

[原著論文]

右投手と左投手における筋量の比較

－筋量と投球速度との関係について－

長谷川 伸*

Comparison of muscle mass between right-handed and left-handed pitchers. － Correlation between muscle mass and ball speed －

Shin HASEGAWA*

Abstract

The purpose of this study was to compare the muscle mass between right-handed and left-handed pitchers and to investigate the relationship between muscle mass and ball speed.

The subjects of this study were 67 male college baseball pitchers (49 right-handed pitchers and 18 left-handed pitchers). Body weight, body fat mass, lean body mass, skeletal muscle mass, and the muscle mass of the upper limbs, trunk, and lower limbs were measured using a body composition analyzer. BMI, FFMI, and SMI were calculated by dividing body weight, fat-free mass, and limb muscle mass by the square of height. The muscle thicknesses of 12 areas (forearm anterior, upper arm anterior and posterior, chest, subscapular region, abdomen, lateral abdomen, thigh anterior and posterior, and lower leg anterior and posterior) were measured using an ultrasound diagnostic device. A speed gun was used to measure ball speed. The pitcher threw five maximum-effort pitches to the catcher, and the highest value recorded was taken as the ball speed. To compare each measurement index between right-handed and left-handed pitchers, an independent t-test was used. Additionally, Pearson's correlation coefficient was calculated to examine the relationship between each measurement index and ball speed.

Ball speed was significantly higher in right-handed pitchers compared to left-handed pitchers (Right-handed: 136.6 ± 5.9 km/h, Left-handed: 132.2 ± 6.2 km/h). In right-handed pitchers, height, weight, fat-free mass, skeletal muscle mass, and muscle mass in various areas (pitching arm, non-pitching arm, trunk, stride leg, and pivot leg) showed significant correlations with ball speed. On the other hand, for left-handed pitchers, none of the metrics showed a significant correlation with ball speed.

In the comparison of muscle thickness, right-handed pitchers showed significantly higher values than left-handed pitchers in the forearm anterior, upper arm posterior, and chest regions. In the relationship between muscle thickness and ball speed, right-handed pitchers showed significant correlations between ball speed and muscle thickness in the upper arm anterior and subscapular regions.

In conclusion, differences were observed between right-handed and left-handed pitchers in ball speed as well as in muscle mass and thickness of the upper limbs and trunk. In right-handed pitchers, correlations were observed between muscle mass and thickness in various regions and ball speed, whereas such correlations were not observed in left-handed pitchers. On the other hand, FFMI and SMI were suggested to be important factors in determining ball speed for both right-handed and left-handed pitchers.

KEY WORDS : muscle mass, muscle thickness, ball speed, left-handed pitchers

*九州共立大学スポーツ学部

*Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University

緒 言

日本人の成人における左利きの割合は男性が3～5%、女性が2～3%とされている¹⁾。しかし、野球投手における左投げの割合は高く、2024年6月時点で日本プロ野球機構に支配下登録されている411名の投手のうち左投手は125名(30.4%)であり²⁾、2017年から2021年の5年間における左投手の登板イニングの割合は28%であった³⁾。大学生を対象とした経年的な調査では、「投げる」という動作は、右利き手の者のほとんどが右手で行い、左利き手の者の77～87%が左手で行うことが報告されていることから⁴⁾、右利きの左投手は極めて稀であり、左投手の大多数は左利きであると考えられる。

人口の1割に満たない左利きの中から選出される左投手がプロ野球投手数の3割を占めているという点では、左投手の野球の試合における出場機会は右投手と比較して高いといえる³⁾。このような状況が生じる理由としては、野球競技において左投げの選手が起用されるポジションは、投手と一塁手、外野手に限定されていることや、絶対数の少ない左投げ選手は打者が不慣れである等の左投手特有の利点があると考えられていることがある⁵⁾。

