

〔実践研究〕

グライド投法による砲丸投の投距離に及ぼす筋力の影響

森 木 吾 郎*
古 市 裕 磨*
福 田 倫 大*
足 立 達 也*
上 田 毅*

The effect of muscle strength on the distance put in the shot put
by glide throwing

Goro MORIKI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Yuma FURUICHI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Tomohiro FUKUDA

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Tatsuya ADACHI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Takeshi UEDA

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationships of the distance in shot put by glide throwing and muscle strength. The subjects were 9 male collegiate athletes as a skilled group, 8 male and 11 female who were students in physical education majors as an unskilled group. The distance in shot put, their weight of 1RM, power of 8RM in relation to the bench press, squat and dead lift were measured. As the results, all of measurements showed significant correlations with respect to the distance of shot put in all subjects. Furthermore, the multiple regression analysis was performed. It was shown that the distance of put shot depended upon the power of 8RM for squat in all subjects, the body weight in skilled group, and weight of 1RM for bench press and height in unskilled male group, power of 1RM for dead lift and weight in unskilled female group. In relation to the distance of the shot put, muscle power of lower muscles such as quadriceps femurs and gluteus maximus was a critical factor regardless of skill level. When the subjects were further divided into skilled and unskilled subjects, it was suggested that the increases of the muscle mass in skilled groups and the maximum muscle strength in unskilled groups led to increase the distance of the shot put in the glide throwing.

* 広島大学大学院教育学研究科

I. 諸言

砲丸投は、体力と技能の両方を要する競技である。これらの片方だけを向上させるだけでは競技力の向上にはつながらない。このため、体力と技能の両方をバランスよく向上させる必要がある。室伏（1999）は、投擲種目における競技力（投距離）向上の仕組みとして、高められたエネルギー（体力）を最適な方向に効率よく出力（技術）させる事であり、パフォーマンスには、体力では、筋力（筋肉）、反応（神経）、持久（循環器・呼吸器）、可動（骨・靭帯）が関与し、技術では、投射スピード、投射角度、投射高が関与するとした。この他、競技力向上に寄与する要素として、技術面で上体のしゃがみ込みや押し出しでの右脚の突っぱり・上体の起こし、突き出しでの左肩の回し込みによる上体のひねり（植屋、1988）などの補助動作やフォロースルー、リバース（松尾、1976）などの投擲後の動作なども挙げられる。

砲丸投の投距離と筋力との関係について、Lawrence et al. (2013) は、ベンチプレスやスクワットのような筋力を向上させるウェイトトレーニングに加え、パワークリーンのような爆発的なパワーを要するウェイトトレーニングを行い、筋力の最大値（1RM 値）を高めることが砲丸投トップ選手の投距離を向上させるとしている。高梨（2010）は、陸上競技投擲種目を専門とする女性競技者を対象に、立ち幅跳び、立三段跳び、30m ダッシュ、砲丸後方投げの4種目のコントロールテストを実施した。その結果、競技力の高い選手が、これら4種目においていずれも優れていたことを報告している。つまり、投擲選手における筋

力の向上は、少なくとも投距離を向上させる可能性があると考えられる。大谷・久保田（1980）は、運動部に所属する男子大学生および高校生を対象に、砲丸投の投距離と筋力、周経囲の関係について検討した。その結果、砲丸投の投距離と関係性が高かった項目として側方水平前振力、前腕囲、大腿囲、下腿囲、背筋力を挙げている。また、体重が重いほど砲丸投の投距離は大きかったことを報告している。

このように、上肢、下肢および体幹の筋群の筋量や筋力が砲丸投の投距離と密接に関連していると推察されるが、これらの報告はいずれも筋量や発揮される筋力の最大値と砲丸投の投距離との関係を検討しており、単位時間当たりには発揮される筋パワーとの関係については検討していない。また砲丸投の投距離と筋力および筋パワーの関係について、熟練者もしくは未熟練者のどちらかを対象にしているものが多く、この両者を対象にした投距離と筋力及び筋パワーの関係について検討した報告は見当たらない。

