

【原著論文】

アーチェリー行射時におけるアンカーからリリース間での silent period の出現時期が FITA score に与える影響

金 相勲¹⁾, 山本 博²⁾, 大野 誠¹⁾, 伊藤 孝¹⁾

¹⁾ 大学院体育科学研究科健康科学・スポーツ医科学系, ²⁾ 短大体育科Ⅲ

The effect of time of appearance of the silent period on FITA score during the anchor to the release in archery

Sanghoon KIM, Hiroshi YAMAMOTO, Makoto OHNO, Takashi ITO

Abstract: The purpose of this study is to investigate the silent period of M. deltoideus identified by EMG recordings, clicker signal, bow tension during the push-pull action while playing archery and analyze the effect of time of appearance of the silent period on FITA score.

All subjects were male seven high skilled archers (1290.7 ± 14.4 point) and seven controls and they performed five shots each. The surface EMG was recorded from left M. deltoideus. Each time of clicker signal ON(CL-ON)-release point (Rel-P) and initial premotion silent period (IPSP), IPSP-Rel-P analyzed using BIMUTAS II software.

In archers, IPSP of M. deltoideus of the push upper limb was observed. The time of IPSP-Rel-P of archers on push upper limb was significantly shorter than that of controls ($p < 0.05$). In addition, the correlations between the FITA scores of archers and the time of IPSP-Rel-P were statistically significant ($p < 0.05$).

In conclusion, the time of IPSP-Rel-P may be useful for assessing the archer's performance.

(Received : April 26, 2008 Accepted : October 18, 2008)

Key words: Archery, initial, premotion silent period, surface electromyography, Clicker, release

キーワード：アーチェリー, サイレントピリオド, 表面筋電図, クリッカー, リリース

1. はじめに

アーチェリーは、弓を押す・引くといった単純な動作に見えるが、上肢を中心とした、セットアップ（弓を引く前に体を安定させ弓を上げる動作）、ドローイング（的にむかって弓を引く動作）、アンカー（ドローイング後、引き腕の手を顎の下に固定させる的を狙う動作）、リリース（引き手の指をはなし、弓をうつ動作）といった各運動要素に大別され、また、スポーツの中でも運動強度が低いことが特徴として捉えることができる⁸⁾。したがって、アーチェリーでは運動強度が低いので上肢を中心とした弓を押す・引くといった運動を数多く繰り返すことができ、さらに正確な基本動作を繰り返すことが高い技術を獲得することにもつながる。

アーチェリーに関する基礎的研究には、上記の運動要素を踏まえた筋電図を指標としたアーチェリー行射（セットアップからリリースまでの一連の動作）時におけるクリッカー（行射時に、弓を引く距離を一定に保

つために、金属製の板が矢の先端で弾かれて音を出すことで発射の合図となるアーチェリーの部品）信号からリリースまでの運動学的研究^{1-4,6,9-12,14)}や筋力評価に関する研究^{7,8)}などが報告されている。小沼ら⁹⁾および金ら⁷⁾は、大学アーチェリー選手の上肢の筋力に着目し、アーチェリー選手の筋力発揮特性は、低速度収縮において、より高出力になることを示しているが、確たる競技力向上の指標づくりには至っていない。筋の応答反射については猪飼⁹⁾と西園ら¹¹⁾の研究が代表的であり、西園ら¹¹⁾は、大学のアーチェリー選手 12 名を、初心者、中級者、上級者の 3 群に分け、行射時における引き手側三角筋の initial premotion silent period（運動動作中において、筋放電が突然停止する）の出現に着目し検討している。その結果、上級者群では全員に IPSP の出現が観察され、初心者群では IPSP の出現率は低かった。また、クリッカー信号 ON からリリースまでの時間が、初心者群より上級者群のほうが短

Table 1. Physical characteristics of archer group and control group

Subjects No.	Age (N.S.) (years)	Height (N.S.) (cm)	Body weight(*) (kg)	FITA score (points)	Career of archery (years)	
Ar-G	1	21	172.2	63.3	1275	6
	2	20	168.9	62.5	1312	5
	3	20	166.7	59.0	1297	5
	4	20	162.9	54.4	1290	5
	5	20	172.5	70.1	1270	5
	6	19	168.7	64.2	1299	4
	7	19	176.2	57.2	1292	4
	19.9±0.7	169.7±4.3	61.5±5.2	1290.7±14.4	4.8±0.6	
Co-G	1	23	170.0	70.2	-	0
	2	21	165.3	70.0	-	0
	3	20	166.0	67.0	-	0
	4	20	170.0	60.1	-	0
	5	20	181.0	81.1	-	0
	6	19	168.0	64.1	-	0
	7	19	172.0	66.2	-	0
	20.3±1.4	170.3±5.3	68.4±6.6	-	0	

Mean±S.D.

