

## 陸上競技選手におけるウエイトトレーニング技術と競技力の関連性について —女子やり投選手に着目して—

### Relationship between physical fitness training techniques and performance levels in track and field athletes —Focusing on female javelin throwers—

岡田 雅次\*, 小林 万壽夫\*\*, 上村 孝司\*\*\*, 藤田 健祐\*, 小林 志郎\*\*\*\*

Masaji OKADA\*, Masuo KOBAYASHI\*\*, Takashi KAMIMURA\*\*\*  
Kensuke FUJITA\* and Shirou KOBAYASHI\*\*\*\*

#### Abstract

This report is a case study of javelin throwers. The purpose of this research was to examine the relationship between physical fitness training techniques and performance levels. The subjects were recruited from female and male javelin throwers. Investigated in this study were weight lifted, throwing records, and electromyograms (EMGs). The EMSs of two forearm muscles (the flexor carpi radialis and extensor carpi radialis longus) were recorded during physical fitness training (normal snatch and abnormal snatch). It was made clear that throwing records were related to weight lifted. The EMG values in abnormal snatch were significantly higher for the extensor carpi radialis longus than for the flexor carpi radialis. These results lead us to the conclusion that the original physical fitness training was effective in relation to progression in performance level.

*Key words; Javelin throw, Physical fitness training, EMG*

#### I. はじめに

やり投という競技は、他の投擲種目とは異なり、助走から投動作に移行していくという特徴を有している。このことから他の投擲種目以上に高い技術が求められる競技であると言える。また、これまでの報告<sup>2, 11)</sup>から日本人選手は外国人選手に比

べ体格的にも技術的にも劣っていることから、前者が後者と渡り合っていくためには、さらなる投擲技術の向上や投擲に必要な筋力を身につける必要性があると考えられる。

これまでのやり投に関する研究は、動作を対象としたものが非常に多く行われており、特にリリース局面（投げ局面）の研究が多く報告されてい

\* 国士館大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport Systems, Kokushikan University)

\*\*\* 健康科学大学 (Health Science University)

\*\*\*\* 新潟日報社 (Niigata Nippo Corporation)

る<sup>1, 2, 5, 9, 11)</sup>。Bartlett et al.<sup>3)</sup>は、50投の投げ動作における膝関節角度と投擲距離との関係について報告している。それによれば、リリース時の膝関節が屈曲しているほど、記録が低いという負の相関関係が認められたと述べている。一方、Morriss et al.<sup>8)</sup>は、世界記録保持者であるJ. Zeleznyの投動作を分析した結果、踏み込み脚の接地からリリースまでの時間が非常に短いことを報告している。

体力特性に関する研究では、宮口ら<sup>7)</sup>によれば、女子やり投選手において、背筋力と競技記録に相関関係があることを報告している。また、Bouhlef E et al.<sup>4)</sup>の報告によれば、競技記録と上肢及び下肢の無酸素性パワーとの間に有意な相関関係があることを明らかにしている。

これらの報告から、やり投に関する技術的及び体力的特性は明らかになっていると言える。しかしながら、トップ選手の投擲技術をすぐに真似をすることは不可能である。トップ選手が、その投げ方ができるのは体力特性の研究からも分かるように基礎的な体力が備わっているからであると言える。このことから力も技術の一つであることが考えられる。日ごろ競技者はウエイトトレーニングを行っているが、前述でも述べた「力も技術」であるならば、技術を必要とするウエイトトレーニング法を用いることにより競技力にも影響を与えることが推察される。そこで本研究では、通常ウエイトトレーニング法とは異なるトレーニングを行わせ、それが競技力にどのような影響を与えるかについて明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1) 被験者

国士舘大学陸上競技部に所属していた女子やり投げ選手3名を対象とした。また筋活動の測定は男子やり投げ選手3名、女子やり投げ選手3名を対象とした。被験者の身長、体重、競技記録は表1に示した。身長は身長計、体重は体重計にて測

定した。また、本研究の主軸である3名の女子選手の特徴は下記に示す。

海老原有希選手は、日本選手権、全日本及び関東学生選手権、国民体育大会で優勝を飾り、さらにアジア競技大会（ドーハ大会）及びアジアジュニア選手権（マレーシア大会）3位、世界ジュニア選手権（イタリア大会）5位など数多くの実績を残している。また高校時代は、やり投げでのインターハイ入賞だけでなく七種競技でも優勝するなど非常に身体能力の高い選手と言える。