以上のことから、本研究では、熟練者と男女の未熟練者を対象に、グライド投法による砲丸投の投距離と各種筋力・筋パワーの関連について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、砲丸投を専門種目とする大学生男子9名（以下、熟練者）、授業以外で砲丸投の経験のない体育専攻学生男子8名および体育専攻学生女子11名を未熟練者とした。

表1に被検者の性別、年齢、身長、体重、BMI

表1. 被検者の身体的特性と投距離

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	投距離
熟練者 (n=9)	20.2±1.4	180.3±6.1	91.3±13.2	28.1±3.7	12.6±2.4
男子未熟練者 (n=8)	20.8±0.5	171.3±5.3	63.3±9.4	21.5±2.4	5.9±1.0
女子未熟練者 (n=11)	20.6±0.5	161.0±6.2	55.4±6.1	21.3±1.4	4.0±0.9

(mean±SD)

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

指数, 投距離を示した。

2. 実験手順

1) 砲丸投の投距離の測定

砲丸投の投距離測定は, 男子では 7.26kg, 女子では 4 kg の砲丸を使用した。被検者はウォーミングアップの後, 5 分ほどグライド投法による練習を行い測定として一投した。本研究における投法は全被検者で「投射方向へ背を向けてスタートし, 投てき方向への移動による加速動作(グライド)(松尾, 1976)」を行う, 後ろ向きグライド投法いわゆるオプライエン投法に統一した。

2) 1 RM (Repetition Maximum : RM) 値の測定

1 RM 値の測定は砲丸投の投距離の測定及び 8 RM のパワー値の測定とは別日に行った。ウォーミングアップを行った後, ある重量に対して一回挙上することが出来れば次の重量に臨む(池田・高松, 2005), いわゆる漸増負荷法によりベンチプレス, スクワット, デッドリフトの 1 RM 値を測定した。

3) 8 RM のパワー値の測定

8 RM のパワー値の測定は投距離の測定及び 1 RM 値の測定とは別日に行った。ウォーミングアップを行った後, ベンチプレス, スクワット, デッドリフトそれぞれの 8 RM の負荷でパワー値の測定を行った。

3. 測定項目

1) ウェイトトレーニングの 1 RM 値の測定

ウェイトトレーニングの 1 RM 値の測定はベンチプレス, スクワット, デッドリフトの 3 種目を選定した。ベンチプレス, スクワット, デッドリフトは BIG 3 と言われ(石井, 1999), ウェイトトレーニングの中でも一般的な種目である。BIG 3 は, 比較的大きな筋肉のトレーニングであるため筋量を全体的に増加させることができ, 筋量が増加することにより体重も増加する。また, 全身的なトレーニングであるためバランスよく筋力を増加する事が出来る。そのため, 砲丸投の投距離に密接に関わる種目であると考えた。

2) 8 RM のパワー値の測定

ベンチプレス, スクワット, デッドリフトの 1 RM 値を元に Wathen (1994) より改変した有賀(2002)の換算表を用いて 8 RM 値を換算し(8 RM = 80% 1 RM), ベンチプレス, スクワット, デッドリフトの 3 種目で, 8 RM の負荷でのパワー値(瞬時パワーの最大値)を測定した。測定は, フィットロダイン・プレミアム(エスアンドシー株式会社)を使用した。なお, 本研究においては他のスポーツと比較して負荷の大きい重量物を用いたパワー発揮が必要となる砲丸投の競技特性から, 一般に筋パワーのトレーニングに用いられる 60% 1 RM 程度の重量よりも大きな負荷となる 8 RM を用いて, 全被検者で統一し, 測定を行った。

4. 統計処理

測定値は全て平均値±標準偏差で示した。熟練者, 男子未熟練者, 女子未熟練者における砲丸投の投距離, 1 RM 値, 8 RM のパワー値の差を検討するため, 1 要因分散分析を用いた。検定の主効果が有意であった場合, Tukey 法を用いて多重比較を行った。投距離と各測定項目間の関係を検討するため, ピアソンの積率相関係数を求めた。また, 投距離に影響する測定項目を明らかにするため, 重回帰分析を用いた。全ての検定において $p < 0.05$ をもって有意とした。本研究は広島大学教育学研究科倫理委員会の承認を得た。

