

大きさの異なるボールを使用した投球による短期的な適応が投球速度と 正確性に及ぼす影響

蔭山雅洋^{1) 2)}, 中本浩揮³⁾

¹⁾ 日本スポーツ振興センター

²⁾ 関西大学

³⁾ 鹿屋体育大学

キーワード: トレーニング, 制球力, 即時効果, 把持力, シャルパンティエ効果

【抄 録】

本研究は、通常のボールとは大きさの異なるボール（質量は同じ）を投球することによる短期的な適応が、その後の標準球での投球に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

被検者は、高校生の野球投手9名（年齢: 16.3 ± 0.7 歳, 身長: 174.3 ± 4.7 cm, 体重: 66.2 ± 4.7 kg, 野球歴: 6.8 ± 1.9 yr, 投手歴: 4.1 ± 2.2 yr）を対象とした。適応期間では、通常用いるボール（標準球）、標準球よりも10%小さいボール（-10%球）、標準球よりも10%大きいボール（+10%球）を使用し、各15球投球させた。なお、実験は、各条件の効果が互いに影響しないよう、3日に分けて実施した。適応効果の評価は、適応前後におけるボール速度およびコントロール誤差（捕手が構えた位置からキャッチした位置までの距離）とした。

その結果、平均データからは、統計上、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかったが、-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率は、有意な負の相関係数 ($r = -0.732$, $p < 0.05$) が示され、適応効果が得られるボールの大きさには個人差がある傾向が示された。今後は、異なる大きさのボールを使用したトレーニングプログラムを検討することで、投球パフォーマンス向上のためのトレーニング方法の提案につながることを示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 11, 46-58, 2019 年, 受付日: 2018年7月13日, 受理日: 2019年2月12日

責任著者: 蔭山雅洋 115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1 kagemasa0425@gmail.com

* * * * *

Effects of short term adaptation training with baseballs of different sizes on ball speed and pitching accuracy

Masahiro Kageyama ^{1,2)}, Hiroki Nakamoto ³⁾

¹⁾ Japan Sport Council

²⁾ Kansai University

³⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: training, ball control, immediate effect, holding force, Charpentier effect

【Abstract】

The present study examined effects on pitching performance of short term adaptation training with baseballs of different sizes but with the same mass as standard balls.

The participants were 9 high school baseball pitchers (age: 16.3 ± 0.7 , height: 174.3 ± 4.7 cm, weight: 66.2 ± 4.7 kg, baseball experience: 6.8 ± 1.9 years, pitching experience: 4.1 ± 2.2 years). In the adaptation training, they used balls of three sizes: standard-size balls, balls 10% smaller than the standard, and balls 10% larger. They threw each size of ball 15 times. The adaptation training was conducted on three days in order to eliminate the influence of adaptation training with one size of ball on adaptation training with the other sizes. Data on ball speed and errors in control (i.e., the distance between the set catching position and the actual catching position) were used to evaluate effects of the adaptation training.

The averages did not show a statistically significant effect due to ball size, but the variability of the errors in control between the smaller balls and the larger ones was significantly negatively correlated ($r = -.732$, $p < .05$), which indicates that there were individual differences in the effects of ball size. These results suggest that adaptation training using balls of different sizes may be a method for improving pitching performance.

I. 緒言

野球の打撃では、打者は投手が投じたボールの軌跡初期の限られた情報に基づいて球種・コース・到達時間を予測してスイングを開始する必要がある (Takeuchi and Inomata, 2009; 中本ほか, 2005) ため、投手はできる限り投球速度を高めることで、打者がボールを予測する時間を短縮させる必要がある。また投手は、様々なコースに正確にボールを投球する必要がある。特に、競技レベルが高くなればなるほど、僅かな投球コースのズレによって、結果が大きく左右されることから、より精度の高いボールを投球することが求められる。そのため、野球の投手において、投球速度とコントロールの両者を高めることは打者を打ち取るために重要な要素の一つになると考えられる。

運動の専門的なスピード・筋力の養成には、運動遂行時にかかる負荷 (例: 空気抵抗, 用具の質量) を増減させる方法が採用されることが多い。その背景として、負荷を軽減させる場合には、通常では達成が困難となる超最大速度の運動遂行が可能となり、負荷を増加させる場合には、運動に必要となる筋力要素を養成し得ると考えられていることにある (森本ほか, 2003, 2004, 村木, 1994)。そのため、野球では投球速度を高める方法として、ボールの質量を増減するトレーニング方法が検討されてきた (森本・村木, 2001; 森本ほか, 2003, 2004)。ボールの質量を $\pm 20\%$ の範囲で増減したボールの投球は、投球速度では標準球に対して $+12.5\%$ 以上で有意に減少する一方で、正確性では $\pm 20\%$ の範囲において各質量条件に有意な差は認められない (森本・村木, 2001) とされている。そして、質量を増減したボールを使用したトレーニングの即時効果は、投球速度では、テスト試技の標準球から -10% までは順次増大するものの、 -10% から -20% にかけては順次減少し、標準球から $+20\%$ までの範囲では差がみられないことから、 $\pm 15\%$ 以上の質量を増減したボールを用いることは、すでに獲得している、あるいは獲得しようとしている標準球での適切なリリース感覚を損なう危険性がある (森本ほか, 2003) とされている。さらに、異なる質量のボールを用いた短期間 (2 回/週 $\times$ 3 週間 = 6 回) のトレーニング (森本ほか, 2004) は、軽量球 (-10%) と重量球 ($+10\%$) および標準球の併用、軽量球と標準球、重量球と標準球の順に効果が大きく、重量球あるいは軽量球のそれぞれのボールでトレーニングするのではなく、ボールを組み合わせることが有効であると報告されている。このように、ボールの質量を増減させる方法は、日々の投球練習の中でも行える実践的で簡便な方法であり、投球速度の向上に有効であると考えられる。