岩木実由記選手の大学時代の主な成績としては、関東学生選手権優勝、全日本学生選手権5位といったものである。また高校時代は、国民体育大会で3位入賞という成績を残している。このことから高校時代からトップクラスで活躍していたと言える。

前所友佳選手の大学時代の成績は、関東学生選手権2位、全日本学生選手権5位であった。同選手の高校時代の成績は、インターハイ7位入賞という成績であり、上記の2選手と同様に高校時代からトップクラスで活躍していたと言えよう。

### 2) 筋電図

携帯型筋電計（MEGA社製）を用いて、表面筋電図法により橈側手根屈筋及び橈側手根伸筋の筋電図を記録した。筋電図の導出は、双極誘導法により測定を行った。電極（日本光電社製）は、電極間距離を20mmとして、被験筋の筋腹中央に貼付した。測定に先立ち、手関節伸展及び屈曲時の最大随意収縮（MVC）時の筋電図を測定した。

表1 筋電図測定時における被験者特性

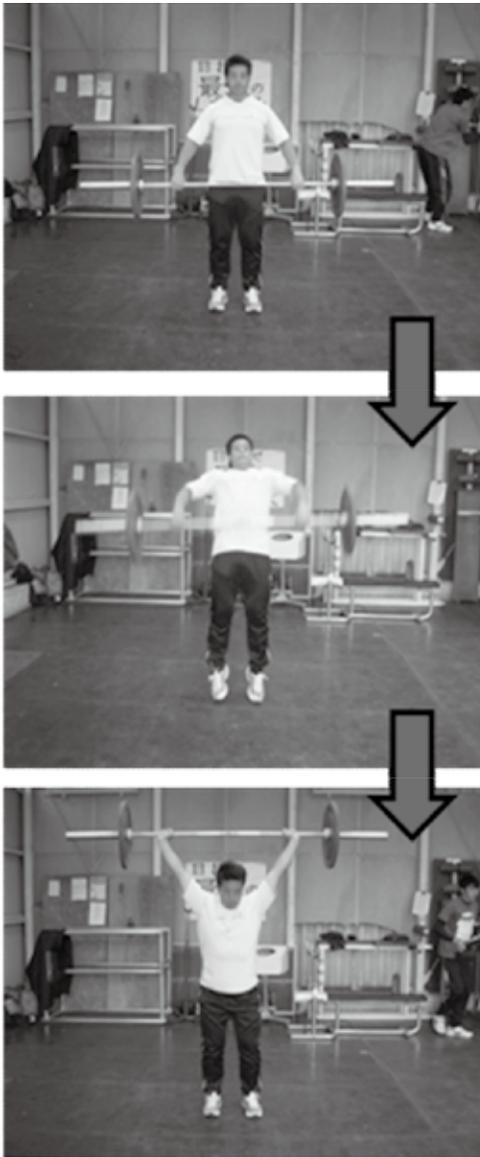
	身長(cm)	体重(Kg)	競技記録(m)
男子	172.3±4.2	79.3±8.9	71.4±4.2
女子	167.0±2.1	67.0±6.2	55.1±6.1

mean±S.D

MVC測定時の収縮形式は等尺性収縮であった。両MVCとも一回5秒間の収縮を3回行い、最大筋出力に達した時点における1秒間当たりの平均筋電位 (mEMG) を求め、3試行のうち最高値をMVC発揮時の値をとして採用した。また、MVC発揮時の値100%とし、動作時の筋電図の値の相対値 (% iEMG) を算出した。

### 3) 測定動作

筋電図の測定動作はスナッチ動作とした。スナッチ動作は手関節を底屈して行うものと底屈をせずに行うものの2動作の筋電図を記録した。また、スナッチ動作時の挙上重量は最大挙上重量の50%とした。(図1)



手関節非底屈時



手関節底屈時

図1 筋電図測定動作及びシャフト支持時の手関節角度の違い

#### 4) トレーニング方法

本研究におけるトレーニング方法としては、通常のウエイトトレーニング（ベンチプレス、スナッチ、クリーン）を行う際に手首を底屈状態で固定しウエイトトレーニングを週2～3の頻度で4年間行なわせた。

#### 5) 競技記録

競技記録においては国際競技会及び国内競技会での公認記録を採用した。

#### 6) 挙上重量

挙上重量の測定は、フリーウエイト法により測定を行った。代表値は年度内に記録した最高値を採用した。

#### 7) 統計処理

挙上重量及び投擲距離の比較は一元配置分散分析を行った後にBonferroni法による多重比較検定を行った。筋活動における比較については対応のあるt検定を用いて行った。各測定項目間の相関係数はピアソンの相関分析を用いて行った。統計処理の有意性はすべて危険率5%未満で判定した。