Ⅲ. 結果

1. 各群における測定項目の平均値

表 1 に, 各群における被検者の身体的特性と投距離を示した。身長について, 分散分析の結果, 群の主効果は有意であり ($F(2, 25) = 26.4, p < 0.01$), 多重比較の結果, 熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示し ($p < 0.05$), 男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.01$)。体重について, 分散分析の結果, 群の主効果は有意であり ($F(2, 25) = 35.6, p < 0.01$), 多重比較の結果, 熟練者が男

子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.01$)。投距離について、分散分析の結果、群の主効果は有意であり ($F(2, 25) = 79.1, p < 0.01$)、多重比較の結果、熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示し ($p < 0.01$)、男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

図1に各群における1RM値(ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)の平均値を示した。1RM値は、分散分析の結果、ベンチプレス ($F(2,$

$25) = 26.3, p < 0.01$)、スクワット ($F(2, 25) = 65.4, p < 0.01$)、デッドリフト ($F(2, 25) = 31.3, p < 0.01$) のいずれも群の主効果が有意であり、多重比較の結果、3種目すべてにおいて熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.01$)。スクワット及びデッドリフトに関しては男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

図2に各群における8RMのパワー値(ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)の平均値を

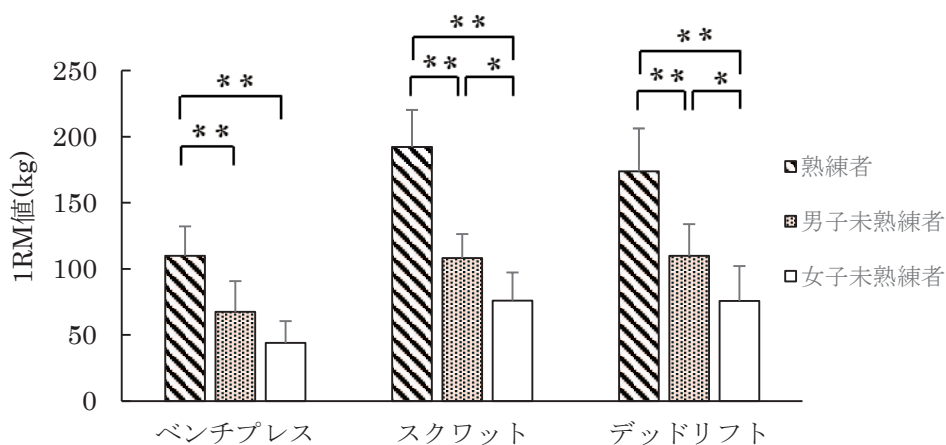


図1. 各群における1RM値(ベンチプレス・スクワット・デッドリフト)の平均値

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

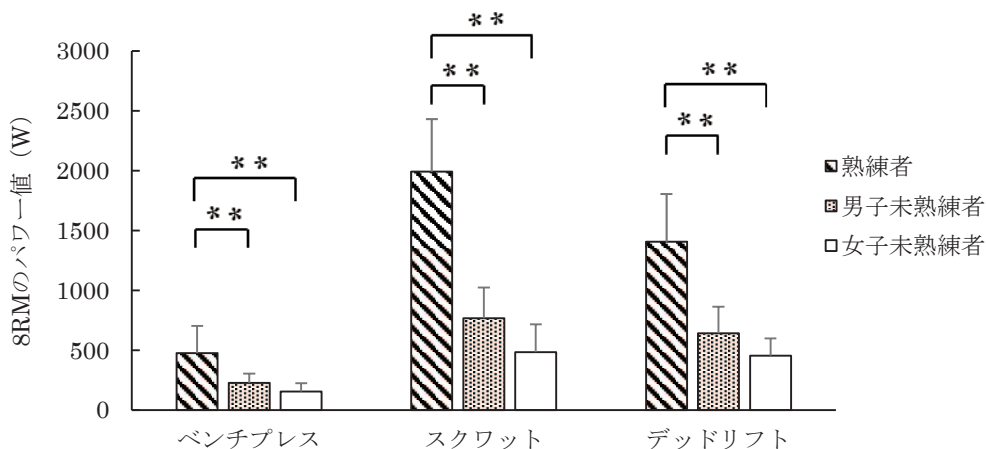


図2. 各群における8RMのパワー値(ベンチプレス・スクワット・デッドリフト)の平均値

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

示した。8RMのパワー値は、分散分析の結果、ベンチプレス ($F(2, 25) = 13.7, p < 0.01$)、スクワット ($F(2, 24) = 57.8, p < 0.01$)、デッドリフト ($F(2, 24) = 32.2, p < 0.01$) のいずれも群の主効果が有意であり、多重比較の結果、3種目すべてにおいて熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ($p < 0.01$)。

2. 投距離と各測定項目間の関係

