

博士論文

陸上競技投擲種目におけるフィールドテストのあり方
－大学生競技者を対象とした実践的研究－

高梨 雄太

目次

第1章 緒言	1
1. 研究背景	1
A. 投擲競技について	1
a. 投擲競技の特性	1
b. 日本の競技レベルの現状	1
b-1. 体格および体力面	2
b-2. 技術面	3
c. 世界的な問題点	5
B. 投擲競技におけるトレーニング	5
a. トレーニングの種類	5
b. 主要なトレーニングの内容	6
b-1. 投擲練習	6
b-2. スプリントトレーニング	7
b-3. ジャンプトレーニング	7
b-4. ウェイトトレーニング	9
c. ピリオダイゼーション	13
B. 投擲競技の実践環境	14
C. 投擲競技者の体力特性とフィールドテスト	15
a. 投擲競技におけるフィールドテスト	15
b. 投擲競技の体力評価	16
b-1. ボールスロー	16
b-2. スプリント能力	18
b-3. 自転車エルゴメータ	19
b-4. ジャンプ能力	21
b-5. ウェイトリフティングにおける 1RM	24
2. 投擲競技の実践現場における課題と IAAF Score	25
A. 実践環境とフィールドテスト	25
B. IAAF Score	25
3. 本研究の目的	26
A. 従来のフィールドテストの再検討（実験1）	27
B. 下半身の爆発的筋力発揮能力を測定する方法の検討（実験2）	27
C. 上半身の爆発的筋力発揮能力を測定する方法の検討（実験3）	27
第2章 従来のフィールドテストの再検討（実験1）	29
1. 目的	29

2. 方法-----	30
A. 対象者および実験の概要-----	30
B. 測定項目-----	30
a. BWT-----	30
b. 30 m スプリント-----	31
c. 1.0 kp の負荷による最高ペダリング回転数-----	31
d. 最大無酸素パワー-----	31
e. SLJ-----	32
f. STJ-----	32
g. SJ-----	32
h. CMJ-----	32
i. RJ-inex-----	33
C. 統計-----	33
3. 結果-----	33
A. IAAF Score-----	33
B. BWT-----	33
C. 30 m スプリント走-----	34
D. 負荷 1.0 kp による最高ペダリング回転数-----	34
E. 最大無酸素パワー-----	34
F. SLJ-----	40
G. STJ-----	40
H. SJ-----	40
I. CMJ-----	40
J. RJ-index-----	44
K. 測定項目間の関連性-----	44
L. IAAF Score 変化率と各測定項目の変化率との関連性-----	44
4. 考察-----	44
5. 要約-----	53
第3章 下半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験2）-----	55
1. 目的-----	55
2. 方法-----	56
A. 対象者-----	56
B. 測定時期および場所-----	56
C. 測定項目-----	56
a. 10 yard スプリント-----	56
b. 自転車エルゴメータによる最高回転数-----	57

D. 統計 -----	57
3. 結果-----	58
A. 10 yard スプリント -----	58
B. 自転車エルゴメータによる最高ペダリング回転数-----	58
C. 測定項目間の関連性-----	58
4. 考察-----	65
5. 要約-----	66
第4章 上半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験3）-----	68
1.目的 -----	68
2. 方法-----	69
A. 対象者 -----	69
B. 実施場所と時期 -----	69
C. 測定項目-----	70
a. プッシュアップジャンプ -----	70
b. カウンタームーブメント・プッシュアップ-----	70
c. メディシンボールスロー -----	72
d. カウンタームーブメントメディシンボールスロー -----	72
e. ベンチプレス-----	72
D. 統計 -----	75
3. 結果-----	75
A. 競技力との関連性-----	75
B. 測定項目間の関連性 -----	75
4. 考察-----	84
5. 要約-----	87
第5章 討 論 -----	89
1. フィールドテストにおけるテスト種目の有用性-----	89
2. 動作速度の重要性-----	90
3. 個別性に応じたフィールドテストの活用-----	90
A. 競技力に応じた活用-----	90
B. MBT の活用-----	91
4. 実践現場の視点から-----	92
4. 本研究の限界と今後の課題-----	93
第6章 総 括 -----	95
1. 従来 of フィールドテストの再検討（実験1）-----	95

2. 下半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験 2）	95
3. 上半身の爆発的筋力発揮能力の検討（実験 3）	96
4. 結 論	96
謝辞	98

List of tables

- Tables 2-1. Physical fitness and IAAF score in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Tables 2-2. Correlation coefficient between variables in throwers of the 1st grade at university.
- Tables 2-3. Correlation coefficient between variables in throwers of the 2nd grade at university.
- Tables 3-1. Record of 10 yards sprint and maximum pedaling revolution in cycle ergometer.
- Tables 3-2. Correlation coefficient between variables in throwers.
- Tables 4-1. Upper body fitness.
- Tables 4-2. Correlation coefficient between variables in throwers.

List of figures

- Figure 1-1. Backward throw.
- Figure 1-2. Standing long jump.
- Figure 1-3. Standing triple jump.
- Figure 1-4. Vertical tests.
- Figure 1-5. A multi-jump tester utilized for vertical jump tests.
- Figure 2-1. Plot of backward throw (BWT) versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-2. Plot of 30 m sprint record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-3. Plot of maximum pedaling revolution at 1.0 kp versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-4. Plot of maximum anaerobic power (PW) versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-5. Plot of standing long jump (SLJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-6. Plot of standing triple jump (STJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-7. Plot of squat jump (SJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-8. Plot of counter movement jump (CMJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-9. Plot of rebound jump (RJ)-index versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university.
- Figure 2-10. Plot of percent of changes in squat jump (SJ) versus percent of changes in athletic performance in throwers at university.
- Figure 3-1. Plot of record of 10 yards sprint versus athletic performance in throwers.
- Figure 3-2. Plot of maximum pedaling revolution at 1 kp versus athletic performance in throwers.
- Figure 3-3. Plot of maximum pedaling revolution at 3 kp versus athletic performance in throwers.
- Figure 3-4. Plot of maximum pedaling revolution at 5 kp versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-1. Push up jump and countermovement push up.
- Figure 4-2. Medicine ball throw and countermovement medicine ball throw.

- Figure 4-3. One repetition maximum in bench press.
- Figure 4-4. Plot of flight duration in push up jump (PJ) versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-5. Plot of flight duration in counter movement push up jump (CMPU) versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-6. Plot of record of medicine ball throw (MBT) versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-7. Plot of record of counter movement medicine ball throw (CMBT) versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-8. Plot of one repetition maximum in bench press (BP-1RM) versus athletic performance in throwers.
- Figure 4-9. Plot of one repetition maximum in bench press per body mass (BP/BM) versus athletic performance in throwers.

略語と記号

BM	:Body mass 体重
BP	: Bench press ベンチプレス
BWT	: Back ward throw 後方投げ
CMBT	: Counter movement medicine ball throw カウンタームーブメント ト メディシンボールスロー
CMJ	: Counter movement jump カウンタームーブメントジャンプ
CMPU	: Counter movement push up jump カウンタームーブメント プッシュアップジャンプ
MBT	: Medicine ball throw メディシンボールスロー
1RM	: One repetition maximum 最大挙上重量
PJ	: Push up jump プッシュアップジャンプ
RFD	: Rate of force development 筋力立ち上がり速度
RJ-Index	: Rebound jump index リバウンドジャンプ指数
SJ	: Squat jump スクワットジャンプ
SLJ	: Standing long jump 立ち幅跳び
SSC	: Stretch-shortening cycle ストレッチショートニングサイクル
STJ	: Standing triple jump 立ち三段跳び

本論文は以下に示す発表済の論文に未発表の測定結果を加えてまとめたものである。

1. **Takanashi Y.** The relationship between jump ability and athletic performance in athletic throwers. *Sport Mont.* 19 (1), 2021 年 2 月 (in press)
2. **Takanashi Y, Kohmura Y, Aoki K.** Effectiveness of explosive sprint and pedaling exercises for physical fitness assessment of throwers. *Trends in Sport Science.* 27 (4), 213 頁-218 頁, 2020 年 12 月
3. **Takanashi Y, Kohmura Y, Aoki K.** Evaluation of explosive strength ability of the upper body for athletic throwers. *Journal of Human Sport and Exercise.* 2020 年 9 月 (Published in press) <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.171.19>

第1章 緒言

1. 研究背景

A. 投擲競技について

a. 投擲競技の特性

陸上競技の投擲競技は、砲丸投、円盤投、ハンマー投およびやり投の4つの種目により構成される。種目により投擲物の大きさ、長さ、重さ等の規格あるいはその動作様式や遂行時間に違いはあるものの (Isele and Nixdorf 2010, Mero et al. 1994, Morriss et al. 1997, Blazkiewicz et al. 2019) , いずれの種目においても、投射された重量物 (投擲物) の飛距離で成績が決定される。投擲競技において、その飛距離を決定する要因は、風の影響を除けば、リリース時の投射初速、投射角、投射高の三つである。これら要因の中で、投射初速の影響が最も大きいことが知られている (Dapena 1984, Hay 1985, Gregor et al. 1985, Bartlett 1992, Best et al. 1993, Hunter and Kiggore 2003, Murakami et al. 2006, Sugumar 2014) .

b. 日本の競技レベルの現状

日本における投擲競技の競技力は、世界的レベルと比較して劣っているといわざるを得ないが、その差は年々縮まりつつある。これまでオリンピックもしくは世界選手権において、日本人がメダルを獲得することは難しいとされてきたが、2001年の世界選手権エドモントン大会において、室伏広治選手が日本投擲界初となるメダル (銀) をハンマー投で獲得した。その後、室伏選手は世界選手権で

さらに2度、オリンピックにおいても2度のメダルを獲得した。やり投では村上幸史選手が、2009年の世界選手権ベルリン大会において銅メダルを獲得した。これらの活躍をきっかけに、投擲競技の競技力は年々向上している。男子円盤投においては、堤雄司選手が2017年に陸上競技最古であった川崎清貴選手の日本記録を38年ぶりに突破した。現在、男女で合わせて8つの投擲競技のうち、7つの日本記録が2000年代に入ってから更新されたものである。しかしながら、日本の投擲競技には未だ多くの課題が残されており、2021年に開催予定であるオリンピック東京大会に出場が内定している日本人投擲競技者は、いないということもまた現状である。

b-1. 体格および体力面

世界と日本の中に競技力の違いが生まれる要因として、体格の差とそれに伴う体力と技術の差が考えられる。体格面では、世界一流競技者をみれば、日本人とは大きく異なることが容易にみてとれる。体格の差は、体力の発揮度合いに大きく影響する。身長が高いことは、位置エネルギーを獲得することに対して、身体質量が大きいことは、作用と反作用の物理的な点から大きなエネルギーを獲得することに対して、また、上肢が長いことは、円盤投やハンマー投において大きな遠心力を獲得することに対して有利である。日本人競技者の体格が外国の一流選手と比べて劣ることは、世界の舞台で活躍した選手（室伏広治選手、村上幸史選手）においても例外ではない。体重を例にとれば、外国の一流選競技者の殆どが100 kgを超えているのに対し、室伏選手、村上選手はいずれも2008年時点でそ

れを下回っている（室伏選手—96.0 kg，村上選手—93.0 kg）（公益財団法人日本オリンピック委員会 2008）。体格を変化させるには限界があり，体格面で世界水準に劣る日本人競技者は体力，技術面でこれを補う他ない。

室伏広治選手は高校時代に4×100m リレーにおいても活躍していたこと，また，村上選手は陸上競技を始めてわずか2か月で110mHにおいて県大会に出場したことは（濱元 2004），両選手が高いスプリント能力を有していたことを示唆する。このように，世界で活躍する日本人競技者は，体格で劣る点を体力で補っているものと考えられる。

b-2. 技術面

世界一流競技者と日本国内競技者とを比較すると，技術的に幾つかの違いがあることが報告されている。やり投においては，世界一流競技者は日本競技者よりも短時間でリリース時の足の接地を行っていることが報告され，この差は技術面のみではなく，体力の差から生じていることが示唆されている（青山ら 1991）。砲丸投の技術に関しては，投法の違いがあげられる。砲丸投における世界記録（23m12）は，アメリカのランディー・バーンズ選手が回転投を用いて樹立したものである。アメリカをはじめ諸外国では回転投が積極的に導入され，近年では回転投を使用する競技者の割合が高くなってきている。2018年に開催されたオリンピックリオ大会の男子砲丸投では，メダルを獲得した3名の選手は全て回転投法を採用していた。また，本大会では，ウルフティンマーマン選手（東ドイツ）が28年間保持していたオリンピックレコード（22m47）が，回転投法を用いた

アメリカのライアン・クルーザー選手（アメリカ）によって塗り替えられた（22 m52）。さらに、2019年の世界選手権ドーハ大会では、入賞者の8名全てが回転投法を用いており、男子砲丸投における投法は、グライド投法から回転投法に完全に移行したといえよう。

一方、男子日本記録は、2018年によく回転投法を用いた選手によって塗り替えられたが、全体をみると未だにグライド投法が主流である。これを示す例としては、日本最高レベルの競技会である日本陸上競技選手権大会（2019年）では、男子砲丸投における入賞者8名中6名がグライド投法を使用しており、優勝者もグライド投法を使用していたことがあげられる。砲丸投の投法では、長身ではない競技者が回転投法によって成功していることが報告されており、日本人のように体格で世界に劣る競技者は、積極的に回転投法を導入するべきであることが示唆されている（大山 2010）。砲丸投における投法の違いは、日本の投擲競技が世界レベルに未だ差をつけられている要因の一つのことは間違いない。そして、これらの技術的違いに関する先行研究が示す通り、技術面は体格や体力面の影響を受けると考えられ、日本人のように体格に劣る競技者であれば、その特徴に応じた技術が求められるといえる。以上のように、日本における投擲競技の競技力水準は世界からみてまだ劣っているといわざるを得ないものの、室伏選手や村上選手が世界の舞台で活躍したように、体格的ハンデを体力や技術面で補うことで、世界で活躍する余地が十分にあると思われる。

c. 世界的な問題点

世界においても、問題点は多く残されている。投擲競技における世界記録は、男女合わせて 8 種目のうち男子ハンマー投、男女砲丸投、男女円盤投の 5 種目が 1980 年代に樹立されたものである。この他にも、世界歴代 10 傑には 1980 年代に樹立された記録が多くみられる。また、国家の計画として組織的ドーピングが行われた東ドイツの選手の記録も多く残されている。40 年近くが経過した近年も、ハンマー投選手のドーピングやアンチドーピング機構が関わっていたロシアの組織的ドーピングなどの問題が起こっている。投擲競技は筋力が競技力に与える影響が大きいがゆえに (Oliveto 2004)、投擲競技の世界ではドーピングが後を絶たない。

B. 投擲競技におけるトレーニング

a. トレーニングの種類

先に述べた通り、投擲競技の各種目では、投射された重量物の飛距離で成績が決定されること、および投射時の初速が飛距離決定に対する最も重要な要素である点で共通している (Dapena 1984, Hay 1985, Gregor et al. 1985, Bartlett 1992, Best et al. 1993, Hunter and Kiggore 2003, Murakami et al. 2006, Sugumar 2014)。全ての競技スポーツにおいて、その特異性を考慮したトレーニングが選択されることは重要であり (Bartonietz 2000)、投擲競技では、重量物に対して瞬間的に大きな力を加える必要性から、短時間で大きなパワーを発揮することを主目的として、種々のトレーニングが実施されている (以後、短時間

で大きなパワーを発揮する能力を爆発的筋力発揮能力と記す)。また、体力を競技力に十分に生かすためには、爆発的筋力発揮能力を直接高めるためのトレーニング以外にも、様々なトレーニングを計画的に実施する必要がある。最高のパフォーマンスを発揮するためには、その基礎となる体力を鍛錬する時期が計画的に組み込まれることが重要となる。投擲競技のトレーニングを構成している主要内容としては、投擲練習、ウェイトトレーニング、スプリントトレーニングおよびジャンプトレーニングがあげられる。これらの具体的な内容について、以下に述べる。

b. 主要なトレーニングの内容

b-1. 投擲練習

投擲練習は最も高い頻度で実施される練習であり、シーズン中（試合期）、オフシーズン中（鍛錬期）に関わらず、週に 3～5 日の頻度で実施されることが多い。シーズン中においては、競技会で使用する正規規格の投擲物を用い、競技会に近い緊張感の環境下で、短時間集中的に投擲練習を行うことが中心となる。この時期の投擲練習の目的は技術の改善と維持である。必要に応じて、正規の投擲物よりも重量が軽い投擲物を使用する軽量物投げが取り入れられる。軽量物投げの主な目的は、動作速度の改善である。

一方、オフシーズンには、より多くの投擲練習時間と投擲本数が確保される。実際の競技で使用される規格の投擲物だけではなく、これよりも重いものを使用する重量物投げが行われる。重量物投は、主に専門的体力を向上させる目的があ

る。正規の投擲物以外に、メディシンボールや重量ケトルを投射するトレーニングも投擲練習の一つに含まれる（廣瀬ら 2013）。メディシンボール投では、バックワードスロー（Backward throw: BWT）など、実際の投擲動作よりもシンプルな運動を用いたトレーニングが高い頻度で実施される（Figure 1-1）。一方、重量ケトルなどを用いた練習では、実際の投擲動作に近い運動を用いて重量物を投射することで、専門的体力の向上が図られる（廣瀬ら 2013）。

b-2. スプリントトレーニング

スプリントトレーニングには、30～50 m の比較的短い距離のスプリント走が広く行われている。このほか、傾斜を利用した登り走や重りを牽引する牽引走はレジステッド走とも称され、プライオメトリック刺激が負荷されることに加え（Jakalski 1998）、筋力の立ち上がり速度（Rate of force development: RFD）の向上が期待できる（DeWeese and Nimphius 2018）。一方、下り坂を使用したアシステッドトレーニングは、神経系の適応を高めることを目的として実施される（Jakalski 1998）。30～100 m ほどの距離に等間隔に設置されたハードルをクリアランスしながら疾走動作を行うハードル走は、スプリントと同時に跳躍力やリズム・タイミングを強化する方法として、投擲競技の実践現場において広く使用される。

b-3. ジャンプトレーニング

ジャンプトレーニングは、垂直方向と水平方向の二つの方向のジャンプに分け



Figure 1-1. Backward throw.

ることができる。垂直方向へのジャンプトレーニングには、デプスジャンプやハードルジャンプに代表されるプライオメトリクストレーニングや適切な負荷でかつ動作速度に重点をおいたジャンピングスクワットなどが、計画的にトレーニングに組み込まれることが望まれる (Judge 2007)。実践現場では、台からの落下を利用したデプスジャンプやハードルジャンプが広く取り入れられている (Potach and Chu 2018)。しかし、投擲競技者のように体重が重い傾向 (100 kg以上) にある競技者では、怪我のリスクが高まるため (Wathen 1993)、台やハードルの高さを低めに設定する措置が取られることがある。水平方向へのジャンプ種目では、立ち幅跳び (Standing long jump: SLJ) (Figure1-2) と立ち三段跳び (Standing triple jump: STJ) (Figure 1-3) が取り入れられている。

プライオメトリクストレーニングは、上半身に対しても実施される。メディシンボールを用いた投トレーニングやプッシュアップ動作を用いた各種エクササイズなどが導入されている (Potach and Chu 2018)。上半身を用いて素早い動作で大きなパワーを発揮することは、投擲競技の全ての種目で必須とされる (Newton et al. 1997, Potach and Chu 2018)。しかしながら、下半身のプライオメトリクストレーニングほど頻繁に実施されておらず、詳細な研究もなされていない (Potach and Chu 2018)。

b-4. ウェイトトレーニング

ウェイトトレーニングは、最大筋力やパワー発揮能力の向上を主な目的として、積極的にトレーニングに取り入れられている。特に、ベンチプレス、スクワット、

ハイクリーンなどの大筋群を主働筋とした種目は、最も重要視される種目である。シーズン中のウエイトトレーニングは、パワー発揮能力の改善と体力の維持を主な目的として実施される。単発的パワー発揮能力を向上させるために、最大挙上重量 (One repetition maximum: 1RM) の 80~90%程度の負荷で 1~2 回挙上する様式が採用される (Jeremy and Travis 2018)。

一方、オフシーズンにおいては、筋肥大と基礎筋力の向上が主な目的となる。筋肥大を意図する場合は、1RM の 67~85%程度の負荷で 6~12 回程度の回数 of 運動が実施されることが多い (Jeremy and Travis 2018, Hedrick 1996)。効率よく筋力を向上させるためには、1RM の 85%程度の負荷において実施されることが望まれる (Jeremy and Travis 2018)。

投擲競技のウエイトトレーニングにおいては、挙上重量を高めることが最終的な目標ではないことには注意が必要である。オフシーズンに高重量のウエイトを使用して筋力を向上させる目的は、試合期により早い速度を伴う高強度のウエイトトレーニングや、より速度を高めた投擲パフォーマンスに耐えうる基礎を築くことである。ウエイトトレーニングにおける挙上重量は、必ずしも競技力の直接的な評価指標にはならないことは念頭に置くべきである。挙上重量に意識が行き過ぎるあまり、他の競技者と競うように最大挙上重量を高めようとする選手がみられるが、単純に挙上重量を大きくするだけではトレーニング効果は頭打ちになる。また、上級者になるほど適応する余地が小さくなり、それまでとは異なるトレーニングを行うことが必要となる (Stone et al. 2007, Bompa and Haff 2009)。



Figure 1-2. Standing long jump.