本研究は、国土舘大学体育学部の倫理委員会の承認を得て実施した。各被験者には、本研究の目的、測定内容及びその安全性についての説明を十分に行い、研究参加の同意を得た。

### Ⅲ. 結果

#### 1) 投擲距離の推移

図2には投擲距離の推移を示した。各学年の間に有意な差は認められなかったが、1年時に比べ4年時の値は高い傾向を示した（ $P=0.067$ ）。

#### 2) ベンチプレス挙上重量の推移

ベンチプレス挙上重量を示した。各学年の間に有意な差は認められなかったが、1年時に比べ3、4年時の値は高い傾向を示した（ $P=0.053, 0.059$ ）。（図3）

#### 3) スナッチ挙上重量の推移

図4にはスナッチ挙上重量の推移を示した。3年時の値は1年時に比べ有意に高い値を示した（ $P<0.05$ ）。さらに4年時の値も同様に有意に高い値を示した（ $P<0.05$ ）。

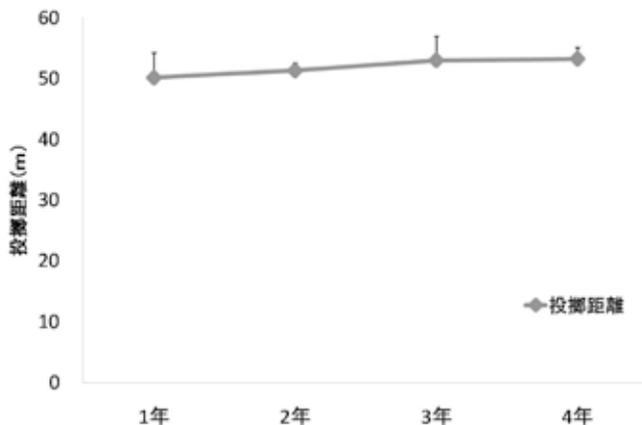


図2 やりの投擲距離の推移

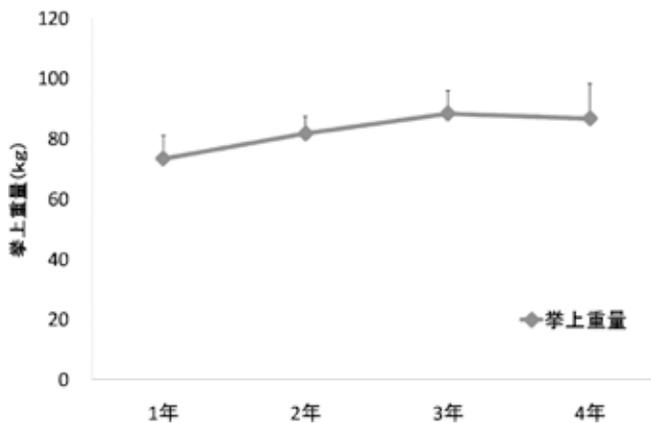


図3 ベンチプレス挙上重量の推移

#### 4) クリーン挙上重量の推移

クリーン挙上重量の推移を示した。各学年の間に有意な差は認められなかったが、1年時に比べ3、4年時の値は高い傾向を示した ( $P=0.063, 0.059$ )。(図5)

#### 5) 投擲距離とベンチプレス挙上重量との関係

図6には、投擲距離とベンチプレス挙上重量との関係を示した。投擲距離とベンチプレス挙上重量の間には有意な相関が認められた ( $r=0.964, P<0.05$ )。

#### 6) 投擲距離とスナッチ挙上重量との関係

投擲距離とスナッチ挙上重量との関係を示した。投擲距離とスナッチ挙上重量の間には有意な相関が認められた ( $r=0.961, P<0.05$ )。(図7)