表2に砲丸投の投距離と各測定項目間の相関係数を示した。全被検者 ($n = 28$)、全男子被検者 ($n = 17$) 及び全未熟練者 ($n = 19$) においては、投距離に対して全測定項目が正の有意な相関を示した ($p < 0.01$)。熟練者 ($n = 9$) においては、投距離に対して体重、1RM値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8RMのパワー値 (スクワット) は正の有意な相関を示した ($p < 0.05$)。男子未熟練者 ($n = 8$) においては、投距離に対して体重、1RM値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8RMのパワー値 (デッドリフト) は正の有意な相関を示した ($p < 0.05$)。女子未熟

練者 ($n = 11$) においては、投距離に対して体重、1RM値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8RMのパワー値 (デッドリフト) は正の有意な相関を示した ($p < 0.05$)。

3. 投距離と各測定項目間の重回帰分析

各測定項目が投距離に与える影響を検討するため、ステップワイズ法 (増減法) による重回帰分析を行った。説明変数は身長、体重、1RM値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8RMのパワー値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト) の8変数とした。ステップワイズにおける変数選択は投入: F値確率 ≤ 0.05 , 除去: F値確率 ≥ 0.10 を基準とした。その結果を表3に示した。全被検者においては、投距離に影響を及ぼす独立変数として8RMのパワー値 (スクワット) が抽出され、標準偏回帰係数 $\beta = .949$, 重相関係数 $R = .947$ ($p < 0.01$) であった。熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として体重が抽出され、標準偏回帰係数 $\beta = .923$, 重相関係数 $R = .909$ ($p < 0.01$) であった。男子未熟練者におい

表2. 投距離と各測定項目間の相関係数

	身長		1RM値			8RMのパワー値		
	身長	体重	ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
全被検者	.831 **	.965 **	.915 **	.960 **	.935 **	.827 **	.949 **	.868 **
熟練者	.623	.929 **	.861 **	.787 *	.852 **	.613	.785 *	.266
男子未熟練者	.657	.902 **	.905 **	.761 *	.871 **	.653	.692	.771 *
女子未熟練者	.369	.763 **	.612 *	.793 **	.827 **	.528	.390	.728 *
全未熟練者	.739 **	.840 **	.827 **	.873 **	.889 **	.693 **	.689 **	.793 **

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

表3. 砲丸投げ投距離と各測定項目間の重回帰分析結果

	説明変数	目的変数	投距離 (標準B)	重相関係数 (R)	決定係数 (R ²)
全被検者	1. スクワット8RMのパワー値		.949 **	.947	.897 **
熟練者	1. 体重		.923 **	.909	.827 **
男子未熟練者	1. ベンチプレス1RM値		.768 **	.964	.929 **
	2. 身長		.386 *		
女子未熟練者	1. デッドリフト1RM値		.585 *	.881	.776 **
	2. 体重		.442 *		
全未熟練者	1. デッドリフト1RM値		.889 **	.881	.777 **