Figure 1-3. Standing triple jump.

c. ピリオダイゼーション

前項において、投擲競技のトレーニングを構成する主要なトレーニング内容を挙げた。これらのトレーニングは投擲競技の競技力を高めるうえで必須であるが、種々のトレーニングを、どの時期にどの程度の負荷で実施するのも、同様に重要な事項である。最高の競技力を適切な時期に発揮するために、選手の個別性や競技の特異性にしたがって、トレーニング負荷と回復を理論的かつ体系的に配置する概念は、「ピリオダイゼーション」と称される（Haff and Haff 2012）。投擲競技の実践現場においても、この概念が広く取り入れられている。すなわち、重要視される競技会において、最高の競技力を発揮するために、前項に挙げたトレーニング内容を中心に、それらを計画的に配置することが求められる。

ピリオダイゼーションの概念に基づくトレーニングの年間計画は、複数のマクロサイクルにより構成される。マクロサイクルは「準備期」、「試合期」および「移行期」に大きく分けられる（Stone et al. 1981, Haff 2014）。陸上競技の場合、春と秋に主要な競技会が開催されるため、2つのマクロサイクルに分割される。マクロサイクル（数か月間）はさらに小さなメゾサイクル（2～6週間）、ミクロサイクル（数日～2週間）に細分化される。準備期には、実際の競技で使用される投擲物を投げる練習に多くの時間が費やされ、投擲を数多く行うことに重点が置かれる。また、ウエイトトレーニングやレジスタンストレーニングも積極的に取り入れられ、投擲練習に充てられる時間と同程度の時間が費やされる。試合期では、主に技術面に重点がおかれ、体力面では、オフシーズンにおいて向上させた体力を維持することが主な目的になる。しかしながら、これらのトレー

ニング計画は、指導者の経験に大きく依存して立案されることが多い。

準備期と試合期の間には第一移行期が存在する（Stone and O'Bryant 1987, Stone et al. 1982, Stone et al. 1981）。この期の中心的な狙いは、筋力の向上および筋力をパワー発揮へと変換することである（Stone and O'Bryant 1987, Stone et al. 1981）。一方、試合期が終了した後、次の準備期に入るために、第二移行期が設定される（Stone et al. 1981）。第二移行期は「積極的休養」あるいは「回復期」とも呼ばれ、期間は1～4週間である（Bompa 2009）。

B. 投擲競技の実践環境

投擲競技のトレーニングには、安全性が確保された特殊な設備が必要である。そのため、トレーニングは公共の運動施設や高校、大学等の教育施設を利用して行われることが多い。また、主要なトレーニング種目であるウェイトトレーニングにも、専門的な器具とそれを取り扱うことのできる場所が必要であるが、多くの場合、一組織が持つ設備は限られている。本来ならば、種目や個々人の特性に応じた個別のトレーニングを行うべきであるが、このような実情に対応するためには、投擲競技者は専門とする種目（砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投）毎ではなく1つのグループ（投擲パート）として活動し、類似したトレーニングを行わざるをえない。そのため、4種目の投擲競技に共通して必要であると考えられるトレーニング計画が立案される。

C. 投擲競技者の体力特性とフィールドテスト

a. 投擲競技におけるフィールドテスト

フィールドテストとは、グラウンドや体育館などで行われる体力評価テストであり (Chu and Vermeil 1983) , このテストでは利便性が優先される。したがって、通常、測定にはメジャー、ストップウォッチなどの簡易的な機器が用いられ、特殊な機器が使用されることは稀である。フィールドテストは、年間のトレーニング計画の中に定期的に組み込まれ (Baumgartner and Jackson 2007) , 競技者の才能の評価や改善が必要な身体能力の特定を目的に実施される (McGuigan 2018) .

多くの場合、前述の主要な 4 つのトレーニング種目 (投擲練習, ウェイトトレーニング, 走練習および跳躍練習) に対応したフィールドテスト種目が実施されている。投能力を評価するための種目としては、BWT が広く使用されている (Zaras et al. 2016, Aoki et al. 2015, 高梨ら 2009, 前田ら 2018, 廣瀬ら 2013) . ウェイトトレーニングの体力評価には、ベンチプレス、スクワット、ハイクリーンの 3 種目の 1RM が使用されることが多い (Aoki et al. 2015, Takanashi et al. 2020, 畑山ら 2011, 前田ら 2018) .

走能力の評価には 30 m スプリントが主に用いられているが (Zaras et al. 2016, 高梨ら 2009, 廣瀬ら 2013) , それよりも短い距離 (20 yard [18.188m]) あるいは長い距離 (100 m) が使用された例もある (Morrow et al. 1982, 前田ら 2018) . 脚のパワー測定には、自転車エルゴメータによるパワー評価もスプリント能力と合わせて使用されている (高梨 2009, Aoki et al. 2015) .

ジャンプ能力の評価テストは、垂直方向へのジャンプ種目と水平方向へのジャンプ種目に分けることができる。垂直方向へのジャンプ種目には、スクワットジャンプ (Squat jump: SJ) (Figure 1-4 a), カウンタームーブメントジャンプ (Counter movement jump: CMJ) (Figure 1-4b), リバウンドジャンプ (Rebound jump: RJ) (Figure 1-4c) が (田内ら 2002, 中野ら 2007), 水平方向へのジャンプ種目には, SLJ と STJ が広く使用されている (Aoki et al.2015, 高梨ら 2009, 廣瀬ら 2013, Zaras et al. 2016) .

フィールドテストに関する先行研究には, 1980年代から今日に至るまでほぼ同様のテストが使用されてきたことが記されている (Jones 1988, Borgstrom 1989). また, 殆どの先行研究が特定的一种目 (砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投) についてのものであり, 複数の異なる種目の投擲競技者 (以後, 複数種目投擲競技者と記す) に共通して有効なテスト種目は明らかにされていない.

b. 投擲競技の体力評価

b-1. ボールスロー

砲丸またはメディシンボールを使用した BWT は, 1980年代から用いられてきたテスト種目であり, 競技者の投能力を評価することを主な目的として実施される. 先行研究では, やり投 (Borgstrom 1989), ハンマー投 (国内中級から上級レベルおよび世界一流レベル) (廣瀬ら 2013, Terzis et al. 2010) および円盤投 (国内における幅広いレベル) (前田ら 2018) において, BWT の成績と競技力との間に正の相関関係があることが示されている. また, 複数種目投擲競技者

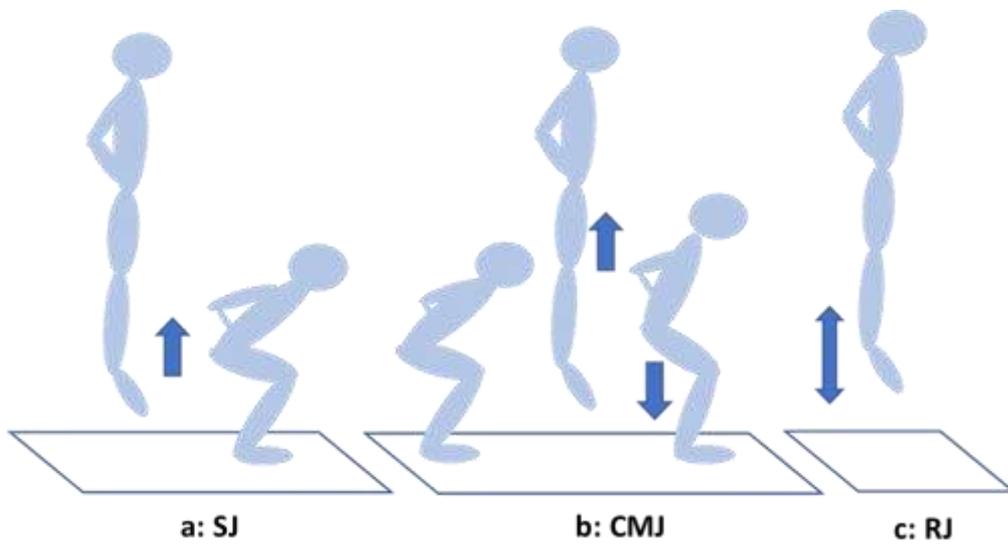


Figure 1- 4 . Vertical jump tests. SJ, squat jump; CMJ, counter movement jump; RJ, rebound jump.

を対象とした例においても、同様の関係がみられることが報告されており (Zaras et al. 2016, Aoki et al. 2015, 高梨ら 2009) , BWT は様々な要素を総合的に評価できる種目であることが示唆される (前田ら 2018) . 一方, 投能力を評価する際, その能力に上半身の体力がどれほど貢献しているかを知ることは, トレーニングの見直しや競技者の体力的特徴を知る上で重要なことである. しかしながら, BWT は全身のパワー発揮が求められる種目であるため, 上半身に特化した投射能力を評価できないことが課題である. この問題に対しては, 長座の体勢から前方にボールを押し出すように投げるシットイングスローが採用されてきた (Harris et al. 2011) . シットイングスローでは, 脚筋は殆ど用いられない. したがって, 上半身の体力に依存した投能力を評価するテスト種目として有用であると考えられる. しかしながら, 国内外問わず投擲競技者の投能力の評価は, BWT が多用されており, シットイングスローと競技力との関連性を検討した報告はなされていない.

b-2. スプリント能力

スプリント能力は, 30 m 走のタイムで評価されることが多い. Zaras et al. (2016) および高梨ら (2009) による報告は, スプリント能力と競技力の関係を複数種目投擲競技者を対象とした数少ない研究の一つである. Zaras et al. (2016) は, 20 週間のトレーニングによって 30 m 走のタイムと競技力の双方が改善されたこと, また両者間の決定係数が 0.63 であったことを示し, 30 m 走は有用な測定種目であることを示唆した. これに対して高梨ら (2009) は, オフシ

ーズンに入る前と比べオフシーズン後では、30 m 走のタイムおよび競技力の両方が向上したが、両者の間に関連性は観察されなかったことを報告している。特定の種目を対象とした報告では、円盤投競技者の 30 m 走のタイムと競技力の間には正の相関関係がみられたことが前田ら（2018）によって、一方、ハンマー投競技者ではそのような関係が認められなかったことが廣瀬ら（2013）によって示されている。

このように、スプリント能力と投擲競技力との関係について統一された見解が得られていない理由として、以下の2点が考えられる。第一は、30 m という距離が適切であるかどうかである。30 m よりも短い距離（20 yard）（Morrow et al. 1982）あるいは長い距離（100 m）（前田ら，2018）を用いた研究も存在するが、どの距離が最適であるかはよく分かっていない。第二は、対象者の体重の影響である。投擲競技にとって、体格が大きいことは、重量物に大きな力を加える点では有利に働く要素である。体重が重いことにより、ネガティブな影響を受けるスプリントは、投擲競技者の体力評価に不向きであることが考えられる。そうであれば、体重の影響を受けない自転車エルゴメータによる評価（後述）の方が適している可能性がある。

b-3. 自転車エルゴメータ

自転車エルゴメータによるテストの目的は、スプリント能力と同様に、脚のパワー発揮能力を評価することである。パワー発揮能力は、最高ペダリング回転数と最大無酸素パワーの2つの変数で評価されることが多い。最高ペダリング回転

数のテストでは、極めて高い速度でのパワー発揮能力を評価するために、軽量負荷（1.0 kp [1 kg 重]）でのペダリングにおける最高回転数が計測される。

最大無酸素パワーテストでは、測定器に設定されたプログラムが使用されることがある。プログラムの例としては、下記のようなものがある（パワーマックス VIII, 株式会社コナミスポーツの場合）（中村 1984）。

- (1) 種々の負荷での全力ペダリングの結果から、それぞれの負荷でのパワーを算出する。
- (2) X軸を負荷、Y軸をパワーをとし、負荷とパワーの関係をプロットする。
- (3) 両者の関係を示す二次曲線を算出し、極大値を無酸素パワーとする。

競技力と自転車エルゴメータで測定されたパワー発揮能力との関係については、砲丸投（Landolsi et al. 2014）およびやり投（Bouhlef et al. 2007）では、両者の間に高い相関関係があることが報告されている。一方、複数種目投擲競技者を対象とした研究では、相反する結果が観察されている。例えば、高梨ら（2009）は、複数種目投擲競技者（大学生女子）のパワー発揮能力をオフシーズン前後に測定し、(1) 最大無酸素パワーについては、オフシーズン前後とも競技力と正の相関関係が認められたこと、(2) 最高ペダリング回転数については、オフシーズン前においてのみ、競技力と正の相関関係がみられたことを報告している。これに対して Aoki et al. (2015) は、最大無酸素パワーと競技力との間に関連性は認められなかったことを示している。この研究で彼らは、体重当たりの最大無酸素パワーを採用している。投擲競技では、一定の重さの重量物により大きな力を加えることが競技成績を決める主要な因子となり、したがって、最大無酸素パワー

の相対値より絶対値の方が重要な要素となる。これらのことを考慮すると、最大無酸素パワーを体重当たりの値で評価することは適切ではないと考えられる。

自転車エルゴメータを用いたテストの問題点としては、運動の形態があげられる。最大無酸素パワーテストでは、10秒間のペダリング運動が3セット実施される。また、最高ペダリング回転数のテストでは、時間制限を設けず測定が行われる。投擲競技の運動特性を考慮し、より短い時間で運動が終了する形態を採用するなどの検討を行う必要がある。

b-4. ジャンプ能力

前述のように、ジャンプ能力のテスト種目は、水平方向へのジャンプ種目（SLJ および STJ）と垂直方向へのジャンプ種目（SJ, CMJ および RJ）に大別される。SLJ では、脚力に大きく依存した跳躍力が評価される。一方 STJ では、着地動作を次の跳躍動作へと結びつける必要があるため、脚力に加え技術的要素が成績に大きな割合で関与する（高梨 2009, 畑山ら 2011, Chu and Vermail 1983）。

水平方向へのジャンプ種目の成績と競技成績の関係については、幾つかの報告がなされている。特定の種目についての研究では、男子円盤投および大学生ハンマー投において、SLJ, STJ の両方の成績と競技成績の間に正の相関関係があることが認められている（前田ら 2018, 廣瀬ら 2015）。一方、男子円盤投について競技レベル別（トップクラス群およびミドルクラス群）に検討した研究では、トップクラス群（日本陸上競技選手権大会において3位以上の入賞経験あり）の

STJ においてのみ、競技力との間に関連性がみられたことが報告されている（畑山ら 2011）。複数種目投擲競技者を対象にした報告では、SLJ, STJ の両方の成績と競技成績の間に正の相関がみられたとするものもあれば（高梨ら 2009）、両方ともみられなかったとするものがある（Aoki et al. 2015）。

垂直方向へのジャンプ種目の測定には、コンタクトマットシステム（株式会社 DKH : Figure 1-5）が広く使用されている。これは床に敷かれたマットにかかる圧力を測定し、ジャンプ時における滞空時間から跳躍高を算出する機器である。垂直方向へのジャンプでは、重心を水平方向に移動させる動作が含まれない。そのため、水平方向へのジャンプ種目と比べ、ジャンプ力がシンプルに反映される。垂直方向へのジャンプ力の測定には、SJ, CMJ および RJ が広く用いられている。SJ は膝関節を 90 度に屈曲し静止した状態から上方へと跳躍する種目であり、爆発的筋力発揮能力の指標として用いられる（Waller et al. 2013）。CMJ は反動を用いた垂直跳びであり、SJ よりも大きなモーメントを獲得できる運動様式である（Waller et al. 2013,）。RJ は、接地時間をでき得る限り短くするようこころがけ、最大努力で連続して 5 回のジャンプを行う運動であり、ストレッチ・ショートニングサイクル（Stretch-shortening cycle: SSC）による腱の弾性エネルギーを評価する種目として用いられている（図子ら 1993）。変数としては、RJ の跳躍高を接地時間で除した指数である RJ-Index が用いられる。

垂直方向へのジャンプ力と競技力の関連性について、やり投では SJ および CMJ との間に正の相関関係がみられること（中野ら 2007）、また、サークル系競技（砲丸投、円盤投、ハンマー投）では、SJ, CMJ および RJ-Index との間に正の相関がみら

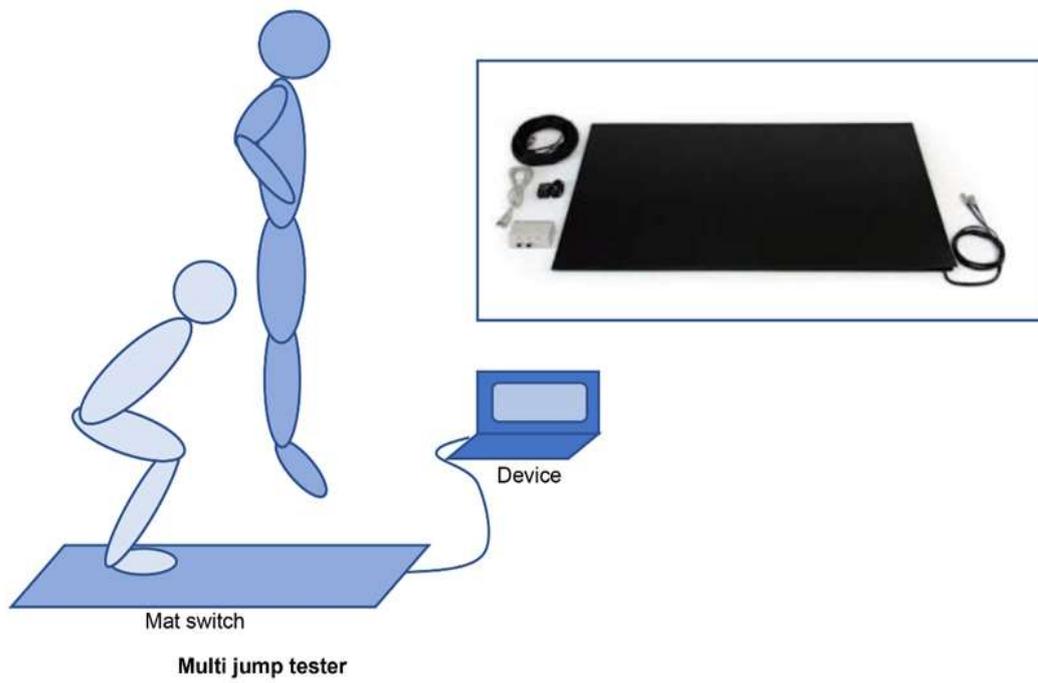


Figure 1-5. A multi-jump tester utilized for vertical jump tests.

れるが、決定係数は RJ が最も低いことが示されている。前述のように、RJ-Index の成績は腱の弾性エネルギーを反映しており、SJ と CMJ とは区別されるべきである（田内ら 2002, 中野ら 2007）。しかし、SJ および CMJ の測定値と RJ-Index の測定値をどのように使い分けるかについては、十分な検討はなされていない（Bobbert et al. 1996, Waller et al. 2013）。また、実践現場では、両タイプのテストを区別せず、1つの跳躍力のテスト種目として扱われることが多い。

b-5. ウェイトリフティングにおける 1RM

ウェイトリフティングにおける 1RM は、低速でのパワーを示す指標である。競技力との関係については、円盤投競技者 114 名において、ベンチプレス、スクワット、ハイクリーンの 1RM との間に正の相関関係があることが（前田ら 2018）、また競技レベルの高い円盤投競技者 13 名では、ハイクリーンの 1RM のみと正の相関関係があることが報告されている（畑山ら 2011）。しかしながら、前者の研究では、質問紙法によってデータが収集されている。1RM は測定基準が人によって異なることを考慮すると、測定値の信頼性に疑問が残る。女子円盤投競技者を対象にした研究では、ベンチプレス、クリーン、スナッチの 3 種目に競技力との間に正の相関関係がみられたが、スクワットでは関連性は認められなかったことが示されている（Takanashi et al. 2020）。

投擲競技者に最終的に求められることは、投擲物をより高速で投射する能力を身に付けることである。最も大きな質量の投擲物を使用される男子砲丸投と男子ハンマー投でさえ、その重量は 7.26 kg である。したがって、例えば 200 kg のベ

ンチプレスを挙上できたとしても、そのことが投擲の飛距離向上に直接つながるわけではない。オフシーズンでは、ウェイトトレーニングにおける 1RM を高めることは、基礎的な体力の向上に繋がり、重要なトレーニングとして位置づけられている。しかしながら、1RM の測定値が競技成績を反映した体力評価として用いていることに対しては、近年疑問視されている。

2. 投擲競技の実践現場における課題と IAAF Score

A. 実践環境とフィールドテスト

全ての競技スポーツにおいて、(1) 適切なトレーニングの計画、(2) トレーニングの実施、(3) トレーニング効果の確認および (4) トレーニング計画の見直しが求められる。投擲競技では、この過程において、フィールドテストは重要な位置づけにある。前述のように、投擲競技のトレーニングには、安全性が確保された特殊な設備が必要である。特に、学校教育における課外活動では、練習環境の関係から、複数種目投擲競技者が同時に、また同様のトレーニングをするケースが多い。その場合、簡便性の観点からも、複数種目投擲競技者に有用な共通したフィールドテストの開発が望まれる。これまで、それがなされてこなかったのは、異なる種目の競技パフォーマンスを統一したスケールで比較できないことが、その理由の一つとして考えられる。

B. IAAF Score

国際陸上競技連盟 (International association of athletics federations: IAAF) は、IAAF scoring tables と呼ばれる得点表を公開している。これは陸上競技の普及を主

目的として作成されたものであり、複数の種目が開催される特定の競技会において、最も優れた成績を収めた競技者を選定すること、あるいはクラブチームや学校の部活動における競技力を評価することなどに活用されている (Spiriev 2011)。得点表では、世界で開催された競技会における成績に基づき、各種目の記録が得点化されており、2011年に初公開され2017年に改訂された。

この得点を主要競技会での競技成績と照らし合わせると、最もレベルの高い競技会である世界陸上競技選手権大会あるいはオリンピックでは、出場可能レベルが約1150点、8位入賞レベルが約1200点である。国内最高レベルの競技会である日本選手権では、出場可能レベルが約850点、8位入賞レベルが約900点である。また、関東地区における大学生競技者を対象とした場合、主要な競技会の一つである関東学生陸上競技対校選手権に出場するためには約750点が、同競技会で8位に入賞するためには約800点が必要となる。このように IAAF Score を用いることで、異なる種目間の記録を比較することが可能となり、複数種目投擲競技者を対象とした共通テスト種目の開発に活用できるものと考えられる。

3. 本研究の目的

本研究では、複数種目投擲競技者に対して共通して使用可能なフィールドテスト種目を特定することを目的とした。そのために、以下に示す3つの検討が行われた。

A. 従来のフィールドテストの再検討（実験1）

これまで、複数種目投擲競技者らに対して、有効なフィールドテスト種目が開発されてこなかった理由は、異なる種目（砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投）の記録（飛距離）を単純に比較できないことにあった。近年、陸上競技における各種目の成績を得点化した IAAF Score が、実践現場において認知されるようになり、異なる種目の成績を統一したスケールで検討することに対する有用性が期待されている。そこで、実験1では、IAAF Score を用いて、従来のフィールドテスト種目と競技力の関連性を検討し、複数種目投擲競技者を対象に利用可能なフィールドテスト種目を特定すること目的とした。

B. 下半身の爆発的筋力発揮能力を測定する方法の検討（実験2）

前述のように、投射時の速度が飛距離決定の最も重要な要素であることは、全ての投擲種目に共通する。このことから、爆発的筋力発揮能力を評価するテストが、フィールドテストとして最も有効であることが示唆される。そこで実験2では、実験1の結果に基づき、下半身の爆発的筋力発揮能力を反映すると考えられるテスト種目を考案し、その有用性を検討することを目的とした。

C. 上半身の爆発的筋力発揮能力を測定する方法の検討（実験3）

従来のフィールドテスト種目の殆どは、脚または全身のパワー発揮能力を評価するものである。しかしながら、投擲種目では保持した重量物（投擲物）を一気に投射する必要があり、そのためには大胸筋や上腕三頭筋の素早い起動が求めら

れる。したがって、上半身によって発揮されるパワーも軽視できない。そこで実験 3 では、上半身の爆発的筋力発揮能力を反映すると考えられるテスト種目を考案し、その有用性を検討することを目的とした。

