

[原著論文]

野球投手の体幹筋における形態的特性

長谷川 伸*

Morphological characteristics of trunk muscle in baseball pitchers

Shin HASEGAWA*

Abstract

The purpose of this study was to examine the difference of muscle thickness of trunk between the pitching arm side and the non-pitching arm side in a baseball pitcher. Twenty college baseball pitchers (pitchers group) and 20 male college students (control group) participated in this study. Twelve muscle thickness in the chest, abdomen and back were measured by using ultrasonic diagnostic apparatus with 8 MHz probe. Muscle thickness were measured in the chest (pectoralis major, pectoralis minor), in the abdomen (rectus abdominis, external oblique, internal oblique, transversus abdominis, quadratus lumborum), and in the back (upper trapezius, lower trapezius, rhomboid major, latissimus dorsi, erector spinae). In the control group, there was no significant difference of muscle thickness between the dominant arm side and the non-dominant arm side in all the muscles of the chest, abdomen, and back. In pitchers group, pectoralis major and pectoralis minor muscle in the chest showed significantly larger muscle thickness on the pitching arm side, and lower trapezius and latissimus dorsi muscles in the back showed significantly larger muscle thickness on the pitching arm side. On the other hand, the external oblique and the internal oblique muscle in the abdomen showed significantly larger muscle thickness on the non-pitching arm side. These results indicate that selective muscle hypertrophy on chest and back was observed in the pitching arm side, and that on abdomen was observed in the non-pitching arm side in baseball pitchers.

KEY WORDS : muscle thickness , trunk muscle, baseball pitcher

1. 緒言

野球の投球動作における体幹の主要な運動は伸展、屈曲、側屈、回旋である。ボールリリース時の投球速度に対する体幹の関節運動の貢献度は、回旋が9.6%、屈曲が8.4%、側屈が0.2%であり、直接的な貢献度は投球速度の18.1%に達するとされている¹⁾。投球腕の貢献度が80.8%であることを考えると体幹の貢献度は決して高いものではないが、投球動作の後期コッキング局面において下胴（体幹の下部：肋骨弓下端から股関節まで）に流入する力学的エネルギーはボール初速度と有意な相関を示すこと²⁾、後期コッキング局面における骨盤の平均角速度や、投球肩の最大外旋時における上胴（体幹の上部：肩関節から肋骨弓下端まで）や骨盤の方向がボール初速度と有意な相関を示すことなどから³⁾、体幹が伝達するエネルギーの大きさや、体幹の運動量の大きさは投球速度に影響を与えることが示唆されている。投球動作中に体幹を介して伝達されるエネルギーは関節周りの筋群の筋活動によって発揮される関節トルクパワー、および隣接する部分から関節や筋・腱を通して伝達される関節力パワーによって供給される⁴⁾。その伝達のメカニズムについて島田ら（2004）は、軸脚の股関節トルクにより生み出された力学的エネルギーが下胴を介して上胴へ伝達され、ステップ脚の接地後に上胴が前回旋することで生じた関節力により、投球腕各部位やボールにエネルギーが伝達されるとしている²⁾。

野球投手の身体における筋形態に関する研究では、投球動作中に高い筋活動を示す筋に筋肥大傾向がみられることが報告されてきた。これらの知見からエネルギーの伝達に貢献する体幹部でも、関節トルクを生み出す筋や関節力が伝達される関節や筋・腱に強い力学的ストレスが生じ、筋や腱の形態的变化が生じることが予想される。これまでのMRI法や超音波法を用いた研究では、胸筋や広背筋⁵⁾、僧帽筋⁶⁾において投球側の筋横断面積や筋厚が大きく、腹直筋^{5, 7)}や腹斜筋群^{5, 7, 8)}では非投球側の筋横断面積や筋厚が大きいことが報告されている。体幹部の筋は機能的に肩甲帯や上肢骨の運動に関わる筋と胸部や脊柱の動きに関わる筋に分けられるが、従来の研究対象の多くは腹部であり、胸部や背部の上肢帯や上肢の運動に関わる筋に関する研究は限定されている。そこで本研究では野球投手の体幹部（胸部、腹部、背部）全体にわたる筋の形態的特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