日本と同様に左利きが人口の1割に満たないアメリカでもメジャーリーグ投手の左投手は約3割であり、絶対数が少ない左利きの中から選出される左投手は、右投手と比べて体格や体力、さらには投球パフォーマンスに違いがあるのではないかとという観点から左投手と右投手を比較した研究がいくつかみられる^{3, 6-10)}。投球パフォーマンスについては、メジャーリーグの投手では、左投手は右投手よりも投球速度が1.6～3.2km/h低く⁶⁾、日本のプロ野球投手においてもストレートは左投手が右投手よりも3～4km/hほど低く、他の変化球も同様であることが示されている³⁾。

また肩関節の受動的な内外旋可動域については、右投手と左投手にグループ分けして行われた研究において左投手の場合、投球側の外旋可動域⁷⁾、内旋可動域⁸⁾、上腕骨後捻角は非投球側と差がないことや、右投手の場合と比べて差が小さいことが報告されている^{7, 9)}。これらの結果は、投球の反復に対する適応と考えられていた外旋可動域の増大、内旋可動域の低下が左投手には見られないことを示すものである。また、投球動作についても年齢、身長、体重、投球速度が一致する右投手と左投手のグループにおけるステップ足接地時やリリース時の関節の角度や部位の速度を比較した研究が行われている^{6, 10)}。これらの研究が示す右投手の

投球動作に対する左投手の特徴は、ステップ幅が小さいこと、ステップ足接地時における体幹の捻り(両腰と両肩がなす角度の差)、肩関節外転角度、水平外転角度が小さいこと、肩関節最大外旋位における外旋角度が小さいこと、加速期における肩関節水平内転トルクが小さいこと、ボールリリース時における体幹前傾角度が小さいことなどである。これらの結果は、左投手の投球動作はステップや体幹のひねり、肩関節可動域が小さく、投球速度が高くなりにくい投げ方になっていることを示している。

このように左投手は、絶対数の少ない左利きの中から選拔され、骨形状や関節機能や投球動作中の体の使い方においても右投手と相違が見られることから、右投手とは異なる形態的特徴や機能的特徴をもつ可能性がある。そこで本研究では、右投手と左投手の筋形態に着目し、筋量の比較からその相違点を示すとともに、筋量と投球速度の関係を明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 被験者

本研究では2012-2022年に実施した大学生野球投手の筋厚測定において収集したデータの中から、オーバースローまたはスリークォーターの右投げ右打ちの投手49名(年齢:19.5±1.0歳, 身長:177.6±5.6cm, 体重:75.7±7.2kg, 以下右投手とする)、左投げ左打ちの投手18名(年齢:19.4±1.0歳, 身長:175.5±6.7cm, 体重:71.1±6.8kg, 以下左投手とする)を対象とした。全ての被験者に対して事前に実験の目的および内容、危険性を十分に説明し、実験に参加する同意を得た。

2. 身体組成の測定

身長は身長計を用いて0.1cm単位で測定した。また、体成分分析装置(InBody770,インボディ・ジャパン社製)を用いて、体重、体脂肪量、除脂肪量、骨格筋量、投球腕筋量、右腕、左腕、右脚、左脚の筋量を0.1kg単位で測定した。いずれの測定も朝食後2時間から4時間の間に実施した。四肢と体幹部の筋量については、投球動作において投球を行う腕を投球腕、投球方向に踏み出す脚をステップ脚とし、投球腕筋量、非投球腕筋量、体幹筋量、ステップ脚筋量、軸脚筋量としてデータ分析を行った。さらに、体重(kg)/身長(m²)により体格指数(BMI: Body Mass Index)、除脂肪量(kg)/身長(m²)により除脂肪量指数(FFMI: Fat Free