一方で、ボールの質量は変更せず、大きさのみを変化させたボールでの投球が有効になる可能性がある。ヒトの物体の重さの知覚は、物体の物理量だけでなく、視覚や触覚で得られる物体のサイズ情報を統合した結果として生じる。具体的には、全く同じ重さの物体でも、小さい物体の方が大きい物体よりも主観的に重く感じる。この現象は、シャルパンティエ効果 (Murray et al., 1999)、あるいは、大きさ-重さ錯覚 (size-weight illusion) と呼ばれ、2 つの物体が同じ重さであることを知っていたとしても生じる頑強な現象である (e.g., Flanagan & Beltzner, 2000)。つまり、ボールの質量が標準球と同じであっても、大きさが異なる場合は、人によって重量球や軽量球と主観的には同じ感覚 (重い、あるいは軽い) が生じることになる。前述した通り、軽重のボールの投球に対する影響は、物理的な重さが重要な貢献をしている。しかし、近年のいくつかの研究では、主観的な軽重の錯覚が運動に影響し (與谷ほか, 2017)、その影響は力量発揮 (スイング速度) ではなく、運動の制御的側面 (スイングタイミング) にある (e.g., Nakamoto et al., 2012) とされている。このことは、直接的なボールの質量の増減が投球速度に影響したという先行研究 (森本・村木, 2001; 森本ほか, 2004) とは異なり、ボールの制御、すなわち投球コン

トロールに影響する可能性を示唆する。また、ボールに何らかの操作を加えて投球するトレーニングは、普段の投球練習の中に組み込みやすく、利便性が高いと思われる。

そこで本研究では、大きさの異なるボール（質量は同じ）を投球することによる短期的な適応がその後の標準球での投球速度および正確性に及ぼす影響を明らかにすることとした。

II. 方法

1. 被検者

被検者は、投手を専門とする高校野球投手 9 名（年齢: 16.3 ± 0.7 歳, 身長: 174.3 ± 4.7 cm, 体重: 66.2 ± 4.7 kg, 野球歴: 6.8 ± 1.9 yr, 投手歴: 4.1 ± 2.2 yr）を対象とした。被検者には、事前に本研究の目的や測定内容、測定時の危険性について説明し、実験参加の同意を得た。

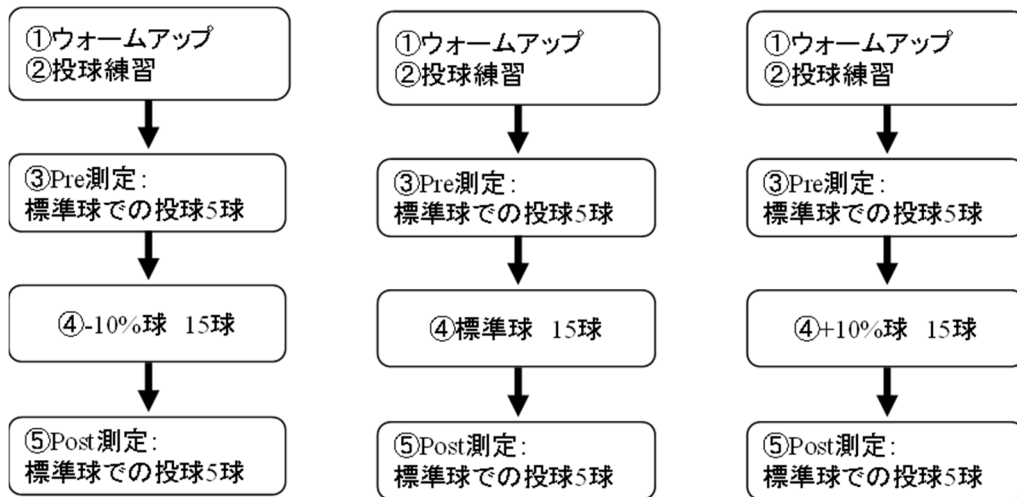
2. 実験

2.1 トレーニング用ボール

本研究では、事前の実験結果^{注)}より、通常の硬式野球ボールの大きさ（質量: $141.7 \text{ g} - 148.8 \text{ g}$, $72.9 \text{ mm} - 74.8 \text{ mm}$ ）を基準（0 %, 以下、標準球）として、直径 ± 10 %の大きさのボール（以下、 -10 %球, $+10$ %球）を用いた。 -10 %球および $+10$ %球は標準球とは異なり、芯部分にあるゴム製の球を、重心位置および質量を変更せずに発泡倍率を変えた樹脂製の球に代用し、ポリエステル糸と毛糸を使わず、皮革を被せて作成した。なお、本実験で用いたボールは、表面材質はすべて従来の硬式野球ボールと同一のものであり、ボールの変化は大きさのみであった。本研究で使用したボールの質量は、 $144 \text{ g} - 145 \text{ g}$ の範囲であった。