1) 被験者

対象は野球投手群（PG：pitchers group）として大学生野球投手20名（年齢：20.4±1.1歳、身長：175.3±5.8cm、体重：70.2±7.4kg）、対照群（CG：control group）として大学生陸上競技短距離選手20名（年齢：19.6±1.3歳、身長：172.2±6.6cm、体重：63.1±5.7kg）とした。野球投手群は全員が右投右打であり、利き腕と投球腕は一致していた。また、対照群も全員が右利きであった。本研究は九州共立大学倫理委員会の承認を得て実施した。被験者には、事前に本研究の目的、測定内容、測定に伴う危険性について説明し、書面にて研究参加の同意を得た。

2) 筋厚測定

筋厚の測定には超音波診断装置（LOGIQe, GE Healthcare社製）を使用した。撮像はBモード法で行い、8MHzのリニア型探触子を用いた。撮像部位は胸部、肩甲骨上部、肩甲骨内側部、肩甲骨下部、前腹部、側腹部、腰部の7部位の左右両側とした。撮像部位の決定は、胸部はOgasawaraら⁹⁾、肩甲骨上部はJensenら¹⁰⁾、肩甲骨下部については安部と福永¹¹⁾、肩甲骨内側部は工藤¹²⁾、前腹部と腰部はIkezoera¹³⁾、側腹部は久保田ら¹⁴⁾の方法に基づいて行った（Table 1）。また、前腹部、側腹部、腰部の撮像では呼吸の影響を取り除くため、安静時吸気終末における画像を取得した。また、探触子には超音波用水溶性ジェルを塗布し、最小限の圧迫で皮膚に垂直に当てて鮮明な画像を得ることに努めた。

Table 1 筋厚の測定姿勢と測定部位

| 測定部位 | | 測定姿勢 |
|--------|---------------------------------|------|
| 胸部 | 鎖骨の midpoint における第3肋骨と第4肋骨間の高さ | 仰臥位 |
| 前腹部 | 臍の高さで4cm側方 | 仰臥位 |
| 側腹部 | 肋骨下端と上前腸骨棘の midpoint | 仰臥位 |
| 肩甲骨上部 | 肩峰後角と肩甲棘内側端との midpoint | 伏臥位 |
| 肩甲骨内側部 | 第4胸椎と第5胸椎間の高さで肩甲骨内側縁との midpoint | 伏臥位 |
| 肩甲骨下部 | 肩甲骨下角の直下 | 伏臥位 |
| 腰部 | 腰椎第3棘突起の側方7cm | 伏臥位 |

撮影した超音波画像は医療用レコーダー（MediCap USB2.0, Mediacapture社製）に保存し、筋厚の測定には画像解析ソフトウェア（ImageJ, National Institutes of Health）を使用した。撮像部位ごとに描出される筋は、胸部では大胸筋、小胸筋、肩甲骨上部では僧帽筋上部線維（以下、僧帽筋上部）、肩甲骨内側部では

僧帽筋下部線維（以下、僧帽筋下部）、大菱形筋、肩甲骨下部では広背筋、前腹部では腹直筋、側腹部では外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、腰部では脊柱起立筋、腰方形筋であった（Fig.1）。データ分析は森ら¹⁵⁾の分類により、胸部、腹部、背部の筋に分けて実施し、胸部には浅胸筋である大胸筋と小胸筋、腹部には前腹筋である腹直筋、側腹筋である外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、後腹筋である腰方形筋、背部には浅背筋である僧帽筋上部、僧帽筋下部、大菱形筋、広背筋、深背筋である脊柱起立筋が含まれるものとした。

3) 統計処理

全てのデータは平均値±標準偏差で示した。野球投手群では投球を行う腕側を投球側、対照群では日常的に利き腕として使用している腕側を利き腕側として分析を行った。

野球投手群における投球側と非投球側、対照群における利き腕側と非利き腕側の筋厚の比較には対応のあるt検定を用いた。統計処理には統計用ソフトウェア（SPSS statics, Ver.21）を使用し、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

