

〔論 文〕

投手の筋パワーと全身持久力が 試合中の投球パフォーマンスに及ぼす影響

黒 部 一 道

I 緒言

現在のプロ野球において先発投手は1試合で平均100球弱の球数を投げるが¹⁾、高校や大学では能力の高い投手に依存するケースが多く、甲子園に代表される全国大会では100球を超えてくる²⁾。先発投手は100球前後のピッチングを行うため高い出力を持続的に発揮するためのフォームの再現性が求められる。それ故、日本では投手の指導現場において「走り込み」と呼ばれる全身持久力の強化を目的とした練習が頻繁に取り入れられてきた。しかし、ピッチングは動作の開始から終了までがセットポジションであれば1～2秒で行われ、アマチュア野球ではランナーがいなければ12秒以内に投球しなければならない高強度の間欠的な運動であることから、高いパワー発揮とその持続性が要求される。近年では、投手の分業制(先発・中継ぎ・抑え)が進んでいること、学生野球においても球数制限の導入などにより、一人の投手が長いイニングを投げる機会を少なくしているため全身持久力の向上を目的とした走り込みに対して否定的な考えを持つ指導者も多い³⁾。試合をシミュレートした実験においては7～9回(105～135球)で球速が低下しており⁴⁾、メジャーリーグにおける先発投手の投球分析でもイニングの経過に伴い、球速とストライクゾーンへの投球割合(ストライク率)が低下している⁵⁾。しかし、これらの低下が全身持久力などの体力に依存するものなのかといった関連については不明である。ストライク率は投手の制球力を示す指標で被出塁率と負の相関が見られる

ことから⁶⁾、投手の能力を因る重要な指標と言えるが、体力面からの視点で検討はされていない。

シーズン中の選手にパワートレーニングと持久性トレーニングを同時に行うことによって、パワーの向上を抑制する働きも確認されている⁷⁾。これはinterference effectと呼ばれる現象でmeta-analysisとしてまとめられた文献においても筋パワーが持久性トレーニングによって抑制されることが示されている⁸⁾。しかし、興味深いことに持久性トレーニングとレジスタンストレーニングを組み合わせても有酸素性持久力は低下しないことがWilson et al.⁸⁾の研究では示されている。即ち、筋パワーは持久性トレーニングによって負の影響を受けるが、有酸素性持久力はパワー系トレーニングによる影響を受けにくいことから持久性トレーニングはパワー低下のリスクを考慮して実施する必要がある。また、投手の球速が全身の筋パワー(スローイング、体幹のツイスト、ジャンプ動作)と関係性が深く^{9, 10)}、近年のプロ野球、メジャーリーグの球速の高速化を考えるとパワートレーニングは体力面からして重要と言えるだろう。そのため、イニング経過に伴う球速やストライク率の変化に全身持久力などの体力が影響するかを調べることは走り込みなどの持久性要素の強い練習メニューの必要性を因る上で重要な知見と言える。

そこで本研究では大学野球選手を対象とし、下肢の筋パワーと全身持久力が試合中の球速とストライク率の変化に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II 方法

1. 対象データ

対象となる試合は全日本大学野球連盟に所属する同一チームの2019～2020年のリーグ戦、3季34試合であった。1試合につき5イニング以上、または75球以上を投げた投手のデータを分析対象とし、22試合が該当した。分析対象となった投手は12名(年齢 20.8 ± 0.9 歳, 身長 173.2 ± 2.5 cm, 体重 71.7 ± 7.0 kg)であった。本研究を実施するにあたりインフォームドコンセントを得た上で研究を行った。

