</sup>	仰臥位	0.89	1.1
側腹部 肋骨下端と腸骨稜の midpoint で、中腋窩線の前方2.5cm <sup>19)</sup>	仰臥位	0.97	0.3
大腿前部 大腿長の midpoint の前面 <sup>17)</sup>	仰臥位	0.81	0.1
大腿後部 大腿長の midpoint の後面 <sup>17)</sup>	伏臥位	0.93	0.1
下腿前部 下腿長の近位30%の前面 <sup>17)</sup>	仰臥位	0.81	0.5
下腿後部 下腿長の近位30%の後面 <sup>17)</sup>	伏臥位	0.90	1.1

## 4) 競技パフォーマンス

競技パフォーマンスの指標には，野球投手は投球速度，やり投げ選手は投てき距離を用いた．投球速度の測定には投球トラッキングシステム（Rapsodo pitching 2.0, Rapsodo）を使用した．野球投手には室内練習場のブルペンにおいて，十分なウォーミングアップと投球練習を行わせたのち，捕手に向かって10球の全力投球を行わせ，最高速度を投球速度とした．また，投てき距離は筋厚の測定から1ヵ月以内における日本陸上競技連盟公認の大会や記録会におけるベスト記録を採用した．

## 5) 統計処理

全てのデータは平均値±標準偏差で示した．筋厚は絶対値ならびに筋厚を体重の1/3乗値で除して標準化した体格補正值を算出した<sup>20)</sup>．各測定部位の筋厚における利き腕側と非利き腕側の側性および競技種目の差の検定には，二元配置の分散分析を用いた．二元配置分散分析において側性，競技種目の両因子に交互作用が認められず，側性に有意差が示された場合には，利き腕側と非利き腕側の比較には対応のあるt検定，競技種目間の比較では利き腕側と非利き腕側別に，一元配置分散分析とTukey法による多重比較を行った．また，両側間の比較では効果量を算出し，0.1-0.3未満を効果量小（small），0.30-0.5未満を効果量中（Moderate），0.5以上を効果量大（Large）とした<sup>21)</sup>．さらにやり投げ選手と野球投手の筋厚と競技パフォーマンスの関係についてはピアソンの積率相関係数を算出した．統計処理には統計用ソフトウェア（SPSS Statistics Ver26.0, IBM社製）を用いた．いずれも有意水準は5%未満とした．

### 3. 結果

本研究では利き腕側と非利き腕側のそれぞれ11部位について筋厚の測定を行った。各測定部位の筋厚について利き腕と非利き腕による側性と競技種目を因子とした二元配置分散分析を行ったところ、交互作用(側性×競技種目)は認められなかったが、側性、競技種目間に有意差が見られたことから、利き腕と非利き腕の比較、競技種目間の比較を行った。