1) 胸腹部

野球投手群、対照群の胸腹部の筋厚をTable2に示した。野球投手群では胸部の大胸筋（投球側：16.7±2.7mm、非投球側：15.5±2.9mm, $p < 0.05$ ）、小胸筋（投球側：5.1±1.3mm、非投球側：4.8±1.4mm, $p < 0.05$ ）において投球側が非投球側に対して有意に高い値を示した。また、腹部の外腹斜筋（投球側：9.8±1.1mm、非投球側11.2±1.8mm, $p < 0.001$ ）、内腹斜筋（投球側：14.8±2.7mm、非投球側17.1±3.8mm, $p < 0.05$ ）では非投球側が投球側に対して有意に高い値を示した。一方、対照群では胸部、腹部のいずれの筋においても利き腕側と非利き腕側の筋厚に差は見られなかった。

2) 背部

野球投手群、対照群の背部の筋厚をTable3に示した。野球投手の背部では僧帽筋下部（投球側：6.9±1.1mm、非投球側：6.1±1.0mm, $p < 0.01$ ）、広背筋（投球側：9.1±1.9mm、非投球側：8.4±1.6mm, $p < 0.05$ ）において投球側が非投球側に対して有意に高い値を示した。一方、対照群では背部のいずれの筋においても利き腕側と非利き腕側の筋厚に差は見られなかった。

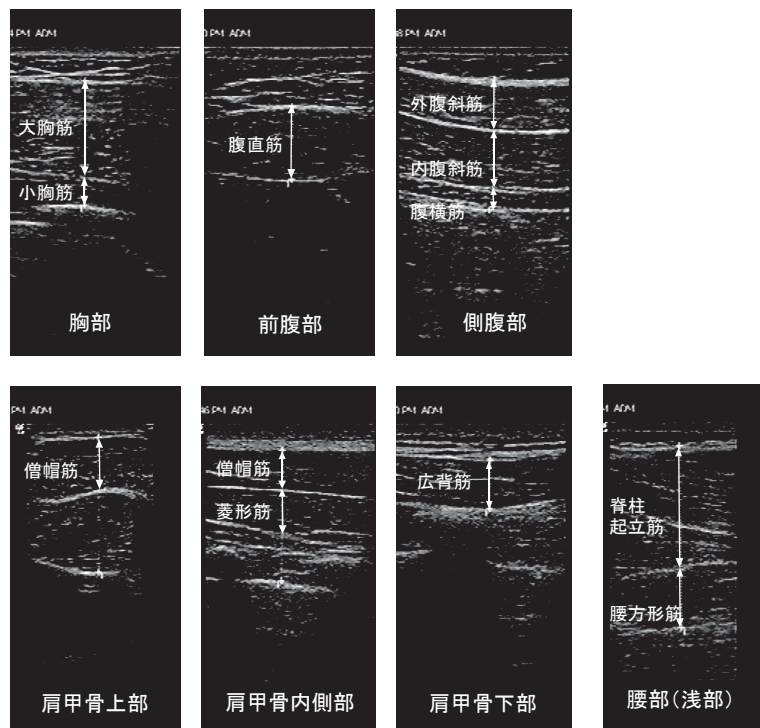


Fig.1 筋厚の測定部位

Table 2 胸腹部の筋厚

| | | PG (n=20) | | CG (n=20) | |
|------|------|--------------|----------------|--------------|------------|
| | | 投球側 | 非投球側 | 利き腕側 | 非利き腕側 |
| 大胸筋 | (mm) | 16.7 ± 2.7 | 15.5 ± 2.9 * | 16.9 ± 2.5 | 16.4 ± 2.2 |
| 小胸筋 | (mm) | 5.1 ± 1.3 | 4.8 ± 1.4 * | 5.1 ± 1.3 | 5.0 ± 1.2 |
| 腹直筋 | (mm) | 15.0 ± 2.1 | 15.0 ± 2.3 | 15.6 ± 2.0 | 15.4 ± 1.6 |
| 外腹斜筋 | (mm) | 9.8 ± 1.1 | 11.2 ± 1.8 *** | 9.6 ± 1.7 | 9.5 ± 1.8 |
| 内腹斜筋 | (mm) | 14.8 ± 2.7 | 17.1 ± 3.8 * | 13.9 ± 2.0 | 13.6 ± 1.7 |
| 腹横筋 | (mm) | 4.8 ± 0.9 | 4.8 ± 0.9 | 4.9 ± 0.9 | 4.7 ± 0.9 |
| 腰方形筋 | (mm) | 14.1 ± 2.4 | 14.1 ± 2.8 | 9.2 ± 1.9 | 8.9 ± 2.1 |

*:p<0.05, ***:p<0.001.

