

[原 著]

アーチェリー選手の上肢等速性筋力の特徴

—ペダル駆動型筋力測定器を用いての測定—

金 相勲*・伊藤 孝*・津山 薫**・角 清一**
榎本 静香**・清田 寛**

(2005年5月9日受付, 2005年8月24日受理)

Isokinetic Muscle Strength of Upper Extremity in Archers

—Measurement Using a Pedal Machine—

Sanghoon KIM, Takashi ITO, Kaoru TSUYAMA, Seiichi KADO,
Sizuka ENOMOTO and Hiroshi KIYOTA

The purpose of the present study was to examine the characteristics of isokinetic muscle strength of the upper extremity in archers, using a pedaling exercise machine. The subjects were fourteen male and twelve female archers, and seven male and ten female non-archers were examined as control. The isokinetic muscle strength of the upper extremity was measured using a pedaling exercise machine (Strength Ergo 240, Mitsubishi Electronic Co., Tokyo, Japan). Pedaling speed were 30, 50, 70, 90, and 110 rpm. The results were as follows: 1) As pedaling speed increased, the peak torque decreased in aforementioned four groups. The relationship between pedaling speed and peak torque followed the Hill' character formula. 2) The peak torque of 30, 50 rpm left pedaling of male archers was significantly higher than that of male control, which was considered to be the demonstration of isokinetic muscle strength unique to archers. For both left and right pedaling, male archers had a higher peak torque than female archers at each pedaling speed. 3) Male archers have greater left pedaling peak torque than right pedaling peak torque. This tendency was not seen in male control and considered as the demonstration of isokinetic muscle strength unique to archers. 4) In female archers isokinetic muscle strength unique to archers as seen in the male archers was not shown. The conclusion is that male archers have more powerful isokinetic muscle strength of upper extremity in left pedaling (exercise to extend left elbow and flex right elbow) than controls and that such muscle strength characteristic is not applied to female archer.

Key words: Archery, Pedaling exercise machine, Isokinetic muscle strength of upper extremity

キーワード: アーチェリー, ペダル駆動型筋力測定器, 上肢等速性筋力

I. 目 的

アーチェリーは、一定強度の弓を押す・引くといった上肢筋群による反復運動が中心であり、この方面に関する筋電図学的研究^{4,7,9)}も散見されるよ

うになった。また、このスポーツ種目は体幹や下肢が静止状態に近く、運動強度が低いことは言うまでもないことであるが、その反面、選手は一日に何百回となく弓を押す・引く運動を繰り返しているの

* 日本体育大学大学院後期課程 健康科学・スポーツ医科学系, ** 日本体育大学発育発達研究室

で、上肢筋群に対する負担がかなり大きくなっている。競技力の向上のために選手は、高強度の弓を用いる傾向にあるものの、その強度に伴った筋力を中心とした体力の向上をねらいとしたトレーニングの開発が遅れているようにも思われる。小沼ら¹¹⁾は、アーチェリーに関する研究の一貫として大学に所属するアーチェリー選手を対象に体格や体力について検討している。その結果、アーチェリー選手の体格や体力は、同年代における一般成人と差がなく、体力の特徴を見出すことはできなかったと述べている。アーチェリーは、老若男女を問わず広範囲にわたる選手が対象となっており、長時間に及ぶ競技なので、身体活動の高いスポーツ種目と比較してみると高い体力水準の必要性のないことがこのような結果を導いたものと推察される。しかし、アーチェリー選手は男子の場合、弓の強度が45ポンド前後、女子の場合40ポンド前後を用いることが多く、このような弓の強度が身体に影響を及ぼさないと考えにくい。筆者らはアーチェリーに特有な体力に関する測定法の開発の遅れがアーチェリー選手と一般成人とで体格差、体力差がないという結果を導いたのではないかと考えた。

一方、近年になってリハビリテーション領域では、筋力水準の低い対象者に対する多関節運動による筋力評価^{6,10,12,16,17)}が検討されている。多関節運動は種々なスポーツ種目の実際の運動形態と類似することも多く、この運動による筋力評価がスポーツ選手の筋力評価に応用されてきている^{8,13,14)}。