#### 7) 投擲距離とクリーン挙上重量との関係

図8には、投擲距離とクリーン挙上重量との関係を示した。投擲距離とクリーン挙上重量の間には有意な相関が認められた ( $r=0.968, P<0.05$ )。

#### 8) 手関節底屈時の筋活動

図9には、手関節底屈時の筋活動を示した。橈側手根屈筋の値は橈側手根伸筋の値に比べ底屈時においては有意に高いことが認められた ( $P<0.01$ )。

#### 9) 手関節非底屈時の筋活動

図10には、手関節非底屈時の筋活動を示した。橈側手根屈筋の値と橈側手根伸筋の値の間に有意な差異は認められなかった。

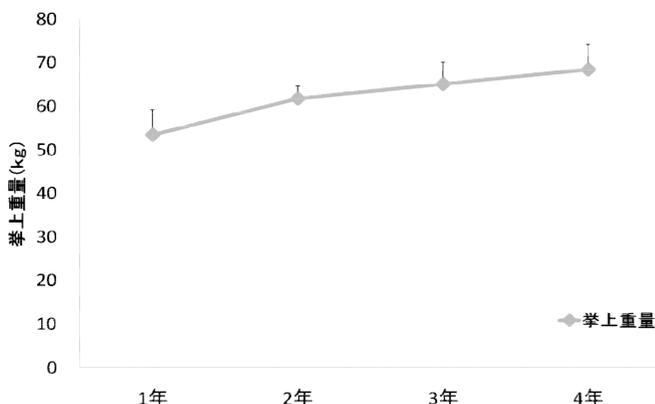


図4 スナッチ挙上重量の推移

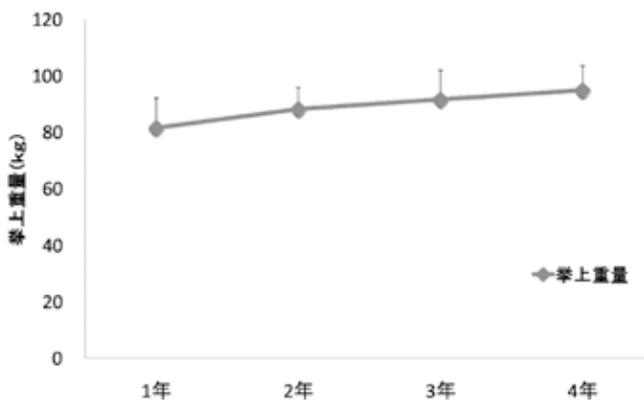


図5 クリーン挙上重量の推移

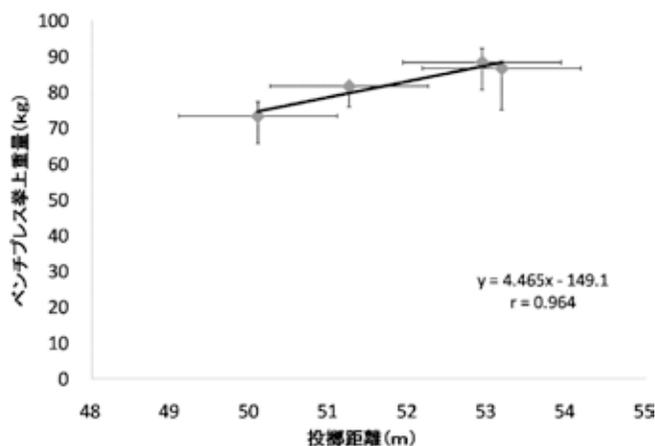


図6 投擲距離とベンチプレス挙上重量との関係

IV. 考 察

宮口ら<sup>7)</sup>の報告では、女子やり投げ選手において背筋の筋出力とやり投げの競技記録との間に有意な相関があることが明らかにされている。さらに、大川ら<sup>10)</sup>は、体幹の筋量とやり投げの競技能力に関係性があることを報告している。本研究においても、ウェイトトレーニングでの挙上重量と投擲距離の間には有意な相関が認められた。金子ら<sup>6)</sup>の報告では、やり投げ競技には技術の向上という観点からみた動作として、下肢から体幹そして上肢へと順に運動が伝達される「鞭運動」が確認されている。本研究の結果において、スナッチと競技記録との相関は3種目の中で最も高かった ( $r=0.968$ )。スナッチは3種目の中では下肢、体幹及び上肢の比較的多く筋を使うことが考えられることから、本研究の結果からも「鞭運動」がやり投げの競技記録に及ぼす影響は大きい技術であると考えられる。また、大川ら<sup>10)</sup>は、鞭運動を行うのに体幹の伸展及び屈曲させる筋力が必要であると述べている。このことを踏まえると著者の考えである「力も技術」と言えるのではないかと考えられる。