PG : pitchers group , CG : control group.

Table 3 背部の筋厚

| | | PG (n=20) | | CG (n=20) | |
|-------|------|--------------|--------------|--------------|------------|
| | | 投球側 | 非投球側 | 利き腕側 | 非利き腕側 |
| 僧帽筋上部 | (mm) | 11.2 ± 1.8 | 11.3 ± 1.9 | 10.6 ± 1.5 | 11.2 ± 1.8 |
| 僧帽筋下部 | (mm) | 6.9 ± 1.1 | 6.1 ± 1.0 ** | 5.9 ± 0.7 | 5.6 ± 0.8 |
| 菱形筋 | (mm) | 9.9 ± 2.8 | 9.0 ± 3.0 | 12.5 ± 2.3 | 12.5 ± 2.5 |
| 広背筋 | (mm) | 9.1 ± 1.9 | 8.4 ± 1.6 * | 8.0 ± 1.3 | 8.1 ± 1.3 |
| 脊柱起立筋 | (mm) | 34.0 ± 3.1 | 35.0 ± 5.8 | 34.5 ± 4.0 | 35.3 ± 5.3 |

*:p<0.05, **:p<0.01. PG : pitchers group , CG : control group.

PG : pitchers group , CG : control group.

4. 考察

1) 胸腹部

胸部の筋は解剖学的には浅胸筋、深胸筋、横隔膜の3群に分類される。浅胸筋（大胸筋、小胸筋など）は胸郭から起こり上肢帯・上肢骨に停止することで上肢の運動に関わるのに対し、深胸筋や横隔膜は呼吸運動に関与している。本研究の対照群では大胸筋、小胸筋ともに両側間に筋厚の差は見られなかった。同様に30～70歳代の一般成人男女を対象とした先行研究においても、大胸筋や小胸筋の筋横断面積に左右差は見られないことが報告されており¹⁸⁾、日常生活レベルの運動強度では利き腕側において大胸筋や小胸筋の筋厚の優位性は生じないものと考えられる。一方、野球投手群では大胸筋や小胸筋の筋厚は投球側において大きな値が示された。同様の知見は野球投手やテニス選手¹⁶⁾、投てき選手¹⁷⁾でも報告されており、投動作や打

動作を伴うスポーツ選手では身体の筋厚に非対称性が見られることが示唆されている。大胸筋の主な作用は肩関節の内転、内旋、水平内転であるが、これらは投球動作の加速局面で見られる肩関節の主要な運動と一致しており、野球投手群では投球に伴う力学的なストレスに対する適応として投球側では大胸筋に筋肥大が生じた可能性が考えられる。また、小胸筋は第3～5肋骨に起始を持ち、肩甲骨の烏口突起に停止する筋であり、その作用は肩甲骨の下方回旋や下制、外転である。投球動作中の小胸筋の筋活動に関する報告は見られないが、機能的には胸郭に対して肩甲骨を固定する働きがあることから、上肢のスイング動作に直接的には関わらず、肩甲骨の安定に作用する筋においても筋肥大が生じる可能性が示唆された。