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

ては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（ベンチプレス）及び身長が抽出され、標準偏回帰係数はそれぞれ $\beta = .768$, $\beta = .386$, 重相関係数 $R = .964$ ($p < 0.01$) であった。女子未熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（デッドリフト）及び体重が抽出され、標準偏回帰係数はそれぞれ $\beta = .585$, $\beta = .442$, 重相関係数 $R = .881$ ($p < 0.01$) であった。全未熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（デッドリフト）が抽出され、標準偏回帰係数 $\beta = .889$, 重相関係数 $R = .881$ ($p < 0.01$) であった。

また、表4に各群における各測定項目間の相関係数を示した。

IV. 考察

体格に関する測定項目は身長・体重ともに熟練者が未熟練者よりも有意に高値を示し ($p < 0.05$)、全被検者において、投距離と身長に高い正の相関 ($r = .831$, $p < 0.01$)、投距離と体重にもすべての群において有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。松尾 (1976) によると、砲丸投競技に適した体型は「長身で体重のある筋肉質者」としており、本研究の結果と一致する。特に体重に関して、西藤 (1969) は一般的に成人男性の体重の約40%が筋であることを指摘し、そのため体重と筋量に関連があることを示唆している。さらに本研究においては全被検者が何らかの運動部に所属し、ウェイトトレーニングを定期的、継続的に実施していることから、過体重になればなる程筋量が多くなっていると推測される。したがって、本研究の結果は、体重が重い、すなわち筋量が多い者ほど、砲丸に大きな力を与えることができ、投距離が大きくなったと推測された。また、植屋 (1988) は、筋力発生という本質に加え、ただ単に質量（脂肪でも良い）による運動量の発生を大きくするために砲丸投選手には体重が必要と述べており、本研究の結果と一致する。

1 RM 値については、本研究の結果、全ての群において、投距離との間に有意な正の相関が示さ

れた ($p < 0.05$)。ベンチプレスについては大胸筋、小胸筋、上腕三頭筋、三角筋など (ドラヴィエ, 2002, pp. 42-43; マノッキア, 2008, pp. 106-107) が、スクワットについては大腿四頭筋、大殿筋、脊柱起立筋、ハムストリングスなど (ドラヴィエ, 2002, pp. 78-79; マノッキア, 2008, pp. 36-37) が、デッドリフトについては腰部の筋、大腿四頭筋、大殿筋、広背筋、外腹斜筋など (ドラヴィエ, 2002, pp. 69-70; マノッキア, 2008, pp. 80-81) が強く作用する種目とされている。松尾 (1976) により筋力は砲丸投において最も重要な体力要素であることが示されており、筋力が大きければ強い力を発揮し投距離が大きくなると考えられる。Lawrence (2007) も筋力トレーニングは砲丸投の投距離を向上させるための基盤になるものであると報告している。このため1 RM 値が大きい者の投距離が大きくなったと考えられた。

同様に、8 RM のパワー値についても、本研究の結果は全被検者と男女未熟練者の投距離に対して有意な正の相関が示された ($p < 0.01$)。パワーも筋力と同様に砲丸投において重要な体力要素の1つとされている (松尾, 1976)。吉岡ら (2010) もまた、投擲種目において筋パワーが大きいほど投距離が大きくなったと報告している。パワー値は単位時間当たりの仕事で表される。以上のことから、一定の負荷を素早く加速させる力であるパワー値も重要であると考えられたが、本研究の結果、熟練者、男・女未熟練者の3群のいずれも投距離と1 RM 値全てに相関関係が認められたのに対して投距離と8 RM のパワー値との相関関係は各群1種目ずつのみであり、相対的に相関係数も低いことと合わせて考えると、最大筋力の方がより重要であることが推測された。

各群における重回帰分析の結果をみると、熟練者から未熟練者までを合わせた全被検者においては、投距離に影響する因子として、8 RM のパワー値 (スクワット) ($\beta = .949$, $p < 0.01$) が抽出された。畑山ら (2011) は、円盤投選手においてスクワットの1 RM 値が投距離に強く関連すると報告している。さらに、先述したように、スクワット