#### 1) 筋厚の非対称性

野球投手、やり投げ選手、コントロールにおける利き腕側と非利き腕側の筋厚の絶対値を表3に示した。

表3 利き腕側と非利き腕側の筋厚

	利き腕側 (mm)	非利き腕側 (mm)	p	効果量
<b>前腕前部</b>				
野球投手	27.7 ± 2.4	24.7 ± 2.2	0.00 ***	1.27 Large
やり投げ選手	29.0 ± 3.3	27.4 ± 3.0	0.00 **	0.53 Large
コントロール	21.4 ± 2.8	21.2 ± 2.5	0.71	0.04 no effect
<b>上腕前部</b>				
野球投手	32.8 ± 3.7	31.1 ± 3.7	0.01 *	0.46 Moderate
やり投げ選手	37.4 ± 3.9	34.0 ± 4.0	0.00 ***	0.85 Large
コントロール	30.9 ± 2.7	30.3 ± 2.3	0.26	0.27 Small
<b>上腕後部</b>				
野球投手	36.8 ± 7.7	38.5 ± 7.7	0.23	0.22 Small
やり投げ選手	44.7 ± 5.8	47.0 ± 7.2	0.13	0.35 Moderate
コントロール	29.4 ± 3.2	27.9 ± 3.5	0.06	0.42 Moderate
<b>胸部</b>				
野球投手	22.0 ± 4.2	19.6 ± 3.4	0.00 ***	0.62 Large
やり投げ選手	28.8 ± 4.2	27.2 ± 3.7	0.01 **	0.39 Moderate
コントロール	23.9 ± 5.1	23.1 ± 4.4	0.24	0.17 Small
<b>肩甲下部</b>				
野球投手	25.2 ± 3.5	21.5 ± 3.2	0.00 ***	1.09 Large
やり投げ選手	26.7 ± 3.4	25.6 ± 3.5	0.17	0.32 Moderate
コントロール	27.7 ± 5.7	27.4 ± 4.8	0.69	0.07 no effect
<b>腹部</b>				
野球投手	18.9 ± 2.0	19.6 ± 2.4	0.07	0.30 Moderate
やり投げ選手	25.9 ± 3.0	24.8 ± 4.0	0.10	0.31 Moderate
コントロール	17.6 ± 1.6	17.2 ± 1.9	0.28	0.20 Small
<b>側腹部</b>				
野球投手	32.2 ± 4.9	35.7 ± 6.3	0.00 **	0.62 Large
やり投げ選手	34.6 ± 3.6	35.8 ± 3.6	0.12	0.34 Moderate
コントロール	28.3 ± 3.8	27.6 ± 4.3	0.08	0.18 Small
<b>大腿前部</b>				
野球投手	51.2 ± 6.0	51.4 ± 8.4	0.82	0.02 no effect
やり投げ選手	56.8 ± 8.6	55.8 ± 7.9	0.36	0.11 Small
コントロール	53.9 ± 4.4	54.8 ± 5.1	0.48	0.18 Small
<b>大腿後部</b>				
野球投手	65.7 ± 6.3	66.4 ± 4.9	0.43	0.13 Small
やり投げ選手	67.4 ± 4.0	68.1 ± 3.3	0.38	0.19 Small
コントロール	68.3 ± 8.4	67.3 ± 7.6	0.18	0.12 Small
<b>下腿前部</b>				
野球投手	30.6 ± 2.1	31.4 ± 3.3	0.14	0.29 Small
やり投げ選手	31.4 ± 3.1	32.8 ± 2.9	0.04 *	0.45 Moderate
コントロール	29.9 ± 2.2	29.8 ± 2.4	0.84	0.06 no effect
<b>下腿後部</b>				
野球投手	72.9 ± 4.5	71.0 ± 3.5	0.00 **	0.49 Moderate
やり投げ選手	77.3 ± 5.1	76.3 ± 5.8	0.15	0.19 Small
コントロール	74.5 ± 4.2	73.6 ± 4.1	0.11	0.23 Small

平均値±標準偏差

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

野球投手では前腕前部、上腕前部、胸部、肩甲下部、下腿後部において利き腕側、側腹部において非利き腕側が対側に対して有意に大きな筋厚を示した。また、やり投げ選手では前腕前部、上腕前部、胸部において利き腕側、下腿前部において非利き腕側が対側に対して有意に大きな筋厚を示した。野球投手とやり投げ選手に共通するのは利き腕側の前腕前部、上腕前部、胸部が非利き腕側よりも大きいという点であった。一方、コントロールではいずれの測定部位においても両側間の差は示されなかった。

#### 2) 筋厚の競技種目差

競技種目別の筋厚の体格補正值を図1に示した。野球投手ではコントロールに対して両側の前腕前部、上腕後部、非利き腕側の側腹部において有意に大きな筋厚の体格補正值を示した。また、両側の肩甲下部、大腿前部、大腿後部、下腿後部と非利き腕側の胸部では有意に小さな筋厚の体格補正值を示した。一方、やり投げ選手ではコントロールに対して両側の腹部、側腹部と利き腕側の上腕前部において有意に大きな筋厚の体格補正值を示した。また、両側の大腿後部と非利き腕側の肩甲下部において有意に小さい筋厚の体格補正值を示した。これらのことから、野球投手とやり投げ選手では両側の前腕前部、上腕後部、非利き腕側の側腹部においてコントロールよりも筋厚の体格補正值が高いという共通点が見られた。