腹部の筋は前腹筋、側腹筋、後腹筋の3群に分けられる。前腹筋（腹直筋）は前腹壁の正中線の両側を縦走し、後腹筋（腰方形筋）は腰椎の両側に位置し、側

腹筋（外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋）はその他の部位を担い、3群の筋で腹壁を構成している。野球投手の腹部の筋厚については既にいくつかの報告が行われているが、側腹筋については非投球側が大きな値を示す点において共通した結果が得られている（Table4）。同様の結果はテニス選手やバドミントン選手などでも報告されている^{5,14}。腹直筋と腰方形筋はいずれも腹側と背側で骨盤と胸郭を結び縦走する筋である。腹直筋は恥骨結合や恥骨結節に起始を持ち、第5～7肋軟骨、剣状突起に停止する筋であり、胸郭を引き下げ、脊柱を前方へ曲げる作用を持つ。一方、腰方形筋は腸骨稜に起始を持ち、第12肋骨に停止する骨盤と肋骨を結ぶ筋であり、固有背筋とともに主に体幹の側屈を担っている。本研究の対照群と同様に一般女性を対象とした先行研究においても、腹直筋、内腹斜筋、外腹斜筋、腹横筋、腰方形筋といった腹部の筋の横断面積には左右差が見られないことが報告されている²²。このことから、一般的に腹部の筋群では利き腕側が大きくなる傾向は示されないものと考えられる。同様に野球投手群でも腹直筋と腰方形筋の筋厚には投球側と非投球速の間に差はみられなかった。里ら⁷の野球投手を対象とした研究においても、腰方形筋の筋横断面積に差は示されていない。しかし、野球の投球動作と類似した動作を行う陸上競技の投てき選手、バレーボール選手、バドミントン選手では腰方形筋において非利き腕側が高い値を示すとした報告も見られる。また、腹直筋についての先行研究の中には非投球側がより高い値を示すとした報告も見られ^{5,7}、腹直筋や腰方形筋については側腹筋のような一致した結果は得られていない。野球の投球動作やテニス、バドミントンなどラケットスポーツにみられる打撃動作では利き腕側と反対方向への体幹の捻転運動が頻繁に行われる。体幹の捻転には捻転方向と同側の内腹斜筋、反対側の外腹斜筋が主に作用し、その他の筋も補助的な作用を果たしているが、野球投手では、体幹の捻転運動に関わる筋に特異的な筋肥大が生じている可能性が考えられる。

Table 4 野球選手の体幹部の筋厚に関する先行研究

| 研究者 発表年 被験者数 測定機器 | 本研究 (2017) n=20 US | 角田ら ⁸⁾ (2002) n=8 MRI | 橋内ら ⁶⁾ (2006) n=20 US | 里ら ⁷⁾ (2007) n=17 MRI | 長谷川ら ⁵⁾ (2012) n=26 US |
|----------------------------|-----------------------------|---|---|---|--|
| 大胸筋 | ○ | | | | ○ |
| 小胸筋 | ○ | | | | |
| 腹直筋 | △ | | | ● | ● |
| 外腹斜筋 | ● | | | | △ |
| 内腹斜筋 | ● | ● | | ● | ● |
| 腹横筋 | △ | | | | ● |
| 腰方形筋 | △ | | | △ | |
| 僧帽筋上部 | △ | | ○ | | |
| 僧帽筋中部 | | | ○ | | |
| 僧帽筋下部 | ○ | | ○ | | |
| 大菱形筋 | △ | | △ | | |
| 小菱形筋 | | | △ | | |
| 広背筋 | ○ | | | | ○ |
| 脊柱起立筋 | △ | | | △ | |

○: 投球側(利き腕側) > 非投球側(非利き腕側)
 △: 投球側(利き腕側) = 非投球側(非利き腕側)
 ●: 投球側(利き腕側) < 非投球側(非利き腕側)
 US: 超音波法、MRI: MRI法

2) 背部

背部の筋は浅背筋と深背筋の2群に分けられる。浅背筋（僧帽筋、広背筋、菱形筋、肩甲挙筋）は脊柱から起こり上肢帯や上肢骨につき、上肢の運動に関わるのに対し、深背筋は呼吸運動や脊柱の運動に関わっている¹⁵。こうした特性からスポーツ選手の筋形態の研究は浅層筋を中心に行われてきた。僧帽筋は筋の走行により上部（下行部）、中部（横行部）、下部（上行部）の3部位に分けられ、上部は肩甲骨の挙上と上方回旋、中部は肩甲骨の内転、下部は肩甲骨の内転、下制、上方回旋に作用する。先行研究において野球・ソフトボール選手の僧帽筋の上部、中部、下部の筋横断面積は投球側において大きな値を示すことが報告されており⁶、本研究においても僧帽筋下部線維において投球側が高い値が示された。また、僧帽筋と協働して肩甲骨の動きをコントロールする筋に菱形筋がある。菱形筋は頸椎に起始を持つ小菱形筋と胸椎に起始を持つ大菱形筋とに分けられ、いずれも肩甲骨の内転や下方回旋に作用している。投球動作においても菱形筋や僧帽筋中部は後期コッキング局面では肩甲骨の内転に作用し、肩甲骨を固定する役割を果たし、加速局面、減速局面では肩甲骨の外転、上方回旋方向への過剰な移動を抑制する^{5,11}。しかし、小菱形筋、大菱形筋ともに筋横断面積は投球側と非投球側の間に差が見られないことが報告されている⁶。この点は本研究においても同様であり、僧帽筋と菱形筋にみられた結果の相違は、共同筋間においても筋肥大が起こりやすい筋と起こりにくい筋があることを示唆している。