2.2 実験プロトコル

実験は、各条件（標準球条件, -10 %球条件, $+10$ %球条件）の効果が互いに影響しないよう、3 日に分けてランダムに実施した（図 1）。なお、各条件での実験の間隔は 2 日以上空けた。また適応期間で使用する大きさの異なる 3 種のボールは、トレーニング実験の 2 日前に投球練習を行わせた。実験に先立ち、被検者にはストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、投球練習を行わせた。投球練習終了後、休息を挟み、被検者の疲労感がないことを確認した後に、被検者には 18.44m 先の捕手に対して、標準球を用いてストレートによる全力投球を 5 球行わせた。その後、適応期間では、標準球, -10 %球, $+10$ %球を使用し、各 15 球を投球させた。適応後は、再び標準球を用いてストレートによる全力投球を 5 球行わせた。なお、捕手が構えた位置は、蔭山ほか（2015）を参考に、ストライクゾーンの真ん中を想定した。つまり、捕手には、ミットの位置が地面から約 65cm の高さとなるように教示した。



※各条件 (標準球条件, -10%球条件, +10%球条件) の効果が互いに影響しないよう, 3日に分けてランダムに実施した. 各条件での実験の間隔は2日以上空けた.

図 1. 実験手順

2.3 測定項目

2.3.1 投球速度

投球速度は, 捕手後方に 3m に設置されたスピードガン (2ZM-1035, Mizuno 社製) を用いて計測した. スピードガンは, 照準を被検者のボールリリース位置に向けて測定を行った.

2.3.2 コントロール (正確性)

コントロールは, ハイスピードカメラ (GC-P100, JVC 社製) を用い, 投球目標となるミットの位置からボールの到達位置までの距離を計測・分析した. ハイスピードカメラは, 捕手前方 10 m に設置した. 撮影は, 毎秒 300 フレーム, シャッター速度 1/1000 秒で行った. コントロールの誤差を示す x 軸および y 軸の座標は, 画像分析ソフト (DARTFISH SOFTWARE, DARTFISH 社製) を用いて算出した (図 2).

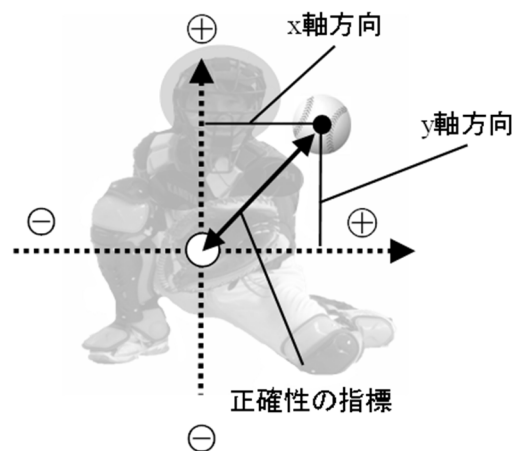


図 2. 正確性の評価方法

3. 統計処理

測定項目の基本統計量は、平均値±標準偏差 (SD) により示した。本研究は、適応の効果を検討するために、ボール条件 (標準球, -10%球, +10%球) × テスト (pre, post) の 2 要因の分散分析を行い、主効果または交互作用の有無を確認した。主効果および交互作用が有意であった場合は、多重比較および単純主効果検定を行った。さらに、各種ボールの適応によるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率および適応による-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率との関係については、ピアソンの積率相関係数を算出した。

本研究では、すべての検定において有意水準を 5 %未満とした。なお、すべての統計処理は、統計処理ソフト IBM SPSS Statistics 24 (IBM 社製) を用いた。

III. 結果

1. 異なる大きさのボールによる適応前後における平均値に基づく比較

表 1 には、適応前後における投球速度と正確性の変化を示した。投球速度では、適応前後で主効果、交互作用ともに認められなかったが、コントロール誤差では、テストの主効果が有意であった ($F(1, 8) = 41.125, p < 0.05$)。このことから、少なくとも平均データからは、統計上、投球速度および正確性に対して、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかった。

次に、適応前後のコントロール誤差の変化に関して、-10%球と+10%球の変化率の関係 (図 3) を検討すると、-10%球と+10%球の変化率は、有意な負の相関関係 ($r = -0.732, p < 0.05$) が示された。