*:p<0.05

N.S.:not significant

かった。

しかし、クリッカー信号 ON からリリース間での silent period に関する研究は、西園ら¹¹⁾の報告のみであり、そこでは、引き手側の三角筋に着目しているが、押し手側は三角筋については述べていない。また、解析時間のクリッカー信号 ON からリリースまでの時間のみを扱っており、クリッカー信号 ON、リリース時、silent period の出現時の3つの時間との関係は不明である。さらに、西園ら¹¹⁾の研究は28年前の報告であるため、被験者の FITA score (世界アーチェリー連盟が規定した公式試合得点)が現在の全日本選手権出場選手と100点ほどの差があり、現在の競技水準と大きな差がある。

そこで今回、高い技術を有する N 大学学生アーチェリー男子選手 (Archer group: Ar-G) と未経験者群 (Control group: Co-G) を対象にアーチェリー行射時におけるアンカーからリリースまでの押し手側の三角筋後部の筋電図の動態及びクリッカー信号、弓の張力変化を同時記録し、両群の相違を確認した。さらに、アーチェリー選手の行射時の特徴を把握すると同時にトップアーチェリー選手のアンカーからリリースまでの押し手側の生理学的特徴と FITA score との関係明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

A. 被験者

被験者は、全日本選手権出場経験がある N 大学学生

アーチェリー男子選手7名 (Ar-G)、体育専攻学生で定期的な専門のトレーニングは行っていないアーチェリー未経験者7名 (Co-G) であった。身体的特性は Table 1 に示した。なお、身体的特性における年齢と身長では、両群間には統計的な有意差は認められなかったが、体重で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

B. 表面筋電図、弓の張力、およびクリッカー信号の測定

筋電図は、多用途型テレメータ (SYNA ACT MT11、GE マルケット社製) を用い、時定数は 0.03 sec で測定した。対象部位には銀塩化銀電極 (直径 0.8 cm) を筋の走行に沿って貼付した。電極間は約 3 cm 離し、筋放電を誘導記録した。対象部位は、押し手側の三角筋後部 (M. deltoideus posterior) とした。

弓に加わる張力の測定は、リムとハンドルを接続する固定用ネジにストレインゲージ (STRAIN GAGES、KSP-2-120-E4、共和社製) を貼付した。固定用ネジに貼付したストレインゲージで測定される電流の変化を捉え、ゲージボックスに誘導し直流式増幅器 (DC STRAIN AMPLIFIER AS2120、GE マルケット社製) を介して増幅させ記録し、ドローイング、アンカー、リリースの動作による弓の張力曲線の変化からリリース時を捉えた。

クリッカー信号は、5 V の電池を用いて ON-OFF の回路を作製し測定した。弓を引いている間は OFF 状態となっている。行射中に矢がクリッカーから離れると、