第2章 従来のフィールドテストの再検討（実験1）

1. 目的

前項で述べた通り、競技者の才能を評価するうえで、また体力的な課題を把握するうえで、フィールドテストは重要な位置づけにある。投擲競技では、トレーニング施設の都合上、複数種目投擲競技者が同時に、また類似したトレーニングを行うことが多い。このような状況下では、1つの種目に限定せず、投擲競技者全体に活用できる共通テストが必要となる。しかしながら、そのようなテスト種目は、これまで明らかにされてこなかった。その理由として、異なる種目（砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投）の飛距離を単純に比較できないことがあげられる。この問題に対して、先行研究では記録の変化率（Zaras et al. 2016）あるいは世界記録に対する達成率（Bourdin et al. 2010）を用いた例がみられる。しかしながら、変化率を求めるためには複数回の測定が必要であり、競技現場の立場からは利用効率が高いとは言い難い。また、世界記録は、種目により樹立された年代に大きな開きがあり、（1980年代から2010年代）、世界記録自体の達成率が種目間で同一であるとは思われない。そのため、それらを基準にすることには疑問が残る。

IAAFは、世界中で開催された競技会における成績に基づき、各種目の記録を得点化した、IAAF Score と呼ばれる得点表を公開している。IAAF Score を用い異なる種目間の記録を比較することで、複数種目投擲競技者を対象とした共通テスト種目を明らかにできる可能性がある。そこで、本実験では、これまで実践現場で広く使用されてきた従来のフィールドテスト種目の成績と IAAF Score の関連性を検

討し、共通テスト種目を特定することを目的とした。

2. 方法

A. 対象者および実験の概要

被験者は、24名の男子大学生投擲競技者であった。全ての対象者は、本実験の主旨、方法等について説明を受け同意した。なお、本実験の測定値は、あらかじめ第三者により匿名化されており、個人が特定されることが無いよう配慮した。課外活動において測定されたデータを研究に利用することについては、順天堂大学スポーツ健康科学部倫理審査委員会の承認を受けた (No. 31-91)。

被験者の年齢は 18.4 ± 0.7 歳、身長は 177.2 ± 5.3 cm、体重は 88.6 ± 9.7 kg であった。また、種目の内訳は、砲丸投 3 名、円盤投 9 名、ハンマー投 7 名、やり投 5 名であった。本実験では、2009 年から 2019 年までに得られた被験者のデータを対象とした。大学 1 年次と 2 年次のデータを使用し、競技力とフィールドテストの成績との関連性を検討した。

B. 測定項目

a. BWT

BWT には、4 kg のメディシンボールを使用した。投射開始のラインを設けたが、ファールラインは設けず、投射後に投射方向へ体が飛び出ても成功試技とした (Figure 1-1)。投射開始ラインの中央と落下時の痕跡のうち最も投射開始地点に近い点の距離を測定値として採用した。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

b. 30 m スプリント

30 m スプリントは、スタート時の一步目の接地を計測のスタートとするタッチダウン式を採用した。スタートから 30 m 地点の垂直面上に対象者の胴体が到達した時点をゴールとし、所要時間を 100 分の 1 秒まで測定した。測定は十分な休息時間を挟み 2 回行い、良い方の記録を採用した。

c. 1.0 kp の負荷による最高ペダリング回転数

実験にはパワーマックス (Power MAX VIII, 株式会社コナミスポーツ) を、また、負荷としては 1.0 kp を用いた。十分なウォーミングアップを行った後、スタートの合図で 10 秒間の全力ペダリングを行わせた。ペダリング中、瞬間的に到達した最も高い回転数を測定値として採用した。測定は十分な休息時間を挟み 2 回行い、良い方の記録を採用した。

d. 最大無酸素パワー

最大無酸素パワー能力の測定では、パワーマックスでの 10 秒間の全力ペダリングを、2 分間の休息を挟み異なる負荷で 3 セット実施した。十分なウォーミングアップを行った後に測定を行った。3 セットの測定結果から、パワーと負荷の関係をプロットし、両者の関係を示す二次曲線を算出し、最大値を測定値として採用した。なお、測定は 1 回実施した。

e. SLJ

SLJ の測定では、被験者に足は肩幅のスタンスで構え、腕と脚の反動動作を利用して水平方向に跳躍するように指示した (Figure 1-2)。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

f. STJ

STJ の測定では、被験者に足は肩幅のスタンスで構え、腕と脚の反動動作を利用して、水平方向に片足交互にて 3 ストライドのジャンプをするように指示した (Figure 1-3)。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

g. SJ

SJ, CMJ および RJ の測定には、コンタクトマットシステム (株式会社 DKH) を使用した。SJ の測定では、膝関節の角度が 90 度で静止した姿勢から、反動を用いず上方に跳躍させた (Figure 1-4a)。跳躍時の離地から着地までに要した時間から、跳躍高を算出した。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

h. CMJ

CMJ の測定では、両手を腰の位置に構え、直立した状態から反動を用いて上方に跳躍させた (Figure 1-4b)。跳躍時の離地から着地までに要した時間から、跳躍高を算出した。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

i. RJ-index

RJ の測定では、マット上で5回の連続ジャンプを行わせた (Figure 1-4c). 被検者には、接地時間を短くするよう指示した. 5回のジャンプのうち最高値を測定値とし、跳躍高をその跳躍の直前の接地時間で除した値 (RJ-index) を算出した. 測定は2回行い、良い方の記録を採用した.

C. 統計

統計量は、平均±標準偏差で示した. 統計的分析には、Sigma Plot 14.0 (Systat Software Inc.) を使用した. 各学年間の測定値の比較には対応のある t-test を、各測定項目間の相関の検定にはピアソンの積立相関係数を用いた. また、危険率は5%未満とした.

3. 結果

A. IAAF Score

IAAF Score を1年次と2年次を比較すると、全ての被験者の値が2年次において高く、その平均値は1年次で 754.0 ± 57.6 点、2年次で 814.5 ± 50.3 点であった (Table 2-1). 1年次と2年次の差異は有意 ($t=-9.732, p<0.001$) であり、その向上率の平均値は8.2%であった.

B. BWT

BWT の測定値は、1年次で 16.48 ± 1.61 m、2年次で 16.96 ± 2.02 m であり、

両者の間に有意な差異はみられなかった (Table 2-1). IAAF Score との関連性では, 2 年次では有意な正の相関関係がみられたが ($r=0.417$, $p<0.05$), 1 年次では同様の関係は観察されなかった (Figure 2-1).

C. 30 m スプリント走

30 m スプリント走の測定値は, 1 年次で 4.31 ± 0.23 秒, 2 年次で 4.18 ± 0.20 秒であり, 両者の間に有意な差異はみられなかった (Table 2-1). IAAF Score との関連性では, 1 年次, 2 年次ともに有意な関係は認められなかった (Figure 2-2).

D. 負荷 1.0 kp による最高ペダリング回転数

負荷 1.0 kp による最高ペダリング回転数は, 1 年次で 234.0 ± 14.2 回/分, 2 年次で 241.4 ± 10.4 回/分であった (Table 2-1). 1 年次と 2 年次の差異は有意 ($t=-2.024$, $p<0.001$) であり, その向上率の平均値は 3.4% であった. IAAF Score との関連性では, 1 年次, 2 年次ともに有意な関係は認められなかった (Figure 2-3).

E. 最大無酸素パワー

最大無酸素パワーは, 1 年次で 1206.7 ± 213.4 W, 2 年次で 1295.0 ± 117.8 W であった (Table 2-1). 1 年次と 2 年次の差異は有意 ($t=-2.319$, $p<0.05$) であり, その向上率の平均値は 9.6% であった. IAAF Score との関連性では, 1 年次, 2 年次ともに有意な関係は認められなかった (Figure 2-4).

Table 2-1. Physical fitness and IAAF score in throwers of the 1st and 2nd grade at university.

	1st		2nd		
	Maen ± SD	Range (Min-Max)	Maen ± SD	Range (Min-Max)	% Change
IAAF Score	754.0±57.6	609-833	814.5±50.3 ^{***}	725-890	8.2±4.5 ^{***}
30m, sec	4.3±0.2	3.9-4.9	4.2±0.2	3.8-4.6	3.4±8.7
BWT, m	16.5±1.6	13.2-19.6	17.0±2.0	13.2-20.9	3.1±9.2
SLJ, m	2.7±0.2	2.5-3.0	2.8±0.2 ^{**}	2.6-3.1	2.6±3.5 ^{**}
STJ, m	7.9±0.6	7.1-9.2	8.0±0.6	7.0-9.2	0.1±2.6
SJ, cm	39.5±5.3	33.5-53.0	40.9±4.9 ^{**}	34.2-52.9	4.0±5.4 ^{**}
CMJ, cm	46.4±7.1	37.1-63.5	47.9±7.4 ^{**}	38.8-68.7	3.3±4.4 ^{**}
RJ-Index, cm/msec	2.1±0.4	1.3-2.6	2.0±0.4	1.1-2.6	-4.7±12.9
1.0kp, rpm	234.0±14.2	197-258	241.4±10.4 ^{***}	218-257	3.4±4.1 ^{***}
PW, W	1206.7±213.4	807-1919	1295.0±117.8 ^{**}	1023-1490	9.6±15.8 ^{**}

Measurements of physical fitness were performed twice. * $p < 0.05$, vs. 1st. ** $p < 0.01$, vs 1st. *** $p < 0.001$, vs. 1st. 30m, 30msprint; BWT, Backward throw; SLJ, Standing long jump; STJ, Standing triple jump; SJ, Squat jump; CMJ, Counter movement jump; RJ-Index, Rebound jump index; 1.0kp, Maximum effort at 1.0kp; PW, Maximum anaerobic power.

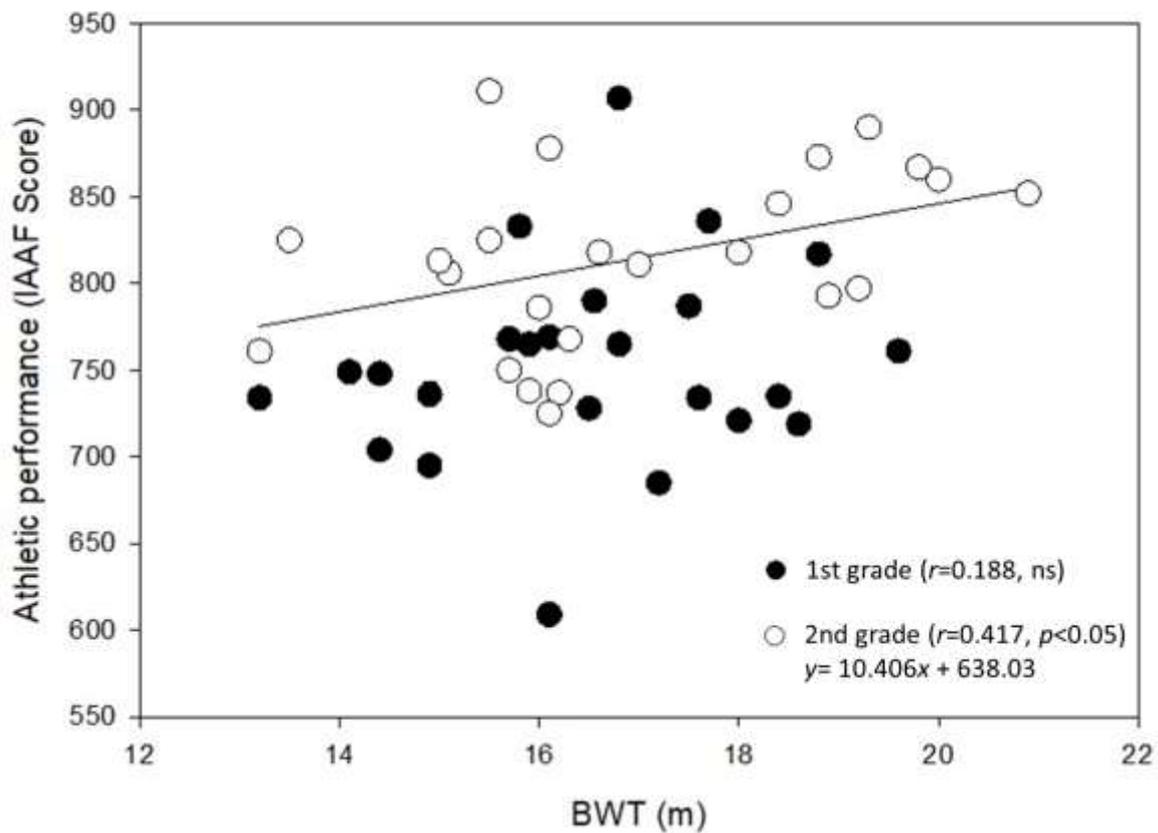


Figure 2-1. Plot of backward throw (BWT) versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a significant correlation between BWT and IAAF Score in the 2nd grade but not in the 1st grade. ns, non-significant.

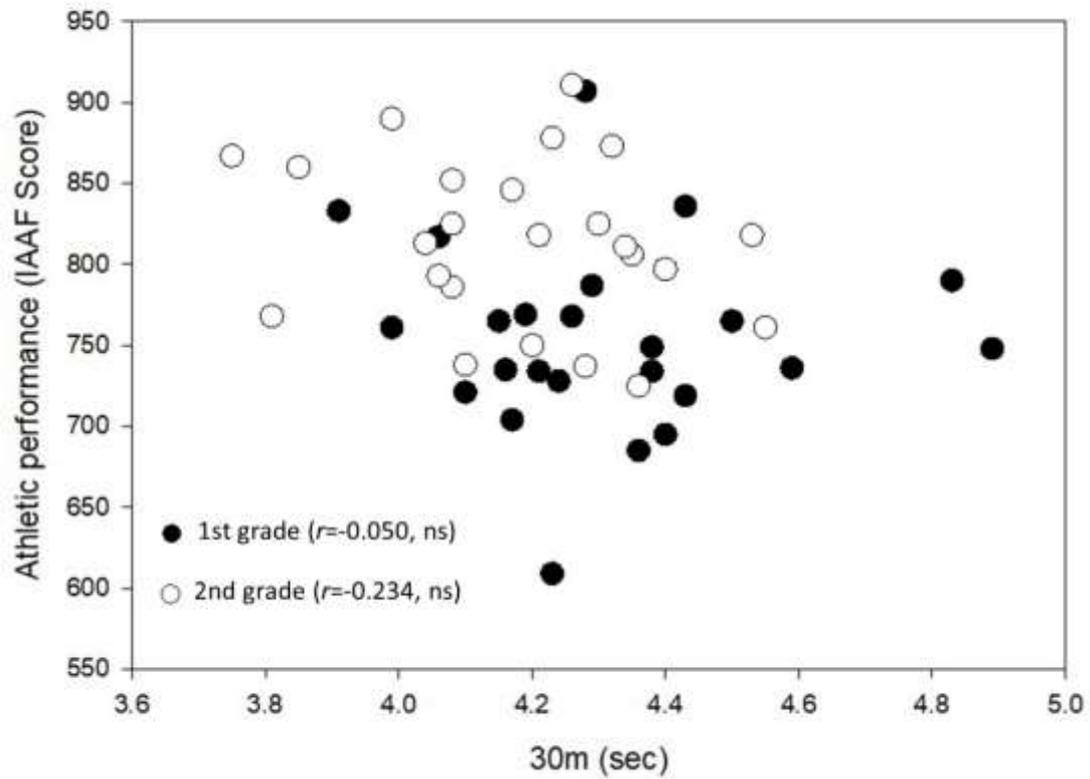


Figure 2-2. Plot of 30 m sprint record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between 30 m record and IAAF Score in the 1st or 2nd grade. ns, non-significant.

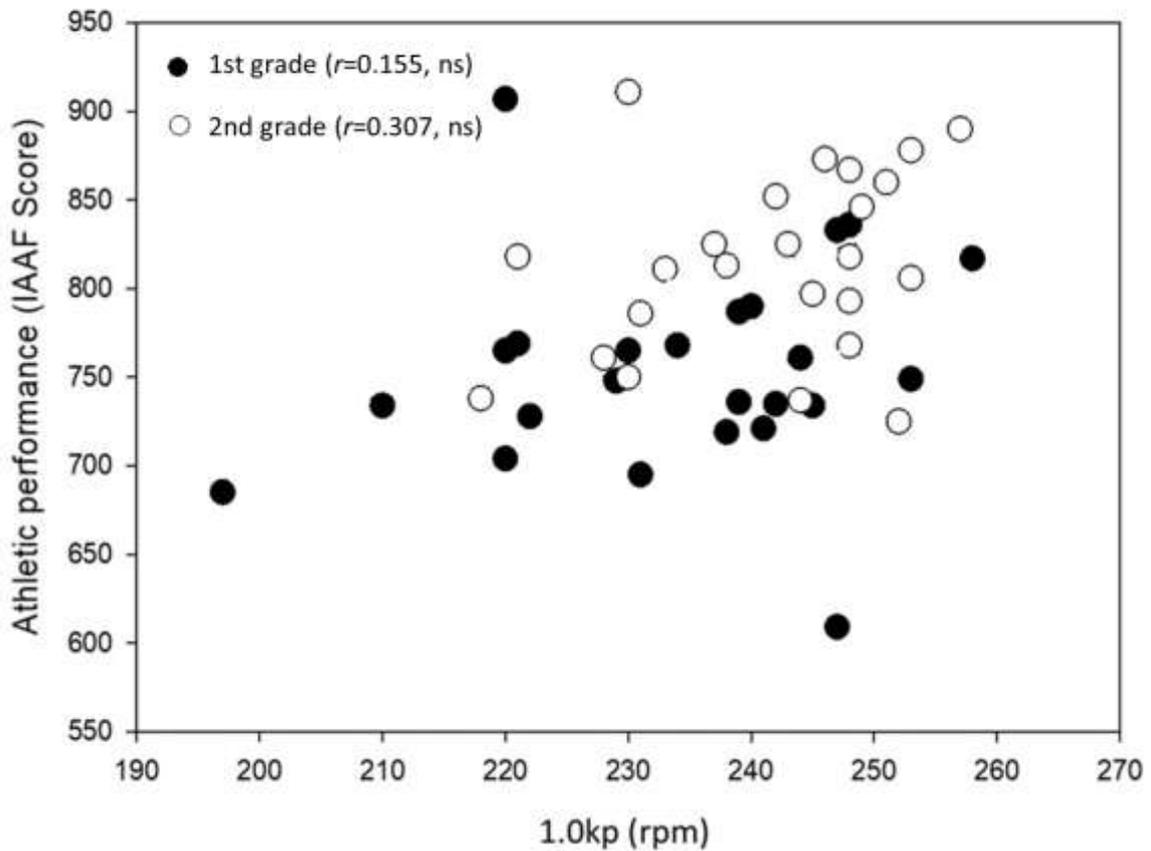


Figure 2-3. Plot of maximum pedaling revolution at 1.0 kp versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between maximum pedaling revolution and IAAF Score in the 1st or 2nd grade. ns, non-significant.

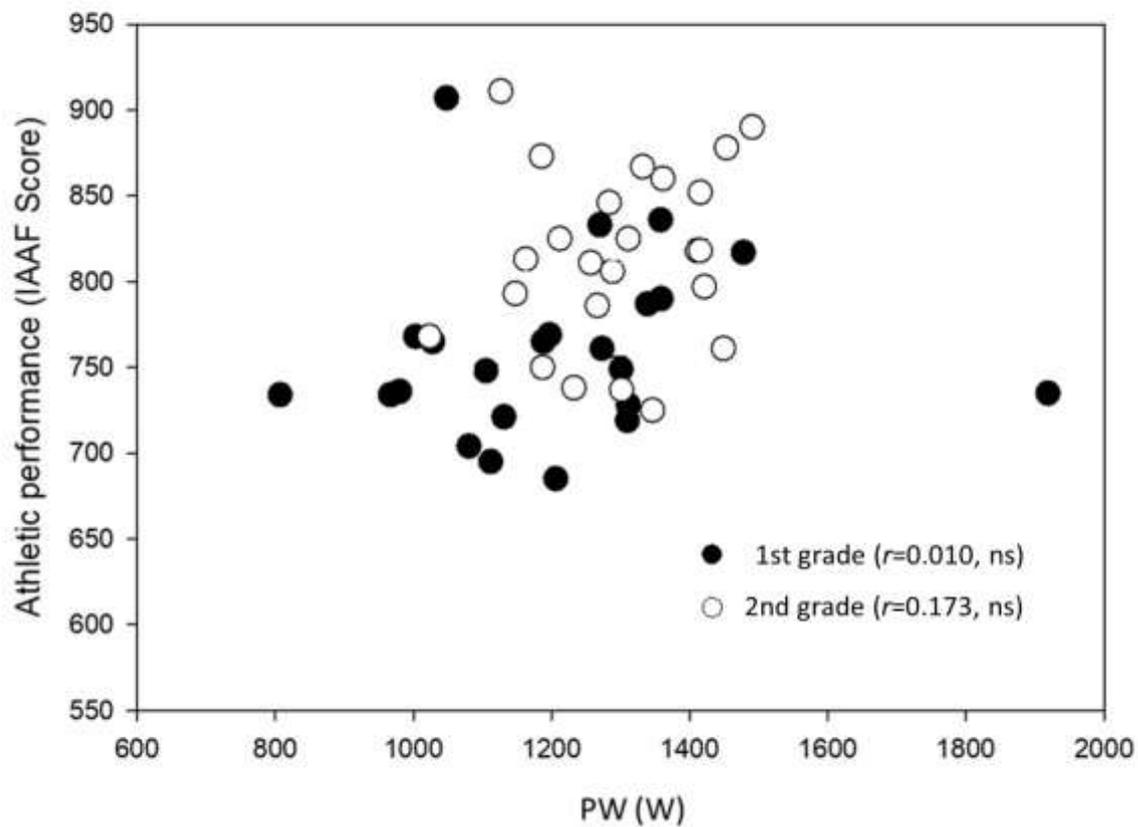


Figure 2-4. Plot of maximum anaerobic power (PW) versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between PW and IAAF Score in the 1st or 2nd grade. ns, non-significant.

F. SLJ

SLJ の測定値は，1 年次で 2.72 ± 0.18 m，2 年次で 2.79 ± 0.17 m であった (Table 2-1). その差異は有意 ($t=-3.421$, $p<0.01$) であり，その向上率の平均値は 2.6% であった. IAAF Score との関連性では，1 年次，2 年次ともに有意な正の相関関係がみられた (1 年次 $r=0.411$, $p<0.05$; 2 年次 $r=0.408$, $p<0.05$) (Figure 2-5).

G. STJ

STJ の測定値は，1 年次で 7.90 ± 0.62 m，2 年次で 7.96 ± 0.61 m であり，両者の間に有意な差異はみられなかった (Table 2-1). IAAF Score との関連性では，1 年次，2 年次ともに有意な関係は認められなかった (Figure 2-6).

H. SJ

SJ の測定値は，1 年生次で 39.5 ± 5.3 cm，2 年次で 40.9 ± 4.9 cm であった (Table 2-1). その差異は有意 ($t=-3.490$, $p<0.01$) であり，その向上率の平均値は 4.0% であった. IAAF Score との関連性では，1 年次，2 年生次ともに有意な正の相関関係がみられた (1 年次 $r=0.528$, $p<0.01$; 2 年次 $r=0.582$, $p<0.01$) (Figure 2-7).