そこで、リハビリテーション領域における下肢の多関節運動時の筋力測定器として開発されたペダル駆動型筋力測定器を用いて、アーチェリーの弓を押す・引くといった運動と類似した上肢の多関節運動に着目した。今回の筆者らの研究は、この測定器を用いて、上肢筋力の測定に応用し、アーチェリー選手と一般成人を対象にペダル駆動における上肢筋力の特徴について比較・検討することを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は、N大学のアーチェリー選手、男子14名(以下 男子選手)、女子12名(以下 女子選手)である。同大学所属の健康な一般成人、男子7名(以下 一般男子)、女子10名(以下 一般女子)を

Table 1. Physical characteristics of archer and control

	Subjects	Age (years)	Body height (cm)	Body weight (kg)
(Male)	Archer	21.6±3.2	172.3±5.3	62.5±7.2
	Control	21.9±3.8	170.2±5.0	65.5±4.9
(Female)	Archer	20.0±0.7	161.8±6.6	57.3±7.8
	Control	20.8±1.0	158.3±3.3	54.9±5.4

それぞれ男子選手、女子選手に対するコントロールとした。今回対象としたアーチェリー選手の競技水準は、全日本インターカレッジまたは全日本選手権出場者であった。アーチェリー選手と健康な一般成人の身体的特徴を Table 1 に示す。被験者全員が右利きであり、アーチェリー選手と一般成人との比較において男女ともに年齢、身長、体重に有意な差はみられていない。

2. 上肢等速性筋力の測定

上肢等速性筋力は、ペダル駆動型筋力測定器(ストレングスエルゴ, BK-ERG-003, 三菱エンジニアリング(株)製)を用いて測定した(Fig. 1)。上肢等速性筋力は、すべて椅座位で測定した。上肢のペダル駆動運動におけるピークトルク値(Peak torque: PT, 単位: Nm)は、回転軸と連結しているレバーアームを把握し、ペダル駆動運動を最大努力で3回行い、最大値を代表値とした。ペダル駆動運動は連続的な運動のため左右の肘伸展および肘屈曲時におけるピークトルク値が出現するので、左肘伸展-右肘屈曲時のピークトルク値を左駆動 PT (peak

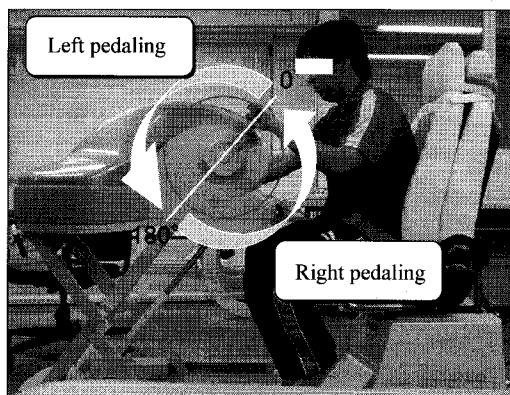


Fig. 1. Measurement of isokinetic strength of upper extremity using a pedaling machine.

torque of left pedaling) とし、右肘伸展-左肘屈曲時のピークトルク値を右駆動 PT (peak torque of right pedaling) として表した。

回転速度は 30, 50, 70, 90, 110 rpm の 5 種類を用い、30 rpm から 110 rpm の順に測定を行った。なお、各回転速度におけるペダル駆動運動の際には、セット間は十分な休息を与え疲労が残らないように注意した。

なお、回転速度を角速度に変換すると、それぞれ 80, 133, 186, 240, 293 deg/sec となる。

3. 統計処理

すべてのデータは Microsoft Excel を用いて、平均値と標準偏差を求めた。なおパラメトリック検定には Stat View5.0 を用いて、対応しない場合の t 検定を行い、5% 未満を有意とした。

III. 結 果

1. アーチェリー選手と一般成人のペダル駆動運動における回転速度とピークトルク値との関係

アーチェリー選手と一般成人の各回転速度における左駆動 PT を Fig. 2 に右駆動 PT を Fig. 3 に示す。各回転速度における左駆動 PT と右駆動 PT は、いずれも回転速度が速くなるに従い低くなる傾向を示した。

