

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

Effect of ball weight on the ball speed and accuracy in baseball pitching

森 本 吉 謙 (筑波大学体育科学研究科)

村 木 征 人 (筑波大学体育科学系)

Yoshikata Morimoto*

Yukito Muraki*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of ball weight on the ball speed and accuracy in baseball pitching. From a high-school hard-ball baseball team, 10 pitchers were required to pitch lightened balls, whereas 7 pitchers were for weighted balls. Based on the officially approved ball (145g), weight was added and reduced by 20% at interval 2.5%. Pitchers were instructed to pitch these balls as fast as possible at a designated target. Utilizing a high-speed video camera, the initial ball speed was measured. In addition, the distance from the center of target to the position of the ball pitched on the target was measured with the video camera.

The results are summarized in the following:

1. It was found to be the significant increment in the ball speed with lighter balls than 7.5% reduced weight ball, as compared to balls thrown of officially approved weight. It was found that reducing the weight of ball beyond 7.5% did not produce significant increase in the ball speed.
2. It was found to be the significant decrease in the ball speed with heavier balls than 12.5% increased weight ball, as compared to balls thrown of officially approved weight.
3. In regard to accuracy, additions and reductions of weight to the ball of $\pm 20\%$ did not produce significant difference.

* University of Tsukuba

1. 緒 言

運動の専門的なスピード-筋力を養成する手段の1つとして、種々の外的負荷（例：空気抵抗、体重、用具の重量）を増大させて運動を遂行するトレーニング法がある。これは、与えられる過負荷に打ち勝って運動を続けることによって、その運動に必要な筋力要素を強化し得るとされている。一方、これとは対照的な負荷のかけ方として、負荷を人為的に軽減させてスピードを助長するものがある。この負荷法は、通常の条件下で発揮可能な最大スピードを上回る、超最大スピード（Supramaximal speed）レベルでの運動遂行を実現することにより、スピード能力の改善・発達を目指すものである¹⁾¹⁰⁾¹²⁾²³⁾。これらの原理を野球の投球運動に適用する場合、ボール重量を増大することにより投球に必要なスピード-筋力資質の筋力要素の発達が期待され、ボール重量を軽減することによりスピード要素の発達を促すことが可能となると考えられる。また、重量を増大あるいは軽減したボールをそれぞれ単独で用いてレペティション方式で試技を行う他に、両者と通常重量のボールを用いた試技をセットにして行う遂行方式が注目される¹⁾²⁾¹²⁾。

これまでボール重量が投球スピードに及ぼす影響についての検証は数多く行われており³⁾⁸⁾¹¹⁾¹⁷⁾、主に（1）重量が増大するにつれてスピードは減少する（重量の軽減につれてスピードは増大する）（2）重量の変化率に対してスピードの変化率は小さい（3）重量の軽減に伴うスピードの上昇には頭打ちがある（4）普段のトレーニングに用いている重量や形状に対する適応がある、ことが明らかとなっている。これらの検証は、片手の投球運動にみられる一般的特徴を抽出する目的からなされたものが多く、ボール重量の変化は、100gから50g刻みで500gまで¹⁷⁾、あるいは300gから150g刻みで900gまで³⁾などと著しい。しかしながら、陸上競技の投擲種目などでみられる、重量を増減した投擲物を用いるトレーニング法の実際では、運動の中核構造や基本的リズムを損なうことなく運動を遂行することが重要となることから、一般に重量

の増減は、通常重量の5%から20%といったより小さな変化領域で行われる⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁹⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。このような変化領域に関して、さらに野球のボールのような比較的軽い（145g）投擲物を基準として、その重量を増減することにより、投球スピードがどのような変化様相を示すかを明らかにした報告はこれまでに見当たらない。この問題は、トレーニングを展開する上での基礎的情報として十分に検討しておく必要があると考えられる。また野球の投球においては、スピードと同時に目標に対する正確な投球が重要となる⁴⁾ことから、ボール重量の増減が投球の正確性にどのような影響を及ぼすかも付随する問題となろう。