2. 投球パフォーマンス

投球パフォーマンスとして各投手が登板した際のイニング毎の平均球速, 平均ストライク率を算出した。そこから最高値, 最終イニング値, 1試合の平均値を分析に使用した。途中降板した場合は15球以上の投球があれば最終イニング値として採用し, 満たない場合は降板前のイニングを最終イニング値とした。さらに球数の観点から1試合の球数を序盤(0～45球)と中盤以降(46球～)に分類してパフォーマンスの変化も分析した。球速はドップラー式スピードガン(Pro2, STALKER LIDAR)を使用してバックネット裏(審判の真後ろ)より測定され, 球速はストレートのみを分析対象とした。ストライク率は, ストライク, ファール, インプレー打球を足したものを投球数で除することで求めた。

3. フィジカルテスト

フィジカルテストは各季リーグ戦の全日程終了後に実施した。全身持久力の指標として20mシャトルランの折り返し数を計測した。人工芝にスタート地点と20m先の折り返し地点にコーンを設置し, ペースを指示する音源(EKJ090, EVERNEW)に従いながら走らせた。電子音から2回続けて折り返し地点に到達できなかった時を終了とし, 最後に触れることがで

きた折り返しの総回数を記録した。

筋パワーの測定として, 自転車ペダリングによるウィングテスト(風神雷神, 大橋知創研究所)を実施し, 30秒間の最大パワーと平均パワーを算出した。

4. 統計処理

得られた値は全て平均値 \pm 標準偏差で示した。球速, ストライク率の1試合あたりの平均値と最終イニング値の比較, 序盤と中盤以降の比較にはそれぞれ対応のあるt検定を用いた。投球パフォーマンスとフィジカルテストの関連性を見るためにピアソンの積率相関係数を算出し, 有意水準を求めた。変動係数は各投手が登板した試合のイニング毎の数値から求めた。分析にはエクセル統計Ver. 3.21(株式会社社会情報サービス)を使用し, 有意水準はすべて0.05未満とした。

III 結果

分析対象となった投手の投球イニングは 6.1 ± 1.3 回で投球数は 97 ± 16 球であった。1試合の平均球速(130.9 ± 5.3 km/h)に対し, 最終イニングの球速は 130.0 ± 5.4 km/hと有意な差はなく, 球速の最高値(132.5 ± 5.4 km/h)と1試合平均値の差は 1.5 ± 1.0 km/hであった(表1)。また1試合の平均ストライク率($60.9 \pm 3.9\%$)に対し, 最終イニング値は $60.4 \pm 6.6\%$ と有意な差は見られず, 球速と同様に最終イニングで数値が下がる訳ではなかった。尚, ストライク率の最高値($75.5 \pm 6.1\%$)と平均値の差は $14.5 \pm 4.2\%$ であった。

球速とストライク率の変化を球数の観点から序盤と中盤以降に分類した結果, ストライク率に変化はなかったが, 球速においては中盤以降に低下する傾向が見られた($p < 0.05$, 表2)。しかし, 序盤から中盤以降の変化と体力値の間に有意な相関は見られなかった(図1)。

表 1. 1 試合あたりの投球パフォーマンスをインニング毎に平均して比較

	最高値	最終インニング値	1 試合平均値	最高 - 平均
球速 (km/h)	132.5 ± 5.4	130.0 ± 5.4	130.9 ± 5.3	1.5 ± 1.0
ストライク率 (%)	75.5 ± 6.1	60.4 ± 6.6	60.9 ± 3.9	14.5 ± 4.2

表 2. 球数を序盤 (0 ~ 45 球) と中盤以降 (46 球 ~) に分類した投球パフォーマンス

	序盤	中盤以降	1 試合平均値
球速 (km/h)	131.4 ± 5.4	130.4 ± 5.2*	130.9 ± 5.3
ストライク率 (%)	61.1 ± 4.7	60.8 ± 6.0	60.9 ± 3.9