左駆動 PT は、男子の場合、男子選手の方が一般男子より各回転速度において平均値は高かったが、いずれの回転速度においても統計学的に有意な差は認められなかった。女子の場合、女子選手と一般女子との間で各回転速度における平均値にいずれかが大であるという一定の傾向は認められず、統計学的に有意な差も認められなかった。右駆動 PT は、男子の場合、男子選手の方が一般男子よりも各回転速度において平均値は高かったが、いずれの回転速度においても統計学的に有意な差は認められなかった。女子の場合、女子選手の方が一般女子より各回転速度において平均値は低かったが、いずれの回転速度においても統計学的に有意な差は認められなかった。

2. アーチェリー選手と一般成人のペダル駆動運動における回転速度と体重あたりのピークトルク値との関係

アーチェリー選手と一般成人の各回転速度における体重あたりの左駆動 PT (以下 左駆動 PT/BW,

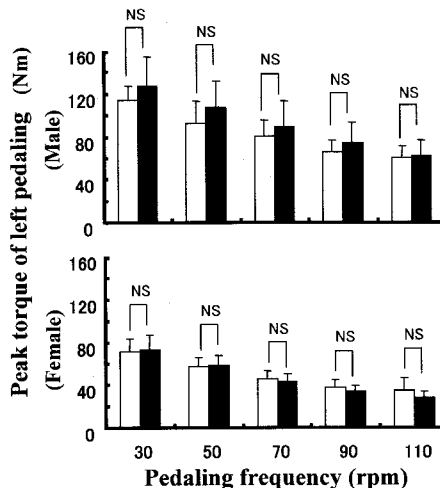


Fig. 2. Comparison of peak torque of left pedaling during isokinetic pedaling exercise in archer (black bar) and control (white bar).
NS: Not significant

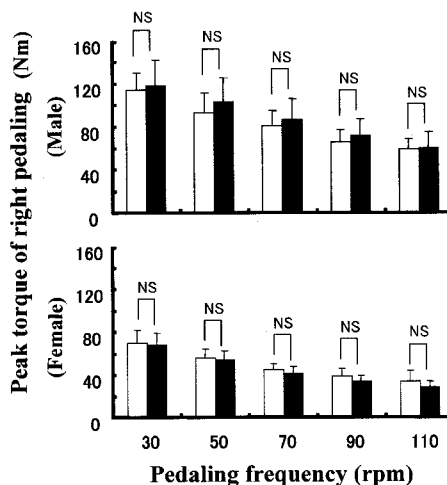


Fig. 3. Comparison of peak torque of right pedaling during isokinetic pedaling exercise in archer (black bar) and control (white bar).
NS: Not significant

peak torque/BW of left pedaling) を Fig. 4, 体重あたりの右駆動 PT (以下 右駆動 PT/BW, peak torque/BW of right pedaling) を Fig. 5 に示す。各回転速度における左駆動 PT/BW と右駆動 PT/BW は、いずれも回転速度が速くなるに従い低くなる傾向を示した。

また、左駆動 PT/BW は、男子の場合、男子選手

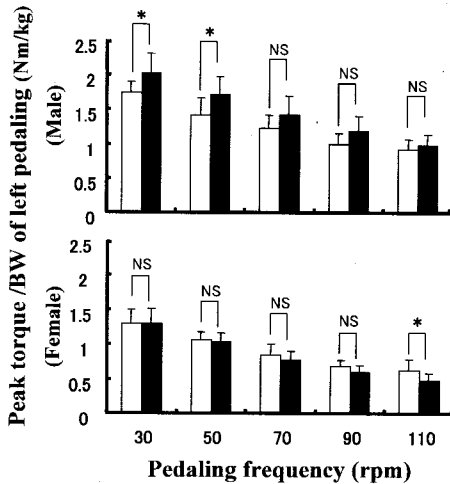


Fig. 4. Comparison of peak torque per body weight of left pedaling during isokinetic pedaling exercise in archer (black bar) and control (white bar).