表 1. 適応前後における投球パフォーマンスの変化

		pre	post	%pre	効果量	
投球速度	-10%球	117.1 ± 6.4	117.6 ± 6.0	0.5 ± 1.4	0.08	なし
	基準球	116.8 ± 6.1	116.5 ± 5.5	-0.2 ± 1.6	0.05	なし
	+10%球	116.2 ± 5.7	116.6 ± 5.7	0.4 ± 0.9	0.07	なし
コントロール 誤差	-10%球	40.7 ± 7.4	37.1 ± 10.4	-7.1 ± 27.7	0.38	小
	基準球	41.3 ± 13.0	38.8 ± 14.4	-6.2 ± 21.5	0.17	なし
	+10%球	41.6 ± 9.4	29.6 ± 10.8	-26.9 ± 26.4	1.12	大
x軸方向	-10%球	26.1 ± 5.1	22.1 ± 7.1	-11.5 ± 30.2	0.62	中
	基準球	26.2 ± 6.7	26.5 ± 9.2	4.2 ± 32.4	0.04	なし
	+10%球	22.3 ± 4.2	19.4 ± 10.1	-13.4 ± 40.1	0.35	小
y軸方向	-10%球	26.6 ± 10.2	26.0 ± 9.0	16.8 ± 65.9	0.05	なし
	基準球	28.0 ± 14.5	23.4 ± 12.9	-3.7 ± 57.1	0.32	小
	+10%球	29.8 ± 8.4	19.3 ± 5.9	-28.2 ± 34.1	1.36	大

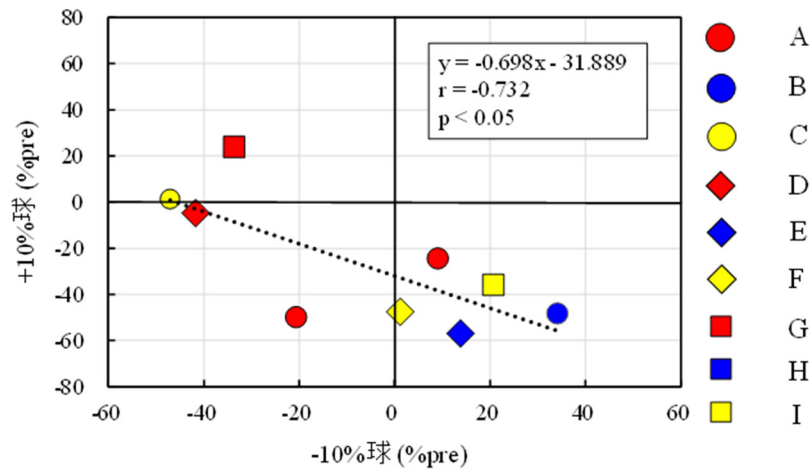


図 3. -10%球と+10%球での適応によるコントロール誤差の変化率の関係

図 4 には、適応によるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率との関係を示した。コントロール誤差の変化率は、標準球では各方向の変化率と有意な相関係数が認められなかったものの、-10%球では x 軸方向の変化率 ($r = 0.777$) と、+10%球では x 軸 ($r = 0.755$), y 軸方向 ($r = 0.714$) の変化率とそれぞれ有意な正の相関係数 ($p < 0.05$) を示した。このことから、正確性の変化は、-10%球では上下方向の誤差に、+10%球では上下方向と左右方向の誤差に関連することを示している。

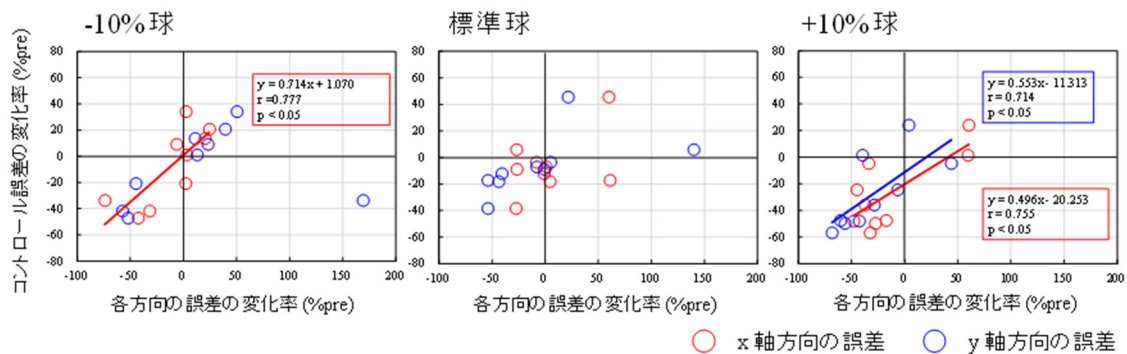


図 4. 適応におけるコントロール誤差の変化率と各方向の変化率との関係

2. 異なる大きさのボールによる適応前後における個別データに基づく比較

図 5 は、投球速度およびコントロール誤差における Pre テストから Post テストにかけての変化率を被験者ごとに示したものである。この図から、投球速度に関しては、各個人で見た場合でも特徴的な変化は認められなかった。一方で、正確性に関して、標準球では、ほとんどの被検者が変化率 0% 付近（適応効果なし）にあるのに対し、-10%球と+10%球では、変化率 0% を中心に、正（正確性低下）と負（正確性向上）に分かれている。被検者 B を除くと、-10%球で正確性が向上した者（被検者 C, D, G）は+10%球では変化が小さく、-10%球で正確性が低下した者（被検者 A, E, F, H, I）は、+10%球で変化率が向上する傾向にあった。