そこで本研究では、±20%の範囲におけるボール重量の増減が、野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響を明らかにし、ボール重量の増減を伴った投球トレーニング法の基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 研究方法

（1）被験者

高校の硬式野球部に所属している投手を対象とし、ボール重量の軽減に対する検証においては10名（年齢：16.3±0.7歳，身長：174.8±4.5cm，体重：65.1±7.7kg），増大に対する検証においては7名（年齢：16.4±0.8歳，身長：173.9±5.0cm，体重：66.0±9.2kg）が被験者として参加した。全ての被験者に本実験の主旨，内容および危険性についてあらかじめ説明し，実験参加の同意を得た。

（2）試技

実験試技には145gの硬式野球ボールを基準球（±0%）として，±20%の範囲で2.5%刻みに重量を増減したボールを用いた。つまり，軽減を伴う重量においては±0%から-20%まで，増大を伴う重量においては±0%から+20%まで，それぞれ9条件の重量での試技を行わせた。各試技には18.44m先に位置する投球の中心（地面から高さ1mの位置）を目掛けて，最大の投球スピードを発揮するように指示し，マウンド上から投球を行わせた。各重

量条件における投球数は5球として、各被験者の総投球数は45球とした。1球毎には15秒間、次の重量への移行には15分間のインターバルを設けた。15分間のインターバルでは、10分間の完全休息の後、次の測定対象となる重量のボールを用いて5分間の投球練習を行った。ここでの投球練習は、測定試技の際に全力投球できるよう、疲労を伴わない程度の平地におけるキャッチボールとした。各重量条件における試技の順序は、5球毎に各被験者でランダムに変化させ、被験者にはボール重量に関する情報を与えなかった。

(3) 実験用ボール

実験用ボールの作成においては、従来の硬式野球ボールの芯部分にあるゴム製の球をコルク製の球で代用した。このコルク球に対して、重心位置が変わらないように鉛を6点埋め込み、鉛の重量を調節することによりコルク球の重量を変化させた。各重量のコルク球には、従来通りポリエステル糸、毛糸を巻きつけ、皮革を被せた。したがって、本実験で用いたボールは、外見、形状、直径、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、ボールの変化は重量のみであった。

(4) 測定方法および測定項目

被験者側方に高速ビデオカメラ（Nac社製、HSV-400）を設置して投球動作を撮影（200fps）した。得られた画像のデジタイズ処理からボールの投射スピード（以下、投球スピード）をWinter²⁰⁾の定義により算出した。また、被験者後方に設置したビデオカメラ（Sharp社製、C-870）では試技中の的全体を撮影した。この画像のデジタイズ処理から得た座標を実長換算して、的中心からボールの的中位置までの距離を投球の正確性の値として算出した。各重量条件での試技の直後に投球感覚に関する内省を自由記述で求め、被験者のコメント形式のままで適宜考察した。

(5) 統計処理

統計的な有意差の検定には、Friedman検定を用いた。そこで有意差が認められたものに関してはScheffeの方法によって多重比較検定を行い、危険率5%未満をもって有意差ありとした。

3. 結果

(1) 投球スピードおよび正確性の変化

各重量条件における投球スピードと的中心からの中位置までの距離の平均値をTable 1に示した。距離に関しては、この値が低いほど投球の正確性

Table 1 Comparison of pitching performances, measured as the ball speed and the distance from the center target to the position of the pitched ball on the target, as applying the various weight balls.