I. CMJ

CMJ の測定値は，1 年次で 46.4 ± 7.1 cm，2 年次で 47.9 ± 7.4 cm であった (Table 2-1). 1 年次と 2 年次の差異は有意 ($p<0.05$) であり，その向上率の平均値は 3.3% であった. IAAF Score との関連性では，1 年次，2 年次ともに有意な正の相関関

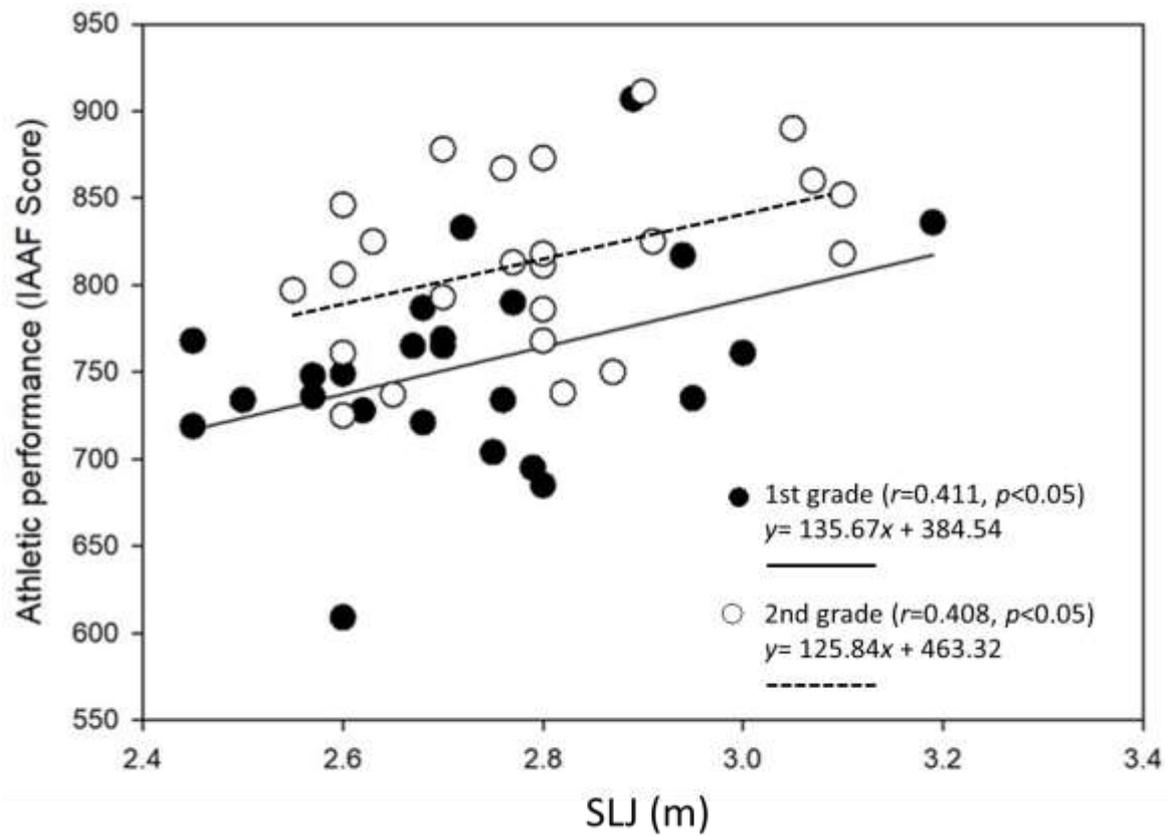


Figure 2-5. Plot of standing long jump (SLJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a significant correlation between SLJ record and IAAF Score both in the 1st and 2nd grade.

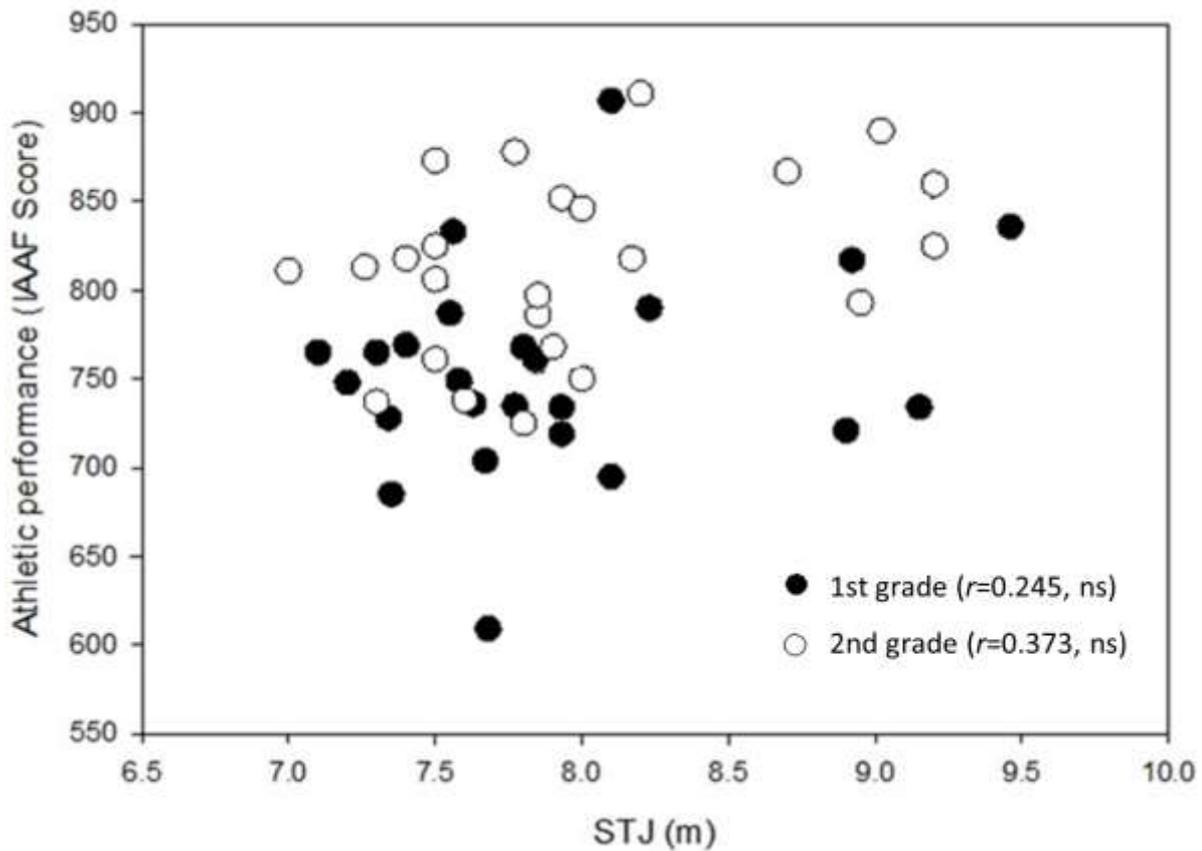


Figure 2-6. Plot of standing triple jump (STJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between SLJ record and IAAF Score in the 1st or 2nd grade. ns, non-significant.

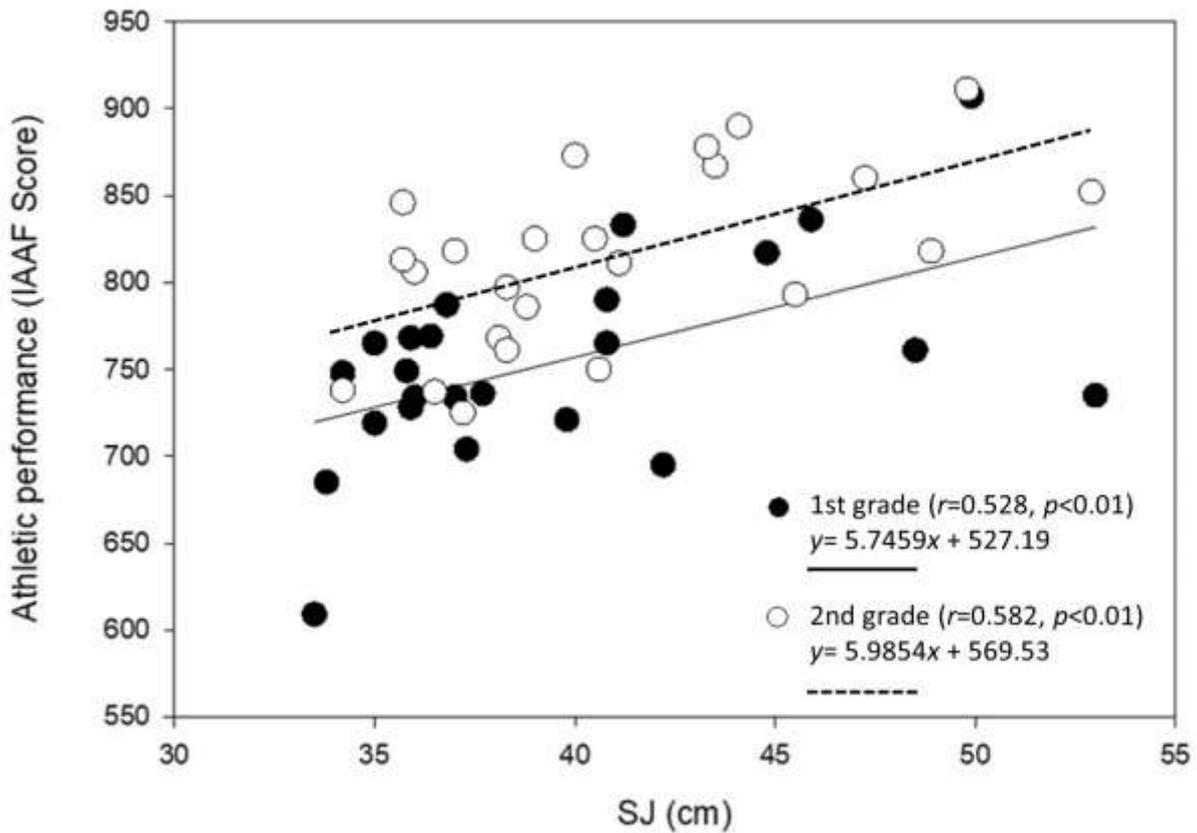


Figure 2-7. Plot of squat jump (SJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a significant correlation between SJ record and IAAF Score both in the 1st and 2nd grade.

係がみられた (1 年次 $r=0.538$, $p<0.01$; 2 年次 $r=0.511$, $p<0.05$) (Figure 2-8).

J. RJ-index

RJ-index は, 1 年次で 2.1 ± 0.4 cm/msec, 2 年次で 2.0 ± 0.4 cm/msec であり, 両者の間に有意な差異はみられなかった (Table 2-1). IAAF Score との関連性では, 1 年次, 2 年次ともに有意な関係は認められなかった (Figure 2-9).

K. 測定項目間の関連性

測定項目間の相関係数を Table 2-2 および Table 2-3 に示した. 跳躍種目間で一致度が高く. SLJ と SJ, CMJ の 3 種目では, いずれの組み合わせにおいても, 1 年次, 2 年次ともに, 他と比べ高い相関係数が観察された.

L. IAAF Score 変化率と各測定項目の変化率との関連性

1 年次の記録に対する 2 年時の記録の割合を変化率とし, IAAF Score の変化率と各測定項目の変化率との関係を検討した. その結果, SJ の変化率との間にのみ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.437$, $p<0.01$) (Figure 2-10).

4. 考察

本実験の目的は, 複数種目投擲競技者に対して有用な共通フィールドテスト種目を特定することであった. 異なる種目の記録を直接比較することはできないため, 競技力の判定には IAAF Score を用いた.

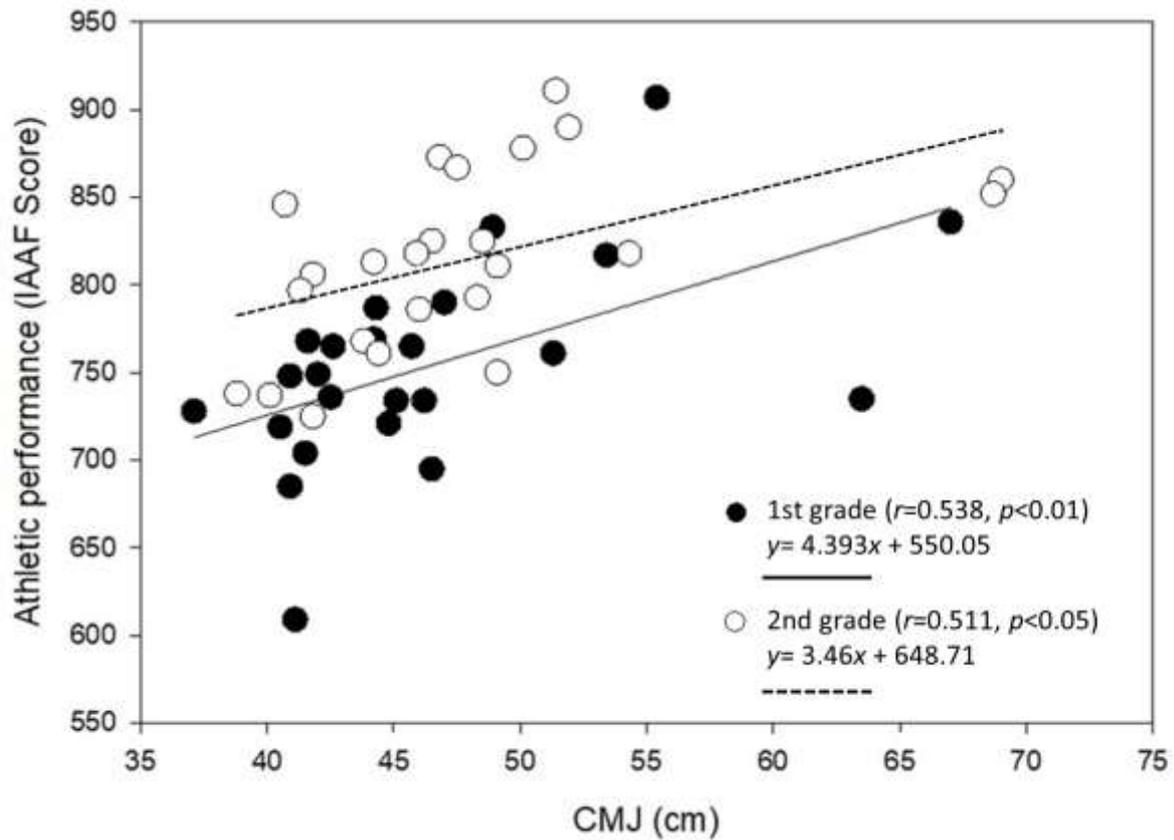


Figure 2-8. Plot of counter movement jump (CMJ) record versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a significant correlation between CMJ record and IAAF Score both in the 1st and 2nd grade.

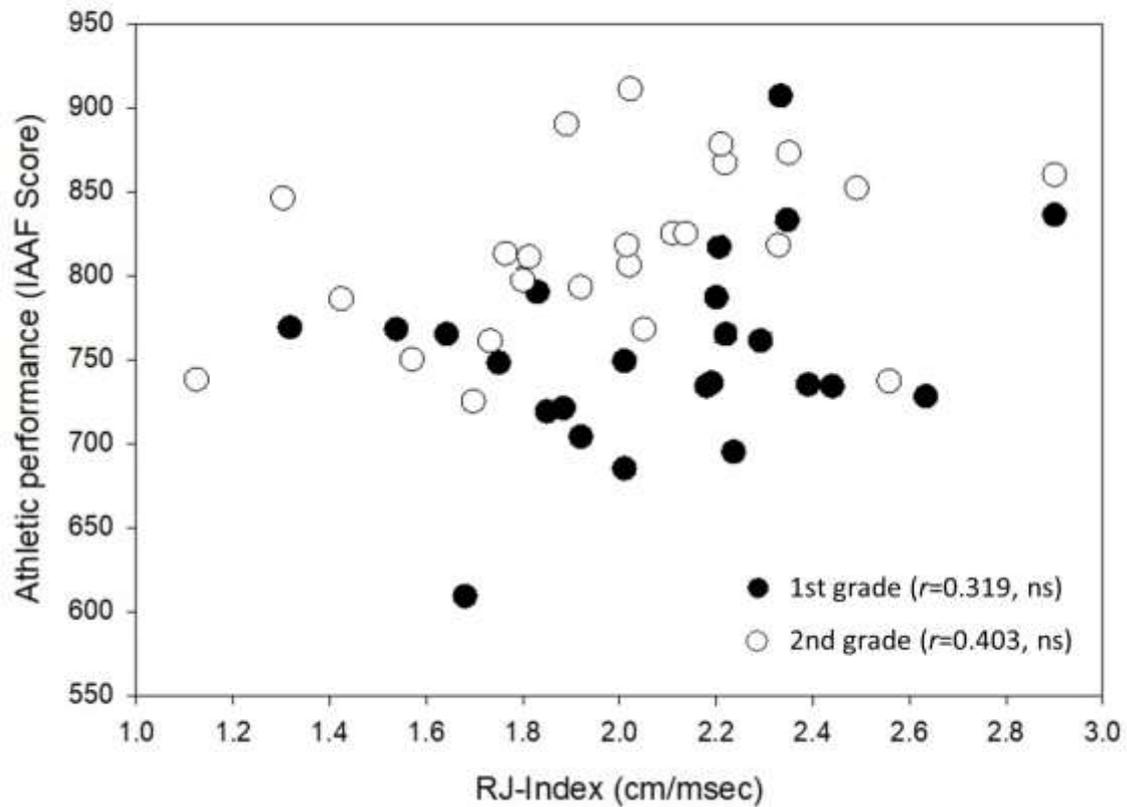


Figure 2-9. Plot of rebound jump (RJ)-index versus athletic performance in throwers of the 1st and 2nd grade at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24). Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between RJ-index and IAAF Score in the 1st or 2nd grade. ns, non-significant.

Table 2-2. Correlation coefficient between variables in throwers of the 1st grade at university.

	30m	BWT	SLJ	STJ	SJ	CMJ	RJ	1.0kp	PW
IAAF Score	-0.050	0.188	0.411 *	0.245	0.528 **	0.538 **	0.319	0.155	0.010
30m		-0.401	-0.215	-0.117	-0.334	-0.201	-0.098	-0.197	-0.197
BWT			0.358	0.401	0.496 *	0.424 *	0.152	0.354	0.561 **
SLJ				0.374	0.759 ***	0.831 ***	0.560 **	0.073	0.430 *
STJ					0.374	0.541 **	0.369	0.472 *	0.060
SJ						0.867 ***	0.454 *	0.317	0.527 **
CMJ							0.534 **	0.342	0.509 *
RJ								0.095	0.190
1.0kp									0.427 *

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$. 30m, 30msprint; BWT, Backward throw; SLJ, Standing long jump; STJ, Standing triple jump; SJ, Squat jump; CMJ, Counter movement jump; RJ-Index, Rebound jump index; 1.0kp, Maximum effort at 1.0kp; PW, Maximum anaerobic power.

Table 2-3. Correlation coefficient between variables in throwers of the 2nd grade at university.

	30m	BWT	SLJ	STJ	SJ	CMJ	RJ	1.0kp	PW
IAAF Score	-0.234	0.417 *	0.408 *	0.373	0.582 **	0.511 *	0.403	0.307	0.173
30m		-0.443 *	-0.382	-0.612 **	-0.297	-0.337	-0.135	-0.352	0.273
BWT			0.369	0.477 *	0.525 **	0.512 *	0.334	0.456 *	0.267
SLJ				0.274	0.683 ***	0.781 ***	0.326	-0.026	0.069
STJ					0.513 *	0.434 *	0.222	0.43 *	0.136
SJ						0.849 ***	0.474 *	0.234	0.189
CMJ							0.59 **	0.185	0.256
RJ								0.354	0.192
1.0kp									0.195

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$. 30m, 30msprint; BWT, Backward throw; SLJ, Standing long jump; STJ, Standing triple jump; SJ, Squat jump; CMJ, Counter movement jump; RJ-Index, Rebound jump index; 1.0kp, Maximum effort at 1.0kp; PW, Maximum anaerobic power.

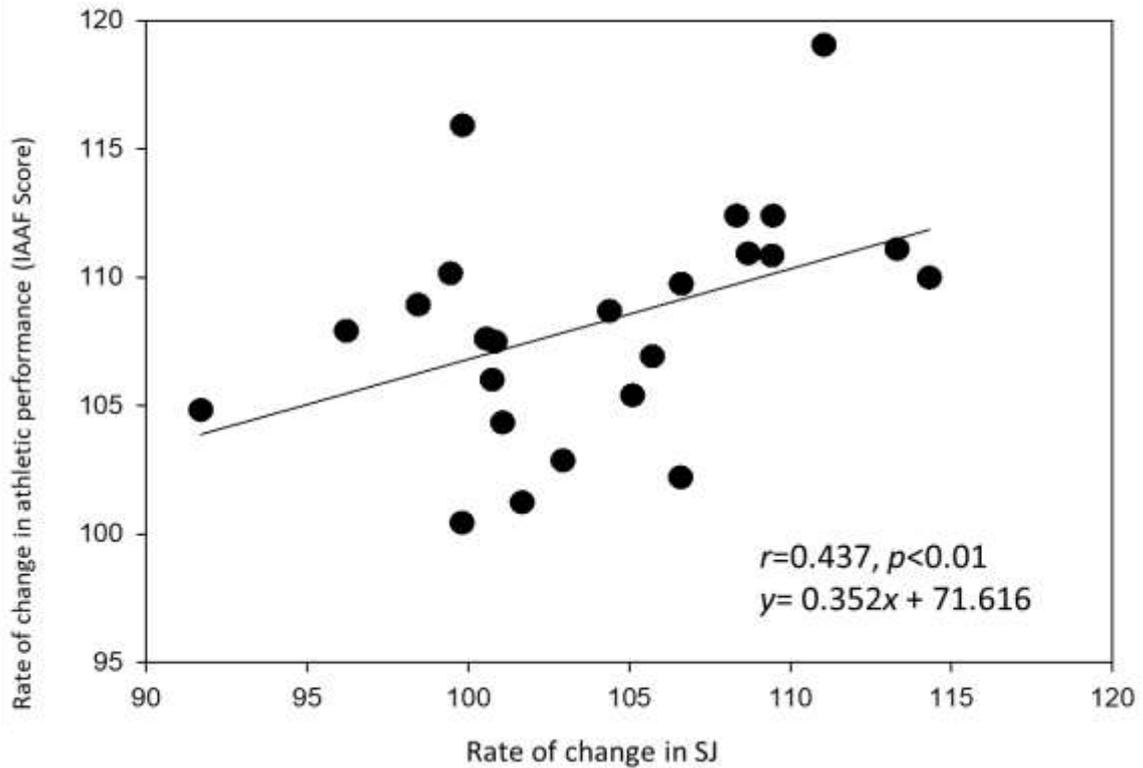


Figure 2-10. Plot of percent of changes in squat jump (SJ) versus percent of changes in athletic performance in throwers at university. Two measurements were carried out for each subject (n=24) in the 1st and 2nd grade. Athletic performance is expressed as IAAF Score. Changes are expressed as the ratio of record in the 2nd grade to that in the 1st grade. There was a significant correlation between changes in SJ and IAAF Score.