*p<0.05; 序盤との比較

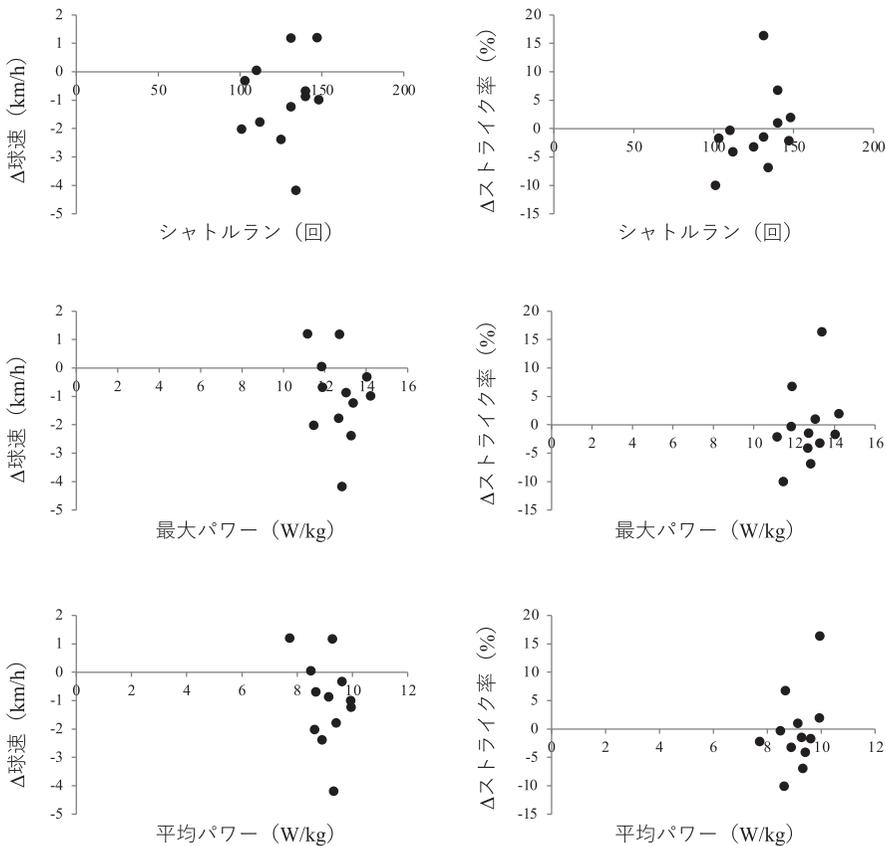


図 1. 1 試合の投球パフォーマンスの変化 (序盤 - 中盤以降) と体力の関係

フィジカルテストの結果は、シャトルラン 127 ± 17 回、ウインゲートテストによる最大パワー 908 ± 80W (体重あたり 12.7 ± 1.0W/kg)、平均パワー 651 ± 64W (体重あたり 9.1 ± 0.6W/kg) であった。体重あたりの最大パ

ワーと平均球速、最高球速の間に有意な相関は見られなかったが (平均球速 : r=0.420, 最高球速 : r=0.427)、平均パワーとの間には有意な相関が認められた (平均球速 : r=0.639, p<0.05; 最高球速 : r=0.638, p<0.05, 図 2)。一方、スト