* $p < 0.05$ NS: Not significant

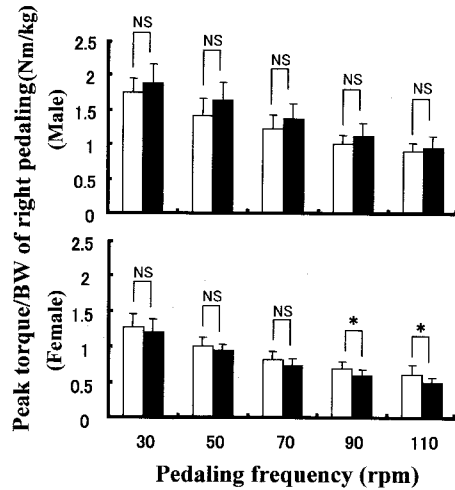


Fig. 5. Comparison of peak torque per body weight of right pedaling during isokinetic pedaling exercise in archer (black bar) and control (white bar).

* $p < 0.05$ NS: Not significant

の方が一般男子より、各回転速度において平均値は高く、回転速度 30, 50 rpm では統計学的に有意な差が認められた。他の回転速度においては統計学的に有意な差は認められなかった。女子の場合、女子選手の方が一般女子より、各回転速度において平均値は低く、回転速度 110 rpm では統計学的に有意な差が認められた。他の回転速度においては統計学的に有意な差は認められなかった。右駆動 PT/BW は、男子の場合、男子選手の方が一般男子より、各回転速度において平均値は高かったが、統計学的に有意な差は認められなかった。女子の場合、女子選手の方が一般女子より、各回転速度において平均値は低く、回転速度 90, 110 rpm では統計学的に有意な差が認められた。他の回転速度においては統計学的に有意な差は認められなかった。

3. アーチェリー選手と一般成人の右駆動 PT に対する左駆動 PT 比の比較

アーチェリー選手と一般成人の右駆動 PT に対する左駆動 PT の比（以下 左右 PT 比, left/right ratio）について比較しているのが、Table 2 である。左右 PT 比は、男子の場合、男子選手は各回転速度において 1.03~1.08 と常に 1.00 よりも高い値であったが、一般男子は 0.99~1.02 の範囲にあった。女子の場合、女子選手が 0.98~1.09、一般女子が 0.98~1.05 の範囲にあった。

IV. 考 察

日本における学生アーチェリー選手の体格や体力は、同世代における一般成人と似ており¹¹⁾、技術的または精神的な要素が競技成績の優劣を左右するこ

Table 2. Comparisons of Left/Right ratio of peak torque during isokinetic pedaling exercise in archer and control

Male	30	50	70	90	110 rpm
Archer	1.08±0.1	1.05±0.07	1.03±0.07	1.05±0.07	1.04±0.05
Control	1.01±0.06	1.00±0.1	0.99±0.07	1.00±0.07	1.02±0.05
Female	30	50	70	90	110 rpm
Archer	1.08±0.08	1.09±0.1	1.05±0.07	1.01±0.06	0.98±0.08
Control	1.03±0.11	1.05±0.08	1.04±0.09	0.98±0.06	1.02±0.05

(M±S.D.)

とは選手やコーチの認めているところである。この競技に関する技術的な研究は、歴史的にもかなり古くからなされているものの、アーチェリー選手の競技力の向上との関係から技術を考えた場合、弓や矢などの弓具の開発がいまだになされており、技術的な指導法についての結論を見出すには至っていないようにも推察する。また、体力に関する研究の中で、小沼ら¹¹⁾は学生アーチェリー選手の筋力や柔軟性、呼吸循環器系はほぼ一般成人と類似していると報告しており、日々の練習やトレーニングによっても高い体力レベルが獲得されていないことを示唆している。しかし、筆者らはアーチェリー選手が、弓を押す・引くといった上肢を中心とした筋力発揮を繰返し行っていることにより、アーチェリー選手の上肢の筋力は一般成人と比べて何らかの特徴があるとの仮説に立ち、ペダル駆動運動時における等速性筋力の測定を試みたわけである。