BWT と競技力との関係

BWT では、全身のパワーを用いて重量物を投射する動きが求められ、投擲種目の運動特性をよく反映しているテスト種目であると考えられる。これを裏付ける知見としては、やり投 (Jones 1988)、ハンマー投 (廣瀬ら 2013, Terzis et al. 2010) および円盤投 (前田ら 2018) のそれぞれにおいて、競技力 (記録) と BWT との間に正の相関関係がみられることがあげられる (Zaras et al. 2016, Aoki et al. 2015)。一方、複数種目投擲競技者を対象に行った本実験では、2 年次にのみ競技力 (IAAF Score) と BWT の間に同様の関係が認められた。上述の先行研究では、いずれも IAAF Score の値が 800 点以上の上級競技者が多く含まれている。本実験では、800 点以上の競技力を有した者は 1 年次では 4 名、2 年次では 16 名であった。BWT では、地面反力を脚から上半身へと、さらに上半身から投擲物へと伝達する動きが必要であり、一定の技術が必要とされる種目である (前田ら 2018)。これらのことから、BWT は、競技歴が長くまた競技力が高い競技者に適したテスト種目であることが示唆される。

スプリント能力と競技力との関係

Zaras et al. (2016) および高梨ら (2009) は、複数種目投擲競技者を対象に 30 m スプリント走のタイムと競技力を経時的に検討し、どちらも 30 m スプリント走のタイムと競技力が並行して向上したことを報告している。この結果から Zaras et al. (2016) は、30 m スプリント走のタイムによる競技力の評価が有効であると提唱した。一方、高梨ら (2009) は、競技力と 30 m 走のタイムとの間に関連性は認

められないことから、その有効性を否定している。本実験の結果は、これを支持するものである。高い関連性がみられない理由としては、脚によって発揮されるパワーが高まっても、体重が過度に重い者では 30 m スプリント走のタイムが低下することが推察される。

運動形態の影響も考えられる。投擲種目では投擲物を投射するための動作は極めて短時間で行われる。これに対して、30 m スプリント走では約 4 秒間運動を継続する必要がある。30 m スプリント走では投擲競技の運動特性が十分に反映されなかった可能性がある。30 m よりも短い 20 yard (約 18.188 m) 走のタイムと競技力との間に、高い関連性があることが 38 年前に報告されている (Morrow et al. 1982)。しかしながら、30 m よりも短い距離の記録の有効性を検討した例は、この報告以外にはみられない。今後、この点について明らかにする必要がある。本実験の結果からは、少なくとも 30 m スプリント走は競技力の評価に有用ではないことが示唆される。

負荷 1.0 kp による最高ペダリング回転数と競技力との関係

走運動とは異なり自転車エルゴメータでの運動では、体重が重いことはパフォーマンスに対して不利な材料にはならない。したがって、エルゴメータを用いて測定されたパワーは競技力の有用な指標になることが予想される。負荷 1.0 kp での自転車ペダリング最高回転数の測定は、実践現場において高い頻度で実施されているものの、投擲競技者の体力評価としての有効性は明らかになっていない。競技力との関連性についての報告では、両者の関係はトレーニングサイクルの時期に

よって異なり，正の相関関係がみられる場合とみられない場合があることが示されており（高梨ら 2009），本実験では後者を支持する結果が得られた。

競技力との間に高い関連性がみられない原因として，30 m スプリント走と同様に運動形態の影響が考えられる。現在行われている方法では，運動開始直後では，ペダルを作動させるために，ペダルに大きな力を加える必要がある。そのため，最高回転数に達するまで一定の時間を要する。このような運動形態のため，運動開始直後のパワーは評価されない。本実験の結果は，少なくとも現在の運動様式では，最高ペダリング回転数は有用な評価指標とはいえないことを示唆する。

最大無酸素パワーと競技力との関係

自転車エルゴメータを用いて，投擲競技者の最大無酸素パワーを評価・検討した報告は少ないが，特定の種目を対象にした研究において，砲丸投（Landolsi et al. 2014）およびやり投（Bouhlef et al. 2007）では，最大無酸素パワーが競技力を評価する有用な指標であることが示されている。これに対して本実験では，複数種目投擲競技者を対象とした場合，その有用性は認められないことが観察された。極めて短時間で行われる投擲競技の運動特性を考慮すると，30 m スプリント走および最高回転数の場合と同様に，10 秒の運動を 3 セット行うという運動形態に問題があることが考えられる。

ジャンプ力と競技力との関係

本実験では，SLJ，SJ および CMJ と競技力との間に有意な正の相関関係がある

こと、また、SLJ, SJ および CMJ の測定値同士の関連性の高いことが観察された。これら 3 つの種目の共通点は、それらの成績に対して、腱の弾性能力より単発的な爆発的筋力発揮能力の貢献が遥かに大きいことである。また SJ では、その変化率と競技力の変化率との間にも、正の相関関係がみられた。SJ は唯一静止した状態から跳躍する測定種目であり、反動を用いず筋の収縮だけに依存した張力が、競技力をよく反映することが示唆される。

一方、RJ-index および STJ では、競技力との間には関連性はみられなかった。両ジャンプは、SSC が大きく関与する運動であり (関子ら 1993)、筋力だけではなく腱の弾性力も成績を左右する要因となる。STJ では、さらにジャンプの技術的にも成績に影響する。STJ はたとえ跳躍競技者であっても、初心者を対象とした場合、適切なテストにならないこと (Chu and Vermeil 1983)、また、トップクラスの円盤投競技者においてのみ、STJ と競技成績との間に関連性がみられることなどを考慮すると (畑山ら 2011)、RJ-index や STJ は、競技レベルが高い競技者に対しては、ある程度有効な評価となる可能性がある。

以上の結果により、SLJ, SJ および CMJ が、複数競技投擲競技者の競技力に直結した体力を評価するのに有効であることが示唆された。これらの運動様式に共通する点は、単発的かつ爆発的運動であることである。

5. 要約

本実験の目的は、複数種目投擲競技者に対して有用な共通フィールドテスト種目を特定することであり、男子学生投擲競技者 24 名を対象に、IAAF Score と種々

のテストの成績との関係を検討した。測定は1年次と2年次の2回行った。また、測定項目は30 m スプリント走、BWT、SLJ、STJ、SJ、CMJ、RJ、1.0 kp による最高ペダリング回転数および最大無酸素パワーであった。得られた結果は以下の通りである。

- 1) SLJ、SJ および CMJ では、2回の測定のいずれにおいても、競技力 (IAAF Score) との間に正の相関関係がみられた。
- 2) SLJ、SJ、CMJ の3種目間では、2回の測定いずれにおいても、それぞれとの間に正の相関関係が観察された。
- 3) 競技力の変化率と SJ の変化率との間に、正の相関関係が認められた。
- 4) 30 m スプリント走、BWT、STJ、RJ、1.0 kp による最高ペダリング回転数および最大無酸素パワーでは、1年次、2年次のいずれか、もしくは両方において競技力との間に有意な相関関係がみられなかった。

以上の結果により、SLJ、SJ および CMJ が、複数競技投擲競技者の競技力に直結した体力を評価するのに有効であることが示唆された。これらの運動様式に共通する点は、単発的かつ爆発的運動であることである。

第3章 下半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験2）

1. 目的

実験1では、単発系ジャンプ系種目（SLJ, SJ および CMJ）、その中でも特に、静止状態から短時間で筋力を発揮する SJ が、投擲競技者の体力を評価する項目として有用であることが認められた。一方、30 m スプリント走、1.0 kp での最高ペダリング回転数あるいは最大無酸素パワー値は、評価項目として適していないことが示された。その理由の一つとして、実際の投擲競技とテストでの動作時間が異なることあげられる。動作時間は、30 m スプリント走では3~4秒、自転車エルゴメータテストでは5~10秒間である。これに対して、投擲競技種目の主要動作時間は2秒以下であり（Morris et al. 1997, 田内ら 2007, Isele and Nixdorf 2010）、また最大努力を行うのはリリース時のごく短い時間である。このような違いに起因して、30 m スプリントや自転車エルゴメータを使用したテストでは、投擲競技の運動特性が十分に反映されなかったと考えられる。

これらのことから、スプリント走や自転車エルゴメータテストの動作時間をこれまでより短時間に設定すれば、信頼性の高い下半身の能力を評価するテストになることが推察される。しかしながら、これまでこの点について検討した研究はなされていない。そこで本実験では、動作時間が短いスプリントおよび自転車エルゴメータテストが、投擲競技者の競技力の評価項目として有用であるか否かについて検討した。

2. 方法

A. 対象者

被験者は、投擲競技を専門とする 11 名の男子学生競技者であり（年齢： 19.64 ± 0.88 歳，身長： 177.49 ± 5.45 cm，体重： 92.29 ± 17.24 kg），種目の内訳は，砲丸投 2 名，円盤投 2 名，ハンマー投 3 名，やり投 4 名であった。また，競技実績の内訳は，全国規模の競技会に出場経験がある者 8 名，ない者 3 名であり，前者のうち 5 名は，全国規模の競技会で入賞経験を有していた。競技成績としては 2019 年度のシーズンベストを採用した。競技レベルは IAAF Score 換算で 786.0 ± 50.4 点であった。

被験者に対し，本研究の主旨および方法を説明し，書面にて実験参加の同意を得た。本実験に先立ち，順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科において研究倫理審査を受け承認を得た（No. 31-91）。

B. 測定時期および場所

本実験は，順天堂大学さくらキャンパスの体育館（10 yard スプリント）およびトレーニング場（自転車エルゴメータ）にて実施した。測定は 2020 年 2 月から 3 月の間に，3 回に分けて行った。

C. 測定項目

a. 10 yard スプリント

10 yard スプリントのタイムの測定には，光電管（ブローワーTCi タイミングシ

ステムセット)を使用した。スタートおよびゴール線上の床から 50 cm の高さに光電管を設置し、タイムを 100 分の 1 秒まで計測した。測定は 2 回実施し、良い方のタイムを測定値として採用した。

b. 自転車エルゴメータによる最高回転数

自転車エルゴメータによる最高回転数の計測には、パワーマックス VIII (コナミスポーツ株式会社)を使用した。これまで投擲競技者に適したペダリングの最高回転数の測定条件を明らかにした報告はみあたらない。そこで本研究は適切な負荷を検討するための基礎データを得るために従来に使用されてきた比較的軽量である負荷 1kp に加え、3 kp, 5 kp の 3 つの負荷を設定した。各負荷において投擲競技の運動遂行時間を考慮し、1 秒間、2 秒間、3 秒間の 3 種類の運動時間を設定し、合計 9 種目 (1 kp-1, 1 kp-2, 1 kp-3, 3 kp-1, 3 kp-2, 3 kp-3, 5 kp-1, 5 kp-2 および 5 kp-3) の測定を行った。計測の順序はランダムとし、疲労に配慮し 3 日間に分割して計測を実施した。各種目につき 2 回測定し、良い方の記録を測定値として採用した。

D. 統計

統計量は、平均±標準偏差で示した。相関の検定にはピアソンの積立相関係数を用いた。また、危険率は 5 %未満とした。

3. 結果

A. 10 yard スプリント

10 yard スプリントの平均タイムは、 1.67 ± 0.13 秒であった (Table 3-1). 10 yard スプリントのタイムと IAAF Score との間に有意な相関はみられなかった (Figure 3-1).

B. 自転車エルゴメータによる最高ペダリング回転数

自転車エルゴメータによる最高回転数の結果を Table 3-1 に示した. 最高回転数は、1 kp-1 で 178.6 ± 14.2 回/分, 1 kp-2 で 218.6 ± 11.1 回/分, 1 kp-3 で 238.8 ± 7.7 回/分, 3 kp-1 で 154.6 ± 13.3 回/分, 3 kp-2 で 195.2 ± 12.8 回/分, 3 kp-3 で 213.1 ± 7.4 回/分, 5 kp-1 で 139.4 ± 17.6 回/分, 5 kp-2 で 178.4 ± 17.2 回/分, 5 kp-3 で 194.2 ± 11.5 回/分であった. 1 kp と 3 kp における全ての測定項目と IAAF Score との間には有意な関連性はみられなかった (Figure 3-2 および Figure 3-3). 一方, 5 kp-1 および 5 kp-2 における最高ペダリング回転数と IAAF Score との間に有意な正の相関関係がみられた (5 kp-1 $r=0.626$, $p<0.05$; 5 kp-2 $r=0.603$, $p<0.05$) (Figure 3-4).

C. 測定項目間の関連性

各測定項目間の相関係数を Table 3-2 に示した. 体重では, 3 kp-1 ($r=0.706$, $p<0.05$), 5 kp-1 ($r=0.668$, $p<0.05$), 5 kp-2 ($r=0.612$, $p<0.05$) および 5 kp-3 ($r=0.620$, $p<0.05$) の間に正の相関関係がみられた. 10 yard スプリント走のタイ

Table 3-1. Record of 10 yards sprint and maximum pedaling revolution in cycle ergometer.

	Mean \pm SD	Range (Min- Max)
10yd, sec	1.67 \pm 0.13	1.44-1.86
1 kp-1, rpm	178.6 \pm 14.2	166-212
1 kp-2, rpm	218.6 \pm 11.1	198-243
1 kp-3, rpm	238.8 \pm 7.7	230-257
3 kp-1, rpm	154.6 \pm 13.3	130-185
3 kp-2, rpm	195.2 \pm 12.8	198-243
3 kp-3, rpm	213.1 \pm 7.4	205-231
5 kp-1, rpm	139.3 \pm 17.6	121-179
5 kp-2, rpm	178.4 \pm 17.2	138-206
5 kp-3, rpm	194.2 \pm 11.5	178-218

The number of subjects was 11. 1kp-1 indicates that subjects pedaled a cycle ergometer with maximum effort for 1 sec at 1

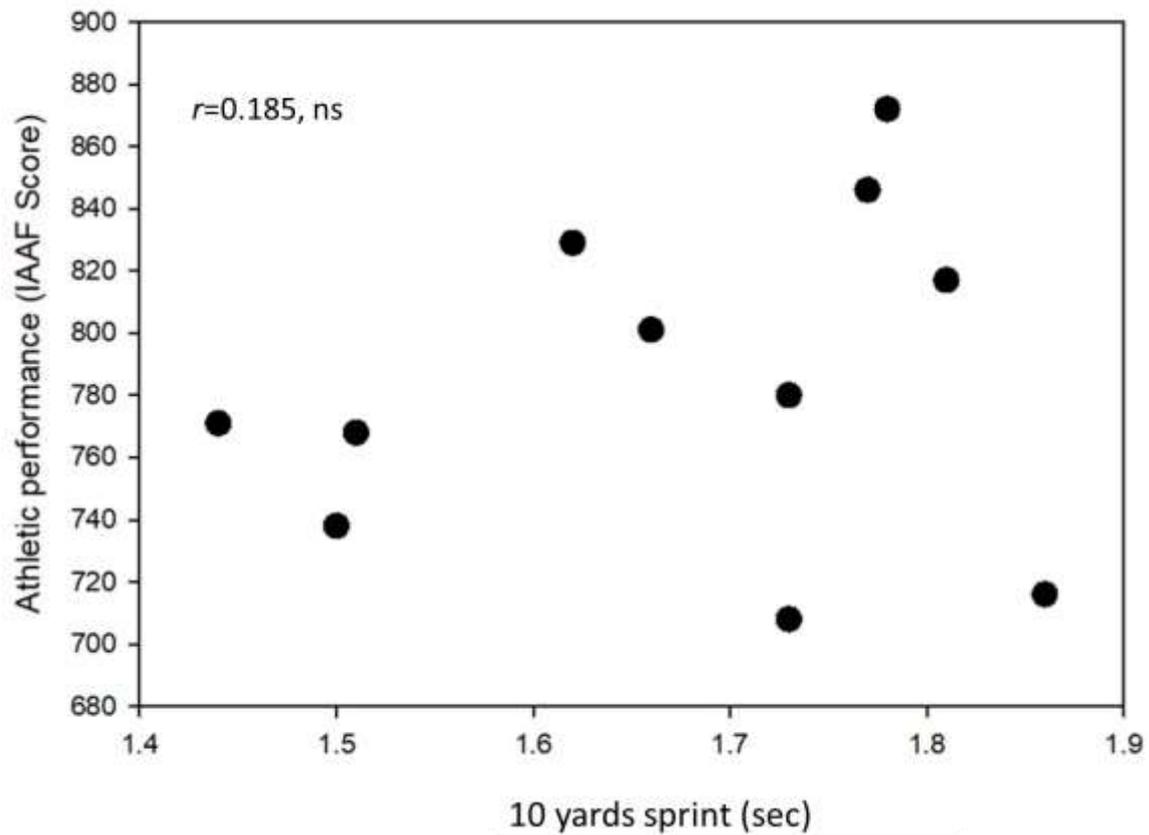


Figure 3-1. Plot of record of 10 yards sprint versus athletic performance in **throwers**. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between record of 10 yards sprint and IAAF Score. ns, non-significant.

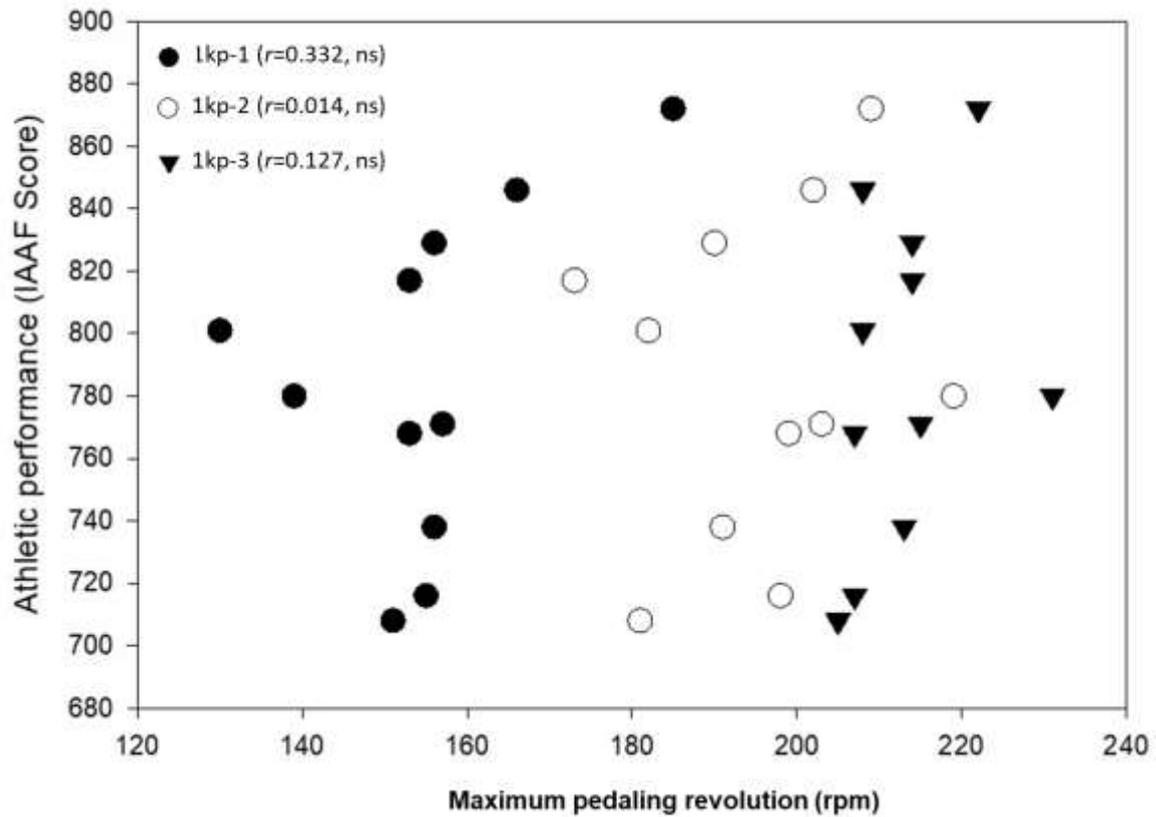


Figure 3-2. Plot of maximum pedaling revolution at 1 kp versus athletic performance in throwers. “1kp-1” indicates that subjects pedaled a cycle ergometer with maximum effort for 1 sec at 1 kp. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between maximum pedaling revolution and IAAF Score. ns, non-significant.

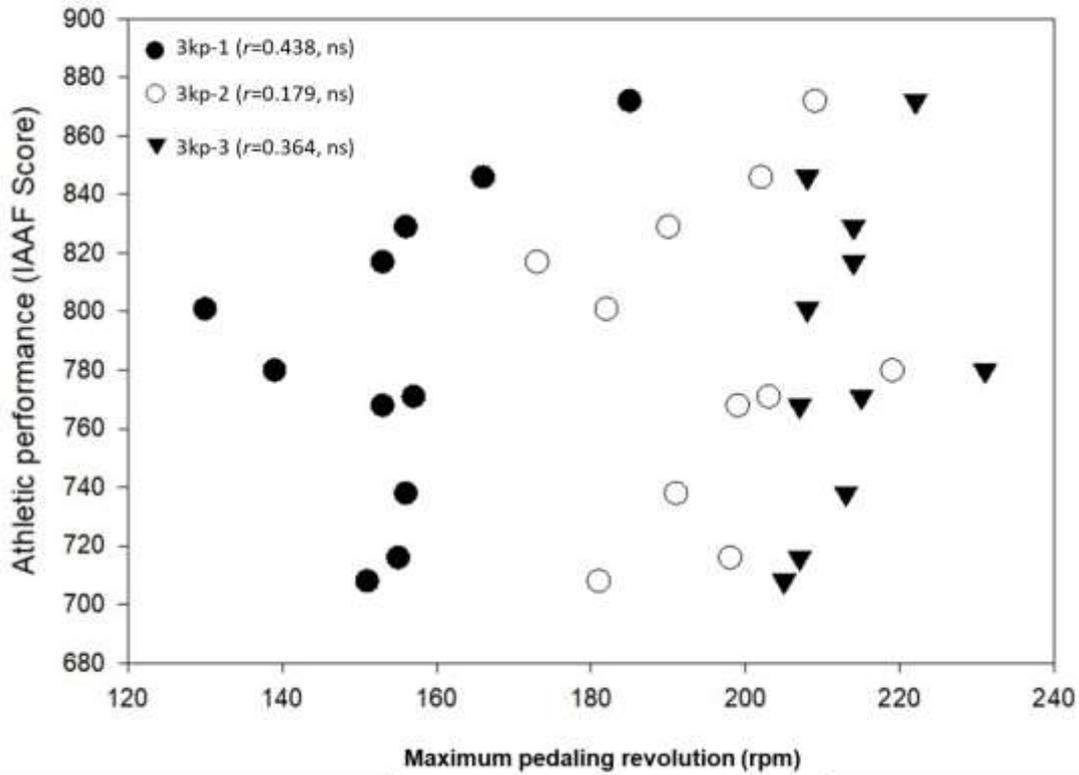


Figure 3-3. Plot of maximum pedaling revolution at 3 kp versus athletic performance in throwers. “3 kp-1” indicates that subjects pedaled a cycle ergometer with maximum effort for 1 sec at 3 kp. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between maximum pedaling revolution and IAAF Score. ns, non-significant.