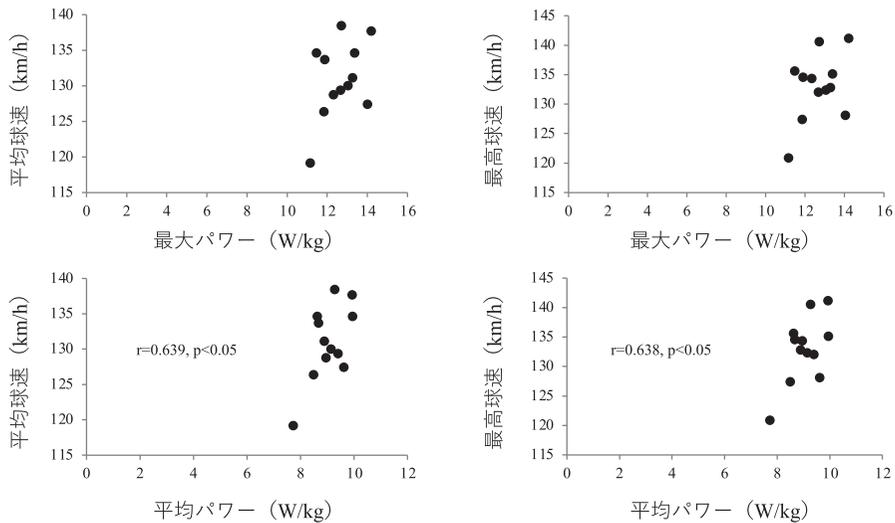


図2. 球速と体重あたりのパワーの関係

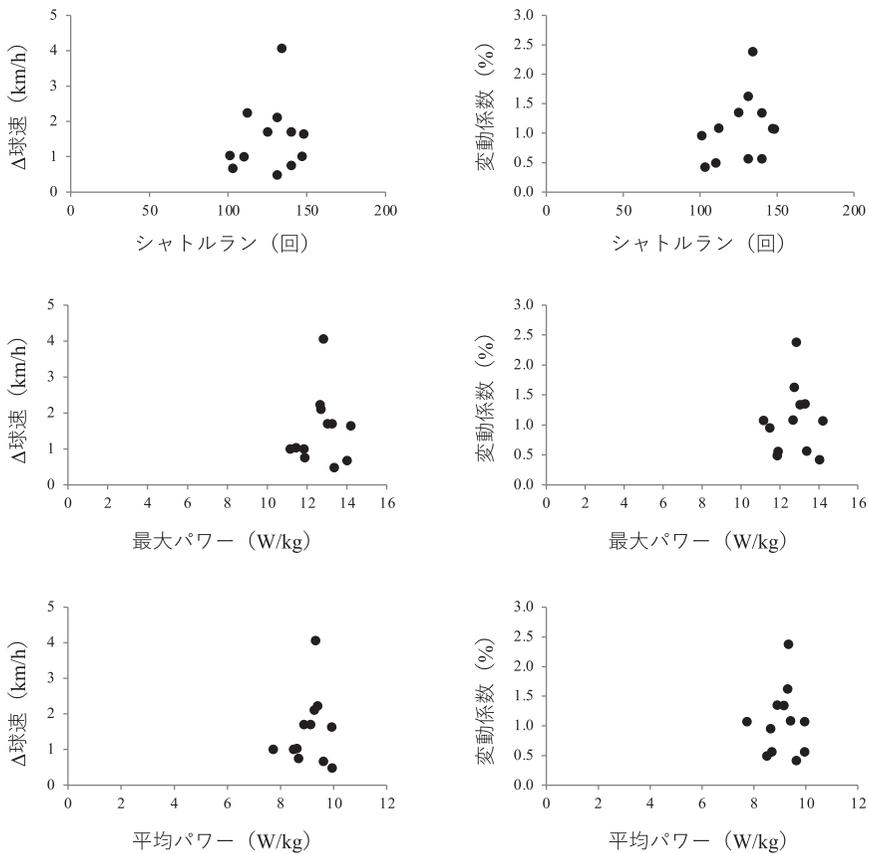


図3. 1試合の球速の変化(最高値-平均値)・変動係数(イニング間)と体力の関係

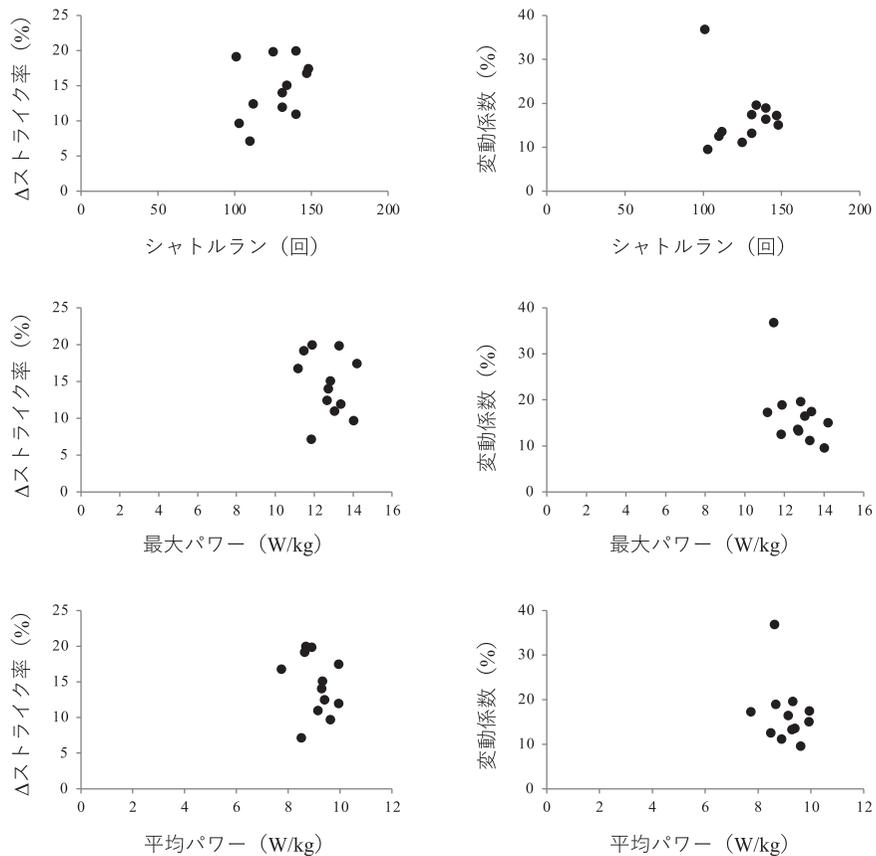


図4. 1 試合のストライク率の変化 (最高値-平均値)・変動係数 (イニング間) と体力の関係

ライク率はいずれの体力指標とも関連性はなかった。

球速の最高値と平均値との差 (Δ球速) と変動係数をシャトルラン回数, パワーそれぞれの関係から見るといずれも有意な相関はなかった (図3)。同様にストライク率の最高値と平均値の差 (Δストライク率) と変動係数を各体力で比較しても関係性は見られず (図4), 試合中の球速とストライク率の変動にシャトルラン回数とパワーの大きさは関与しなかった。

IV 考察

投手における全身持久力と下肢の筋パワーが試合での球速とストライク率の変化に及ぼす影響について検討した結果, 球速は中盤以降に低下する傾向にあったが, ストライク率に低下は見られなかった。さらにイニング間におけるそれらの変動と全身持久力, 筋パワーの間にも関連はなかった。