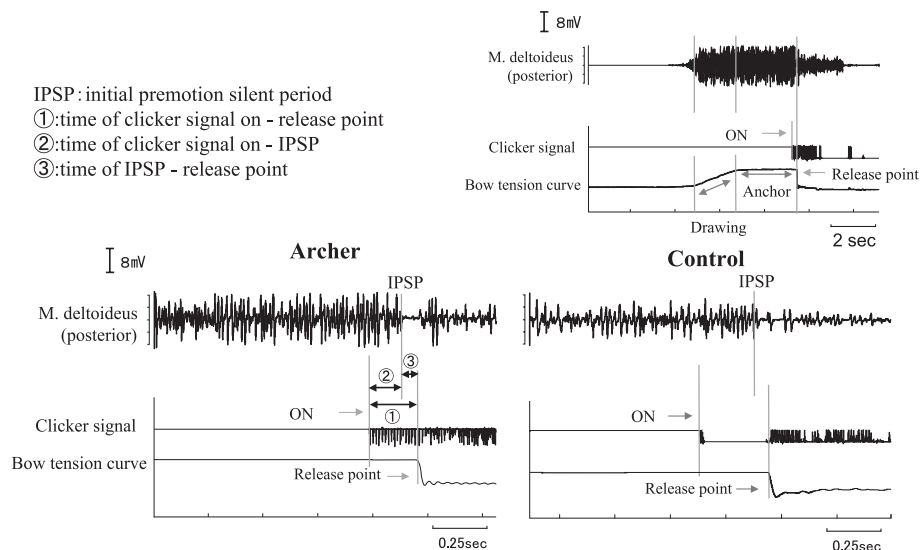


Fig. 1. Upper figure: Typical data of various parameter (surface EMG, Clicker signal, Bow tension curve) during the time from push M.deltoideus start drawing until release point. Lower figure: Extended figure of the data of various parameter in archer (subject No. 2) and control (Subject No. 4).

クリッカーがハンドルに装着している金属板と接触してONとなる。

なお、筋電図、弓の張力およびクリッカー信号は、DATA RECORDER (RD200TPCM, TEAC 社製) に同時に取り込みながら、記録器 (OMUNI 8100, GE マルケット社製) に同時記録した。また、コンピュータへの筋電図の取り込みのみ A/D ボードを介し、サンプリング周波数を 1 KHz とした。

C. データの分析

データの分析には、パーソナルコンピュータ (DELL 社製) に内蔵した多用途電気現象専用解析ソフト (BIMUTAS II, キッセイコムテック社製) を用いて、クリッカー信号 ON (Clicker signal-ON: CL-ON) からリリース時点 (release point: Rel-P) までの時間、CL-ON から動作前筋放電休止期の出現 (initial pre-motion silent period: IPSP) までの時間、IPSP から Rel-P までの時間について分析した (Fig. 1)。Fig. 1 は、典型的な実記録を示している。上図は、Ar-G の No. 2 (Table 1) のドローイングからリリースまでの各パラメータである。なお、下図は Ar-G の No. 2 と Co-G の No. 4 (Table 1) の release 前後における各パラメータを拡大して示している。解析の対象は、① CL-ON から Rel-P までの時間、② CL-ON から IPSP までの時間、③ IPSP から Rel-P までの時間とした。

D. 行射の条件

各被験者は、3 m 前方に固定したターゲットの方向に対して身体が横向きとなった状態から行射を連続 5

回行い、その 5 回の測定値を平均化した。なお、行射は、各自の設定速度で自由に行った。

E. 統計学的方法

得られた測定値は、すべて Microsoft Office Excel 2003 を用いて回帰直線および平均値と標準偏差を算出した。平均値の差の検定は StatView Ver.5.0 を用い、対応なしの t 検定及び相関係数 (r) を算出した。なお、平均値の有意差の検定の危険率は 5% 未満とした。

3. 結果

Ar-G と Co-G の両群における行射時の CL-ON から Rel-P までに出現する押し手側の三角筋後部の IPSP は、両群共に全行射において出現した。

1. Ar-G と Co-G の両群における行射時の CL-ON から Rel-P までの時間 (①)、CL-ON から IPSP までの時間 (②)、IPSP から Rel-P までの時間 (③) の比較

Ar-G と Co-G における CL-ON から Rel-P までの時間 (①) の比較は、Fig. 2 に示した。Ar-G は 0.192 ± 0.019 秒、Co-G は 0.378 ± 0.057 秒であり、Ar-G に対して Co-G は、約 0.186 秒遅延しており、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

Ar-G と Co-G における CL-ON から IPSP までの時間 (②) の比較は、Fig. 3 に示した。Ar-G は 0.116 ± 0.016 秒、Co-G は 0.260 ± 0.045 秒であり、Ar-G に対して Co-G は、約 0.144 秒遅延しており、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

Ar-G と Co-G における IPSP から Rel-P までの時間 (③) の比較は、Fig. 4 に示した。Ar-G は 0.076 ± 0.011

アーチェリー行射時におけるアンカーからリリース間での silent period の出現時期が FITA score に与える影響

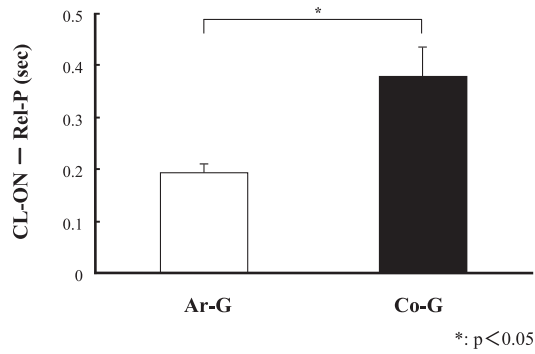


Fig. 2. Comparison of time of CL-ON—Rel-P in Ar-G and Co-G.