やりの投擲距離は、リリース時のやりの初速度によってほぼ決定されると阿江ら<sup>1)</sup>は述べている。また、Bartlett, et al.<sup>3)</sup>は、やりの初速度を大きくするには、やりに作用する力を大きくするとともに加速距離を大きくする必要があることを述べている。さらにやりの飛距離に影響があるのが投射角、姿勢角及び迎え角である。若山<sup>11)</sup>は、投射角及び姿勢角を調整す

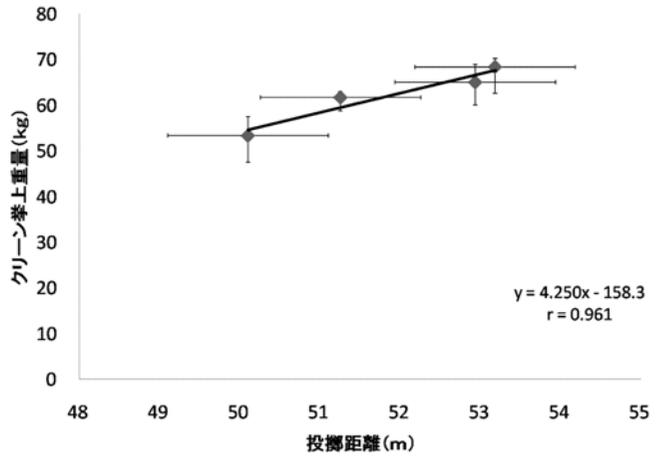


図7 投擲距離とスナッチ挙上重量との関係

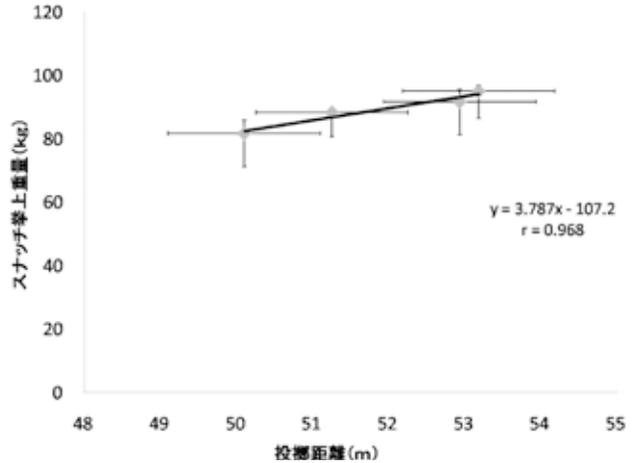


図8 投擲距離とクリーン挙上重量との関係

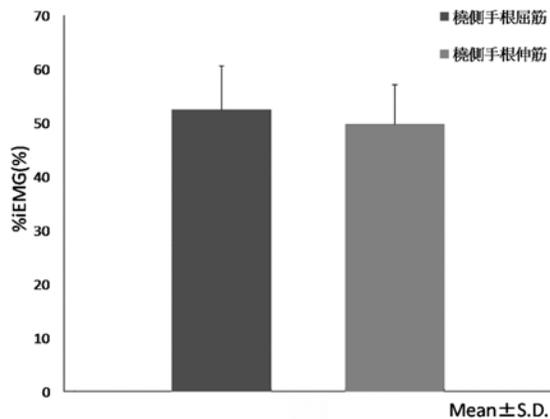


図9 手関節底屈時の筋活動

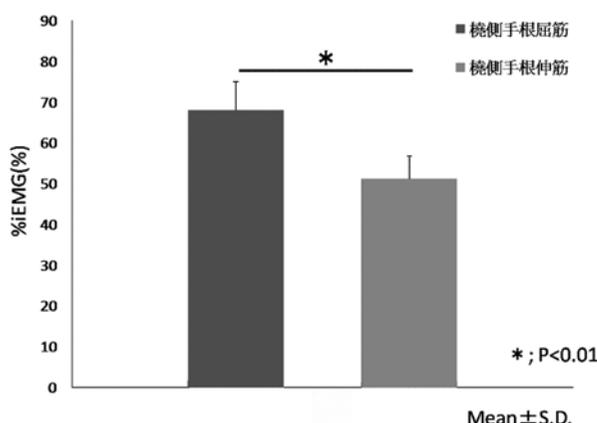


図10 手関節非底屈時の筋活動

ることで、迎え角を最適にし、飛距離に影響があると述べている。さらに、姿勢角の安定にはやりの長軸回りの回転が安定に重要であると述べている。また、やり投げにおいて80mを記録している著者及び日本記録保持者の溝口氏の実体験からもリリース時にやりを手関節のスナップで強く弾き押し出す動作で回転をやりにかけることでやりの軌道が安定し記録につながるかと述べている。これらのことから、手関節の動きはやりの飛距離に影響があることが考えられる。本研究の結果では、手関節非底屈時においては橈側手根屈筋と橈側手根伸筋の % iEMG の値に有意な差異は認められなかったが、手関節底屈時においては橈側手根屈筋の % iEMG の値が橈側手根伸筋に比べ高いこと明らかになった。このことから手関節底屈でのウエイトトレーニングでは橈側手根屈筋が高い筋活動水準であることからトレーニング効果が高いことが考えられる。橈側手根屈筋がトレーニングされることにより大きな力発揮が可能となり手関節の底屈速度が高くなり、やりの初速度も高くなるのではないかと推察される。また、本研究の4年間のウエイトの挙上重量の変化において上昇傾向が認められており、高負荷の状態でも手関節を底屈した状態でトレーニングが可能なることから手関節底屈筋群においても挙上重量の変化が推察される。また、挙上重量の変化に伴って投擲距離も

上昇していることから関連性がある可能性が推察される。やり投げは、体幹、上腕、前腕の順番に力が発揮されていくことから、手関節非底屈筋群をトレーニングするにあたってスナッチなどの全身を使うトレーニングの中で強化することが競技力向上に直接生きてくるウエイトトレーニングではないかと考えられる。

## V. ま と め

本研究では、通常のウエイトトレーニング法とは異なるトレーニングを行わせ、それが競技力にどのような影響を与えるかについて明らかにすることを目的とし、4年間の投擲距離の変化、ウエイトの挙上重量の変化及びウエイト時に筋電図の比較を行った。本研究の結果より得られた主な知見は以下の通りである。

1. ベンチプレス、スナッチ及びクリーンの挙上重量は、やりの投擲距離との高い関連性が認められた。