球速は全身の筋パワーとの関係性が深いことが分かっているが^{9, 10)}, 本研究では平均球速, 最高球速ともに最大パワーよりも平均パワーにおいて強い相関が見られ, ピッチングが投球動

作を間欠的に繰り返す特性上、高いパワーを持続する能力(ミドルパワー)も重要であることを示す結果となった。また試合中のパフォーマンスに着目したことから5イニング以上、もしくは75球以上の投球を満したケースを分析対象としたが、最終イニングの球速とストライク率に有意な低下は見られなかった。これまでに投球数の増加に伴う球速低下を報告した研究では筋力¹¹⁾や下肢関節の仕事量¹²⁾、関節可動域の低下¹³⁾などを原因としている例が多いが、一方でキネマティクスやキネティクスとの関連を示せなかった研究もある⁴⁾。先行研究において球速が低下していた一つ目の要因としてイニング数や投球数が多く設定されていたことが挙げられ、Murray et al.¹³⁾の報告を除いてはいずれも9イニングの完投を想定したシミュレート実験を行っており、疲労によるパフォーマンスの低下が現れやすい条件であったことが考えられる。二つ目として試合をシミュレートした実験では実際の試合とは異なりモチベーションを変化させる心理的な要素が少ないことが挙げられる。試合中は相手打者の打力や走者の有無、勝敗を決するような重要な場面などの試合展開やカウントに応じて心理面が大きく変化するため^{14, 15)}、これらが本研究とは異なる結果を導いたものと考えられる。