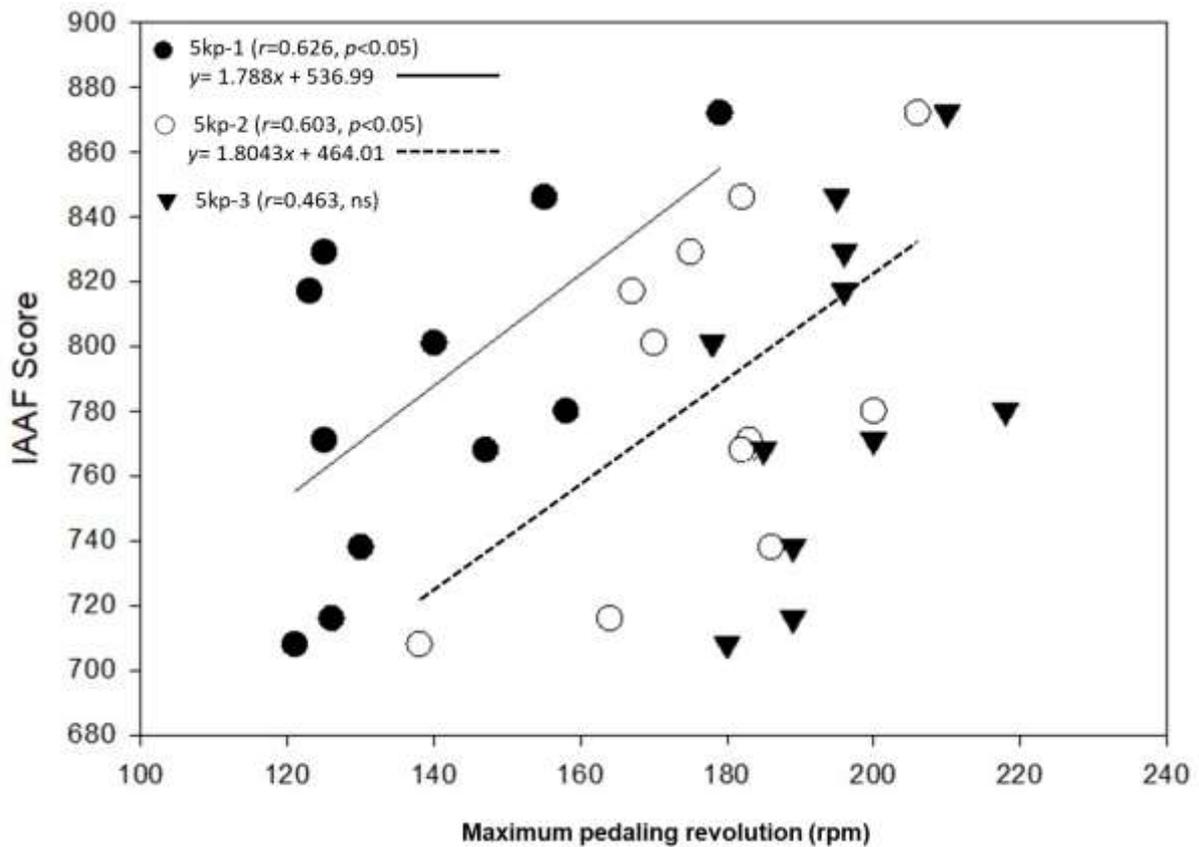


Figure 3-4. Plot of maximum pedaling revolution at 5 kp versus athletic performance in throwers. “5 kp-1” indicates that subjects pedaled a cycle ergometer with maximum effort for 1 sec at 5 kp. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a significant correlation between maximum pedaling revolution for 1 and 2 sec-exercise and IAAF Score. ns, non-significant.

Table 3-2. Correlation coefficient between variables in throwers.

	BM	10yd	1kp-1	1kp-2	1kp-3	3kp-1	3kp-2	3kp-3	5kp-1	5kp-2	5kp-3
IAAF Score	0.608 *	0.185	0.332	0.014	0.127	0.438	0.179	0.364	0.626 *	0.603 *	0.463
BM		0.526	0.500	0.277	0.154	0.706 *	0.479	0.428	0.668 *	0.612 *	0.620 *
10yd			0.175	-0.020	0.012	0.146	-0.059	0.054	0.229	-0.089	0.163
1kp-1				0.487	0.201	0.365	0.574	0.595	0.765 **	0.463	0.563
1kp-2					0.687 *	-0.002	0.855 **	0.625 *	0.355	0.432	0.656 *
1kp-3						-0.246	0.483	0.747 **	0.071	0.389	0.737 **
3kp-1							0.288	0.093	0.420	0.367	0.350
3kp-2								0.624 *	0.661 *	0.707 *	0.724 *
3kp-3									0.515	0.753 **	0.924 **
5kp-1										0.743 **	0.559
5kp-2											0.785 **

The number of subjects was 11. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. "1kp-1" indicates that subjects pedaled a cycle ergometer with maximum effort for 1 sec at 1kp. BM, Body mass; 10yd, Record of 10yards sprint.

ムでは、いずれの測定項目とも有意な関連性は認められなかった。自転車エルゴメータによる最高回転数では、複数の項目間に相関関係がみられ、相関係数は 3 kp-3 と 5 kp-3 の間で最も高かった ($r=0.924, p<0.01$)。また、各負荷における 3 秒間の最高回転数の間には、全ての組み合わせにおいて正の相関関係がみられた。

4. 考察

本実験では、「従来行われてきたスプリントおよび自転車エルゴメータテストより、運動時間を短く設定することで、投擲競技の競技力を反映した下半身の機能を評価できる」との仮説が検証された。これまで、スプリントテストでは 30 m 走が多く用いられてきた。本実験の結果からは、その約 1/3 である 10 yard に走距離を縮めても、有用な評価項目とはならないことが示された。高梨ら (2009) は 30 m スプリントタイムと競技力の間に関連性がみられなかった理由の 1 つとして、競技者の体重が影響している可能性を指摘している。本実験では、10 yard 走のタイムと体重の間に、有意ではなかったが正の相関関係が存在する傾向がみられた ($p=0.096$)。また、10 yard 走の成績が最も悪かった 2 名は、体重が最も重い者であった。その中の 1 名は全国規模の競技会において複数回の入賞経験を有する者であったことから、スプリントテストそのものが、フィールドテストにおける評価項目として適していないものと考えられる。

一方、3 kp-1、5 kp-1、5 kp-2 および 5 kp-3 の 4 項目では、体重と正の相関関係がみられたことは、最高ペダリング回転数に対しては、体重の重いことがポジティブに影響することを示している。IAAF Score との関連性では、5 kp-1 と 5 kp-2

において正の相関関係がみられた。この結果に加え、1 kp と 3 kp の負荷および 5 kp-3 では同様の関係が観察されなかったことを考慮すると、5 kp で短時間のテストが、ただ単に早く動けばよいのではなく、一定の重量物をごく短い時間で投射することが必要とされる投擲競技の特性を反映しているものと考えられる（高梨ら 2009, 廣瀬ら 2013）。これと関連して、IAAF Score との相関係数が、5 kp-1 > 5 kp-2 > 5 kp-3 の順で高かったことは興味深い結果である。また、各負荷における 3 秒間の最高回転数の間に正の相関関係がみられたこと、3 秒間のペダリングには、負荷の違いに関わらず、IAAF Score と有意な関連性がみられなかったことから、3 秒間のテストには、それより短い時間のテストとは異なる体力要素が求められることが考えられる。

以上の結果から、複数種目投擲競技者の体力評価項目として、(1) スプリントテストは適していないこと、(2) 比較的高負荷 (5 kp) で短時間 (1~2 秒間) の最高ペダリング回転数が有用であることが示唆された。今後は、より大きな負荷でのペダリングテストについて検討する必要がある。

5. 要約

本実験の目的は、動作時間が短いスプリント走および自転車エルゴメータテストが、投擲競技者の下半身の爆発的筋力発揮能力の評価項目として有用であるか否かについて明らかにすることであった。大学生男子投擲競技者 11 名を対象とし、10 yard 走のタイムおよび自転車エルゴメータを用いた最高ペダリング回転数 (1 ~ 5 kp の負荷で 1 ~ 3 秒間の運動) の計測を行い、測定値と競技力 (IAAF Score)

との関連性を検討した。得られた結果は以下の通りである。

- 1) 10 yard スプリント走のタイムと競技力との間に有意な相関関係は認められなかった。
- 2) 3 kp-1, 5 kp-1, 5 kp-2 および 5 kp-3 の 4 つの測定値と体重との間に有意な正の相関関係がみられた。
- 3) 5 kp-1 および 5 kp-2 と競技力との間に有意な正の相関関係が観察された。

以上の結果から、複数種目投擲競技者の体力評価項目として、(1) スプリントテストは適していないこと、(2) 比較的高負荷 (5 kp) で短時間 (1~2 秒間) の最高ペダリング回転数が有用であることが示唆された。

第4章 上半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験3）

1. 目的

実験1では、従来のフィールドテスト種目と競技力の関連性を、複数種目投擲競技者を対象に検討し、単発で爆発的に遂行されるテスト種目をを用いた評価が有用であることが示された。また、実験2では、（実験1で有用ではないことが示された）最高ペダリング回転数テストが、ペダリングの負荷および動作時間を投擲種目の運動様式に近いものに変えることで、運用に耐えうる評価項目となることが明らかとなった。

投擲競技にとって、投射時の初速は飛距離決定の最も重要な要因である（Dapena 1984, Hay 1985, Gregor et al. 1985, Bartlett 1992, Best et al. 1993, Hunter and Kiggore 2003, Murakami et al. 2006, Sugumar 2014）。投射初速度を高めるためには、脚筋だけではなく、大胸筋や上腕三頭筋の素早い起動も求められる（Terzis et al. 2007）。また、下肢から運動が開始される投動作が、体幹、上肢へと連鎖するに伴い、保持している投擲物の速度が高まる（Thompson 2009）。したがって、極めて迅速なリリースに耐え得る上肢の高い体力水準が必要となる。

しかしながら、投擲競技におけるフィールドテストについての先行研究は、下半身あるいは全身のパワー発揮能力を評価するテスト種目の有用性を検討したものが殆どであり、上半身の能力を評価するテストに関するものは極めて少ない（Zaras et al. 2016）。また、検討されたテスト種目は、殆どがベンチプレスにおける最大挙上重量である（前田ら 2018, Victor and Artur 2003, 畑山ら 2011, Takanashi et al. 2020）。そして、これらの研究の多くにおいて、このテストの評価項目としての有用性について、否定的な見

解が示されている。この理由としては、テストにおける動作の速度が遅く、そのためこのテストが、投擲競技者に必要な爆発的筋力発揮能力を十分に反映しないためであると考えられている(畑山ら 2011)。

このことから、投擲競技の運動様式に近い動きを伴う上半身のテストを採用すれば、競技成績を反映する評価項目となり得ることが示唆される。しかしながら、実践現場において重要な課題であるにもかかわらず、この点を検討した報告はなされていない。そこで本実験では、下半身の爆発的筋力発揮能力の評価として、プッシュアップ動作における滞空時間およびメディシンボール投げを用いたテストの有効性を競技力との関連性から検討することを目的とした。

2. 方法

A. 対象者

被験者は大学生陸上競技投擲競技者 11 名(年齢:19.8±0.9 歳, 身長:178.6±5.4 cm, 体重:94.9±16.5 kg)であり, 競技種目の内訳は砲丸投 1 名, 円盤投 2 名, ハンマー投 5 名, やり投 3 名であった。競技成績としては, 2019 年度のシーズンベストを採用した。被験者に対し, 本研究の主旨および方法を説明し, 書面にて実験参加の同意を得た。本実験に先立ち, 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科において研究倫理審査を受け承認を得た (No. 31-30)。

B. 実施場所と時期

測定は, 2020 年 3 月に順天堂大学さくらキャンパス内で実施された。

C. 測定項目

a. プッシュアップジャンプ

プッシュアップジャンプ (Push up jump: PJ) のテストには、コンタクトマットシステム(株式会社 DKH) を使用し、手のひらの離地から着地までの滞空時間を計測した。PJ の実施方法を Figure 4-1a に示した。被験者には、プッシュアップトレーニングの体勢から、肘を 90 度に屈曲した状態で静止し、反動を用いず上方向に跳躍するよう指示した。また、手の幅は肩幅より少し広い程度とした。跳躍時、足の位置が大きく変わったり、股関節が過度に屈曲したりした場合は無効試技とした。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

b. カウンタームーブメント・プッシュアップ

カウンタームーブメントとは、力を発揮する方向と逆方向に予備動作を行うことを指す (Bobbert et al. 1996)。カウンタームーブメント・プッシュアップ(Counter movement push up jump: CMPU) における滞空時間の測定には、PJ と同様にコンタクトマットシステムを使用した。CMPU の実施方法を Figure 4-1b に示した。被験者には、プッシュアップトレーニングの体勢から、反動動作を用いて上方向に跳躍するよう指示した。手の幅は肩幅より少し広い程度とした。跳躍時、足の位置が大きく変わったり、股関節が過度に屈曲したりした場合は無効試技とした。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

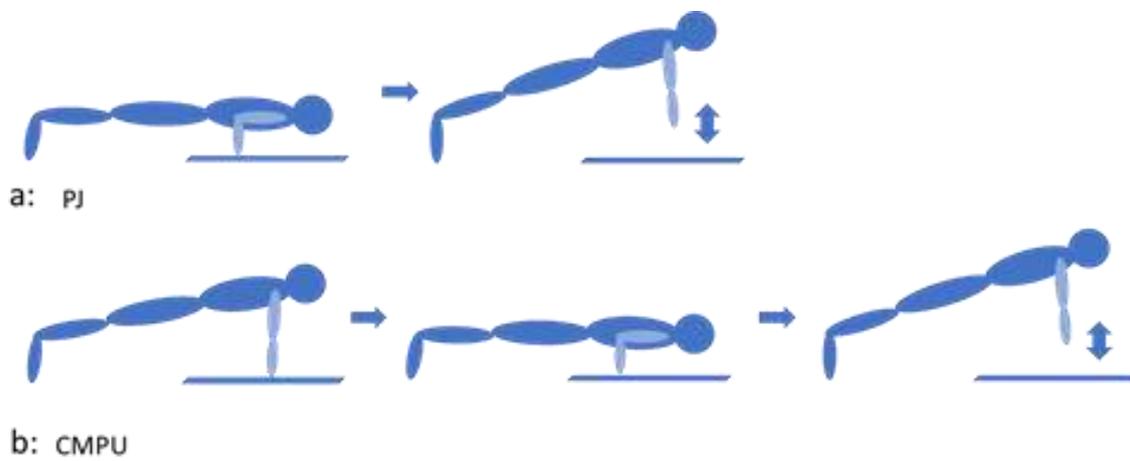


Figure 4-1. Push up jump (PJ; a) and countermovement push up (CMPU; b).

c. メディシンボールスロー

メディシンボールスロー (Medicine ball throw: MBT) の実施方法を Figure 4-2a に示した。被験者には、壁に背中を接触させた姿勢をとり、壁から背中を離すことなく、静止状態で胸元に保持したボールを前方に投射するよう指示した。壁を起点とし、ボールの落下地点までを飛距離として測定した。先行研究に従い (Hammami et al. 2019), 3 kg のメディシンボールを用いた。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

d. カウンタームーブメントメディシンボールスロー

カウンタームーブメントメディシンボールスロー (Counter movement medicine ball throw: CMBT) の実施方法を Figure 4-2b に示した。CMBT は、MBT にカウンタームーブメント動作が加わった運動である。被験者には、3 kg のボールを保持し、両腕を伸ばした状態から、胸元に引き寄せる反動動作を利用して投射するよう指示した。試行は 2 回とし、良い方の記録を採用した。

e. ベンチプレス

PJ, CMPU, MBT および CMBT と比較するために、ベンチプレス (Bench press: BP) の最大挙上重量 (BP-1RM) を測定した。ベンチプレスの動作は、ベンチラックにセットしたバーベルのバーを胸に触れるまで降ろした後、肘が伸び切るまで挙上することと規定した (Figure 4-3)。また、BP-1RM を体重 (Body mass: BM) で除した値 (BP/BM) を算出した。

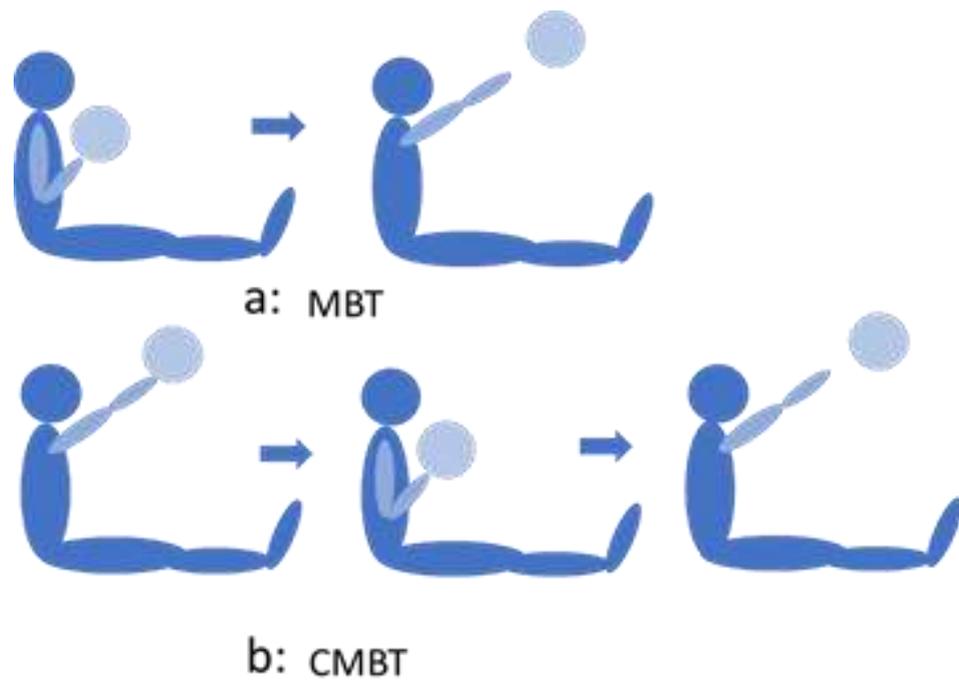


Figure 4-2. Medicine ball throw (MBT; a) and countermovement medicine ball throw (CMBT; b).



Figure 4-3. One repetition maximum in bench press.

D. 統計

統計量は、平均±標準偏差で示した。相関の検定にはピアソンの積立相関係数を用いた。危険率は5%未満とした。

3. 結果

A. 競技力との関連性

Table 4-1 に、測定値の平均±標準偏差およびレンジを示した。各項目の平均値は、PJ では 0.34 ± 0.08 sec, CMPU では 0.39 ± 0.07 sec, MBT では 5.8 ± 0.7 m, CMBT では 5.9 ± 0.7 m, BP-1RM では 126.4 ± 28.6 kg, BP/BM では 1.36 ± 0.36 kg/kg であった。IAAF Score と各項目の相関関係を Figure 4-4, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8 および 4-9 に示した。これらの中で IAAF Score と有意な相関がみられたものは、CMPU と MBT であり、CMPU では負の相関 ($r = -0.574, p < 0.05$) (Figure 4-5) が、MBT では正の相関 ($r = 0.635, p < 0.05$) が観察された (Figure 4-6)。

B. 測定項目間の関連性

各項目間の相関係数を Table 4-2 に示した。BM では CMPU との間に負の相関関係 ($r = -0.606, p < 0.05$) が、これに対して CMBT との間に正の相関関係がみられた ($r = 0.645, p < 0.05$)。BP/BM では PJ ($r = 0.567, p < 0.05$) , CMPU ($r = 0.684, p < 0.05$) および BP-1RM ($r = 0.833, p < 0.01$) との間に正の相関関係がみられた。

Table 4-1. Upper body fitness.

	Mean \pm SD	Range (Min-Max)
PJ, sec	0.34 \pm 0.08	0.20-0.44
CMPU, sec	0.39 \pm 0.07	0.24-0.49
MBT, m	5.8 \pm 0.7	4.6-7.1
CMBT, m	5.9 \pm 0.7	4.8-7.1
BP-1RM, kg	126.4 \pm 28.6	95.0-200.0
BP/BM, kg/kg	1.36 \pm 0.36	0.85-2.21

The number of subjects was 11. PJ, Push up jump; CMPU, Counter movement push up; MBT, Medicine ball throw; CMBT, Counter Movement Medicine ball throw; BP-1RM, One repetition maximum in bench press; BP/BM, One repetition maximum in bench press divided body mass.

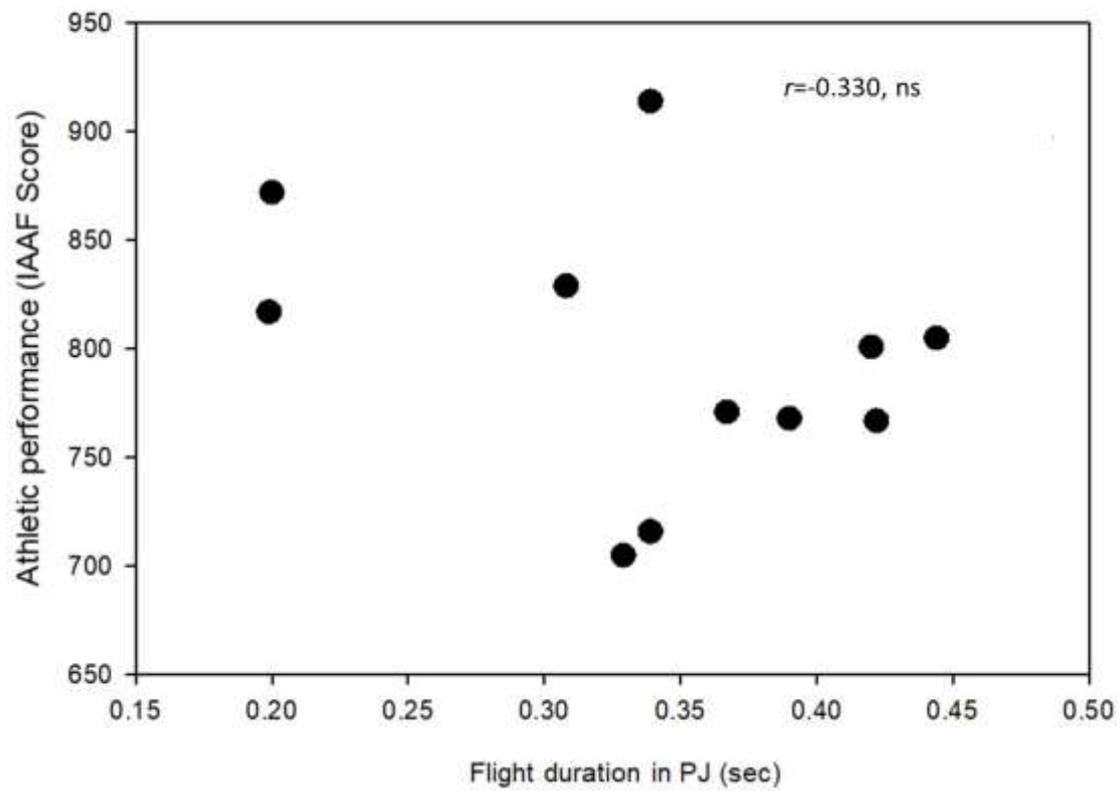


Figure 4-4. Plot of flight duration in push up jump (PJ) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between flight duration in PJ and IAAF Score. ns, non-significant.