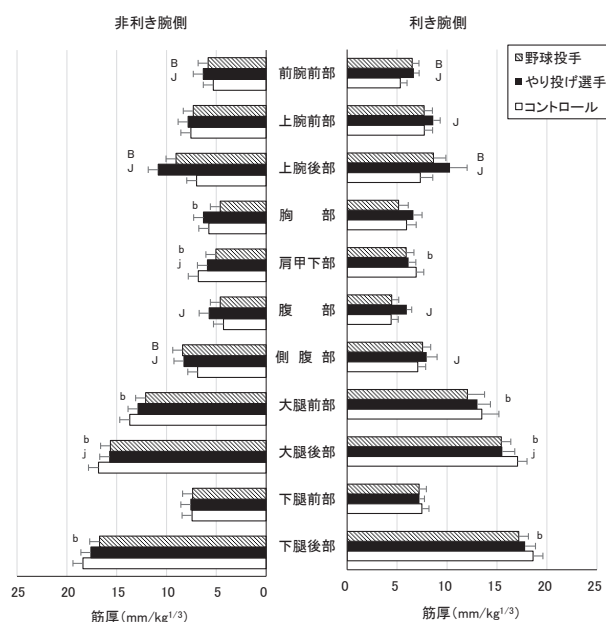


図1 筋厚の体重補正值

J, B, j, b: p<0.05

J: やり投げ選手>コントロール, B: 野球投手>コントロール

j: やり投げ選手<コントロール, b: 野球投手<コントロール



### 3) 筋厚と競技パフォーマンスの関係

野球投手における筋厚と投球速度、やり投げ選手における筋厚と投てき距離の相関係数を表4に示した。野球投手では利き腕側の上腕前部、肩甲下部、非利き腕側の前腕前部の筋厚と投球速度との間に有意な正の相関関係が示された。また、やり投げ選手では利き腕側の肩甲下部、非利き腕側の下腿後部の筋厚と投てき距離の間に有意な正の相関関係が示された。野球投手、やり投げ選手に共通点が見られた利き腕側の肩甲下部の筋厚と競技パフォーマンスの関係を図2に示した。筋厚と競技パフォーマンスについては、野球投手では投球速度 (km/h) =  $0.7503 \times \text{肩甲下部の筋厚 (mm)} + 121.66$  ( $R^2 = 0.50$ )、やり投げ選手では、投てき距離 (m) =  $1.227 \times \text{肩甲下部の筋厚 (mm)} + 31.429$  ( $R^2 = 0.29$ ) という回帰式が得られた。

表4 筋厚と競技パフォーマンスの相関関係

	野球投手 (n=15)		やり投げ選手 (n=15)	
	利き腕側	非利き腕側	利き腕側	非利き腕側
前腕前部	0.374	0.717 **	0.073	-0.039
上腕前部	0.605 *	0.466	0.047	0.144
上腕後部	0.280	0.045	0.116	0.290
胸部	0.134	-0.007	0.347	0.330
肩甲下部	0.710 **	0.485	0.514 *	0.148
腹部	0.083	0.125	0.162	0.399
側腹部	0.447	0.350	0.211	0.247
大腿前部	0.202	0.062	0.122	0.261
大腿後部	-0.076	0.040	-0.152	0.198
下腿前部	0.368	0.261	0.181	0.311
下腿後部	0.230	0.372	0.375	0.514 *