1. ペダル駆動運動時における回転速度-ピークトルク値との関係

等速性収縮による関節運動には、角速度-PT 関係が認められ^{5, 15, 18)}、両者の関係は、Hill の収縮速度-負荷関係 (Hill の特性式³⁾) と類似していることは多くの研究者により報告されている。筆者らはアーチェリーの押す・引くといった運動に類似した下肢のペダル駆動型筋力測定機器に着目し、この機器を上肢用に応用して、選手の上肢筋力の特徴を検討することとしたわけだが、回転速度-PT 関係は、男女の選手、一般成人ともに Hill の特性式と類似した結果が得られた。すなわち、回転速度が速くなるに従い左右駆動 PT および左右駆動 PT/BW ともに低くなった。小林ら⁶⁾は Open kinetic chain (単関節による運動) と Closed kinetic chain (多関節による運動) による筋力は、有意な相関関係を認めると述べており、Hennessy²⁾ も Closed kinetic chain と %FT fiber area との間において有意な相関関係を認めている。本研究に用いた上肢用のペダル駆動型筋力測定機器による多関節運動による筋力評価は、アーチェリーという競技においてもそのパフォーマンスを知る上で活用できるものと考えられる。

2. アーチェリー選手の上肢等速性筋力の特徴

上肢等速性筋力は、左駆動 PT/BW の 30, 50 rpm の低速度において、男子選手と一般男子との間に統計学的に有意な差を認めた (Fig. 4)。これらの

回転速度は、実際のアーチェリーの中での左上肢で弓を押す・右上肢で引くという動作 (ドロウイング) の速度に近似した速度である。この動作は、強い抵抗 (対象とした男子選手における弓の強度は 40 から 45 ポンドの範囲) に抗して、左肘を伸ばし、右肘を曲げるために上肢の筋力を要するわけで、この動作の繰返しと、男子選手にて左駆動 PT/BW がより大であるという筋力の特徴は十分に関連づけられると推測する。この知見は先行研究にない点である。もっとも、30, 50 rpm 以外の回転速度において、また、女子選手においてはこのようなアーチェリー選手特有の上肢筋力の特徴を見出すことはできなかった。

3. アーチェリー選手と一般成人における左右 PT 比の特徴

各回転速度の増大に伴う左右 PT 比は、男子の場合、男子選手が 1.03~1.08 の範囲にあり、常に 1.00 よりも大きく、左駆動 PT が右駆動 PT より大きい傾向がみられた。一方、一般男子の場合は 1.00 に近似しており、左右の筋力発揮はほぼ一致していた。すなわち、男子選手は一般成人と違って弓を押す左駆動の筋力発揮が、引く右駆動の筋力発揮よりも大きいことが示唆されたわけである。この点もアーチェリー選手特有の上肢筋力の特徴ととらえることができる。一方、女子選手と一般女子の左右 PT 比は、ともに、0.98~1.09 の範囲にあり、ピークトルク値、体重あたりのピークトルク値ともにアーチェリー選手特有の筋力発揮は観察されなかった。

4. アーチェリー選手と一般成人の上肢等速性筋力の違いにみられる性差

左駆動 PT、右駆動 PT ともに男子選手の方が一般男子よりもすべての回転速度において平均値が大であり、左駆動 PT/BW、右駆動 PT/BW は回転速度によっては男子選手が高いという結果であったが、女子においては一定の傾向はみられなかった。速い回転速度における体重あたりのピークトルク値では、女子選手の方が一般女子よりも低いという結果すら得られており、こうした点については今後の検討課題としていきたい。

今回の研究で得られた結果、特に男子選手においてみられた上肢等速性筋力の特徴からペダル駆動における上肢の等速性筋力のトレーニングは、アー

チェリーに必要な筋力, 体力の向上に結びつく可能性があると考えている。

ま と め

アーチェリー選手と一般成人を対象に上肢等速性ペダル駆動運動時におけるピークトルク値を測定し, 上肢筋力の特徴について比較・検討し, その結果は以下のようにまとめることができた。