CL-ON : Clicker signal-ON
Rle-P : Release point

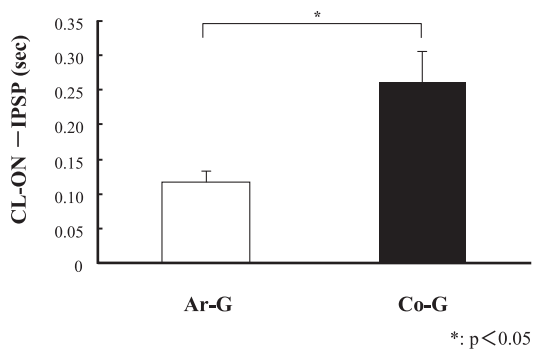


Fig. 3. Comparison of time of CL-ON—IPSP in Ar-G and Co-G.

CL-ON : Clicker signal-ON
IPSP : Initial premotion silent period

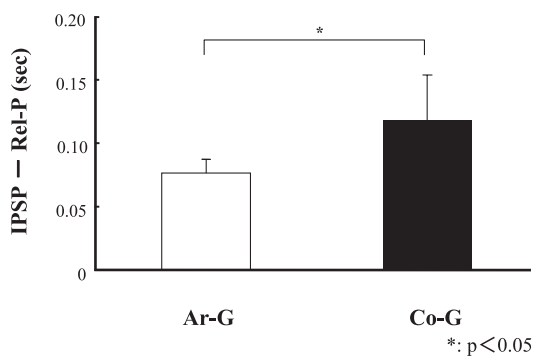


Fig. 4. Comparison of time of IPSP—Rel-P in Ar-G and Co-G.

IPSP : Initial premotion silent period
Rle-P : Release point

秒、Co-G は 0.118 ± 0.036 秒であり、Ar-G に対して Co-G は、約 0.042 秒遅延しており、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

2. Ar-G と Co-G の両群における行射時の CL-ON から Rel-P までの時間 (①)、CL-ON から IPSP までの時間 (②)、IPSP から Rel-P までの時間 (③) の関係

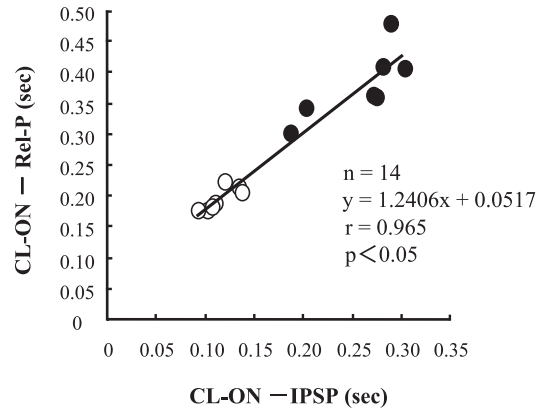


Fig. 5. Relationship between time of CL-ON—Rel-P and CL-ON—IPSP. (○ Ar-G, ● Co-G)

CL-ON : Clicker signal-ON
IPSP : Initial premotion silent period
Rle-P : Release point

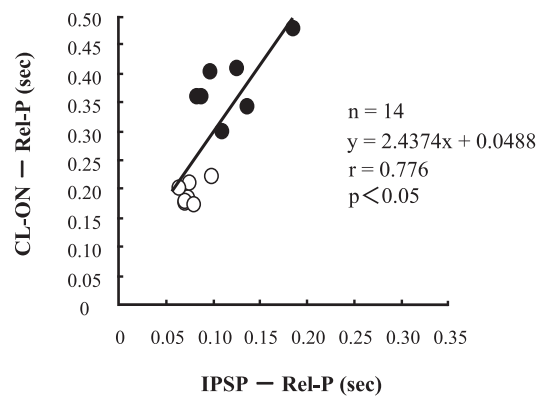


Fig. 6. Relationship between time of CL-ON—Rel-P and IPSP—Rel-P. (○ Ar-G, ● Co-G)

CL-ON : Clicker signal-ON
IPSP : Initial premotion silent period
Rle-P : Release point