Mass Index), 四肢の筋量 (kg) /身長 (m²) により骨格筋指数 (SMI: Skeletal muscle index) を算出した。

3. 筋厚測定

筋厚の測定には超音波診断装置 (Prosound6, Aloka 社製) の7.5MHzの探触子を用いた。撮像部位は投球側の前腕前部, 上腕前部, 上腕後部, 胸部, 腹部, 側腹部, 大腿前部, 下腿前部, 上腕後部, 肩甲下部, 大腿後部, 下腿後部の12部位とし, 先行研究に基づき¹¹⁻¹⁴⁾, 前腕前部は前腕長の近位30%, 上腕前部, 上腕後部は上腕長の近位60%, 大腿前部, 大腿後部は大腿長の近位50%, 下腿前部, 下腿後部は下腿長の近位30%とした。また, 胸部は鎖骨の midpoint で, 第3肋骨と第4肋骨の間, 肩甲下部は肩甲骨下角の直下5cm, 腹部は臍の外側3cm, 側腹部は肋骨下端と腸骨稜の midpoint で, 中腋窩線の前前方2.5cmとした。撮影した超音波画像は医療用ビデオレコーダー (MediCap USB200, Mediacapture 社製) に保存した後, 画像解析ソフトウェア (ImageJ, Ver1.48, NIH) を用いて筋厚測定を行った。

4. 投球速度の測定

投球速度の測定にはスピードガン (Stalker Solo II, Applied Concepts 社製) を使用した。投手にはブルペンにおいて18.44m先の捕手に向かい全力での投球を行わせた。投球はいずれも直球とし, ストライクゾーンを通過した投球の投球速度が5球分得られるまで継続し, 取得された5球の最高値を最高球速, 5球の平均値を平均球速とした。最高球速と平均球速の相関係数は右投手が $r=0.977$, 左投手が $r=0.990$, 全体では $r=0.980$ と非常に高い相関関係が示されたことから, 本研究では最高球速を投球速度の指標として採用した。

5. 統計処理

全ての測定値は平均値±標準偏差で示した。各項目において正規性の検定 (Shapiro-Wilk 検定) を行った後, 右投手と左投手の比較には対応のない t 検定を行った。なお, 正規性が認められない場合は, Mann-Whitney の U 検定を用いた。また, 各項目における差の程度を検討するため, 効果量 (effect size, ES) として Cohen 'd' を求めた。効果量の判断の目安については, $d=0.20 \sim 0.49$ を効果量小, $d=0.50 \sim 0.79$ を効果量中, $d=0.80$ 以上を効果量大とした¹⁵⁾。統計処理には IBM SPSS Statistics 26.0 を用い, 統計学的有意水準はいずれも 5% 未満とした。

結 果

1. 投球速度

本研究のデータ分析に用いた右投手49名と左投手18名の投球速度の分布を図1に示した。投球速度は右投手が $136.6 \pm 5.9 \text{ km/h}$, 左投手が $132.2 \pm 6.2 \text{ km/h}$ であり, 右投手が左投手に対して有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $ES = 0.74$)。

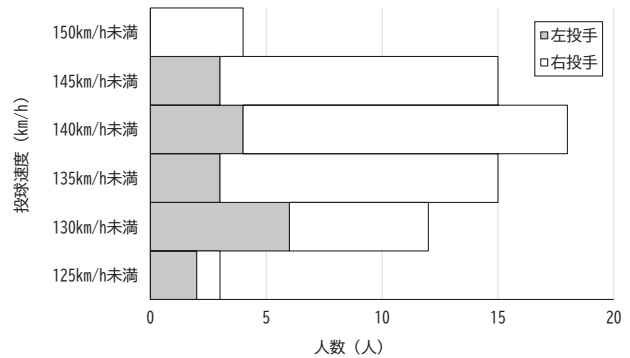


図1 被験者の投球速度の分布

2. 体組成指標

右投手と左投手における体組成指標の表1に示した。各指標の比較では, 体重 ($p < 0.05$, $ES = 0.66$), 除脂肪量 ($p < 0.05$, $ES = 0.65$), 骨格筋量 ($p < 0.05$, $ES = 0.67$), 投球腕筋量 ($p < 0.05$, $ES = 0.72$), 非投球腕筋量 ($p < 0.01$, $ES = 0.80$), 体幹筋量 ($p < 0.05$, $ES = 0.75$) では右投手が左投手に対して有意に高い値を示した。また, 除脂肪量指数 ($p < 0.05$, $ES = 0.57$), 骨格筋量指数 ($p < 0.05$, $ES = 0.71$) についても, 右投手が左投手に対して有意に高い値を示した。