\* :  $p < 0.05$

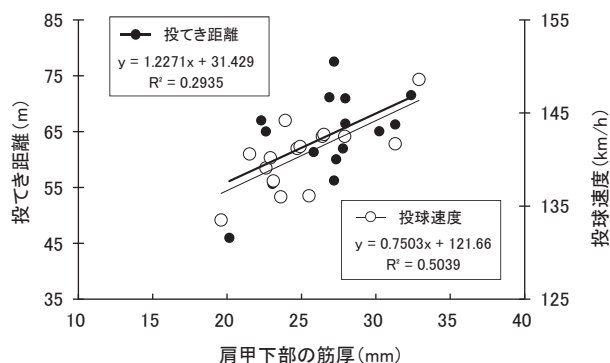


図2 肩甲下部の筋厚と競技パフォーマンスの関係

## 4. 考察

### 1) 筋厚の非対称性

利き腕側と非利き腕側の比較から、野球投手とやり投げ選手は、前腕前部、上腕前部、胸部において利き

腕側の筋厚が大きいという共通点が示された。野球投手やテニス選手など、オーバーヘッド型スポーツを続けてきた選手の上肢や体幹部には形態面における一側優位性が示されることが報告されている<sup>9-11)</sup>。投球動作とラケットスポーツにおける打撃動作は、体幹部の捻転、肩関節内旋、肘関節伸展、前腕回内、手関節掌屈などを伴う類似した運動であり<sup>22)</sup>、長期間にわたり、こうした動作を反復することにより、関節運動に関わる筋の肥大が生じるものと考えられる。本研究の対象であるやり投げは、高校生から開始される競技種目であるため、大学生競技者の競技歴は他の競技種目と比べて短い。しかし、上肢や体幹部には野球投手と共通する利き腕側が大きい傾向が示されたことから、手関節、肘関節、肩関節の運動に関与する筋の肥大は投動作を伴う競技者に共通した適応であると考えられる。さらに、野球投手では利き腕側の肩甲下部、非利き腕側の側腹部において対側よりも大きな筋厚が示された。肩甲下部は広背筋、側腹部は外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋の筋厚を示している。広背筋が肩関節の内旋に作用することや、側腹部の構成筋で最も大きな筋厚を示す内腹斜筋は同側への体幹の捻転に作用することから、投球動作の反復により投球側の肩の内旋筋や投球方向への回旋筋に筋肥大が生じたことが考えられる。また、やり投げ選手では、下腿前部において非利き側（踏込み脚側）に大きな筋厚が示されたが、体幹部に両側間の差は見られなかった。下腿前部は足関節背屈に作用する前脛骨筋の筋厚を示している。やり投げの投てきでは、助走速度を体幹の前方回転に変換するために、投動作の最終段階で踏込み脚の膝関節を伸展位置に保つブロック動作が重要とされている<sup>4)</sup>。ブロック動作は並進運動を回転運動に変換する技術であり、踏込んだ足を支点として下肢、体幹を前方に回転させることで体幹上部に大きな速度を生み出すものである。歩行では接地直後に前脛骨筋の遠心性収縮により足関節底屈のスピードが減速することや、足関節を軽度の背屈位に保つことで、踵を回転中心として足裏が徐々に床に接触するヒールロッカー機能をもたらすことが示されている。ヒールロッカー機能は接地衝撃を吸収するとともに、下腿を前方へ回転させ、膝を前方に引き出すとされることから<sup>23, 24)</sup>、やり投げ選手の非利き腕側における前脛骨筋の発達には、助走からの急停止時において、足関節を背屈位に保ち下腿に効率的な前方回転を生み出すことに関係している可能性が考えられる。また、やり投げ選手の体幹部についてはMRI画像から筋横断面積を測定した研究においても、腹直筋、腹斜

筋、大腰筋、腰方形筋、脊柱起立筋の筋横断面積には左右差が見られないことが報告されており<sup>25)</sup>、同様の結果が得られたものと考えられる。一方、コントロールではいずれの部位においても利き腕側と非利き腕側に筋厚の差は示されなかった。本研究におけるコントロールは陸上競技短距離種目を専門とする大学生であり、過去に投動作やラケット型競技を行った経験のないものであった。コントロールにおいて筋厚の差が示されなかったことから、投動作や打動作のような非対称性の高強度運動を行っていない場合、日常生活レベルの運動では利き腕と非利き腕側の間に筋厚の差は示されないものと考えられ、本研究で得られた投動作を伴う競技者に見られた筋厚の非対称性には、投動作の反復が影響を与えているものと考えられる。

## 2) 筋厚の競技種目差

野球投手、やり投げ選手をコントロールと比較した際に見られた共通点は、両側の前腕前部、上腕後部、非利き腕側の側腹部といった上肢、体幹筋の発達であった。野球投手の投球動作については、主要な運動が肩関節の水平内転と内旋、肘関節伸展、前腕回内、手関節掌屈とされている<sup>22)</sup>。側腹部には外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋が含まれ、外腹斜筋と内腹斜筋は反対方向への回旋作用を持つが、最大の筋厚を示す内腹斜筋は投球方向への体幹の回旋に作用する。また上腕後部は肘の伸展に作用する上腕三頭筋、前腕前部は橈側手根屈筋、浅指屈筋、深指屈筋など手関節の掌屈や指節関節の屈曲に関わる筋である。このことから、野球投手とやり投げ選手では投動作に関与する筋がコントロールに対して発達していると考えられる。