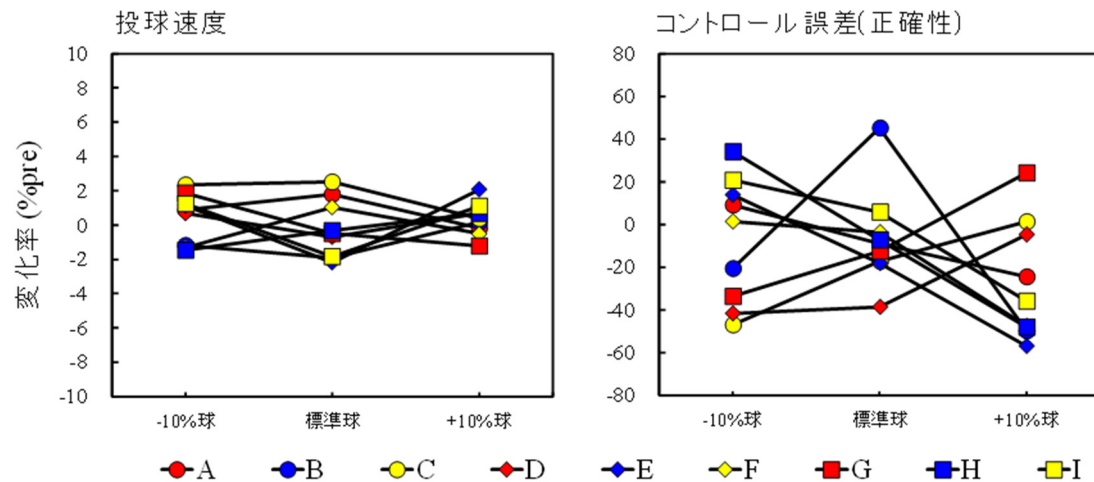


図 5. 適応前後における投球パフォーマンスの個々の変化

IV. 考察

1. ボールへの適応による投球パフォーマンスの変化

本研究では、大きさの異なる 3 種類のボールを投球することによる短期的な適応がその後の標準球での投球に及ぼす影響を検討した結果、平均データからは、ボールの大きさの違いによる統計上の適応効果の差異は認められなかった (表 1)。また -10%球と +10%球のコントロール誤差の変化率は、有意な負の相関係数 ($r = -0.732$, $p < 0.05$) が示され (図 3), -10%球で正確性が向上した者 (被検者 C, D, G) は +10%球では変化が小さく, -10%球で正確性が低下した者 (被検者 A, E, F, H, I) は, +10%球では正確性が向上する傾向にあった (図 5)。先行研究 (Hore et al., 1995, 1996a, 1996b) によると, 投球のコントロールに影響する最大の要因は, リリースのタイミングであるとされている。特に, 野球の投球において, ストライクゾーンに正確に投球するには, 1~2 ms もの精度でボールリリースのタイミングを制御する必要があり (Hore et al., 2002), 僅かなタイミングのズレが投球の正確性を低下させる可能性が指摘されている。さらに, 適応によるコントロール誤差の変化には上下方向の誤差が関連し, +10%球では左右方向も関連する (図 4)。内省報告では, 正確性が向上した者は「リリースポイントが前になったような気がする」や「ボールに指がかかりやすくなった」というポジティブな報告がある一方で, 正確性が低下した者は「ボールに指がかかりすぎるようになった」というネガティブな報告が得られたこと (表 2) を考慮すると, 標準球とは異なるボールを投球したことで, ボールリリースのタイミングに何らかの影響を与えた可能性が考えられる。

標準球と異なる大きさのボールに対する適応 (大きさ-重さ錯覚) が, ポジティブな効果をもたらした理由の一つとして, 指先の力量調節への影響が考えられる。野球の投球において, ボールを過度に強く握ると正確なコントロールが困難になるため, 「ボールを落とさない程度に軽く握る」というのが一般的な指導として行われる。さらに投手の投球のように数ミリ秒でボールリリースのタイミングを制御しなければならない状況では, わずかな指先の力量の違いが投球結果に大きく影響する (e.g., Kinoshita et al., 2017; Matsuo et al., 2018)。よって, ボールを握る力 (把持力) を最適化することは, 正確で安定したコントロールに重要な要素と思われる。我々が物体の質量に合わせて, 把持力を自動的にかつ最適 (物体を操作する最低限の力) に調整することはよく知られている (e.g., Johansson & Flanagan, 2009) が,