2. 手関節非底屈時においては橈側手根屈筋と橈側手根伸筋の % iEMG の値に有意な差異は認められなかった。しかしながら、手関節底屈時においては橈側手根屈筋の % iEMG の値は橈側手根伸筋に比べ高いこと明らかになった。

以上の結果から手関節底屈状態でのスナッチなどのウエイトトレーニングを行うことで手関節底屈筋群の強化が可能であることが考えられた。また、4年間の投擲距離の変化及び挙上重量の変化から本研究で用いたウエイトトレーニング法が競技力向上に効果的であることが推察された。

## 参考文献

- 1) 阿江通良, 野友宏則, 富樫時子, 島田一志, 篠原

- 邦彦 一流槍投げ選手のバイオメカニクスの分析.  
バイオメカニクス研究概論, 1999: 240-246
- 2) 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.  
日本陸上競技連盟 研究活動報告, 1993: 11-15
  - 3) Bartlett, R.M., R.J. Best The biomechanics of javelin throwing a review. J. Sports Sciences, 1988: 6: 1-38
  - 4) Bouhlel E, Chelly MS, Tabka Z, Shephard R Relationships between maximal anaerobic power of the arms and legs and javelin performance. J Sports Med Phys Fitness. 2007 Jun: 47 (2):141-6.
  - 5) 伊藤章, 金子公宥 やり投げ動作の運動力学的分析. 大阪体育大学紀要, 1978: 10: 1-7
  - 6) 金子公宥, 豊岡示朗, 伊藤章 槍投げにおける“鞭効果”. 日本バイオメカニクス学会編 身体運動の科学IV, 杏林書院 1983: 69-79
  - 7) 宮口和義, 出村慎一, 前田正登, 宮口尚義 やり投げパフォーマンスに関与する体力要因の性差について. 北陸体育学会紀要, 1992: 28: 103-111
  - 8) Morriss, C and Bartlett, R Biomechanical Factors Critical for Performance in the Men's Javelin Throw. Sports Medicine, 1996: 21: 438-446
  - 9) 村上雅俊 やり投げにおける3次元動作分析. 大阪体育大学紀要, 2002: 33: 128-129
  - 10) 大川昌宏, 菅原勲, 桜井忠義 体幹部の筋横断面積および機能に関する陸上競技やり投げ選手と他の投擲選手との比較. 体力科学, 2004: 53 (4): 411-423
  - 11) 若山章信, 田附俊一, 池上康男 第3回IAAF世界陸上競技選手権大会におけるやり投げの解析ーやりの迎え角とその最適角度ー. 日本体育学会大会号, 1993: 43: 388