	Ball Weight (%)									
	±0%	-2.5%	-5%	-7.5%	-10%	-12.5%	-15%	-17.5%	-20%	
Ball speed (km/h)	111.3 (6.2)	111.8 (6.1)	113.4 (7.4)	114.3** (7.4)	113.2 (7.0)	113.4 (8.8)	113.7** (7.7)	113.8** (6.9)	114.7** (7.2)	
Distance from the target (cm)	42.9 (23.1)	40.5 (21.4)	37.5 (22.0)	36.9 (26.2)	42.2 (27.2)	42.7 (24.9)	47.0 (25.6)	46.2 (26.1)	50.3 (24.8)	
	Ball Weight (%)									
	±0%	+2.5%	+5%	+7.5%	+10%	+12.5%	+15%	+17.5%	+20%	
Ball speed (km/h)	112.0 (5.3)	111.4 (5.4)	110.8 (5.4)	110.1 (4.7)	108.9 (4.1)	107.8** (4.1)	107.6** (4.1)	106.4** (3.1)	106.1** (3.4)	
Distance from the target (cm)	39.1 (27.5)	38.4 (22.2)	41.9 (28.5)	40.3 (22.9)	40.7 (24.9)	39.5 (18.2)	44.2 (27.0)	46.2 (29.3)	46.6 (23.9)	

** $p < 0.01$; Significantly different from $\pm 0\%$

The numbers in the parenthesis indicate the standard deviations.

が高いことを意味する。

投球スピードは、軽減を伴う全ての重量条件において基準球を上回った。-7.5%までの重量条件においては、重量の軽減につれて投球スピードは漸増し、基準球と-7.5%の間には有意な差が認められた ($p < 0.01$)。-10%から-20%の範囲では、軽減につれて投球スピードが増大していく傾向にはあるものの、-20%を除いて-7.5%での値を下回った。-15%から-20%の範囲においては、基準球に対して有意な差が認められたが ($p < 0.01$)、-10%、-12.5%では認められなかった。基準球に対して有意差が認められた重量条件(-7.5%、-15%、-17.5%、-20%)間には、有意な差は認められなかった。増大を伴う重量条件においては、ボール重量の増大につれて投球スピードが漸減する傾向を示した。+12.5%から+20%の間において、基準球に対する有意な差が認められた ($p < 0.01$)。的的中心からの距離に関しては、基準球と各重量条件の間に有意な差は認められなかったが、-15%から-20%、+5%から+20%の範囲において基準球に比して高くなる傾向を示した。

(2) 基準球に対する相対的变化

Fig.1 および Fig.2 は、各被験者の基準球を用いた試技時の平均投球スピードを100%として算出した、各重量条件での相対投球スピードの平均値を示している。

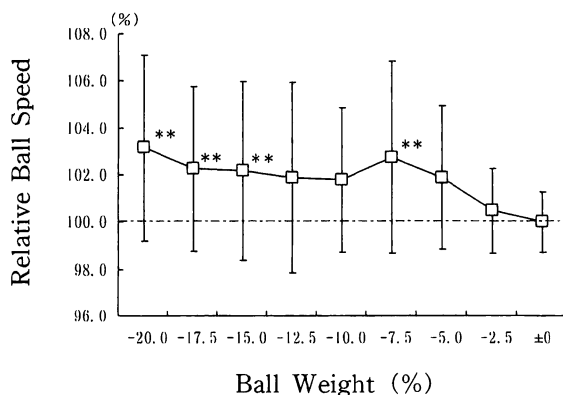


Fig. 1 Changes in the relative ball speed in mean and standard deviation responded to the lightened balls to the standard as 100%.
** $p < 0.01$; Significantly different from $\pm 0\%$.

軽減を伴う重量条件においては (Fig.1), -7.5%までの範囲で軽減につれて相対投球スピードは漸増し、-7.5%での増大率は2.7%を示した。しかし、-10%での増大率は1.8%となり、-7.5%に対しては相対投球スピードが減少した。-10%以降、再び重量の減少につれて相対投球スピードの漸増傾向がみられたが、-17.5%においても基準球に対する増大率は2.3%であり、-10%から-17.5%の範囲では-7.5%での相対投球スピードを上回るものではなかった。-20%において最も大きい相対投球スピードを示し、基準球に対する増大率は3.1%であった。-7.5%および-15%から-20%の範囲で基準球との間に有意な差が認められたが ($p < 0.01$)、これらの重量条件間には有意な差は認められなかった。