Ar-G と Co-G の CL-ON から Rel-P までの時間 (①) と CL-ON から IPSP までの時間 (②) の関係を Fig. 5 に示した。両者の関係は、 $r = 0.965$ 、 $p < 0.05$ で統計的に有意な相関関係が認められた。

Ar-G と Co-G の CL-ON から Rel-P までの時間 (①) と IPSP から Rel-P までの時間 (③) の関係を Fig. 6 で示した。両者の関係は、 $r = 0.776$ 、 $p < 0.05$ で統計的に有意な相関関係が認められた。

Ar-G と Co-G の IPSP から Rel-P までの時間 (③) と CL-ON から IPSP までの時間 (②) の関係を Fig. 7 に示した。両者の関係は、 $r = 0.587$ で統計的に有意な相関関係は認められなかった。

3. Ar-G の行射時における CL-ON から IPSP までの時間 (②)、IPSP から Rel-P までの時間 (③) と FITA score との関係

Ar-G の公式試合の最高記録 (FITA score) と CL-ON

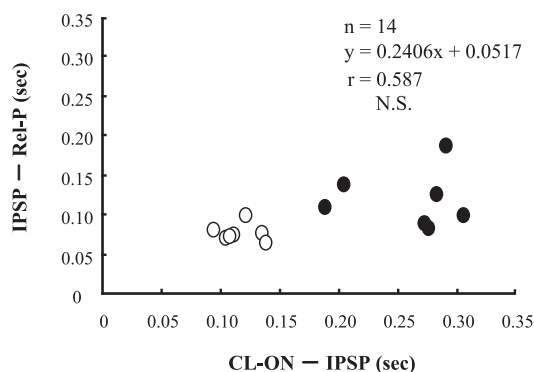


Fig. 7. Relationship between time of IPSP—Rel-P and CL-ON—IPSP. (○ Ar-G, ● Co-G)
CL-ON : Clicker signal-ON
IPSP : Initial pre-motion silent period
Rel-P : Release point

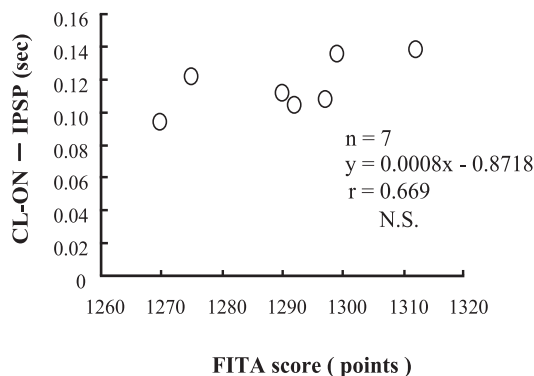


Fig. 8. Relationship between time of CL-ON—IPSP and FITA score in archers.
CL-ON : Clicker signal-ON
IPSP : Initial pre-motion silent period

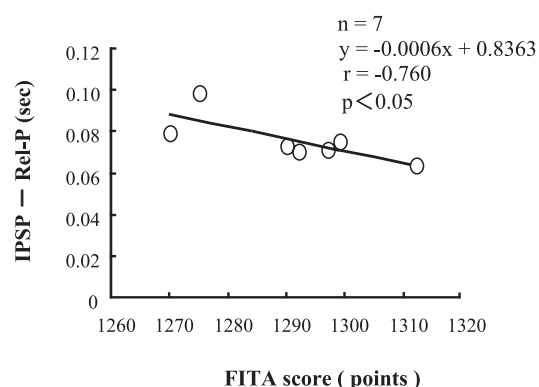


Fig. 9. Relationship between time of IPSP—Rel-P and FITA score in archers.
IPSP : Initial pre-motion silent period
Rel-P : Release point

から IPSP までの時間 (②) との関係を図 8 に示した。両者の関係は、 $r=0.669$ であり、統計的に有意な相関関係は認められなかった。

Ar-G の FITA score と IPSP から Rel-P までの時間 (③) との関係を Fig. 9 に示した。両者の関係は、 $r=-0.760$ 、 $p<0.05$ で統計的に有意な負の相関が認められた。