大きさ-重さ錯覚が生じている状況では、全く同じ質量の物体であっても、大きさが異なれば質量に不釣り合いな把持力が一旦発揮され、およそ数十回で実際の質量に応じた最適な把持力によって調整される (e.g., Flanagan & Beltzner, 2000). 本研究では、このような適応によって、投球における把持力が最適化されたことで、投球コントロールへのポジティブな効果が誘発されたと推察される。具体的には、+10%球で正確性が向上した者は、通常よりもボールを軽く感じるため、過度な力を加えず握るという適応が引き起こされる。こういった適応は、標準球でボールコントロールに不利な過度の把持力を発揮していた者の力を最適化すると考えられる。一方で、このように標準球で過度な把持力を示す者は、-10%球によってさらに過度な把持力が誘発され、投球にネガティブな影響を受けると考えられる。実際、本研究の結果はこれと一致して、+10%球でポジティブな効果を得た者は、-10%球でネガティブな影響を受けることが示された。以上のようなメカニズムを想定した解釈には、ボールの把持力の調査やその適応過程の調査などが必要になるが、重要な点は、物理的なボールの軽重を操作した研究とは異なり、主観的なボールの軽重を操作した場合に、投球速度ではなく、正確性への影響が認められるという点である。さらに言えば、我々は意識的に微細な力量を調整することは難しいため、「もう少し軽く握りなさい」といった言語的指導では、最適な把持力に導くことは困難である。そのため、本研究で用いた方法のように、人間が本来持つ物体操作の無意識的な適応過程を利用することは、投球に最適な把持力を引き出す上で有効な手段になると考えられる。

表 2. 内省報告

	-10%球	+10%球
A	特になし	・ボールに指がかかりやすくなった
B	・ボールに指がかかりやすくなった	・ボールに指がかかりやすくなった
C	・リリースポイントが前になったような気がする	特になし
D	・ボールに指がかかりやすくなった	特になし
E	特になし	・ボールに指がかかりやすくなった
F	特になし	・リリース位置が前になったような気がする ・ボールに指がかかりやすくなった
G	・リリース位置が前になったような気がする	・ボールに指がかかりすぎるようになった
H	・ボールに指がかかりすぎるようになった	・リリース位置が前になったような気がする ・ボールに指がかかりやすくなった
I	・ボールに指がかかりすぎるようになった ・力みやすくなった気がする	・リリースポイントが前になったような気がする

青字: ポジティブ面, 赤字: ネガティブ面

2. トレーニング現場への示唆および今後の研究課題

3 種類のボールを用いた適応の効果を詳細に検討すると、各被検者で最も効果があったボールは、標準球が 0 名、-10 %球が 3 名、+10 %球が 6 名であった (図 3, 5)。このように、被検者によって効果が異なる。そして、+10%球でも、「ボールに指がかかりすぎるようになった」とネガティブな報告が得られ、-10%球においてもポジティブな報告とネガティブな報告が得られた (表 2)。また被検者 B, E, F のボール

を受けた捕手または指導者からは、+10%球を用いた適応は、「(投球した) ボールにキレが出た」、「ボールの回転が縦方向になったように感じた」とポジティブな報告が得られた。本研究では、手の大きさや指の長さ・握力の身体的特徴やボールの持ちやすさ・持ちにくさ、投球中の指の動き、球質の特性を考慮していない。そのため、今後、これらの特徴を考慮することで、トレーニング効果の個人差が明確になるだろう。

これまで野球の投手がコントロールを高めるために主に行っている練習方法は、同じボールで投球を繰り返す反復練習が一般的である。本研究では、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかったものの、ボールの大きさによってトレーニング効果が異なる傾向が示されたことから、試合場面においては、短期的な適応効果が得られたボールを投球回の中にキャッチボールあるいは投球練習で使用することで、コントロールよく投球できる可能性がある。さらには、自身に合ったボールを継続して使用することで、さらなる効果が得られる可能性が考えられる。今後は、短期的な適応効果の保持や長期的な効果を解明することで、様々な場面に応じたトレーニング方法の提案が可能になると思われる。一方で、運動学習に関する研究によると、多様な動作や環境情報で練習を行う多様性練習が有効であると考えられている(杉原, 2006)。このことから、標準球だけでなく、+10%球や-10%球をランダムに練習する方法やその他の異なる大きさのボールを投球することで、さらなるコントロールの向上につながる事が示唆される。今後は、様々な条件で異なる大きさのボールを使用したトレーニングプログラムを検討することで、投球パフォーマンス向上のための最適なトレーニング方法の提案が可能になると考えられる。

V. まとめ

本研究では、質量は同じで大きさの異なるボールを投球することによる短期的な適応がその後の標準球での投球に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、平均データからは、統計上、ボールの大きさの違いによる適応効果の差異は認められなかったが、-10%球と+10%球のコントロール誤差の変化率は、有意な負の相関係数 ($r = -0.732$, $p < 0.05$) が示され、ボールの大きさによってトレーニング効果が個人ごとで異なる傾向が示された。今後は、異なる大きさのボールを使用したトレーニングプログラムを検討することで、投球パフォーマンス向上のための最適なトレーニング方法の提案が可能になると考えられた。

文献

- ・ Flanagan, J.R., Beltzner, M.A. (2000) Independence of perceptual and sensorimotor predictions in the size-weight illusion. *Nat. Neurosci.*, 3 (7): 737-741.
- ・ Hore, J., Timmann, D., Watts, S. (2002) Disorders in timing and force of finger opening in overarm throws made by cerebellar subjects. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 978: 1-15.
- ・ Hore, J., Watts, S., Martin, J., Miller, B. (1995) Timing of finger opening and ball release in fast and accurate overarm throws. *Exp. Brain Res.*, 103 (2): 277-286.
- ・ Hore, J., Watts, S., Tweed, D. (1996) Errors in the control of joint rotations associated with inaccuracies in overarm throws. *J. Neurophysiology*, 75 (3): 1013-1025.