増大を伴う重量条件においては (Fig.2), 重量の増大につれて相対投球スピードは漸減した。+12.5%の重量条件では、基準球に対する減少率が3.6%となり、以降の重量条件すべてにおいて、基準球に対する有意な相対投球スピードの減少が認められた ($p < 0.05$)。

Fig.3 および Fig.4 は、各被験者の基準球における的的中心からの平均距離を100%とした各重量条件での相対距離の平均値を示している。この値が低いほど、正確性が高いことを意味する。

基準球と各重量条件の間に有意な差は認められなかったが、軽減を伴う重量条件においては

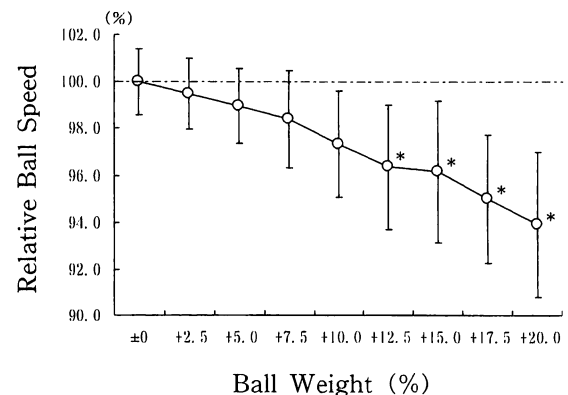


Fig. 2 Changes in the relative ball speed in mean and the standard deviation responded to the weighted balls to the standard as 100%.
* $p < 0.05$; Significantly different from $\pm 0\%$.

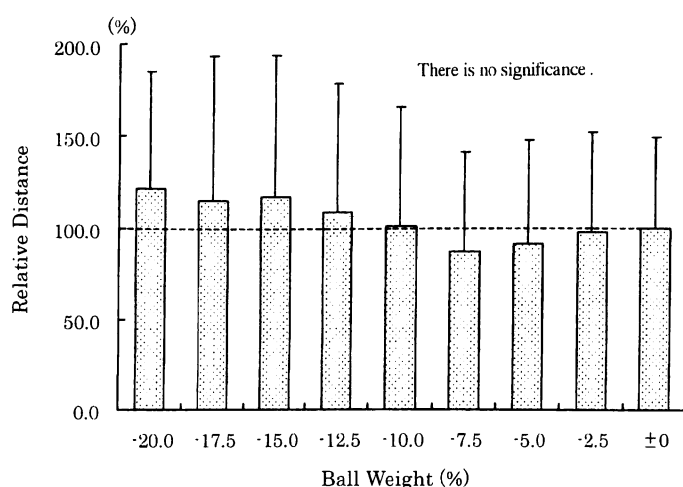


Fig. 3 Changes in the relative distance in mean and the standard deviation from the center of target to the position of the pitched ball on the target responded to the lightened balls to the standard as 100%.

(Fig.3), -7.5% までの範囲で重量の軽減につれて相対距離は漸減し、 -5% では 9.1% 、 -7.5% では 13.4% の基準球に対する減少率を示した。 -7.5% 以降の範囲では概ね相対距離が漸増し、 -20% では基準球に対して 21.8% の増加率を示した。 -10% 以降のすべての重量条件では、平均値として基準球の値を上回った。増大を伴う重量条件においては (Fig.4), 増大につれて相対距離は漸増する傾向にあり、 $+20\%$ では基準球に対して 28.3% の増加率を示した。

4. 考察

(1) ボール重量の増減が投球スピードに及ぼす影響

軽減を伴う重量条件では、 -2.5% から -7.5% および -10% から -20% の範囲において、ボールの重量が軽減するにつれて投球スピードが漸増するという傾向を示した (Table 1, Fig.1)。また、増大を伴う重量条件では ± 0 から $+20\%$ の範囲において、重量の増大につれて投球スピードは漸減した (Table 1, Fig.2)。これは、ボール重量と投球スピードの関係を検証したこれまでの報告³⁾⁸⁾¹¹⁾¹⁷⁾と一致するものであった。投げにおいて投擲物に大きな速度を与えるためには、投動作中に大きな力積を投擲物に加えること、つまり加える力を大きくする、あるいは力を加える時間を長くすること