4. 考 察

従来までの筋電図を指標としたアーチェリーの研究は、引き手側の前腕屈筋群（浅指屈筋）と伸筋群（総指伸筋）を対象部位として検討している。Ertan ら³⁾ は FITA score と筋電図法を用いたクリッカー ON の前後における引き手側の前腕の伸筋群と屈筋群の動態との関係から FITA score と筋活動量に負の相関を見出し、この事が技術への指標となりうることを示唆した。また、Soylu ら¹²⁾ は、筋電図の分析結果から統計的手法である分散比 (VR: variance ratio) に着目し、FITA score と引き手側の前腕の伸筋群と屈筋群の VR 値が前述と同様に負の相関関係にあることを示している。このように、アーチェリーにおける筋電図を用いた研究は、引き手側の研究が多くなされており押し手側に着目した研究は少ない。さらに IPSP と FITA score との関係についての報告はまだなされていない。そこで今回 CL-ON から Rel-P における押し手側の三角筋後部に着目して解析を行った。

Ar-G と Co-G の両群における行射時の CL-ON から Rel-P までの時間 (①)、CL-ON から IPSP までの時間 (②) および IPSP から Rel-P までの時間 (③) のそれぞれを比較した結果 (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4) では、いずれの場合の時間も Ar-G のほうが Co-G よりも短かった。したがって、Ar-G は、長期に亘る反復練習によってクリッカーの音により弓を射つという反射経路が構築された結果と推察される。これらは、西園ら¹¹⁾ の引き手側のクリッカー反応時間の結果と類似している。

また、アーチェリーは弓を押す・引くといった上肢の運動が中心となっており、このような運動では筋長の伸張を常に一定にしない限り行射動作は一定にならず、その結果矢の初速度が常に変化し、的中率の低下を招くことが予測される。クリッカーは弓を押す・引く距離を一定にさせることを目的に開発されたが、その反面、クリッカーに注意しすぎて今度は、上肢の筋緊張に影響を与える事も見受けられる。

Ar-G と Co-G 両群における①は CL-ON から Rel-P までの時間であって、②の CL-ON から IPSP までの時間と③の FITA score と IPSP から Rel-P までの時間との和となる。したがって、①の時間と②の時間との関係は有意な相関が認められており (Fig. 5)、さらに、①の時間と③の時間にも有意な相関が認められた (Fig. 6)。しかしながら①を構成する②の時間と③の時

間とは無相関となった (Fig. 7)。この事は、③の値は②の影響を受けずに、独立変数として扱えることを示している。

FITA score と CL-ON から IPSP までの時間 (②) との関係は有意な相関が認められなかったが、FITA score と IPSP から Rel-P までの時間 (③) では有意な負の相関が認められており、IPSP から Rel-P までの時間が短い選手ほど FITA score が高値を示した。これらの結果は、競技力水準を把握する指標となりうるものと考えられる。脇田¹³⁾は、主働筋に軽度の随意的な緊張を与えた状態から急速に反応動作をおこすと、動作に先行して主働筋に IPSP が出現すると述べ、準備動作に対する神経性の抑制機構の関与を呈示している。しかし IPSP から Rel-P までの時間 (③) では押し手側三角筋後部の筋放電はないが、弓の張力は落ちていない (Fig. 1)。この事は、IPSP から Rel-P まで (③) の弓の張力に対する支え押す力は、ドロイングからアンカー時までの一連の動作において肩関節の骨や軟骨、関節包などに貯えられる弾性エネルギーが関与している可能性が推察される。したがって、FITA score が高い選手ほど骨や軟骨の弾力性を発揮させやすい長軸方向の関節位置を決めることによって、IPSP から Rel-P までの時間 (③) を短縮させられる可能性が高いものと考えられる。このように、関節位置と IPSP から Rel-P までの時間 (③) との関係が今後の重要な研究課題と考えられる。

5. ま と め

アーチェリー選手 (Ar-G) と未経験者 (Co-G) を対象に、アーチェリーの行射時の中でも特に重要な要素とされる、アンカーからリリース間における三角筋後部の筋電図動態、クリッカー信号、弓の張力を同時記録し、観察を行い、考察を試みた。

その結果は、以下のようにまとめられた。

1. Ar-G と Co-G における CL-ON から Rel-P までの時間 (①) の比較では、Ar-G は 0.192 ± 0.019 秒、Co-G は 0.378 ± 0.057 秒であり、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。CL-ON から IPSP までの時間 (②) の比較では、Ar-G は 0.116 ± 0.016 秒、Co-G は 0.260 ± 0.045 秒であり、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。IPSP から Rel-P までの時間 (③) の比較では、Ar-G は 0.076 ± 0.011 秒、Co-G は 0.118 ± 0.036 秒であり、統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。したがって、各時間 (①、②、③) は、Ar-G の方が Co-G よりも短い特徴が示された。