一方、制球力を測る指標はいくつか存在するが多くは標的に対する正確性^{15, 16)}やストライクボールの割合¹⁷⁾によって評価される。本研究では実際の試合でのパフォーマンスを分析したことからストライク率を採用したが、最終イニングでの低下や体力との関連性は見られなかった。キネマティクスとストライク率を検討した数少ない研究では¹⁷⁾、イニングの経過により筋疲労や関節可動域の変化が見られたが、ストライク率は変わらなかったとしている。だがこの研究では6イニング90球の設定であったにも関わらず球速は低下していたことから、球数が増えることによる筋疲労やフォームの変化は制球力よりも球速に対してより影響を与えるのかもしれない。本研究ではストライク率に対して

パワーと全身持久力による影響は見られなかったが、球速は平均パワーと高い関連性が示されたことから、ミドルパワーを高めるトレーニングは取り入れる価値はあるだろう。全身持久力は球速やストライク率のイニング間の変動を小さくすること、すなわち安定感に寄与することを予想していたが、そのような結果は得られなかった。その要因の一つとしてシャトルランの回数が平均で127回(101~148回)と評価基準の満点に相当する全身持久力の高い集団であったことが考えられる。持久力の著しく劣る投手がいなかったことが投球パフォーマンスの大きな変動に影響を与えなかった可能性がある。球速と制球力は投手のパフォーマンスを決定する上で二本柱ともいえる要素であるが、全身持久力との関連性が乏しかったことを考慮すると少なくともシャトルランで満点を取るような持久力レベルの投手であればこれ以上の強化は必要性がないという見方もできる。「走り込み」に代表されるランニングメニューも速度や距離、頻度などをスプリント要素の強い内容に設定することで球速の向上にも寄与できるだろう。現場では未だに長距離走を選手に多く課すチームも多いが、持久性のトレーニングを多く取り組むことによりパワー向上を抑制させる働きがあることから^{7, 8)}、限られた時間で日々の練習を行う選手にとって優先順位を付けてメニューを設定する必要がある。同じランニングでも呼吸循環器系に刺激を与えることを重視するよりも、パワーや筋持久力の向上を目指した間欠的な高強度トレーニングや投球フォームの反復ドリルなど投球に近い形でのトレーニングを優先的に行う方が、球速の向上や試合中のパフォーマンス維持に果たす効果は大きいかもしれない。

近年の野球において先発投手の1試合あたりの投球数が減少する中で、走り込みに代表される全身持久力の強化を狙ったトレーニングは、本研究結果を振り返る限りは優先順位の低い練習とも言える。日米ともに平均球速の高速化が進む中で投手のトレーニングとして求められる

Oct. 2023 投手の筋パワーと全身持久力が試合中の投球パフォーマンスに及ぼす影響

ものが、スピード、パワー系に移行すべきであることを本研究は示唆するものである。

V 結論

本研究は投手の筋パワーと全身持久力が試合中の球速とストライク率に及ぼす影響について検討した。その結果、試合中盤以降の球速は低下したが、ストライク率は低下せず、イニングや投球数の経過に伴うパフォーマンスの変動にはいずれの体力要素も影響しなかった。近年では、故障防止の観点からプロのみならず、学生野球においても分業制や球数制限が進み一人で長いイニングを投げることが求められなくなっていることや、球速の高速化が進んでいることを考慮すれば、投手の体力トレーニングは全身持久力よりもパワーや筋持久力の強化を優先的に実施することがパフォーマンスを伸ばす上で重要なことであると考えられる。