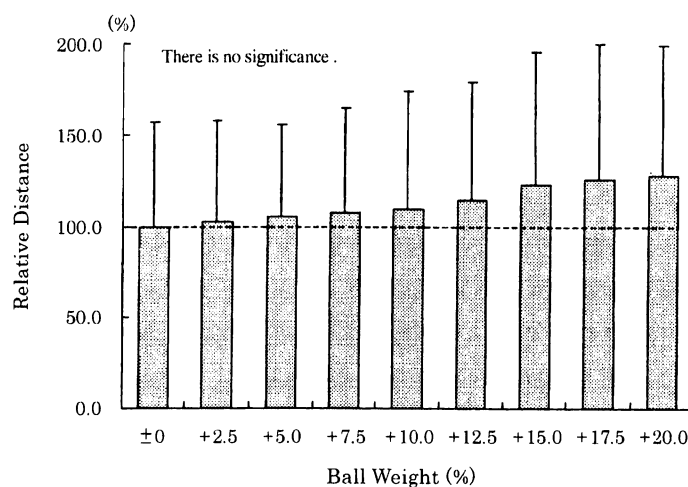


Fig. 4 Changes in the relative distance in mean and the standard deviation from the center of target to the position of the pitched ball on the target responded to the weighted balls to the standard as 100%.

が重要となる。重量を軽減したボールを用いた投球では、ボールのスピードが増すにつれて筋収縮速度も増すため、筋肉の出せる力が減り、ボールに加える力が小さくなる。その結果、ボールに加わる力積は小さくなる。一方、重量を増大したボールを用いた投球では、発揮される力は増大するため、ボールに加わる力積は大きくなる²²⁾。重量を軽減したボールを用いることによる力積の減少率が、ボール重量の軽減率を下回った場合には投球スピードは増大し、重量を増大したボールを用いることによる力積の増大率が、ボール重量の増大率を下回った場合には、投球スピードは減少する。上述の範囲においてみられた結果は、力積の変化率がボール重量の変化率を下回ったことによるものと考えられる。

-10% 、 -12.5% 、 -15% 、 -17.5% では重量の軽減にも関わらず、 -7.5% より大きな投球スピードを得られなかった。これは、 -7.5% からの力積の減少率がボール重量の軽減率を上回ったためと考えられるが、加えて日常使用球に対する適応現象による可能性が考えられる。三浦・橋本¹¹⁾は、熟練度が異なる被験者を対象に、重量の異なる4種類のボールを投げさせ、ボールの重量が初速度に及ぼす影響について報告している。それによると、競技者においては、日常使用しているもので最も大きな初速度が得られ、それより軽いボールを用

いた場合でも初速度は増大していない。この原因として、日頃扱う重量に対する適応現象の可能性を示唆している。また、吉澤²¹⁾の報告にも同様な結果がみられ、重量の変化に対する違和感や抵抗感によって初速度は増大されなかったのではないかと推測している。本研究において、平均値として基準球を下回る投球スピードの出現はみられなかった。しかし、-10%以降の投球感覚に関する内省では、7割以上の被験者が「腕を振るのが怖い」、「フォームが乱れそうで投げたくない」などの重量の軽減に対して否定的な意見を記しており、これらの意見を記す被験者が-7.5%まででは3割以下であったことを踏まえると、-10%を境界に重量への抵抗感を持つ被験者が急増したといえる。この軽減に対する抵抗感が、重量の軽減にも関わらず投球スピードの頭打ち（停滞）が生じた要因の一つとして考えられる。