表4. 各群における各測定項目間の相関係数

全被検者 (n=28)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.831 **			.915 **	.960 **	.935 **	.827 **	.949 **	.868 **
身長			.836 **		.770 **	.807 **	.794 **	.584 **	.781 **	.722 **
体重				.926 **	.957 **	.926 **	.829 **	.929 **	.851 **	
1RM値	ベンチ				.914 **	.912 **	.912 **	.844 **	.916 **	.778 **
	スクワット					.951 **	.951 **	.834 **	.935 **	.870 **
	デッド						.774 **	.866 **	.822 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.852 **	.710 **	
	スクワット								.823 **	
	デッド									.823 **

**: p < 0.01

熟練者 (n=9)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.623			.861 **	.787 *	.852 **	.613	.785 *	.266
身長			.411		.415	.284	.555	.008	.464	-.066
体重				.865 **	.887 **	.803 **	.650	.737 *	.246	
1RM値	ベンチ				.613	.691 *	.679 *	.679 *	.843 **	.088
	スクワット					.770 *	.770 *	.717 *	.516	.270
	デッド						.504	.381	.192	
SRMの パワー値	ベンチ							.722 *	.119	
	スクワット								-.076	
	デッド									-.076

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

男子未熟練者 (n=8)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.657			.905 **	.761 *	.871 **	.653	.692	.771 *
身長			.714 *		.351	.515	.636	-.003	.277	.583
体重				.827 *	.927 **	.943 **	.511	.739 *	.790 *	
1RM値	ベンチ				.805 *	.805 *	.805 *	.742 *	.810 *	.608
	スクワット					.913 **	.436	.871 **	.758 *	
	デッド						.410	.811 *	.884 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.380	.363	
	スクワット								.719 *	
	デッド									.719 *

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

女子未熟練者 (n=11)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.369			.612 *	.793 **	.827 **	.528	.390	.728 *
身長			.826 **		.220	.344	.034	.219	.368	.607 *
体重				.587	.726 *	.549	.502	.650 *	.840 **	
1RM値	ベンチ				.831 **	.698 *	.900 **	.803 **	.582	
	スクワット					.882 **	.658 *	.737 **	.653 *	
	デッド						.544	.604 *	.609 *	
SRMの パワー値	ベンチ							.657 *	.569	
	スクワット								.684 *	
	デッド									.684 *

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

全未熟練者 (n=19)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.739 **			.827 **	.873 **	.889 **	.693 **	.689 **	.793 **
身長			.801 **		.529 *	.661 **	.539 *	.397	.558 *	.695 **
体重				.797 **	.834 **	.789 **	.610 **	.764 **	.852 **	
1RM値	ベンチ				.857 **	.812 **	.856 **	.856 **	.856 **	.699 **
	スクワット					.929 **	.681 **	.847 **	.762 **	
	デッド						.619 **	.778 **	.792 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.641 **	.574 *	
	スクワット								.770 **	
	デッド									.770 **

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

は大腿四頭筋, 大殿筋, 脊柱起立筋, ハムストリングスなど(ドラヴィエ, 2002, pp. 78-79; マノッキア, 2008, pp. 36-37)の脚部, 体幹, 臀部の筋に作用するトレーニングである。福永ら(1991)は投てき物により強い力を与えるためには脚部及び臀部による強い蹴りのパワーが重要であることを示唆している。また, 橋本ら(1996)によると, 砲丸の重量に関わらず, 砲丸及び上肢の持つ力学的エネルギーの60~70%が脚部や体幹で発揮されたエネルギーであることを示した。これらのことから, 筋力, 性別などが異なる全被検者で投距離に最も影響を与える因子として8RMのパワー値(スクワット)が抽出されたと考えられる。

熟練者においては投距離に影響する因子として, 体重($\beta = .923, p < 0.01$)の1項目のみが抽出された。熟練者はすべてが砲丸投を専門としている選手であり, 専門のトレーニングを行っているため, 砲丸投で特有の技能を有していると推測された。このため, 特定の筋力についての項目でなく, 筋量と深く関連し(西藤, 1969), 運動量の発生を大きくする上で重要(植屋, 1988)と考えられる体重が投距離に最も影響を与えると考えられた。