2. Ar-G と Co-G の CL-ON から Rel-P までの時間 (①) と CL-ON から IPSP までの時間 (②) における両者の間には、 $r = 0.965$ 、 $p < 0.05$ で統計的に有意な相

関関係が認められた。Ar-G と Co-G の CL-ON から Rel-P までの時間 (①) と IPSP から Rel-P までの時間 (③) における両者の間にも、 $r = 0.776$ 、 $p < 0.05$ で統計的に有意な相関関係が認められた。Ar-G と Co-G の IPSP から Rel-P までの時間 (③) と CL-ON から IPSP までの時間 (②) における両者の間には、 $r = 0.587$ であり、統計的に有意な相関関係は認められなかった。

3. アーチェリー選手の FITA score と CL-ON から IPSP までの時間 (②) における両者の間には、 $r = 0.669$ を示したが、統計的には有意な相関関係は認められなかった。また、FITA score と IPSP から Rel-P までの時間 (③) における両者の間には、 $r = -0.760$ 、 $p < 0.05$ で統計的に有意な負の相関関係が認められた。したがって、IPSP から Rel-P までの時間 (③) の短縮が、競技力の水準を示す指標となる可能性が示唆された。

謝辞 今回の研究は、N 大学のアーチェリー選手と関係者の方々の協力を得た。心より感謝の意を表する次第であります。

6. 文 献

- 1) Clarys, J. P., Cabri, J., Bollens, E., Smeckx, R., Taeymans, J., Vermeiren, M., Reeth, G. V. and Voss, G.: Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. *J. of Sports Science*, 8, 235-257, 1990.
- 2) Ertan, H., Kentel, B., Tumer, S. T. and Korkusuz, F.: Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Human Movement*, 22, 37-45, 2003.
- 3) Ertan, H., Soyulu, A. R. and Korkusuz, F.: Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15, 222-227, 2005.
- 4) Hennessy, M. P. and Parker, A. W.: Electromyography of arrow release in archery. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.*, 30, 7-17, 1990.
- 5) 猪飼道夫: 動作に先行する抑制機構. *生理学雑誌*, 27, 292-298, 1955.
- 6) 金 相勲, 武田基一, 菅田真理, 戴 鶴峰, 藤田 透, 岡部正博: アーチェリー行射時における筋電図学的検討. *日本体育大学紀要*, 31, 15-19, 2001.
- 7) 金 相勲, 伊藤 孝, 津山 薫, 角 清一, 榎本静香, 岡部正博: 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—. *日本体育大学紀要*, 35, 35-41, 2005.
- 8) 小沼克巳, 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上肢等速性筋力の特徴. *日本体育大学紀要*, 29, 183-194, 2000.
- 9) Leroyer, P., Hoecke, J. V. and Helal, J. N.: Biomechanical study of the final push-pull in

- archery. *J. of Sports Science*, 11, 63–69, 1993.
- 10) Martin, P. E., Siler, W. L. and Hoffman, D.: Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers. *J. of Sports Sciences*, 8, 215–221, 1990.
 - 11) 西園秀嗣, 中川功哉, 須田 力, 斎藤勝政:アーチェリーのシューティングにおける筋の作用機序及びリリース時の筋放電休止の出現. *体力科学*, 33, 17–26, 1984.
 - 12) Soylu, A. R., Ertan, H. and Korkusuz, F.: Archery performance level and repeatability of event-related EMG. *Human Movement*, 25, 767–774, 2006.
 - 13) 脇田裕久, 水谷四郎, 東海政義, 三田勝巳, 青木久, 矢部京之助:随意動作に先行する Silent Period の出現率について. *体育学研究*, 24, 227–236, 1979.
 - 14) 渡辺一志, 辻 幸治, 米山富士子:アーチェリーのエイミングからフォロースルーにおける筋活動とパフォーマンス. *体育学研究*, 37, 405–411, 1993.
-
- <連絡先>
著者名:金 相勲
住 所:神奈川県横浜市青葉区鴨志田町 1221-1
所 属:日本体育大学大学院体育科学研究科健康科学
E-mail アドレス:kimsanghoon1019@hotmail.com