(2) ボール重量の増減が投球の正確性に及ぼす影響

-10%から-20%の範囲においては、基準球に対して正確性が低下する傾向を示した(Fig.3)。この範囲における初速度との対応関係をみると、初速度が増大するにつれて、正確性が低下するという傾向にあり、一般に、動作速度が高まるにつれて正確性は低下するという、速さと正確性の反比例関係（Speed-Accuracy trade-off）¹³⁾と一致する。また、基準球から+20%の範囲において、重量の増大につれて正確性が低下する傾向を示した(Fig.4)。ボール重量の増大が正確性に及ぼす影響を直接検討した報告はこれまで見当たらないが、投擲物の重量が増大すると多くの筋が強く働くという豊島ら¹⁵⁾の報告や、投球の正確性は筋収縮の程度が強いほど乱れやすいという豊島ら¹⁶⁾の報告を踏まえると、ボール重量の増大は投球の正確性の低下を招く要因となると考えられる。

正確性に関する結果では、そのばらつきを表す標準偏差が50%以上と大きい(Fig.3, Fig.4)。本研究では5球の試技から正確性について評価したため、平均値に及ぼす1球の重みが大きくなり、被験者内の5球のばらつきが大きくなった。

ボール重量と投球の正確性の関係を検証するには、本研究で設定した5球という試技数は問題が残るといえよう。しかし、重量を増減したボールを数多く投球することは、受傷につながる可能性も考えられ、また疲労が実験結果に影響するとも考えられる。したがって、両者の関係について今後さらに検討を加えるためには、測定対象とする重量条件を精選すると共に、安全面を十分に確認しておくことが肝要となろう。

(3) 実践面への示唆

Fig.5に、相対投球スピードと相対距離の平均値をもとにして、本研究の重量範囲における投球パフォーマンスの推移を示した。先行研究と比べ、±20%の範囲で2.5%刻みといった小さなボール重量の増減においても、ボール重量が投球パフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかとなった。

重量を軽減したボールを用いた場合、基準球に対して有意な投球スピードの増大が認められた重量条件は、-7.5%、-15%、-17.5%、-20%であった。これらのボールを用いた投球は、陸上競技の投擲種目などで実践されている¹⁹⁾、重量を軽減した投擲物を投じることによる動作のスピード感を養うトレーニング手段として有効となる可能性が示唆された。しかし、-7.5%以降の投球スピードの増大には頭打ち傾向がみられることから、-7.5%以降の軽減に重要な意味は見出せない。一方、重量を増大したボールを用いる場合、重量の増大につれて投球スピードは概ね直線的に漸減した。スポーツ・トレーニングにおいては、バーベルなどを用いたリフティング運動で個別に筋を鍛える方法と、能力を高めようとする運動そのもの、あるいは類似した運動を用いて筋を鍛える方法（例：スプリント走能力の向上を目的とした坂登り走、過重走）が存在する。後者においては、その運動に必要な筋群が参加するパターンで鍛えることができるという利点がある。重量を増大したボールを用いる投球トレーニング法は、この利点を生かすことができると考えられよう。しかしながらZatsiorsky²³⁾は、外的負荷の増大を伴ってトレーニングを行う場合、通常条件と同様なスピード