表1 右投手と左投手の体組成指標の比較

	右投手 (n=49)	左投手 (n=18)	p	効果量
身長 (cm)	177.6 ± 5.6	175.5 ± 6.8	0.23	0.35
体重 (kg)	75.7 ± 7.2	71.1 ± 6.8 *	0.02	0.66
体脂肪量 (kg)	10.8 ± 2.7	9.9 ± 2.5	0.20	0.35
除脂肪量 (kg)	64.9 ± 5.9	61.2 ± 5.5 *	0.02	0.65
骨格筋量 (kg)	37.2 ± 3.5	34.9 ± 3.3 *	0.01	0.67
投球腕筋量 (kg)	3.6 ± 0.4	3.3 ± 0.3 **	0.00	0.72
非投球腕筋量 (kg)	3.5 ± 0.4	3.2 ± 0.3 **	0.00	0.80
体幹筋量 (kg)	27.5 ± 2.4	25.9 ± 1.9 **	0.00	0.75
軸脚筋量 (kg)	10.2 ± 1.0	9.7 ± 1.1	0.13	0.44
ステップ脚筋量 (kg)	10.1 ± 1.0	9.7 ± 1.1	0.16	0.39
BMI (kg/m ²)	24.0 ± 1.6	23.1 ± 1.7	0.06	0.54
FFMI (kg/m ²)	20.6 ± 1.3	19.9 ± 1.1 *	0.04	0.57
SMI (kg/m ²)	8.6 ± 0.5	8.3 ± 0.4 *	0.01	0.71

平均値±標準偏差

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

3. 体組成指標と投球速度

体組成指標と投球速度の関係を表2に示した。右投手では身長、体重、除脂肪量、骨格筋量に加え、投球腕、非投球腕、体幹、軸脚、ステップ脚の筋量が投球速度と有意な相関関係を示したが、左投手では投球速度と有意な相関関係を示す指標はみられなかった。

表2 体組成指標と投球速度の相関関係

	右投手 (n=49)	左投手 (n=18)
身長	0.408 **	0.020
体重	0.536 **	0.346
体脂肪量	0.210	0.237
除脂肪量	0.556 **	0.320
骨格筋量	0.574 **	0.361
投球腕筋量	0.534 **	0.465
非投球腕筋量	0.531 **	0.399
体幹筋量	0.556 **	0.416
軸脚筋量	0.455 **	0.141
ステップ脚筋量	0.467 **	0.141
BMI	0.395 **	0.447
FFMI	0.414 **	0.480 *
SMI	0.429 **	0.557 *

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

4. 筋厚

右投手と左投手における投球側の筋厚を表3に示した。各部位の筋厚の比較では、前腕前部 ($p < 0.01$, $ES=1.31$), 上腕後部 ($p < 0.01$, $ES=0.70$), 胸部 ($p < 0.05$, $ES=0.56$) において、右投手が左投手に対して有意に高い値を示した。

表3 右投手と左投手の筋厚の比較

	右投手 (n=49)	左投手 (n=18)	p	効果量
筋厚 (mm)				
前腕前部	25.4 ± 2.9	24.4 ± 2.2 **	0.00	1.31
上腕前部	30.3 ± 4.2	29.5 ± 3.7	0.55	0.17
上腕後部	35.1 ± 5.8	30.7 ± 5.9 **	0.00	0.70
胸部	22.6 ± 3.9	22.1 ± 4.4 *	0.04	0.56
肩甲下部	25.6 ± 4.3	27.5 ± 5.2	0.93	-0.07
腹部	17.1 ± 2.7	16.6 ± 2.0	0.56	0.12
側腹部	31.3 ± 4.3	28.1 ± 5.3	0.47	-0.20
大腿前部	51.6 ± 7.5	49.7 ± 8.8	0.89	0.04
大腿後部	66.9 ± 6.4	65.9 ± 7.7	0.77	0.07
下腿前部	29.2 ± 3.5	28.7 ± 4.7	0.70	0.10
下腿後部	69.7 ± 7.2	67.8 ± 6.0	0.26	0.32