1. アーチェリー選手男子および女子, 一般成人男子および女子いずれにおいても回転速度が速くなるに従いピークトルク値が低値を示し, Hill の特性式と類似していた。
2. アーチェリー男子選手の 30, 50 rpm の左駆動(左肘伸展-右肘屈曲時)におけるピークトルク値は一般成人男子よりも有意に高く, アーチェリー選手特有の筋力発揮と考えた。また, 左駆動, 右駆動ともに各回転速度において男子の方が女子よりも高いピークトルク値を示した。
3. アーチェリー男子選手では左駆動ピークトルク値が右駆動ピークトルク値より大で, これは一般男子にはみられず, アーチェリー選手特有の筋力発揮と考えた。
4. アーチェリー女子選手においては男子選手にみられたようなアーチェリー選手に特徴的な能力発揮は見出されなかった。

参 考 文 献

- 1) Ertan, H., Kentel, B., Tumer, S. T., Korkusuz, F.: Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Hum. Mov. Sci.*, **22**, 37-45 (2003).
- 2) Hennessy, M. P., Parker, A. W.: Electromyography of arrow release in archery. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.*, **30**, 7-17 (1990).
- 3) Hill, A. V.: The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc. Roy. Soc. B*, **126**, 136-195 (1938).
- 4) Johe, E. K., Robert, J. H., Larry, R. G., Terry, L. T.: Reliability and Effects of Arm Dominance on upper Extremity isokinetic Force, Work, and Power Using the Closed Chain Rider System. *J. Athl. Train.*, **34**, 358-361 (1999).
- 5) 清田 寛, 松田竜太郎, 浜野 学, 大橋信行, 大和 眞, 細谷治朗, 関口 脩, 岸田謙二, 斉藤照夫, 芦原世紀: 男女サッカー選手の等速性筋力に関する基礎的研究. *日本体育大学紀要*, **27**, 209-220 (1998).
- 6) 小林 亨, 山田純生, 大森 豊, 立石圭祐, 森尾裕志, 青木治人: ペダル駆動型筋力測定器による脚伸展トルク値と従来の等速性筋力測定器による膝伸展トルク値の関連性について. *理学療法学*, **28**, 338-342 (2001).
- 7) Leroyer, P., Hoecke, J. V., Helal, J. N.: Biomechanical study of the final push-pull in archery. *J. Sports. Sci.*, **11**, 63-69 (1993).
- 8) Lephart, S. M., Henry, T. J.: The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J. Sport Rehabil.*, **5**, 71-87 (1996).
- 9) Martin, P. E., Siler, W. L., Hoffman, D.: Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers. *J. Sports Sci.*, **8**, 215-221 (1990).
- 10) Muraki, S., Tsunawake, N., Yamasaki, M.: Difference in Cardiac Autonomic Control between Steady-state Arm Cranking and Leg Cycling in Women. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, **10**, 93-99 (2004).
- 11) 小沼克己, 高田良平, 岡部正博, 藤田 透, 山本 博, 清田 寛: アーチェリー選手の肩関節等速性筋力の特徴. *日本体育大学紀要*, **29**, 183-194 (2000).
- 12) 大森 豊, 山田純生: 新しいコンセプトの運動負荷装置. *PT ジャーナル*, **33**, 387-393 (1999).
- 13) Sargeant, A. J., Hoinville, E., Young, A.: Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. *J. Appl. Physiol.*, **51**, 1175-1182 (1981).
- 14) Sargeant, A. J., Dolan, P., Young, A.: Optimal velocity for maximal short-term (anaerobic) power output in cycling. *Int. J. Sports Med.*, **5**, 124-125 (1984).
- 15) 菅田真理, 清田 寛, 大和 眞, 中野昭一: 体幹の等速性筋持久力に関する基礎的研究. *日本体育大学紀要*, **25**, 149-156 (2000).
- 16) 玉木 彰, 長谷川聡, 陳 和夫: COPD 急性増悪後の呼吸リハビリテーションと運動一呼吸リズム同調を意識した運動トレーニング. *COPD FRONTIER*, **13**, 85-89 (2004).
- 17) Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Andrews, J. R.: Closed and open kinetic chain exercise for the upper extremity. *J. Sport Rehabil.*, **5**, 88-102 (1996).
- 18) 谷代一哉, 坂元孝子, 石井友保, 鈴川一宏,

清田 寛, 大和 眞, 中野昭一: 膝伸展運動
における筋収縮様式—速度が大腿部内側広筋

の酸素動態に及ぼす影響について. 体力科
学, **50**, 625-632 (2001).