また、野球投手とやり投げ選手の相違点としては、体幹において野球投手は利き腕側の側腹部だけがコントロールに対して大きな筋厚を示したが、やり投げ選手は両側の腹部と側腹部でコントロールに対して大きな筋厚を示した。やり投げの練習には助走を行わずに投げる「立ち投げ」がある。立ち投げと助走投げのやりの水平速度におよぼす関節運動の貢献度に関する研究では、投げ出し局面（踏出し脚接地からリリースまで）に大きな違いがみられ、立ち投げでは体幹の捻転の貢献度が高くなり、続いて肩関節の水平内転および上肢の貢献度が高くなるのに対して、助走投げでは体幹の捻転の貢献度は低く、下肢と体幹前屈動作による貢献度が高いことが報告されている<sup>26)</sup>。そのメカニズムについて、立ち投げでは体幹の捻転をエネルギーの発生源として主に利用し、それを上肢に伝達してやり

の速度を上げているのに対し、投げ出し局面が短い助走投げでは体幹の捻転を抑え、前屈動作を引き起こすことで、下肢によって生み出したエネルギーを効率良く上肢に伝達しているという考察がなされている。立ち投げは助走を利用せずに投げるという点でピッチングと類似しており、体幹を捻ってエネルギーを生み出すか、固定してエネルギーを伝えるのかという体幹の使い方の違いが関わっている可能性が考えられる。

本研究では野球投手、やり投げ選手において筋厚の体格補正がコントロールを下回る部位が見られた。特に下肢では野球投手の下腿前部以外の測定部位、やり投げ選手の大腿後部でコントロールを下回る結果となった。本研究のコントロールは陸上競技短距離選手であった。短距離選手は大腿部の筋横断面積に占めるハムストリングスの割合が高いことや、下腿三頭筋の筋体積が大きいことが報告されている<sup>27, 28)</sup>。また、体重による体格補正を行ったことから、相対的に体脂肪率の低いコントロールでは、それぞれの測定部位、特に筋の発達している下肢の体格補正值が大きくなった可能性が考えられる。

## 3) 筋厚と競技パフォーマンス

野球投手、やり投げ選手が行うピッチングや投てきでは、高い初速度で物体を投げだすことが求められる。一般的に投てき種目に関する競技記録を決定する要因として投射速度、投射角度、投射高などのリリース・パラメーターが挙げられている。しかし、やり投げの世界トップレベルの選手を対象とした研究では、やりの初速度は投てき距離との相関関係が認められるが、投射角度や投射高は投てき記録の間には相関関係が示されない<sup>3)</sup>。このため、やり投げの競技記録を決定する要因としてやりの初速度は最も重要なものと考えられている。

本研究において競技パフォーマンスと有意な相関関係が示されたのは、野球投手では利き腕側の上腕前部、肩甲下部、非利き腕側の前腕前部であり、やり投げ選手では利き腕側の肩甲下部、非利き腕側の下腿後部であった。両者に共通する利き腕側の肩甲下部は肩関節の内旋作用をもつ広背筋の筋厚を反映したものである。ヒトの投能力が優れている理由として肩への弾性エネルギーの蓄積が可能であることが挙げられている<sup>29)</sup>。投動作の肩関節最大外旋時に大胸筋、広背筋、大円筋などの肩関節内旋筋や軟部組織が伸張され、弾性エネルギーが蓄積され则认为られている。また、野球投手の投球速度に最も貢献度の高い関節運動が肩関節内

旋であり、やり投げ選手のやりの重心速度を高めることに最も貢献している関節運動が肩関節内旋であるとした報告はこのことを支持するものであり<sup>2, 30)</sup>、肩甲下部の筋厚が大ききことは肩に強いばねを持つことを示すものと考えられる。