一方で, 男子未熟練者及び女子未熟練者においては, 投距離に影響する因子として, それぞれ1RM値(ベンチプレス)($\beta = .768, p < 0.01$)及び1RM値(デッドリフト)($\beta = .585, p < 0.05$)が抽出され, これらが投距離に有意に影響を与える因子であった。先述したように, ベンチプレスは大胸筋等の筋群を強く作用させるトレーニングであり(ドラヴィエ, 2002, pp. 42-43; マノッキア, 2008, pp. 106-107), 大胸筋は砲丸の突き出し局面で主働的に活動するものと考えられる(白井ら, 2011)。吉岡ら(2010)は, ベンチプレスの最大値が大きいほど砲丸投の投距離も大きかったと報告した。さらに, 大谷・久保田(1980)は, 大胸筋, 三角筋等の筋力が大きいほど, 砲丸投の投距離が大きくなったと報告している。加えて, 男子未熟練者群は砲丸投を専門に行っている被検者ではなく, 砲丸投に適した筋力を有していると

は考えにくい。そのため, 砲丸投の最終局面である突き出しに十分な大胸筋等の筋力を有していない被検者が多くいた可能性が考えられる。男子の7.26kgという砲丸の重量は専門競技者以外にとっては過負荷であると考えられ, そのため, 脚部や体幹でエネルギーを作り出したとしても, その力を投距離につなげるための最終局面である突き出しを行う大胸筋等の最大筋力の多寡が投距離に影響を及ぼしたと考えられる。女子未熟練者においては, 1RM値(デッドリフト)が抽出された。先述したように, デッドリフトは腰部の筋, 大腿四頭筋, 大殿筋, 広背筋, 外腹斜筋などが強く作用するトレーニングであり(ドラヴィエ, 2002, pp. 69-70; マノッキア, 2008, pp. 80-81), 特に腹斜筋は投擲動作時において体幹の起こしや回旋動作を担う筋として活動するものと考えられる(白井ら, 2011)。このため, デッドリフトは, グライド動作や投動作時に地面を蹴る局面, 砲丸をリフトアップする局面, また身体のひねりを作る局面に関係する種目として考えられる。ここで, 女子の砲丸重量は4kgであり, 女子にとっての4kg砲丸というのは相対的に男子と比べて軽いことが示唆されている(橋本ら, 2004)。そのため, 突き出し動作で必要となる大胸筋等の筋力は女子においては男子と比べて相対的に小さいことが推測され, また図1より本研究においては, 男子未熟練者と女子未熟練者のベンチプレスの1RM値にも有意な差が無いことと合わせて考えると, 本研究においては, 男子未熟練者と比べて女子未熟練者は突き出しを行うのに必要な大胸筋等の筋力を有していたことが推測される。そのため, グライド動作や投動作時に地面を蹴る局面, 砲丸をリフトアップする局面, また身体のひねりを作る局面などの突き出し以前のエネルギーを作り出す局面に関係する腰部の筋, 大腿四頭筋, 大殿筋, 広背筋, 外腹斜筋などの脚部や体幹の最大筋力の多寡が投距離に影響を及ぼしたと考えられる。

まとめると, 本研究におけるグライド投法による砲丸投の投距離は, 熟練度に関わらず大腿四頭筋, 大殿筋等の下肢の筋パワーが, 熟練者におい

ては筋量（体重）が、男子未熟練者においては大胸筋等の最大筋力が、そして女子未熟練者においては脚部や体幹の最大筋力がそれぞれ影響を及ぼしたと考えられ、各群においてこれらの要素を向上させることが投距離の増加につながることを示唆された。

V. 結論

本研究では男子大学生競技者と男女体育専攻学生を対象に、身長、体重及びベンチプレス、スクワット、デッドリフトの1RM値と8RMのパワー値と砲丸投の投距離との関係を検討した。その結果、全被検者でみると、砲丸投の投距離に対して全ての測定項目が正の有意な相関を示した。重回帰分析の結果、全被検者では8RMのパワー値（スクワット）、熟練者では体重、男子未熟練者では1RM値（ベンチプレス）と身長、女子未熟練者では1RM値（デッドリフト）と体重がそれぞれ投距離に有意に影響を与える因子として抽出された。このことから、熟練度に関わらず共通する項目として大腿四頭筋、大殿筋等の下肢の筋パワーがグライド投法による砲丸投の投距離の増加につながることを示唆された。さらに熟練者と未熟練者に分けた場合、熟練者では全身的な筋量（体重）の増加が、未熟練者では最大筋力の増加がそれぞれグライド投法における砲丸投の投距離の増加につながることを示唆された。