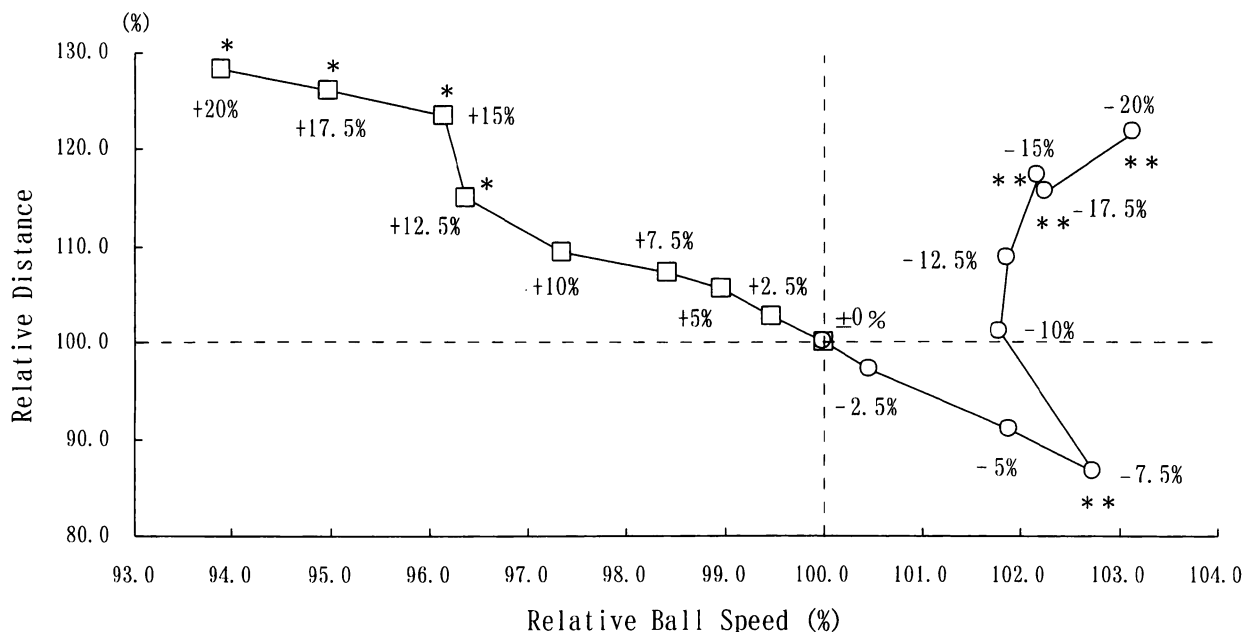


Fig. 5 Changes in the pitching performances, measured as the relative ball speed and the relative distance from the center of target to the position of the pitched ball on the target, as applying the various weight balls to the standard weight as 100%.

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$; Significantly different from $\pm 0\%$ in relative velocity.

を發揮し得る範囲の負荷を選択することが重要であると述べている。Tancredら¹⁴⁾は、15歳以下の円盤投げ選手30名を3群に分け、1.25kg (規定重量)、1.5kg、1.75kgと重量の異なる3種類の円盤をそれぞれ用いたトレーニングを行わせたところ、1.5kgの円盤を用いた群では、トレーニング期間終了後に1.25kgでの投擲記録が向上したのに対して、1.75kgを用いた群では逆に低下したと報告している。これは、外的負荷を過度に増大させた場合、パフォーマンスの低下を招くことを実証した実験結果といえよう。本研究では、+12.5%の重量条件で基準球に対する投球スピードの減少率が3.6%となり、以降すべての重量条件において基準球との間に有意な差が認められた。これらの投球スピードの減少はZatsiorskyの指摘する「通常条件と同様なスピードを發揮し得る範囲」からの逸脱に該当するかどうかは、今後トレーニング期間を設定して検証していく必要がある。

本研究の結果は、野球の投球において、重量を増減したボールを用いることで投球スピードと正確性がどのように変化するかを明らかにしたもの

である。今後、投球トレーニング法として実践活用していくためには、重量を軽減したボール、増大したボール共に、これらを用いたトレーニングが基準球を用いた際の投球パフォーマンスにどのような効果を及ぼすかについての検討が必要であろう。また、本研究では高校生投手を対象としたが、被験者の競技レベルが異なった場合、本研究の結果がそのまま適応できるとは限らない。したがって、様々な競技レベルの被験者を対象とした検討も必要であると思われる。

5. まとめ

本研究では、 $\pm 20\%$ の範囲におけるボール重量の増減が、野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響を明らかにし、ボール重量の増減を伴った投球トレーニング法の基礎的知見を得ることを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) ボール重量の軽減を伴う重量条件では、 -7.5% まで投球スピードは漸増し、 -7.5% で基準球に対して有意な投球スピードの増大が認