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

5. 筋厚と投球速度

投球側の筋厚と投球速度の関係を表4に示した。右投手では上腕前部 ($r=0.453$, $p < 0.01$), 肩甲下部 ($r=0.297$, $p < 0.01$) が投球速度と有意な相関関係を示したが、左投手では、いずれの部位の筋厚においても投球速度との関係は示されなかった。

表4 筋厚と投球速度の相関関係

	右投手 (n=49)	左投手 (n=18)
筋厚		
前腕前部	0.252	0.271
上腕前部	0.435 **	0.101
上腕後部	0.201	0.106
胸部	0.120	0.270
肩甲下部	0.297 **	0.257
腹部	0.183	0.373
側腹部	0.274	0.302
大腿前部	0.000	0.138
大腿後部	0.149	0.176
下腿前部	0.207	0.102
下腿後部	0.261	0.075

** : $p < 0.01$

考 察

1. 体組成指標

本研究では右投手と左投手の間に身長の差は見られないものの、体重、除脂肪量、骨格筋量は右投手の方が大きいことが示された。また、筋量を上肢、体幹、下肢に分けて見たところ、投球側と非投球側の上肢、体幹など上半身の筋量において顕著な差が示された。一方、除脂肪量指数や骨格筋指数から、身長あたりの除脂肪量や骨格筋量においても左投手の方が小さいことが示された。本研究の被験者は硬式野球部に所属するリーグ戦出場経験をもつメンバーを対象に継続的に行ってきた測定に参加した投手である。投球速度が低く、筋量も少ないとされた左投手18名の中には大学卒業後にプロ野球 (4名)、社会人硬式野球 (4名)、社会人軟式野球 (4名) に進んだ投手も含まれおり、右投手と比較して実力的な差がある集団とは考えにくい。野球競技において投手の役割は勝敗に大きく影響するため、小学生、中学生期に野球を開始した段階から、「動能力が高い」、「肩が強い」といった体力的要素や、「身長が高い」、「体格がよい」といった形態的要素は投手を選抜する際に考慮される条件となる。特

に発育期には身長増加に伴いボール速度が高くなることから¹⁶⁾、中学生の全国大会出場チームでは、4月～9月生まれの早熟で体の大きい子供が投手を務めることが多いことが報告されている¹⁷⁾。また、中学生や高校生では、投手が野手よりも身長が高く、体重が重く、投球速度が高いとする報告もあり¹⁸⁾、投手は身体の大きな選手が選ばれやすい。このため、チーム内で人数の多い右投げの選手の場合は、条件に当てはまる選手が選抜されるのに対して、チームに数名しかいない左投げの選手では、左腕でボールを投げられること自体が選抜理由となっている可能性がある。こうした要因が大学生期の投手においても、右投手と左投手の体重や筋量など体格に影響を与えている可能性が考えられる。

右投手と左投手のそれぞれにおける体組成指標と投球速度の関係では、右投手は体重や除脂肪量をはじめ、各部位別の筋量においても投球速度と有意な相関関係が示されたのに対して、左投手では体組成指標の絶対値はいずれも投球速度との相関関係を示さなかった。この結果は、右投手では除脂肪量や骨格筋量が大きい選手ほど投球速度が高いのに対して、左投手では除脂肪量や骨格筋量の絶対値は投球速度を決定する要因ではないことを示しており、筋量が投球速度に与える影響には差があることが考えられる。一方、除脂肪量指数や骨格筋指数では、右投手も左投手も投球速度との相関関係が示され、身長あたりの除脂肪量や骨格筋量といった身長の高さに対する筋の発達、右投手、左投手に関わらず投球速度を決定する要因としては重要と考えられる。こうした傾向は大学生という年齢も影響している可能性がある。一般に大学生の時期になると身長は伸びなくなるが、体重や除脂肪量、骨格筋量のトレーニング量は高い時期である。これまでの大学生投手を対象とした研究においても、除脂肪量が大きいほど投球速度が高くなるとする報告は多く見られる^{17, 19)}。除脂肪量指数や骨格筋指数は身長あたりの除脂肪量や骨格筋量を示す指数であり、身長の異なる対象者の評価を行う際に使用されるものである。左投手でも、これらの指数と投球速度の相関関係のみが示されたことから、投球速度の決定要因としては身体全体の除脂肪量や骨格筋量の大きさではなく、身長あたりの除脂肪量や骨格筋量の大きさが重要であり、身長が低い場合でも筋量の大きい投手は高い投球速度を示す傾向にあると考えられる。