【付 記】

本稿は、2019年度阪南大学産業経済研究所助成研究「野球の投手における全身持久力が試合時の投球パフォーマンスに及ぼす影響」の成果報告の一部である。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり測定に協力して頂いた被検者ならびにコーチングスタッフ一同に対して深く感謝いたします。

参考文献

- 小林展久 (2019)「変わりゆく先発投手の役割」『Baseball LAB』
<http://www.baseball-lab.jp/column/entry/374/>
参照日：2023年7月7日
- 毎日新聞 (2019)「先発、7回100球で交代 継投派が多数 勝利校平均」
<https://mainichi.jp/koshien/articles/20190816/ddp/035/050/010000c>
参照日：2023年7月7日
- 小俣勇貴 (2018)「投手「走り込み」もう古い？ 長距離禁じて愛知で春4強」『朝日新聞デジタル』
<https://www.asahi.com/articles/ASL726CTL72PTQP00V.html>
参照日：2023年7月7日
- Escamilla RF, Barrentine SW, Fleisig GS, Zheng N, Takada Y, Kingsley D, Andrews JR, "Pitching biomechanics as a pitcher approaches muscular fatigue during a simulated baseball game", *Am J Sports Med*, Vol. 35, No. 1, 2007, pp.23-33
- Whiteside D, Martini DN, Zernicke RF, Goulet GC, "Changes in a Starting Pitcher's Performance Characteristics Across the Duration of a Major League Baseball Game", *Int J Sports Physiol Perform*, Vol. 11, No. 2, 2016, pp.247-254
- 新家孝磨 (2016)「ストライク率から分かること タイムリー data vol. 81」『Baseball LAB』
<http://www.baseball-lab.jp/column/entry/296/>
参照日：2023年7月7日
- Rhea MR, Oliverson JR, Marshall G, Peterson MD, Kenn JG, Aylón FN, "Noncompatibility of power and endurance training among college baseball players", *J Strength Cond Res*, Vol. 22, No. 1, 2008, pp.230-234
- Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC, "Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises", *J Strength Cond Res*, Vol. 26, No. 8, 2012, pp.2293-2307
- 比留間浩介, 尾縣貢「各種パワー発揮能力からみた野球選手における投手と野手の体力特性：フィールドテストのデータをもとに」『体育学研究』第56巻第1号, 2011年, 201-213ページ
- 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田明「大学野球投手における体幹の伸張-短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響」『体育学研究』第59巻第1号, 2014年, 189-201ページ
- Yanagisawa O, Taniguchi H, "Changes in lower extremity function and pitching performance with increasing numbers of pitches in baseball pitchers", *J Exerc Rehabil*, Vol. 14, No. 3, 2018, pp.430-435
- 平山大作, 藤井範久, 小池関也, 阿江通良「野球投手の投球数の増加による下肢関節の力学的仕事量の変化」『体力科学』第59巻第2号, 2010年, 225-232ページ
- Murray TA, Cook TD, Werner SL, Schlegel TF, Hawkins RJ, "The effects of extended play on professional baseball pitchers", *Am J Sports Med*, Vol. 29, No. 2, 2001, pp.137-142
- 橋本泰裕, 山田憲政「試合中の投手の緊張に影響を与える要因の抽出」『コーチング学研究』第30巻第2号, 2017年, 159-165ページ
- 佐野元基, 板谷厚「ピッチング面の設定が直球の

球速と正確性に及ぼす影響」『北海道体育学研究』
第53巻, 2018年, 1-10 ページ

- 16) 川村卓, 島田一志, 高橋佳三, 森本吉謙「野球の投手における試合の制球力に関する研究」『大学体育研究』第26巻, 2004年, 15-21 ページ
- 17) Erickson BJ, Sgori T, Chalmers PN, Vignona P, Lesniak M, Bush-Joseph CA, Verma NN,

Romeo AA, "The Impact of Fatigue on Baseball Pitching Mechanics in Adolescent Male Pitchers", *Arthroscopy*, Vol. 32, No. 5, 2016, pp.762-771

(2023年7月14日掲載決定)