- ・ Hore, J., Watts, S., Tweed, D., Miller, B. (1996) Overarm throws with the nondominant arm: kinematics of accuracy. *J. Neurophysiology*, 76 (6): 3693-3704.
- ・ Johansson, R.S., Flanagan, J.R. (2009) Coding and use of tactile signals from the fingertips in object manipulation tasks. *Nat. Rev. Neurosci.*, 10 (5): 345-359.
- ・ 蔭山雅洋, 鈴木智晴, 岩本峰明, 杉山敬, 前田明 (2015) 大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および力積が投球速度に及ぼす影響. *九州体育・スポーツ学研究*, 29 (2): 21-32.
- ・ Kinoshita, H., Obata, S., Nasu, D., Kadota, K., Matsuo, T., Fleisig, G.S. (2017) Finger forces in fastball baseball pitching. *Hum. Mov. Sci.*, 54: 172-181.
- ・ Matsuo, T., Jinji, T., Hirayama, D., Nasu, D., Ozaki, H., Kumagawa, F. (2018) Middle finger and ball movements around ball release during baseball fastball pitching, *Sports Biomech.*, 17 (2): 180-191.
- ・ Murray, D.J., Ellis, R.R., Bandomir, C.A., Ross, H.E. (1999). Charpentier (1891) on the size-weight illusion. *Percept Psychophys*, 61 (8): 1681-1685.
- ・ 森本吉謙, 村木征人 (2001) ボール重量が野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響. *スポーツ方法学研究*, 14 (1): 85-92.
- ・ 森本吉謙, 伊藤浩志, 島田一志, 川村卓, 阿江通良, 村木征人 (2003) ボール重量の増減が野球の投球運動に及ぼす影響とアシスティッドおよびレジスティッド・トレーニングとしての即時効果. *スポーツ方法学研究*, 16 (1): 13-26.
- ・ 森本吉謙, 伊藤浩志, 川村卓, 村木征人 (2004) 野球の投球運動におけるアシスティッドおよびレジスティッドトレーニングがボールスピードと正確性におよぼす影響. *トレーニング科学*, 15 (3): 171-178.
- ・ 村木征人 (1994) スポーツ・トレーニング理論. ブックハウスHD. pp. 118-136.
- ・ Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S., Ohta, Y. (2012) Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. *Hum. Mov. Sci.*, 31 (6): 1529-1540.
- ・ 中本浩揮, 杉原隆, 及川研 (2005) 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果. *体育学研究*, 50 (5): 581-591.
- ・ 杉原隆 (2006) 運動指導の心理学. 大修館. pp. 70-74.
- ・ Takeuchi, T., Inomata, K. (2009) Visual search strategies and decision making in baseball batting. *Percept. Mot. Skills*, 64: 1191-1197.
- ・ 與谷謙吾, 泉富葵, 前阪茂樹 (2017) 筋運動感覚残効を伴う重い木刀での素振りが剣道の打突パフォーマンスに与える影響. *鹿屋体育大学学術研究紀要*, 55: 67-73.

注記

本研究では、事前に大学野球投手9名（右投手7名および左投手2名，年齢 20.1 ± 1.1 歳，身長 173.1 ± 4.2 cm，体重 68.7 ± 4.6 kg，野球歴 10.6 ± 2.7 yr，投手歴 5.8 ± 2.8 yr）を対象に，大きさの異なるボールを用いた投球が投球速度と正確性に及ぼす影響を検討した．通常の硬式野球ボ

ールの大きさ (質量:141.7 g - 148.8 g, 72.9 mm - 74.8 mm) を標準 (0 %) として, ± 30 %の範囲で 10 %刻みに直径を大小したボール (図 6) を用いた. つまり, 標準球より小さくしたボールにおいては 0 %から-30 %まで, 標準球より大きくしたボールにおいては 0 %から+30 %まで, それぞれ 7 条件の大きさでの試技を行わせた. 投球速度の計測は, 本文中に記載した測定方法と同様に, 正確性は的の中央からボール中心までの距離 (コントロール誤差) を的の側方および後方に設置したカメラの画像から算出した. 統計処理は, 独立変数における条件間の比較には, 一元配置の分散分析を用いて, F 値が有意であった場合は, Bonferroni 法による多重比較を行った. その結果, ボールの大きさの変化に従って, 投球速度 (図 7) とコントロール誤差 (図 8, 9) ともに変化した, -20%を超えた場合で投球速度においてのみ有意な影響が認められた (図 7). 一方で, 投げやすさに関する主観的判断では, $\pm 20\%$ を超えた場合, 通常条件に比べて低くなった (図 10). このような場合, 投手が投げにくさに対応するような意識的な投球フォームや戦略を変化させる可能性がある. すなわち, 本研究の主目的である主観的な重さへの適応以外の要因が関与すると思われる. そこで, 本研究では, 直径 ± 10 %の大きさのボール (以下, -10 %球, +10 %球) を採用した.