2. 四肢と体幹の筋厚

体成分分析装置を用いた測定では、四肢の骨格筋量を求めることができる。しかし上肢を例にすると、上肢の筋量は上腕部における肘の屈筋と伸筋、前腕部における手関節の掌屈筋と背屈筋を同時に評価したものであり、機能的な意味を持たない。投球動作における主要な腕の関節運動は肩関節の水平内転と内旋、肘関節の伸展、前腕部の橈尺関節の回内、手関節の掌屈とされている²⁰⁾。このことから本研究では、肩の水平内転や内旋に関わる大胸筋（胸部）や広背筋（肩甲下部）、肘関節の伸展に関わる上腕三頭筋（上腕後部）、前腕の回内や手関節の掌屈に関わる円回内筋や橈側手根屈筋（前腕前部）などの筋量を評価するため超音波診断装置を用いて筋厚の測定を実施した。

筋厚において右投手と左投手の間で差が示されたのは、前腕前部、上腕後部、胸部であり、いずれも右投手の方が高い値を示した。これらの筋は投球動作における主要な関節運動を担う筋と考えられる。関節運動のボールリリース時における投球速度への貢献度は、肩関節の内旋運動が34.1%、手関節の掌屈が17.7%、肘関節の伸展が15.2%とされることや²¹⁾、肩の水平内転トルクは角速度依存モーメントを介して肘の伸展運動を引き起こすことで間接的に手先速度に貢献していることが報告されている²²⁾。右投手において高い筋厚が示された胸部は肩関節の内旋・内転筋である大胸筋、上腕後部は肘関節の伸展筋である上腕三頭筋、前腕前部は手関節の屈曲や前腕の回内を担う屈曲回内筋群の筋厚を示しており、いずれも投球速度を高めるためには重要な筋であると考えられる。

筋厚において投球速度との相関関係が示されたのは、右投手では上腕前部、肩甲下部であった。肩甲下部は広背筋の筋厚を示すものであり、広背筋が投球動作における主要な関節運動である肩関節の内旋や内転を担う筋であることを考えると、筋厚が大きい選手ほどその出力が高く、大きな投球速度をもたらすことができるものと考えられる。一方で、上腕前部は上腕二頭筋と腕筋の筋厚を示しており、これらの筋は投球動作においてリリース後の肘関節の伸展に対する制動作用を担う筋と考えられている。肘関節障害の予防などの観点からその機能は重要であることは知られているが、上腕前部の筋厚が大きい投手ほど高い投球速度を示した理由については明らかではない。一方、左投手ではいずれの筋厚においても投球速度との有意な相関関係は示されなかった。左投手については、体組成指標、筋厚ともに投球速度との関係性が示されなかった。右

投手では、全身の除脂肪量や四肢や体幹の骨格筋量が大きいことや、身長あたりの除脂肪量や骨格筋量が大きいこと、さらには肩甲下部や上腕前部の筋厚が大きいことが高い投球速度と結びついていたのに対し、左投手では身長あたりの除脂肪量や骨格筋量が大きいことが高い投球速度と結びつく点は共通していたが、特定の筋の厚さや部位別の筋量は投球速度を決定する要因とはなっていない。本研究では右投手と左投手の筋量や筋厚と投球速度の関係について検討したが、投球速度を決定する要因については、筋量やその機能としての筋力・パワーばかりではなく、関節可動域の大きさ、投球フォームの効率なども関わっており、左投手の投球速度には、右投手とは別の決定要因が重要な役割を果たしている可能性も考えられる。