やり投げ選手において競技記録と相関関係を示した非利き側の下腿後部は下腿三頭筋の筋厚を反映したものである。歩行時に下腿三頭筋はヒールロッカーにより前方へ回転し始めた脛骨にブレーキをかける役割を果たす。この際、股関節伸筋の働きにより大腿骨が伸展方向に回転することにより、ヒールロッカーで受け取った推進力を利用して大腿骨が脛骨の上に乗りあげ膝が伸びるとされている<sup>24)</sup>。やり投げにおいては、リリース時に踏み出し脚の膝が伸展することが重要とされており、下腿三頭筋の強力な制動作用は踏出し脚の伸展を補助するものと考えられる。これらの結果から、野球投手とやり投げ選手では投動作に重要な広背筋の筋量が多いほど競技パフォーマンスが高くなるという共通点を持つことが示唆された。

## 5. 結論

本研究では投動作を伴う競技者の筋の形態的特性における共通点を明らかにすることを目的とし、野球投手、やり投げ選手、コントロールの筋厚を測定し、利き腕側と非利き腕側の非対称性、競技種目差、競技パフォーマンスとの関係について検討を行い、以下のような結論を得た。

- 1) 野球投手とやり投げ選手では、前腕前部、上腕前部、胸部において利き腕側に有意に高い筋厚が示された。
- 2) 野球投手とやり投げ選手では両側の前腕前部、上腕後部、非利き腕側の側腹部においてコントロールに対して有意に高い筋厚が示された。
- 3) 野球投手では利き腕側の肩甲下部、両側の前腕前部の筋厚と投球速度との間に有意な正の相関関係が示された。また、やり投げ選手では利き腕側の肩甲下部、非利き腕側の下腿後部の筋厚と投てき記録の間に有意な正の相関関係が示された。

以上のことから、野球投手、やり投げ選手には上肢や体幹部の筋が発達している形態的特徴があり、特に前腕、上腕、体幹上部では利き腕側の筋厚が高いこと、競技パフォーマンスと関係では肩甲下部の筋厚と相関関係を示すという共通点が示された。

## 引用文献

- 1) 渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅聡, 森泰夫, 山崎一彦, 榎本靖士, 遠藤俊典, 木越清信, 繁田進, 尾縣貢 (2014): 日本代表選手におけるスポーツ・種目転向(トランスファー)の特徴－日本代表選手に対する軌跡調査－陸上競技研究紀要, 10, 13-21.
- 2) Morriss, C., Bartlett, R., & Fowler, N. (1997): Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 12, 31-41.
- 3) 伊藤章, 村上雅俊, 田辺智 (2006): やり投げの投射条件、助走速度と記録との関係－第11回世界陸上競技選手権大会決勝進出者と日本選手の測定結果－陸上競技研究紀要, 2(2), 159-161.
- 4) Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P.V., Ito, A. (2006): Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 21, 67-80.
- 5) 金高宏文, 渡壁史子, 松村勲, 瓜田吉久 (2009): やり肘痛を持つ大学女子やり投げ選手の投動作の改善過程-走高跳の踏切練習を手がかりにした肘痛を発生しない動作創発への取組. *スポーツパフォーマンス研究*, 1, 94-109.
- 6) MacWilliams, B.A., Choi, T., Chao, E.Y.S., McFarland, E.G. (1998): Characteristics ground-reaction forces in baseball pitching. *Am J Sports Med*, 26, 66-71.
- 7) McNally, M., Borstad, J., Onate, J.A., Chaudhari, A.M.W. (2015): Side leg ground reaction forces predict throwing velocity in adult recreational baseball pitchers. *Journal of strength and conditioning research*, 29, 2708-2715.
- 8) Hurrion, P., Dyson, R., Hale, T., Janaway, L. (2016): Ground reaction forces occurring during the delivery stride of Javrlin throwing. 34 International Conference of Biomechanics in Sport, 111-114.
- 9) King, J.W., Brelsford, H.J., Tullos, H.S. (1969): Analysis of the pitching arm of the professional baseball pitcher. *Clin Orthop Relat Res*, 67, 116-123.
- 10) 長谷川伸, 船津京太郎 (2013): 投動作, 打動作を伴う競技者の筋厚における一側優位性. *体力科学*, 62 (3), 227-235.