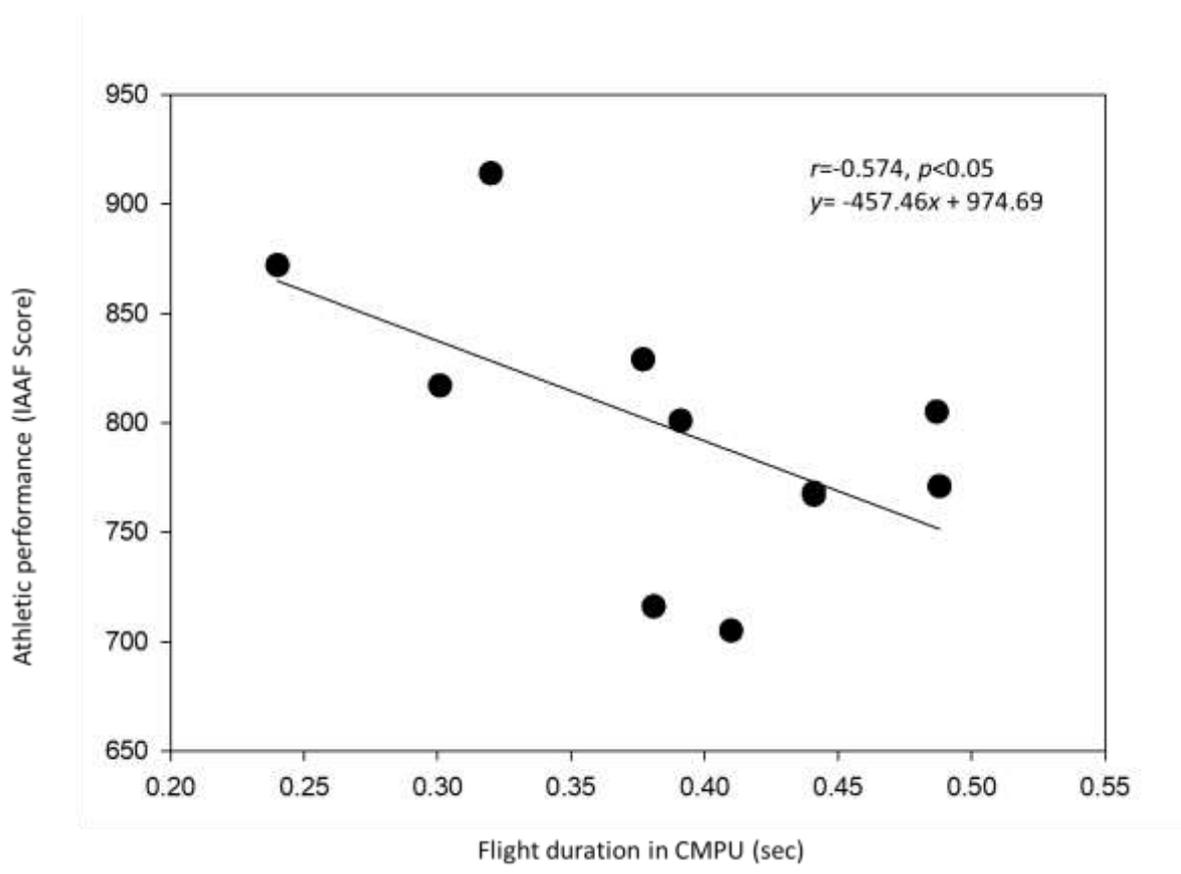


Figure 4-5. Plot of flight duration in counter movement push up jump (CMPU) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was a negative significant correlation between flight duration in CMPU and IAAF Score.

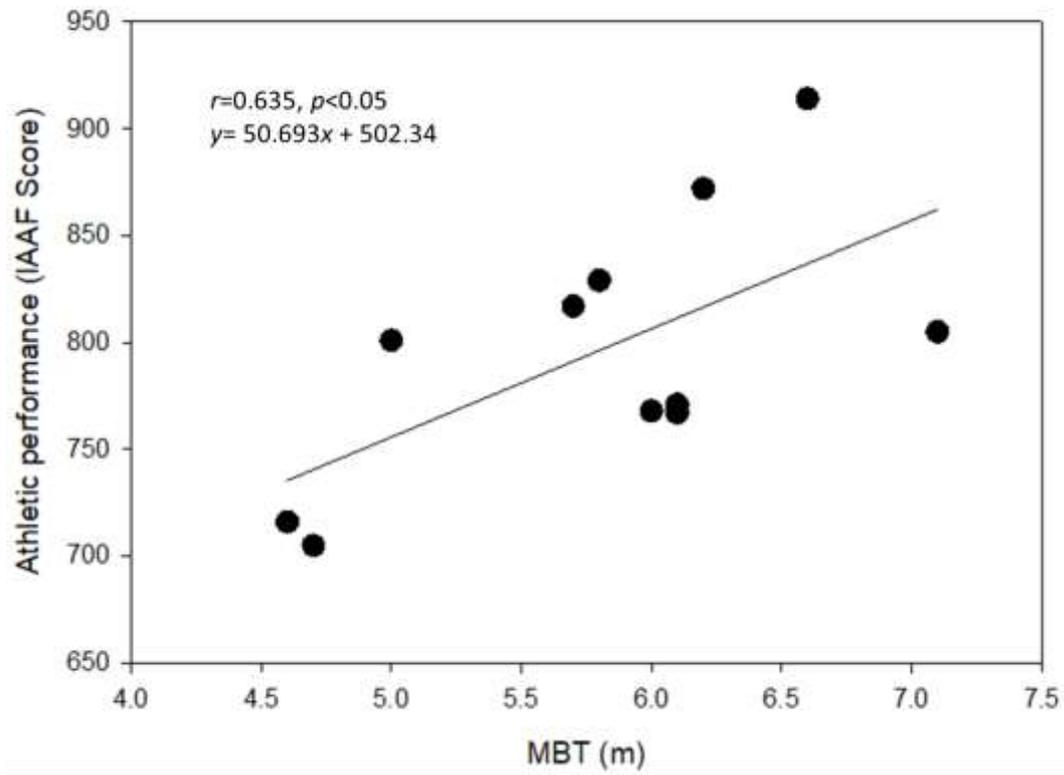


Figure 4-6. Plot of record of medicine ball throw (MBT) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score.

There was a significant correlation between record of MBT and IAAF Score.

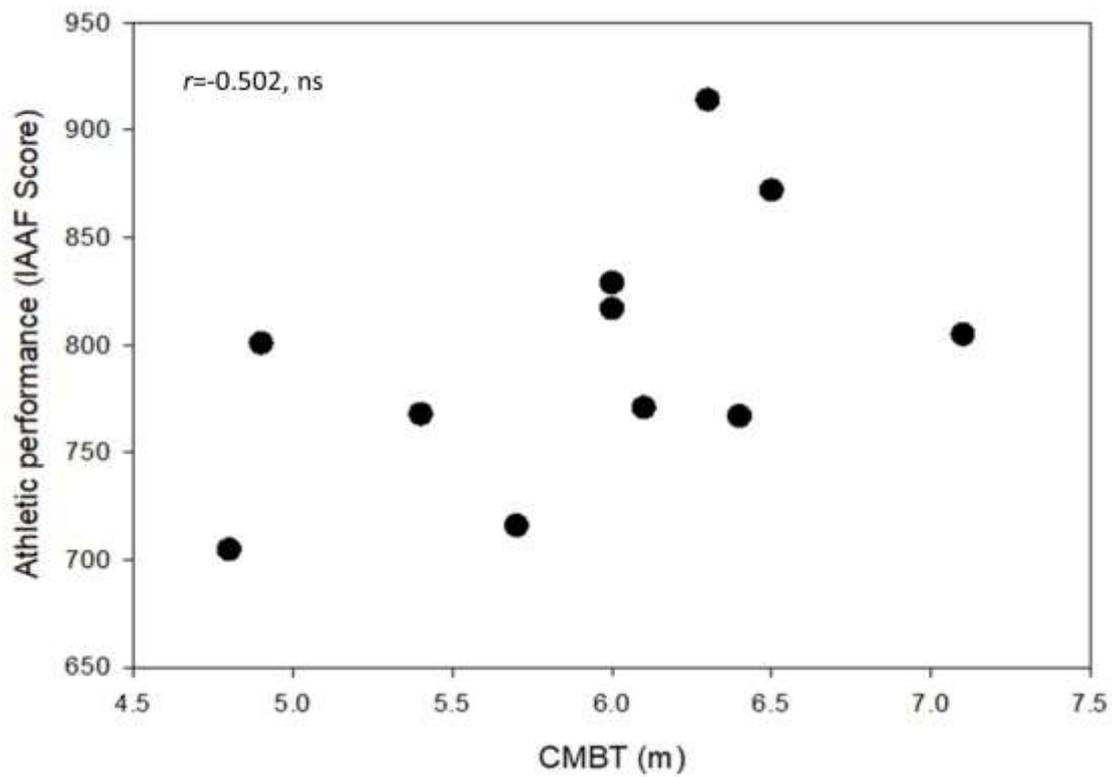


Figure 4-7. Plot of record of counter movement medicine ball throw (CMBT) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between record of CMBT and IAAF Score. ns, non-significant.

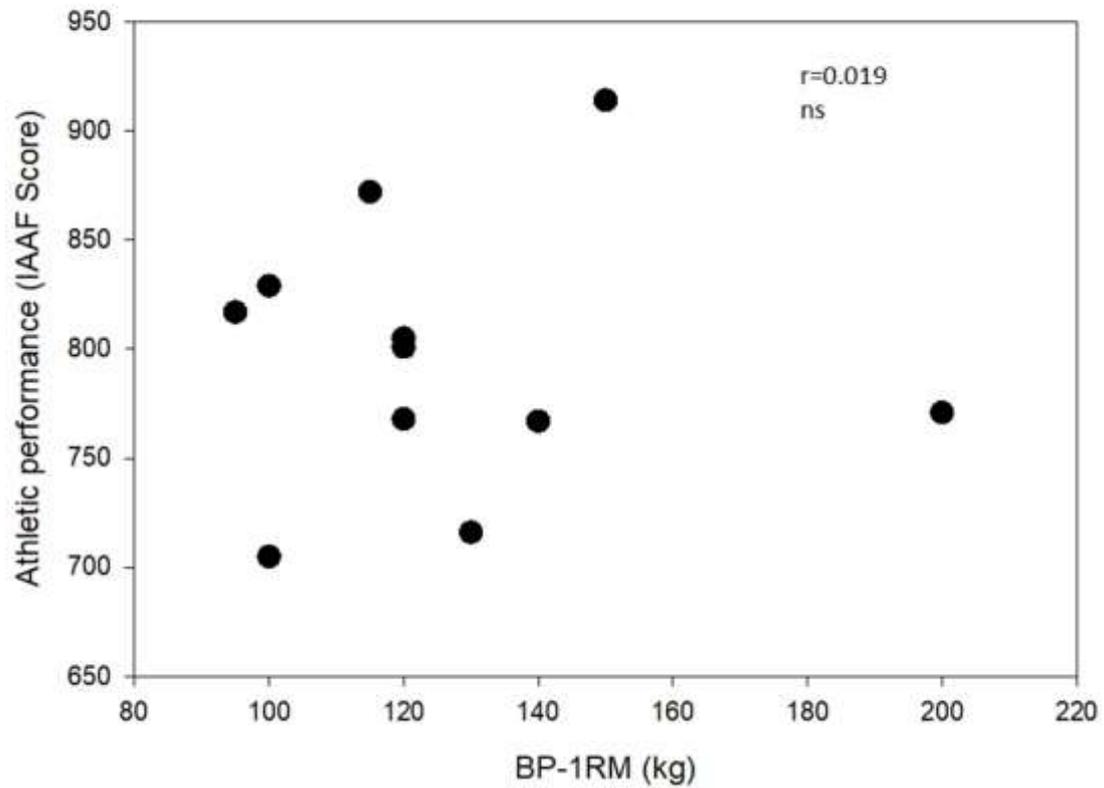


Figure 4-8. Plot of one repetition maximum in bench press (BP-1RM) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between BP-1RM and IAAF Score. ns, non-significant.

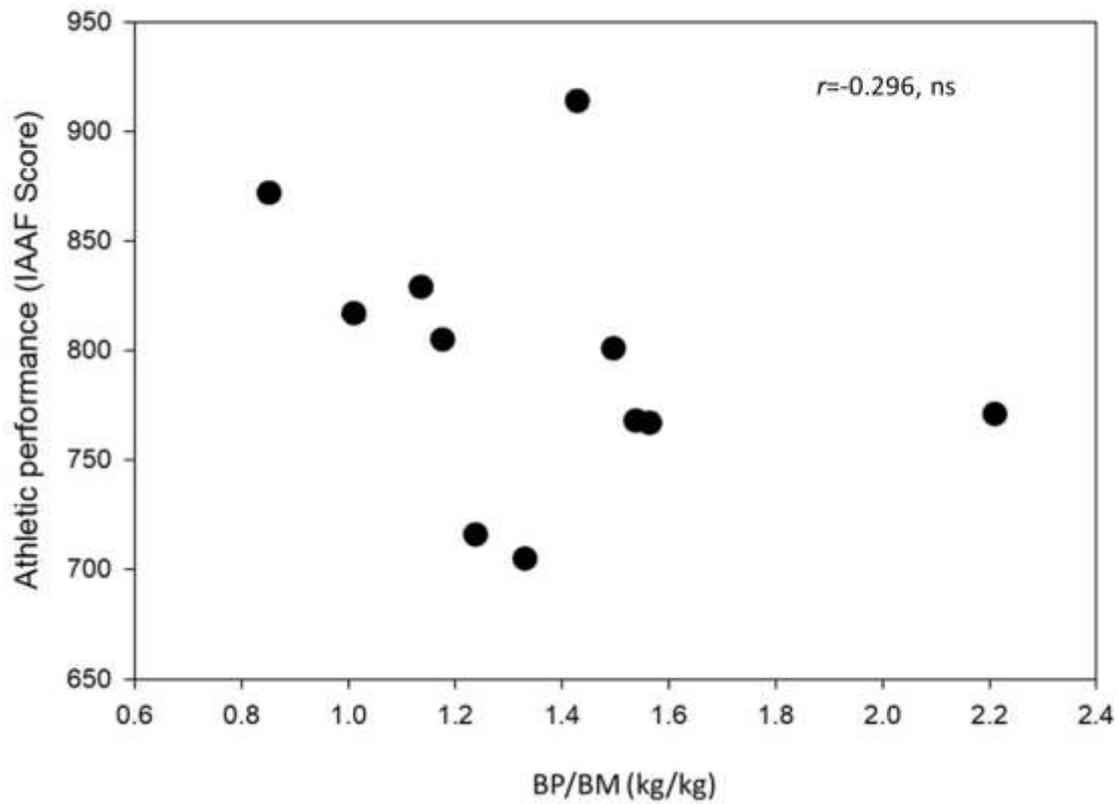


Figure 4-9. Plot of one repetition maximum in bench press per body mass (BP/BM) versus athletic performance in throwers. Athletic performance is expressed as IAAF Score. There was no significant correlation between BP-1RM and IAAF Score. ns, non-significant.

Table 4-2. Correlation coefficient between variables in throwers.

	BM	PJ	CMPU	MBT	CMBT	BP-1RM	BP/BM
IAAF Score	0.547	-0.330	-0.574 *	0.635 *	0.502	0.019	-0.296
BM		-0.497	-0.606 *	0.371	0.645 *	0.062	-0.487
PJ			0.836 **	0.132	-0.042	0.358	0.567 *
CMPU				0.103	-0.024	0.417	0.684 *
MBT					0.835 **	0.278	0.226
CMBT						0.237	0.049
BP-1RM							0.833 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. BM, Body mass; PJ, Push up jump; CMPU, Counter movement push up; MBT, Medicine ball throw; CMBT, Counter movement medicine ball throw; BP-1RM, One repetition maximum in bench press; BP/BM, One repetition maximum in bench press divided body mass.

4. 考察

PJ および CMPU と競技力 (IAAF Score) の関連性

PJ と類似した運動における運動能力が、投擲競技者の上半身の体力評価項目として有効であることを認めた報告がなされている (Hinshaw et al. 2018, Koch et al. 2012). しかしながら、これらでは、大掛かりで特殊な測定機器 (フォースプレート) を用いて地面反力を測定し、その結果を検討したものである. フィールドテストは定期的を実施され、測定結果が迅速にフィードバックされなければ、有用な情報とはならない. したがって、フォースプレートなどを必要とする測定項目を採用することは、現実的であるとはいえない (Chu and Vermeil 1983). そこで本実験では、PJ および CMPU について、簡易的な機器を用いて測定可能な滞空時間をパラメーターとして検討した.

Figure 4-4 および Figure 4-5 に示される結果は、PJ も CMPU も、投擲競技者の体力評価項目として有用ではないことを明示する. BM が重い者ほど CMPU の成績が悪いことから (Table 4-2), PJ および CMPU では、BM が滞空時間減少の要因となる可能性が高く、これらのテスト種目を滞空時間で評価することが適切ではないことが示唆される. 投擲競技において、大柄な体格を獲得し、上半身で高いパワーを発揮できるようにすることが、競技成績向上に寄与することは間違いない (Babbitt and Hoffa 2016). 上述の先行研究において、PJ と類似したテストが、体力評価として有効であることが示されたのは、BM と上半身のパワー発揮能力の両方が、地面反力にプラスに作用したためであろう.

MBT および CMBT と競技力の関連性

CMBT と CMJ ではカウンタームーブメント動作が行われることに、一方、MBT と SJ では、同動作が行われないことに特徴がある。本実験では、MBT と CMBT とでは、MBT においてのみ競技力との間に有意な正の相関関係が観察された。これは、下半身を用いたジャンプ系のテスト種目では、SJ が最も有用であることを認めた実験 1 の結果と一致する。SJ と CMJ の RFD を比較すると、前者の方が大きな値を示すことが報告されている (Wilson et al. 1995)。この知見からは、カウンタームーブメントを伴わない運動の方が、動きが単純となり筋のパワー発揮能力をシンプルに反映されることが考えられる。本実験の結果は、このことは脚筋だけではなく、上半身の筋についても当てはまることを示唆する。

SJ と比べ CMJ では、SSC に起因した反動動作によって、地面に力を加える時間が増加し、通常、跳躍高が増大する (Bobbert et al. 1996)。本実験においても、カウンタームーブメント動作と伴った CMBT の方が、MBT よりボールの飛距離が長いことが観察され、脚筋の場合と同様の原理が作用したものと考えられる。しかしながら、上半身の場合、カウンタームーブメントを使用した方が、飛距離が短くなる場合があるとする報告もみられ、条件によっては上肢の運動では、下肢の運動のように反動効果が顕著にテストの成績に現れない可能性がある (三浦ら 2002)。

3 kg のメディシンボールを用いたテストが、ハンドボール競技者の体力測定に有用であることが報告されている (Hammami et al. 2019)。本実験でも、3 kg のメディシンボールを用いたテストが、テスト項目として有効であることが認められたが、投擲競技者が、ハンドボールよりも重い投擲物を投射することを考慮すると、さらに重いメディシンボールを使用した方が、テストの信頼性が高まることが推察される。しかしながら、

Zaras et al. (2016) は、投擲競技者を対象として、メディシンボールの重さがトレーニング効果に及ぼす影響を検討し、40 週間のトレーニングによって、1~3 kg の重さのメディシンボールでの投成績は向上したが、4~5 kg のボールでの成績は向上しなかったことを報告しており、より重いボールを使用したテストが必ずしも優れていない可能性もある。適切なボールの重量については、今後の検証する必要がある。

BP-1RM と競技力の関連性

BP-1RM が投擲競技者の体力を示す測定項目として適切か否かについては、統一された見解は示されていない (Bourdin et al. 2010, 前田ら 2018, Victor et al. 2003, 畑山ら 2011, Takanashi et al. 2020)。本実験では、BP-1RM の採用は適切ではないとする知見を支持する結果が得られた。この原因としては、BP-1RM の測定では、投擲競技における動作と比較し、筋の収縮速度が著しく遅く、1RM が投擲競技に求められる爆発的筋力発揮能力を十分に反映しないことが考えられる (畑山ら 2011)。メディシンボールスローの上方への上げ高と BP-1RM の間に関連性が認められないこと (三浦ら 2002)、メディシンボールスローの飛距離と 61.4 kg のベンチプレスにおける拳上速度の間に正の相関関係があること (Clemons et al. 2010) はこれを裏付ける知見である。

投擲競技者 (円盤投) を対象とした先行研究において、BP/BM と競技力の間に関連性は認められなかったことが報告されており (畑山ら 2011)、本実験でもこれを支持する結果が得られた。BM が競技成績に負の影響を与える競技種目では、体力の評価に体重当たりの相対値が用いられることが多い (Aoki et al. 2015, 畑山ら 2011, 高梨ら 2009)。一方、前述の通り投擲競技者では、BM が大きいことは競技力に対してポジテ

ィブな要因となり、したがって、これらの競技では、体力評価に絶対値が用いられるべきであろう。

以上の結果により、投擲競技者の上半身の体力評価項目として、MBT が有効であることが示された。MBT は、静止状態から爆発的な筋力発揮が求められる運動種目である。実践現場のアスリートやコーチは、競技で必要とされる運動特性を十分に考慮したうえで、体力評価の測定項目を選択することが重要であると考えられる。

5. 要約

本実験の目的は、PJ、CMPU、MBT、CMBT、BP-1RM および BP/BM が、投擲競技者における上半身の爆発的な筋力発揮能力の評価項目として有用であるか否かについて検討することであった。被験者は、陸上競技投擲競技者男子 11 名であった。得られた結果は、以下の通りである、

- 1) MBT と競技力 (IAAF Score) との間に、有意な正の相関関係みられた。
- 2) CMPU の測定値と競技力との間に、有意な負の相関関係が認められた。
- 3) PJ、CMBT、BP-1RM および BP/B と競技力との間には、有意な相関関係はみられなかった。

以上の結果により、投擲競技者の上半身の体力評価項目として、MBT が有効であることが示された。MBT は、静止状態から爆発的な筋力発揮が求められる運動種目である。実践現場のアスリートやコーチは、競技で必要とされる運動特性を十分に考慮した