図 6. 事前の実験で使したボール

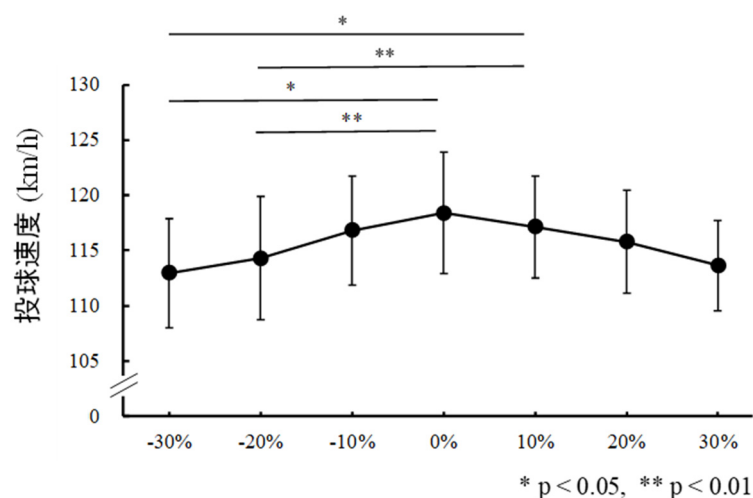


図 7. 各条件における投球速度

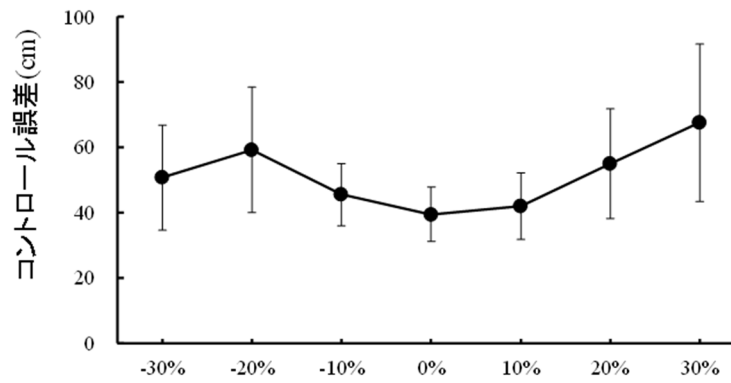


図 8. 各条件における的からボールの中心までのコントロール誤差

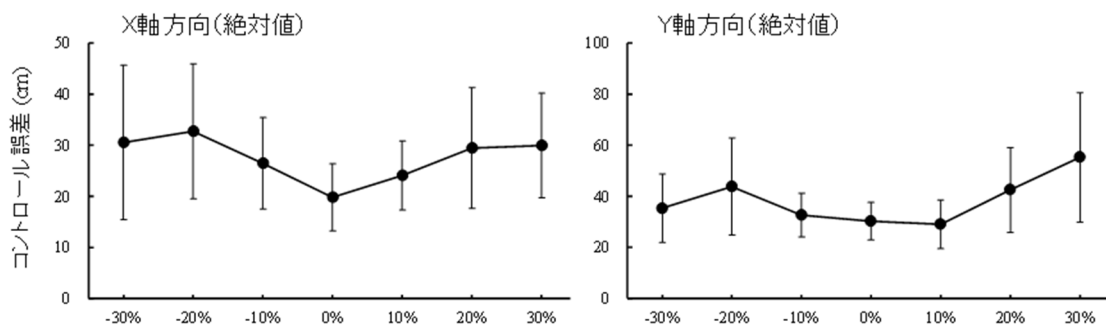


図 9. 各条件における的からボールの中心までの X 軸と Y 軸方向の誤差

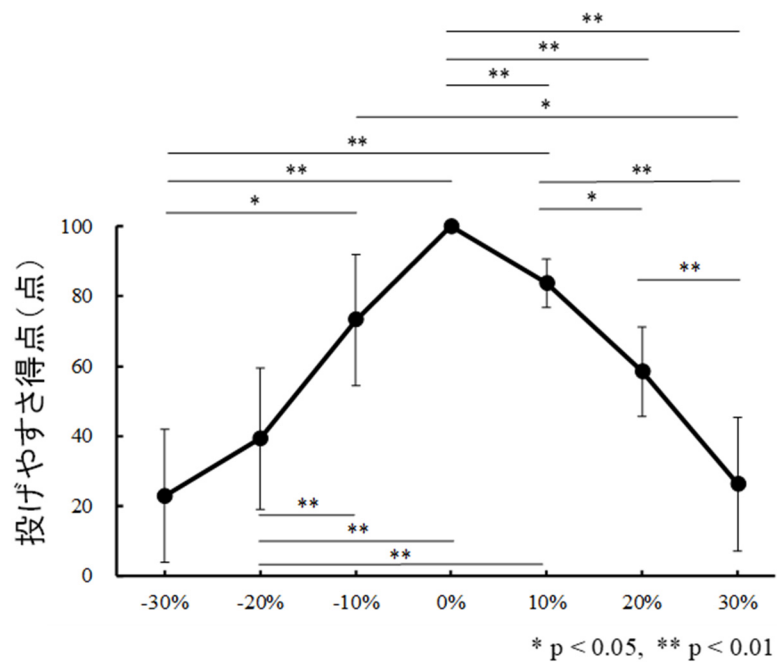


図 10. 投げやすさに関する VAS 評価値