- 11) 長谷川伸,小野高志 (2012):野球投手の筋厚の非対称性とボールスピードの関係.体力科学, 61 (2) , 227-235.
- 12) 勝亦陽一,長谷川伸,川上泰雄,福永哲夫 (2006):投球速度と筋力および筋量の関係. スポーツ科学研究, 3, 1-7.
- 13) 勝亦陽一, 高井洋平, 太田めぐみ, 佐久間淳, 川上泰雄,福永哲夫 (2007):大学野球選手にみられる筋量および筋量分布の特徴が投球スピードに与える影響. スポーツ科学研究, 4, 75-84.
- 14) Valle, O., Sheridan, S., Rauch, J., Sarver, J.J., Paul, R.W., Thomas, S.J. (2023):Chronic effect of pitching on muscle thickness and strength of the scapular stabilizers in professional baseball players. Sports Health, 15, 324-348.
- 15) Yamada, Y., Yamashita, D., Yamamoto, S., Matsui, T., Seo, K., Azuma, Y., Kida, Y., Morihara, T., Kimura, M. (2013):Whole-body and segmental muscle volume are associated with ball velocity in high school baseball pitchers. Open Access J Sports Med, 4, 89-95.
- 16) 長谷川伸 (2020):大学野球投手における全身の筋厚と投球速度の関係.トレーニング科学, 32(3), 119-128.
- 17) Abe,T., Kondo,M.,Kawakami,Y., Fukunaga,T. (1994): Prediction equation for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. Am J Human Biol. 6, 161-170.
- 18) Ogasawara, R., Thiebaud, R., Loenneke, J.P., Lofin, M., Abe, T. (2012):Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. Interv Med Appl Sci.4, 217-220.
- 19) Ikezoe, T., Nakamura, M., Shima, H., Asakawa, Y., Ichihashi, N.(2015):Assotiation between walking ability and trunk and lower-limb muscle atrophy in institutionalized elderly women:alongitudinal pilot study. J Physiol Anthropol. 34, 31.
- 20) 宮谷昌枝,東香寿美,金久博昭,久野譜也,福永哲夫 (2003):下肢筋厚における加齢変化の部位差および性差－20歳代と70歳代の比較－.体力科学, 52, 133-140.
- 21) 水本篤,竹内理 (2008):研究論文における効果量の報告のために－基礎的概念と注意点－.英語教育研究, 31, 57-66.
- 22) 桜井伸二,池上康男,矢部京之助,岡本敦,豊島進太郎 (1990):野球の投手の投動作の3次元動作解析.体育学研究, 35, 143-156.
- 23) Perry,J. (武田功訳) (2009) :ペリー歩行分析-正常歩行と異常歩行－.医歯薬出版, 東京,pp.30-50.
- 24) 江原義弘 (2012) :歩行分析の基礎-正常歩行と異常歩行-. 日本義肢装具学会誌.28(1),57-61.
- 25) 大川昌宏,菅原勲,櫻井忠義 (2005):やり投げ選手の体幹筋横断面の左右差および競技記録との関係. トレーニング科学, 17, 281-286.
- 26) 山本大輔,野口安忠,伊藤道郎,中西一平,伊藤章 (2013):やり投げにおけるやり速度に対する身体各部位の貢献度からみた立ち投げと助走投げにおける特徴の違い.天理大学学報, 233, 1-9.
- 27) 佐々木竜一,栗原俊之,伊坂忠夫 (2012):陸上競技短距離走選手における下腿三頭筋の筋サイズとアキレス腱断面の面積の関係.体育学研究, 57, 631-639.
- 28) 星川佳広, 飯田朝美, 村松正隆, 内山亜希子, & 中嶋由晴 (2006). 高校生スポーツ選手の大腿部筋断面の性差と競技種目差. トレーニング科学, 18, 375-385.
- 29) Roach,N.T., Venkadesan,M., Rainbow,M. J.,Lieberman,D.E. (2013): Elastic energy storage in the shoulder and the evolution of high-speed throwing in Homo. Nature. 27,498(7455),483-486.
- 30) 宮西智久,藤井範久,阿江通良,功力靖雄,岡田守彦 (1996) :野球の投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する3次元的研究. 体育学研究,41,23-37.

Received date 2023年12月20日

Accepted date 2023年12月20日