められた。以後、軽減率が増しても-7.5%を有意に上回る初速度は得られなかった。

- (2) ボール重量の増大を伴う重量条件では、重量の増大につれて概ね直線的に投球スピードは漸減した。+12.5%以上で基準球に対して有意な投球スピードの減少が認められた。
- (3) 正確性に関しては、±20%の範囲では各重量条件に有意な差は認められなかった。ボール重量の軽減を伴う重量条件では-20%において、増大を伴う重量条件では+20%で正確性は最も低下した。

引用・参考文献

- 1) Bondarchuk, A.P. : General and Special Training. *Fitness and Sports Review International* 29 (3&4) : 163-165, 1994.
- 2) DeRenne, C., Buxton, B.P., Hetzler, R.K. and HO, K.W. : Effect of under- and overweighted implement training on pitching velocity. *Journal of Applied Sports Science Research* 8 (4) : 247-250, 1994.
- 3) 石井喜八, 上平雅史, 入川松博, 鈴木久雄 : 球技の選手の投能力. 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.1-投能力の向上に関する研究- : 29-33, 1976.
- 4) 石田和之, 平野裕一 : 投球スピードを高める. *Japanese Journal of Sports Science* 15 (5) : 297-300, 1996.
- 5) Jarver, J. : Varied resistance in power development. *Modern Athlete and Coach* 10 (6) : 5-8, 1973.
- 6) Kanishevsky, S. : A universal shot. *Soviet Sports Review* 19(4) : 207-208, 1984.
- 7) Konstantinov, O. : Training program for high level javelin throwers. *Soviet Sports Review* 14 (3) : 130-134, 1979.
- 8) Kunz, H. : Effect of ball mass and movement pattern on release velocity in throwing. *Biomechanics IV* : pp168-168, University Park Press, 1974.
- 9) Kuznetsov, V. : Speed and strength. *Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports* 10 (3) : 78-83, 1975.
- 10) マトヴェイエフ, 江上毅 (訳) : ソビエトスポーツ・トレーニングの原理. pp206-245, 白帝社, 1985.
- 11) 三浦望慶, 橋本勲 : 投げにおける方向と初速度と重量と. *体育の科学* 30(7) : 473-477, 1980.
- 12) 村木征人 : スポーツ・トレーニング理論. pp118-136, ブックハウスHD, 1994.
- 13) Shmidt, R.A. : *Motor control and learning*. p342, *Human Kinetics*, 1982.
- 14) Tancred, B., Tancred, D. : The effects of using a 'Heavy' discus in training by novice U/15 year old schoolboys. *Athletics Coach* 11 (4) : 9-11, 1977.
- 15) 豊島進太郎, 松井秀治, 宮下充正 : 投球動作における上肢筋の筋電図学的研究. *体育学研究* 15(2) : 103-109, 1971.
- 16) 豊島進太郎, 星川保 : 投げ出されたボールの速度と正確性から見た投運動の調整力. キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学Ⅱ-身体運動のスキル. pp168-177, 杏林書院, 1976.
- 17) Toyoshima, S., Miyashita, M. : Force-velocity relation in throwing. *Research Quarterly* 44 : 86-95, 1973.
- 18) Verkhoshansky, Y., Tatyana, V. : Speed-strength preparation of future champions. *Soviet Sports Review* 18(4) : 166-170, 1983.
- 19) Vasiliev, L.A. : Use of different weight to develop specialized speed-strength. *Soviet Sports Review* 18(1) : 49-52, 1983.
- 20) Winter, D.A. : *Biomechanics and Motor Control of Human Movement (Second Edition)*. pp47-48, John Wiley & Sons. Inc., 1990.
- 21) 吉澤恒星 : 野球投手の負荷軽減トレーニングに関する基礎的研究. 筑波大学体育研究科修士論文, 1996.
- 22) 吉福康郎 : 投げる一物体にパワーを注入する-. *Japanese Journal of Sports Science* 1 (2) : 85-90, 1982.
- 23) Zatsiorsky, V.M. : *Science and Practice of Strength Training*. pp143-166, *Human Kinetics*, 1995.