VI. 文献

有賀誠司（2002）筋力トレーニングのスポーツ選手への適用. バイオメカニクス研究, 6 (3) : 227-239.

ドラヴィエ：白木仁・今井純子訳（2002）目でみる筋力トレーニングの解剖学. 大修館書店：東京, pp. 1-126.

福永哲夫・松尾彰文・船渡和男・川上泰雄・沼沢秀雄（1991）各種動作様式で発揮されるパワー出力計測システムの開発. 人間工学, 27 (Supplement) : 152-153.

橋本勲・池上康男・桜井伸二・室伏重信・安藤好

郎・岡本敦（1996）砲丸投げのエネルギー発揮に関する砲丸重量の影響—体幹および脚部の役割—. 中京女子大学研究紀要, 30 : 21-28.

橋本勲・大北英紀・阪本孝男・斉藤良太・安藤好郎・佐野真也・池上康男（2004）大学女子砲丸投げ選手のエネルギー発揮に関する研究—脚部および体幹の役割について—. 中京女子大学研究紀要, 38 : 21-29.

畑山茂雄・高梨雄太・佐々木大志（2011）円盤投競技者の体力特性と競技力の関係性. 陸上競技研究, (4) : 17-26.

池田達昭・高松薫（2005）動的筋力トレーニングにおける目標設定の行い方に関する研究. 体育学研究, 50 (4) : 425-436.

石井直方（1999）レジスタンス・トレーニング. ブックハウス HD : 東京, pp. 142-146.

Lawrence W. J. (2007) Developing speed strength: in-season training program for the collegiate thrower. Strength Cond, 29(5) : 42-54.

Lawrence W. J., Bellar D., Thrasher A. B., Simon L., Hindawi O. S. and Wanless E. (2013) A pilot study exploring the quadratic nature of the relationship of strength to performance among shot putters. Int.J. Exerc.Sci., 6(2) : 171-179.

マノッキア：宮崎俊太郎訳（2008）運動解剖学で図解する筋力トレーニングパーフェクトマニュアル. 悠書館：東京, pp. 1-183.

松尾昌文（1976）第5章砲丸投. 金原勇編, 陸上競技のコーチング（Ⅱ）フィールド編. 大修館書店：東京, pp. 269-331.

室伏重信（1999）投擲競技・競技力向上の仕組み. 中京大学体育学論叢, 40 (2) : 41-50.

大谷和寿・久保田康毅（1980）砲丸投記録と筋力の関係についての研究. 島根大学教育学部紀要, 自然科学, 14 : 13-16.

西藤宏司（1969）砲丸投の投てき技術に関する研究：グライド動作について. 中京体育学論叢, 11 (1) : 309-325.

- 白井裕紀子・上村孝司・岡田雅次・角田直也・青山利春(2011)砲丸投げ選手における体幹トレーニングが投擲記録に及ぼす影響. 国士館大学体育研究所報, 30:135-139.
- 高梨雄太(2010)陸上競技投擲競技者におけるコントロールテストに関する研究. 東京女子体育大学・東京女子体育短期大学紀要, 45:79-86.
- 植屋清見(1988)砲丸投げの動作学とその指導(投げの科学と指導<特集>). 体育の科学, 38(2):112-118.
- Wathen, D. (1994) Load assignment. In: Baechle, T. R. (ed.)Essentials of strength training and conditioning. Human Kinetics: Champaign, pp. 435-446.
- 吉岡利貢・中野陽平・森健一・中垣浩平・鍋倉賢治(2010)筋力・筋パワーからみた十種競技の体力特性. 陸上競技研究, (3):26-34.