うえで、体力評価の測定項目を選択することが重要であると考えられる。

第5章 討 論

1. フィールドテストにおけるテスト種目の有用性

競技力を得点化して、異なる種目の投擲競技者に対して用いることのできるフィールドテストの種目を検討した研究は、本研究が最初である。実験1では、従来のフィールドテスト種目による体力評価の有効性について検討した。その結果、SLJ, SJ および CMJ の成績が競技力を反映していることが明らかとなった。特に SJ では、競技力の変化率と SJ の変化率との間に、正の相関関係が認められた。

この結果を基に、下半身（実験2）と上半身（実験3）の能力を評価する種目を考案・検討した。その結果、下半身に対するテストでは極めて短時間のペダリング運動が、上半身に対するテストでは MBT が有用であることが認められた。SLJ, SJ, CMJ を含むこれらのテストに共通した特徴は、技術的要素の関与が比較的少ないこと、反動動作が利用されないこと、および短時間における爆発的筋力発揮能力が成績を規定することである。

本研究で明らかになったもう一つの重要な点は、体重の影響である。投擲競技が他の多くのスポーツ競技と異なる点は、体重が重いことが競技成績に対して有利に作用することである。したがって、投擲競技者の体力評価にも、重い体重がポジティブとなるテスト種目が選択されるべきである。実践現場においては、測定結果を絶対値ではなく体重当たりの相対値で評価することが多い。これは、教育現場では、短距離や跳躍種目と共通の体力テスト種目を、投擲種目においても用いているためであると考えられる。投擲競技者の体力評価に、重い体重がマイナスに作用す

るテスト種目を用いることが好ましくないとする考えは浸透していない。本研究は、実践現場に対して重要な知見を提供することになるであろう。

2. 動作速度の重要性

上述のように、短時間のベダリング運動、MBT およびジャンプ系種目で最も競技力と高い関連性を示した SJ は、いずれも反動動作を使用せず、静止状態から短時間で動作を遂行する種目である。反動を用いた場合と用いない場合を比較すると、後者の方が最大筋力発揮時における RFD が大きいことが知られており (Wilson et al. 1995)、投擲競技者にとって、RFD が重要な体力要素であることが示唆される。今日まで、投擲競技の実践現場において、動作速度の重要性はある程度認識されてきたが、RFD に着目したコーチングは実施されてこなかった。ウェイトトレーニングを例にあげると、挙上の速度が重視されるべきポイントの一つであることが、本研究の結果から考えられる。しかしながら、トレーニングの実践現場では、挙上重量が重視されることはあっても、挙上速度について注視されることは少ないのが現状である。本研究の結果からは、今後は反動を用いない動きで、速度を重視したトレーニングを積極的に取り入れるべきであると考えられる。

3. 個別性に応じたフィールドテストの活用

A. 競技力に応じた活用

本研究において対象とした競技者の競技力は、中級レベル (地方競技会出場レベル) から上級レベル (全国規模の競技会入賞レベル) まで広範囲に及んだ。実践現場では、

一団体がトレーニングを行う場合、投擲競技者が種目を問わず、共通の運動施設において類似したトレーニングを行うことが多いことは先に述べた通りであるが、競技レベルもまた幅広いことが一般的である。本研究結果は、個々の競技レベルが異なる競技者集団に対して有効であるテスト種目を明らかにした点においても意義深い。

これまで実践現場において、フィールドテストにおける各テスト種目の成績に対して、体力的要素と技術的要素がどのような割合で関与しているのかを考慮して、テスト結果を評価することはなされてこなかった。本研究では、競技レベルが向上するに従い、技術的関与が相対的に高いテスト種目（BWT, STJ）の得点と競技力との関連性が高くなる傾向が観察された。このことから、競技成績に占める技術的要素の割合は、初・中級レベルより上級者レベルの競技者のほうが高いことが考えられる。このことを考慮すると、初・中級レベルの競技者に対しては、体力的要素の関与が高いテスト種目を、上級レベルの競技者に対しては、これらに加え技術的要素の関与が高いテスト種目をを用いると、テストの有効性が増すとともに、時間的に経済的であることが示唆される。

B. MBT の活用

前述のように、これまで上半身の体力を評価するテスト種目は高い頻度で実施されてこなかった。そのことが、一部の競技者に対して適切なトレーニングを提供できない原因となっていたことが考えられる。従来行われてきた（全身あるいは下半身の体力を評価する）テスト種目において成績が高かったにも関わらず、その結果が競技力に直結しなかった競技者では、上半身に体力的課題を抱えていた可能性がある。今後、

データが蓄積されれば、上半身および下半身の体力的特性を綿密に分析し、パフォーマンス停滞の原因解明あるいはより詳細な体力的課題の発見に活用できる可能性がある。

4. 実践現場の視点から

トレーニングを計画する際には、競技力と直結する体力と直結はしないが備えておくべき体力との区別を明確にすべきであろう。これまで述べてきたように、投擲種目では爆発的筋力発揮能力を高めることが記録の向上に直結する。しかしながら、ウエイトトレーニングでは、その狙いが過度に最大筋力の向上に置かれている傾向にある。それは、日本人競技者の筋力が、海外の競技者と比較して劣っていることは明白であり、彼らに追いつこうとする意識からであろう。実際、インターネット動画などで、海外一流競技者が極めて負荷の大きいウエイトトレーニングを行う様子を見て、それを模倣する選手は少なくはない。しかしながら、挙上重量ばかりを重視することは、競技力向上の本質をついた見方ではない。最大挙上重量を向上させることは、爆発的筋力発揮能力の基礎とはなるが、必ずしもその能力を高めることに繋がらないからである。本研究の結果からは、ウエイトトレーニングでは、競技者自身が、バーベルを少しでも速い速度で挙上することを意識して、トレーニングを行うことが重要であると考えられる。しかしながら、コーチの立場からみても、競技者がそれを意識しているかどうかを判別することは難しい。1980年代から2000年頃までの先行研究や専門誌などを散見すると、静止状態からの爆発的筋力発揮の重要性を示した内容はみあたらず、これまでRFDが重要視されてこ

なかったことが伺える。

「事例研究からのデータが蓄積されることは、コーチング学における知のデータベースを構築することに繋がる」といわれるように(図子 2010), 競技あるいはトレーニングに直接関る我々に求められることは、実践データを積み上げていくことであろう。サンプル数が多いことあるいは科学的根拠があることに越したことはないが、実践現場において生じた一事例であっても、そのような情報が蓄積されれば、競技力向上のきっかけとなるであろう。競技力の向上は、科学的根拠に裏付けされた理論と指導者や競技者の私論の融合のうえに成り立っている。図子(2003)は、「細分化され、切り取られたデータだけでは、人間の動きを効果的に変容させる知見は得られないのではないかと危惧している。競技者は一人ひとり異なった個性を有しており、その個性に合わせたトレーニング法を構築していかなくてはならない。例えば、爆発的筋力発揮能力が低くても、長身で体格に長ける競技者であれば、その利を生かすことで体力的短所をカバーできるであろうし、反対に、いくらパワー発揮能力に優れていたとしても、これを投擲技術に結び付けることができなければ、宝の持ち腐れとなってしまう。データを分析するだけでは本質的な価値はなく、分析データに基づいて、個々に応じた応用がなされて初めて価値が生まれるのではないかと考える。

4. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、陸上競技投擲種目の運動特性を考慮し、これまで広く実施されてきたフィールドテストの在り方について再考した。下半身の爆発的筋力発揮能力の

評価には比較的高負荷（5 kp）で短時間（1～2 秒間）の最高ペダリング回転数が、上半身の爆発的筋発揮能力の評価には MBT が有用であることが示唆された。しかしながら、本研究では、限定された負荷・重量においてのみ実験が行われたため、これらのテスト種目における適切な負荷・重量を検証するまでには至らなかった。投擲競技が比較的高重量の投擲物を扱うことを考慮すれば、ペダリング運動における負荷あるいは MBT におけるボールの重量には、本研究で採用したものよりも高いものが適している可能性がある。本研究が提示した知見を基に、今後はこの点を検討する必要がある。

第6章 総括

本研究では、陸上競技における投擲競技者の体力評価に有用なテスト種目を特定することを目的とし、3つの課題を設定し実験を行ない、以下の結果を得た。

1. 従来フィールドテストの再検討（実験1）

これまで複数種目投擲競技者に対して有効であるフィールドテスト種目が明確にされてこなかった理由は、異なる種目（砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投）の飛距離を単純に比較できないことにあった。そこで本実験では、IAAF Scoreを用いての各投擲競技種目の競技記録を得点化し、投擲競技者に共通して用いることのできるテスト種目を特定することを目的とした。24名の男子大学生投擲競技者を対象に、BWT、30 m スプリント走、最高ペダリング回転数（負荷-1.0 kp）、最大無酸素パワー、SLJ、STJ、SJ、CMJ および RJ の成績を測定したところ、SJ が投擲競技者の体力評価に最も有効であることが確認された。

2. 下半身の爆発的筋力発揮能力の評価（実験2）

実験2の目的は、動作時間が短いスプリントおよび自転車エルゴメータテストが、下半身の体力評価項目として有用であるか否かについて明らかにすることであった。大学生男子投擲競技者11名を対象に、10 yard スプリント走のタイムおよび自転車エルゴメータを用いた最高ペダリング回転数の成績を計測したところ、負荷5 kp、運動時間1~2秒でのペダリング運動が、投擲競技者の下半身の

体力評価に有効であることが確認された。

3. 上半身の爆発的筋力発揮能力の検討（実験3）

従来のフィールドテスト種目の殆どは、脚または全身の爆発的筋力発揮能力を評価する方法であり、上半身を対象にしたものは極めて少なく、またその有用性は明らかになっていない。そこで実験3では、上半身を評価するテストを考案し検討した。男子大学生投擲競技者11名を対象に、MBT、CMBT、CMPU、PJ、BP-1RMおよびBP/BMの成績を測定したところ、MBTが上半身の体力評価に有効であることが確認された。

4. 結 論

本研究から得られた結論は以下の通りである。

- (1) 技術的関与が少ない運動、反動動作を用いない運動かつ短い運動時間で大きなパワーが発揮される運動が、陸上競技の投擲競技者の体力評価に有用である。
- (2) 体重が重いことがネガティブに作用する運動は、有効なテスト種目とはならない。
- (3) 下半身の体力を評価できる有効なテスト種目は、SLJ、SJ、CMJおよび負荷5kp、運動時間1～2秒の最高ペダリング回転数である。
- (4) 上半身の体力を評価できる有効なテスト種目は、MBTである。

IAAF Score を用いて投擲種目の成績を定量化し、種目の異なる投擲競技者を対象とした体力評価に用いることのできるテスト種目を検証した研究は、本研究が最初である。大学生投擲競技者を被験者とした実験から、技術的関与が少なく、短い運動時間で大きなパワーが発揮される運動が、有用であることが認められた。これらの研究成果が、実践現場において応用されることによって、投擲競技の競技力向上に寄与することが期待される。

謝辞

本稿を終えるにあたり、丁寧な御指導と御教示をいただきました広島大学大学院人間社会学研究科 和田 正信 教授に深甚なる謝意を表します。

また、論文作成に際して、御閲覧ならびに御助言いただきました広島大学大学院人間社会科学研究科 岩永 誠 教授，長谷川 博 教授，日本女子体育大学 吉田 孝久 教授に深く感謝申し上げます。

さらに、実験にご協力いただきました順天堂大学陸上競技部の皆様，測定補助およびご指導を賜りました勝又健太さんに厚くお礼申し上げます。

そして、研究に際しまして多くの御助言をいただきました順天堂大学スポーツ健康科学部 河村 剛光 准教授 および順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 青木 和浩 教授に深く御礼申し上げます。

引用・参考文献

- Aoki K, Kohmura Y, Sakuma K, Koshikawa K, Naito H.** Relationships between field tests of power and athletic performance in track and field athletes specializing in power events. *Int J Sports Sci Coach* 10: 133–144, 2015.
- 青山利春, 若山章信, 桜井伸二, 池上康男, 岡本敦.** 65m クラスと 90m クラスのやり投げ動作比較. *体育・スポーツ科学研究* 1: 11-15, 1991.
- Babbitt D, Hoffa R.** A longitudinal examination of the throwing career of reese hoffa. *New Studies in Athletics* 3./4.: 29-37, 2016.
- Bartlett RM.** The biomechanics of the discus throw: a review. *J Sports Sci* 10: 467-510, 1992.
- Bartoniets K.** Strength training for throwers. The throws. Jarver J ed. *Mountain View*, CA: Tafnews Press, pp22-24, 2000.
- Baumgartner T, Jackson A.** Measurement for evaluation in physical education and exercise science. 8th ed. Madison, WI: Brown & Benchmark, pp69-107, 2007.
- Best RJ, Bartlett RM, Morriss CJ.** A three dimensional analysis of javelin throwing technique. *J Sports Sci* 11: 315-328, 1993.
- Blazkiewicz M, Lyson B, Wit A.** Mechanical energy flows between body segments in ballistic track-and-field movements (shot put, discus, javelin) as a performance evaluation method. *Acta Bioeng Biomech* 21: 31-36, 2019.
- Bobbert M, Gerritsen K, Littjens A, and van Soest AJ.** Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc* 28: 1402–1412, 1996.
- Bompa TO, Haff GG.** *Periodization: Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp1-424, 2009.
- Borgstrom A.** Javelin throwing in Sweden-training and methods of evaluation. *Thrower*

46: 56-59, 1989.

Bouhlef E, Souhail M, Tabka Z, Shephard R. Relationships between maximal anaerobic power of the arms and legs and javelin performance. *J Sports Med Phys* 47: 141-146, 2007.

Bourdin M, Rambaud O, Dorel S, Lacour J R, Moyen B, Rahmani A. Throwing performance is associated with muscular power. *Int J Sports Med* 31: 505-510, 2010.

Clemons J, Campbell B, Jeansonne C. Validity and reliability of a new test of upper body power. *J Strength Cond Res* 24: 1559-1565, 2010.

Chu D, Vermeil A. The rationale for field testing. *NSCA J* 5: 35-36, 1983.

Dapena, J. The pattern of hammer head speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuation. *J Biomech* 17: 553-559, 1984.

DeWeese B H, Nimphius S. スピードおよびアジリティトレーニングのためのプログラムデザインとテクニック. *NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第4版*, 有限会社ブックハウス・エイチディ, 東京: pp581-584, 2018.

Gregor RJ, Whiting WC, McCoy RW. Kinetic analysis of olympic discus throwers. *Int J Sport Biomech* 1: 131-138, 1985.

Haff GG. Periodization strategies for youth development. *In: Strength and Conditioning for Young Athletes: Science and Application*. Lloyd RS, and Oliver JL eds. London: Routledge, Taylor & Francis, pp149-168, 2014.

Haff GG, Haff EE. Training integration and periodization. *In: Strength and Conditioning Program Design*. Hoffman J ed. Champaign, IL: Human Kinetics, pp209-254, 2012.

濱元一馬. 男子やり投, 村上幸史選手との10年間. *陸上競技研究* 58: 35-38, 2004.

Hammami M, Hermassi S, Gaamouri N, Aloui G, Comfort P, Shephard RJ, Chelly MS. Field tests of performance and their relationship to age and anthropometric parameters in adolescent handball players. *Front Physiol* 10: 1124, 2019.

- Harris C, Wattles A, DeBeliso M, Sevene-Adams P, Berning J, Adams K. The seated medicine ball throw as a test of upper body power in older adults. *J Strength Cond Res* 25: 2344-2348, 2011.
- 畑山茂雄, 高梨雄太, 佐々木大志. 円盤投競技者の体力特性と競技力の関連性. *陸上競技研究* 87: 17-26, 2011.
- Hay JG. *The biomechanics of sports techniques (3rd Edition)*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, pp481-495, 1985.
- Hedrick A. Training for hypertrophy. *Strength Cond* 17: 22-29, 1996.
- Hinshaw T, Stephenson M, Sha Z, Dai B. Effect of external loading on force and power production during plyometric push-ups. *J Strength Cond Res* 32: 1099-1108, 2018.
- 廣瀬健一, 高梨雄太, 青木和浩, 金子今朝秋. ハンマー投競技者のパフォーマンスとコントロールテストの関連性について. *陸上競技研究* 92: 38-44, 2013.
- Hunter I, Kiggore G. Release velocity and angle in men's and women's hammer throw. *Track Coach* 162: 5180-5181, 2003.
- Isele R, Nixdorf E. Biomechanical analysis of the hammer throw at the 2009 IAAF world championships in athletics. *New Stud Athl* 25: 37-59, 2010.
- Jakalski K. The pros and cons of using resisted and assisted training methods with high school sprinters parachutes, tubing, and towing. *Track Coach* 144: 4585-4589, 1998.
- Jeremy M, Travis T. レジスタンストレーニングのためのプログラムデザイン. *NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第4版*, 有限会社ブックハウス・エイチディ, 東京: pp500-501, 2018.
- Jones M. The test quadrathlon. *Track Field Q Rev* 88: 43-46, 1988.
- Judge LW. Developing speed strength: in-season training program for the collegiate thrower. *Strength Cond* 29: 42-54, 2007.
- Koch J, Riemann L, Davies G. Ground reaction force patterns in plyometric push-ups. *J*

Strength Cond Res 26: 2220-2227, 2012.

公益財団法人日本オリンピック委員会 .

<https://www.joc.or.jp/games/olympic/beijing/sports/athletics/team/>. 2008.

Landolsi M, Bouhlef E, Zarrouk Show F, Tabka Z. The relationships between leg peak power and shot-put performance in national-level athletes. *Isokinet Exerc Sci* 22: 55-61, 2014.

McGuigan M. テストの選択と実施の原則. *NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第4版*, 有限会社ブックハウス・エイチデイ, 東京, pp280-281, 2018.

前田 奎, 大山下圭吾, 広瀬健一, 尾懸 貢. 男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係－記録に応じた体力基準の推定－. *コーチング学研究* 31: 175-184, 2018.

Mero A, Komi PV, Korjus T, Navarro E, Gregor R. Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *J Appl Biomech* 10: 166-177, 1994.

三浦 健, 関子浩二, 鈴木章介, 松田三笠, 清水信行. バスケットボールにおけるチェストパス能力を高める上肢のプライオメトリックス手段に関する研究. *体育学研究* 47: 141-154, 2002.

Morriss C, Bartlett R, Fowler N. Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics. *New Stud Athl* 12: 31-41, 1997.

Morrow RJ, Disch JG, Ward EP, Donovan TJ, Katch IF, Katch LV, Weltman LA, Tellez T. Anthropometric, strength and performance characteristics of American world class throwers. *J Sports Med Phys Fitness* 22: 73-79, 1982.

Murakami M, Tanabe S, Ishikawa M, Isolehto J, Komi PV, Ito A. Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF world championships in athletics. *New Stud Athl* 21: 67-80, 2006.

- 中村好男. 最大無酸素パワーの自転車エルゴメータによる測定法. *J Sports Sci* 3: 834-839, 1984.
- 中野美沙, 大山下圭吾, 尾縣 貢. 国内女子やり投競技者の体力特性. *陸上競技研究* 71: 37-44, 2007.
- Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ, Wilson GJ, Kraemer WJ, Hakkinen K. Influence of load and strength shortening cycle on the kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur J Appl Physiol* 75: 333-342, 1997.
- 大山下圭悟. 陸上競技 Round-up 日本人男子砲丸投競技者にとっての回転投法の可能性—世界レベルへの挑戦のために—. *陸上競技学会誌* 8: 56-63, 2010.
- Oliveto N. Establishing volume load parameters: a different look in designing a strength training periodization for throwing events. *Strength Cond J* 26: 52-55, 2004.
- Potach D, Chu D. プライオメトリックトレーニングのためのプログラムデザインとテクニック. *NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第4版*, 有限会社ブックハウス・エイチディ, 東京, pp513-564, 2018.
- Spiriev B. IAAF Scoring Tables of Athletics, Revised Edition, International Association of Athletics Federations, Monaco, 2011.
- Stone MH, O'Bryant H. Weight training: a scientific approach. Edina, MN: Burgess, pp1-361, 1987.
- Stone MH, O'Bryant HS, Garhammer J. A theoretical model of strength training. *NSCA J* 3: 36-39, 1982.
- Stone MH, O'Bryant H, Garhammer J. A hypothetical model for strength training. *J Sports Med* 21: 342-351, 1981.
- Stone MH, Stone ME, Sands WA. Principles and practice of resistance training. *Champaign, IL: Human Kinetics*, pp241-287, 2007.

Sugumar C. A. Biomechanical analysis of the shot put performance. *Glob J Res Anal* 3: 118-119, 2014.

高梨雄太. 女子学生投擲競技者を対象としたフィールドテストと投擲パフォーマンスの関連性. *東京女子体育大学東京女子体育短期大学紀要* 44: 49-53, 2009.

高梨雄太, 河村剛光, 青木和浩, 與名本稔, 金子今朝秋. 女子学生投てき競技者を対象としたフィールドテストによる運動能力評価の有効性. *陸上競技研究* 79: 30-38, 2009.

Takanashi Y, Fujimori N, Koikawa N. An investigation into the relationship between throw performance and maximum weight in weight training of female discus throwers. *J Hum Sport Exerc. in press*, doi: <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.161.20>, 2020.

田内健二, 磯 繁雄, 持田 尚, 杉田正明, 阿江通良. 円盤投の動作時間と投擲記録との関係. *陸上競技研究紀要* 3: 25-31, 2007.

田内健二, 尹 聖鎮, 栗山佳也, 高松 薫. 下肢のバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力からみた槍投げ競技者の体力特性. *体育学研究* 47: 569-577, 2002.

Terzis G, Karampatsos G, Georgiadis G. Neuromuscular control and performance in shot-put athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 47: 284-290, 2007.

Terzis G, Spengos K, Kavouras S, Manta P, Georgiadis G. Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers. *J Sport Sci Med* 9: 104-109, 2010.

Thompson P. Introduction to coaching. *The official IAAF Guide to Coaching Athletics*: 160, 2009.

Victor M R, Artur J F. The validity of general and specific strength tests to predict the Shot Put performance – a pilot study. *Int J Perf Anal Sport* 3: 112-120, 2003.

Waller M, Gersick M, Holman D. Various jump training styles for improvement of vertical

jump performance. *J Strength Cond Res* 35: 82-89, 2013.

Wathen D. Literature review: plyometric exercise. *NSCA J* 15: 17-19, 1993.

Wilson GJ, Lyttle AD, Ostrowski KJ, and Murphy AJ. Assessing dynamic performance: a comparison of rate of force development tests. *J Strength Cond Res* 9: 176-181, 1995.

Zaras N, Stasinaki AN, Arnaoutis G, Terzis G. Predicting throwing performance with field tests. *New Stud Athl* 31: 9-19, 2016.

関子浩二. スポーツ練習による動きが変容する要因—体力要因と技術要因に関する相互関係—. *バイオメカニクス研究* 7: 303-312, 2003.

関子浩二. スポーツ選手や指導者に役立つ実践の学としてのコーチング学の一つの方向性. *スポーツ方法学研究* 23: 99-104, 2010.

関子浩二, 高松薫, 古藤高良. 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. *体育学研究* 38: 265-278, 1993.