広背筋は下位胸椎と腰椎の棘突起に起始し、上腕骨の小結節稜に停止をもち、大胸筋とともに肩関節の内転や内旋に作用する。投球動作における肩関節の主要な運動は内旋、内転であり、この関節運動に関わる筋としてこれまでも投球側における筋厚の優位性が視診や超音波法により示されてきた^{5,23)}。本研究の結果もそれらと一致するものであり、広背筋は投球動作を反復することによる筋肥大が生じやすい筋であると考えられる。

脊柱起立筋は後正中線の両わきを縦走する固有背筋の1つである。固有背筋は系統発生的にみて古い背筋とされ、二次的に背側に広がってきた浅背筋や深背筋第1層などの仮性背筋の深部に位置し、脊柱の動きのみに関与している。外側から腸肋筋、最長筋、棘筋で構成されるが、腰部では3筋が癒合して一塊となっているため脊柱起立筋と総称される。対照群、野球投手群ともに脊柱起立筋の筋厚に両側間の差は見られなかった。一般成人を対象とした研究においても、脊柱起立筋の筋横断面積に左右差が見られないことが報告されており、日常レベルの身体活動では利き側に筋肥大が示されないものと考えられる。

投球動作に関する筋電図学的研究において、脊柱起立筋は踏出し足の接地からボールリリースまでの間、非投球側の筋活動が高いことが示されており¹⁹⁾、体幹の捻転動作に伴い、高い筋活動が生じることが知られている。しかし、投球動作と類似した体幹の捻転動作を伴う陸上投てき選手やバレーボール選手の場合にも、筋横断面積には利き腕側と非利き腕側で差が見られないことから²⁰⁾、体幹を捻転することの多いスポーツ選手の場合でも非投球側や非利き腕側の筋肥大が生じるものではないと考えられる。

本研究でとりあげた胸腹部、背部の筋の筋厚は対照群や先行研究における一般成人の場合、いずれも利き腕側と非利き腕側の間に筋厚や筋横断面積の差は示されておらず、体幹部の筋群では日常生活のレベルや利き腕側を高強度で頻繁に用いるようなスポーツを行っていない者では、ほぼ左右対称を示すものと考えられる。一方、本研究の野球投手群は10年以上の競技を継続することで、投球に伴う力学的ストレスに適応した筋形態を示している可能性が示唆された。特に野球投手の体幹部では上肢の運動に関わる胸部（大胸筋、小胸筋）、背部（僧帽筋下部、広背筋）において投球側に優位性が示され、下肢の運動を体幹に伝達する腹部（外腹斜筋、内腹斜筋）において非投球側に優位性が示された。また、対側に対して優位性を示した筋は、

小胸筋を除く全ての筋が重層構造の表層に位置する筋であり、表層部の筋は深層部の筋よりも筋の肥厚が生じやすい可能性も示唆された。

5. 結論

本研究では体幹部の筋を対象に野球投手の投球側に見られる形態的特徴を明らかにすることを目的とした。超音波法により胸部（大胸筋、小胸筋）、腹部（腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、腰方形筋）、背部（僧帽筋、菱形筋、広背筋、脊柱起立筋）の筋厚を測定し、投球側と非投球側の比較から以下のような結論を得た。

- 1) 野球投手群の胸部では大胸筋と小胸筋、背部では僧帽筋下部と広背筋の筋厚が投球側において有意に高い値を示した。
- 2) 野球投手群の腹部では外腹斜筋、内腹斜筋の筋厚が非投球側において有意に高い値を示した。
- 3) 対照群では胸部、腹部、背部のいずれの筋においても両側間の差は見られなかった。

これらの知見より、野球投手の体幹部では上肢の運動に関わる胸部（大胸筋、小胸筋）、背部（僧帽筋下部、広背筋）では投球側に優位性が示され、下肢の運動を体幹に伝達する腹部（外腹斜筋、内腹斜筋）では非投球側に優位性が示されることが示唆された。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（15K01581）の助成を受けたものである。