結 論

本研究では右投手と左投手の体組成測定指標、身体各部の筋厚を比較するとともに、右投手と左投手における筋量と投球速度の関係の相違点を明らかにすることを目的とした。右投手と左投手の比較の結果、以下のような結論を得た。

- 1) 投球速度では左投手が右投手よりも低い値を示した。
- 2) 体組成指標では、左投手は体重、除脂肪量、骨格筋量、四肢や体幹の筋量が右投手よりも低値を示し、除脂肪量指数や骨格筋指数でも同様であった。
- 3) 左投手の体組成指標において投球速度と有意な相関関係が示されたのは除脂肪量指数、骨格筋指数のみであった。
- 4) 身体各部の筋厚では、左投手は前腕前部、上腕後部、胸部において右投手よりも筋厚が小さかった。左投手の筋厚は、いずれの部位でも投球速度と有意な相関関係が示されなかった。

これらの知見から、右投手と左投手では上肢や体幹部の筋量に顕著な差が見られること、投球速度の決定要因に違いが見られることが示唆された。

参考文献

- 1) 原勝矢 (1989) : 右利き・左利きの科学. 講談社, pp.46-91.
- 2) 日本野球機構ホームページ(2024年6月22日取得, https://npb.jp/announcement/2024/pn_registered.html) .
- 3) 道作 (2022) : 生存競争における少数派～左投手から考える～, プロ野球を統計学と客観的分析で考える デルタ・ベースボール・リポート5. 水曜社, pp.133-140.
- 4) 中雄勇, 堤實, 吉川茂 (1997) : 利き手に関する基礎的研究-利き手と利き目の関連性-. 阪南論集人文・自然科学編, 32 (3) , 1-14.
- 5) 功刀靖雄 (1987) : 左腕投手の有利, 不利に関する研究. 大学体育研究, 9, 17-26.
- 6) Diffendaffer, A. Z., Fleisig, G. S., Ivey, B., Aune, K. T. (2019): Kinematic and kinetic differences between left- and right-handed professional baseball pitchers. *Sports Biomech*, 18(4), 448-455.
- 7) Takeuchi, S., Yoshida, M., Katsumasa, S., Tsuchiya, A., Takenaga, T., Goto, H. (2018): The differences of humeral torsion angle and the glenohumeral rotation angles between young right-handed and left-handed pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 28(4), 678-684.
- 8) Solomito, M. J., Ferreira, J. V., Nissen, C. W. (2017) : Biomechanical differences between left- and right-handed baseball pitchers. *Sports Biomech*, 16(2), 143-151.
- 9) Takenaga, T., Goto, H., Sugimoto, K., Tsuchiya, A., Fukuyoshi, M., Nakagawa, H., Nozaki, M., Takeuchi, S., Otsuka, T. (2017): Left-handed skeletally mature baseball players have smaller humeral retroversion in the throwing arm than right-handed players. *J Shoulder Elbow Surg*, 26(12), 2187-2192.
- 10) Werner, S. L., Guido, J. A., Delude, N. A., Stewart, G. W., Greenfield, J. H., Meister, K. (2010) : Throwing arm dominance in collegiate baseball pitching: a biomechanical study. *Am J Sports Med*, 38(8), 1606-1610.
- 11) 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.
- 12) 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. *Inter Med Appl Sci*, 4, 217-220.
- 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.
- 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,17,30-34.
- 15) 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.
- 16) 石田和之 (2003): どうしたら上手に投げられるようになるか - 投動作の発達 -. バイオメカニクス研究,7(4),368-372.
- 17) 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.
- 18) 蔭山雅洋,鈴木智晴,前田明 (2020): 発育期の野球選手における投手と野手の投球速度に及ぼす体力要因の検討.体育学研究,65,401-413.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 内藤耕三,丸山剛生 (2007):野球の投動作における上肢関節トルクおよび運動依存モーメントの手先速度に対する貢献度.バイオメカニクス研究,11, 264-275.

Received date 2024年8月6日

Accepted date 2024年8月6日