引用文献

- 1) 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(1),23-37.
- 2) 島田一志,阿江通良,藤井範久,川村卓,高橋圭三 (2004): 野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ. バイオメカニクス研究, 8(1),12-26.
- 3) Stodden, D.F., Fleisig, G.S., McLean, S.P., Lyman, S.L., Andrews, J.R. (2001): Relationship of pelvis and upper torso kinematics to pitched baseball velocity. Journal of Applied Biomechanics, 17(2),164-72.
- 4) 宮西智久,藤井範久,阿江通良,功力靖雄,岡田守彦 (1997): 野球の投球動作における体幹および投球

- 腕の力学的エネルギーフローに関する3次元解析. 体力科学,46,55-68.
- 5) 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.
- 6) 橋内基純, 橋本俊彦, 福林徹 (2006): 超音波断層法を用いた投球動作による僧帽筋及び菱形筋の形態学的検討. 体力科学, 55(6), 872.
- 7) 里隆文, 白木仁, 立花龍司, 向井直樹, 竹村雅裕, 泉重樹, 宮川俊平 (2007): 大学野球選手の体幹部の筋力および筋横断面積の特徴. 体力科学, 56(6), 750.
- 8) 角田直也, 田中重陽, 石塚信之, 青山利春, 岡田雅次, 西山一行 (2003): 投動作パフォーマンスに及ぼす筋形態及び機能的特性. 国士舘大学体育研究所報, 21, 135-140.
- 9) 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. *Interventional Medicine & Applied Science*, 4(4), 217-20.
- 10) Jensen, B. R., Jorgensen, K., Sjogaard, G. (1994): The effect of prolonged isometric contractions on muscle fluid balance. *Eur J Appl Physiol*, 69, 439-444.
- 11) 安部孝, 福永哲夫 (1994): 日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院, 91-108.
- 12) 工藤慎太郎 (2014): 運動療法の「なぜ?」がわかる超音波解剖. 医学書院, 6-23.
- 13) Ikezoe, T., Nakamura, M., Shima, H., Asakawa, Y., Ichihashi, N. (2015): Association between walking ability and trunk and lower-limb muscle atrophy in institutionalized elderly women: a longitudinal pilot study. *J Physiol Anthropol*, 34(31), 1-6.
- 14) 久保田潤, 奥村幸治, 鳥居俊, 福林徹 (2009): 大学テニス選手における腹筋群の形態的特徴. 日本臨床スポーツ医学会誌, 17(1), 30-34.
- 15) 森於菟, 小川鼎三, 大内弘, 森富 (1950): 分担解剖学1, 金原出版, 東京, 264-332.
- 16) 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.
- 17) 島野敬四郎, 内田智子, 安藤佳代子, 高山伸也, 須田憲司, 湯浅景元 (1997): 女性投てき選手の筋厚と筋力. 中京大学体育学論叢, 39(1), 107-112.
- 18) 林真実, 毛利友次, 大原鐘敏 (1991): 胸骨中点高 (E5) 断面における骨格筋の機能解剖学的研究. 昭医会誌, 51(1), 30-39.
- 19) Watkins, R. G., Dennis, S., Dillin, W. H., Schnebel, B., Schneiderman, G., Jobe, F., Farfan, H., Perry, J., Pink, M. (1989): Dynamic EMG analysis of torque transfer in professional baseball pitchers. *Spine*, 14(4), 404-408.
- 20) 松村正隆, 星川佳広, 飯田朝美, 井伊希美, 中嶋由晴 (2010): 高校生スポーツ選手の体幹筋群の筋サイズ-性差と競技種目差の検討- 体育学研究, 55(2), 577-590.
- 21) 大川真宏, 菅原勲, 櫻井忠義 (2005): やり投げ選手の体幹筋横断面積の左右差および競技記録との関係. *トレーニング科学*, 17(4), 281-286.
- 22) Chaffin, D. B., Redfern, M. S., Erig, M., Goldstein, S. A. (1990): Lumbar muscle size and locations from CT scans of 96 women of age 40 to 63 years. *Clinical Biomechanics*, 5, 9-16.
- 23) 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.

Received date 2017年1月10日