

鹿屋体育大学学術情報リポジトリ

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya Repository

| | |
|------------|---|
| Title | 剣道の引き面及び引き小手動作における上肢の反応時間と筋活動様式 |
| Author(s) | 與谷謙吾, 田巻弘之, 荻田 太, 桐本 光, 北田耕司, 竹倉宏明 |
| Citation | 研究論文集 - 教育系・文系の九州地区国立大学間連携論文集 -, 2(1) |
| Issue Date | 2008-09 |
| URL | http://repo.lib.nifs-k.ac.jp/handle/123456789/1589 |



国立大学法人 鹿屋体育大学
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

剣道の引き面及び引き小手動作における上肢の反応時間と筋活動様式

與谷謙吾*¹, 田巻弘之*², 荻田 太*², 桐本 光*³, 北田耕司*⁴, 竹倉宏明*²

ELECTROMYOGRAPHIC PATTERNS DURING KENDO STRIKES AND UPPER LIMB REACTION TIME IN RESPONSE TO LIGHT SIGNAL

Kengo YOTANI*¹, Hiroyuki TAMAKI*², Futoshi OGITA*²,
Hikari KIRIMOTO*³, Koji KITADA*⁴, Hiroaki TAKEKURA*²

Abstract

We examined muscle activity patterns in the upper limbs during Kendo strikes using electromyographic (EMG) reaction time.

Fourteen males (mean age, 21.7±1.0 years; height, 169.7±7.0 cm; weight, 67.5±7.2 kg; 7 kendo athletes and 7 non-kendo athletes) were asked to perform Kendo strikes in response to visual stimulation from a flashing light signal. The strikes, Hiki-Men (HM) to the frontal region of head and Hiki-kote (HK) to the right wrist, were performed as quickly as possible with a bamboo sword (Shinai), using the upper limbs. The EMG signals from the right (R) and left (L) biceps brachii, the R and L triceps brachii, and the R flexor carpi ulnaris muscles were recorded along with the elbow joint angle and hitting shock signals. Muscle activity patterns, total task time (TTT), pre-motor time (PMT), motor time (MT), and action time (AT) were also measured. Results were as follows:

- 1) No significant difference was observed between kendo and non-kendo athletes for TTT, PMT, MT and AT in HM and HK tasks.
- 2) Kendo athletes altered the timing of the recruitment of muscle in accordance with the different striking tasks, i.e., HM and HK tasks.
- 3) Non-kendo athletes altered the average EMG amplitude in accordance with the different striking tasks.

These results suggest that there is no difference in time factor on neuromuscular function for HM and HK tasks between kendo and non-kendo athletes. However, differences were observed in muscle activity; kendo athletes displayed timing-dependent modulation of muscle activity, while non-kendo athletes displayed activity level-dependent modulation of muscle activity.

Key words: *electromyogram, reaction time, muscle activity pattern, kendo*

I. 緒言

気・剣・体の一致が強調されている剣道指導において、神経-筋機能に関する体力トレーニングは重要なポイントである¹⁾²⁾³⁾。それは、競技中での時々

刻々と変化する対戦相手に応じて瞬時に自身の身体を制御し、より素早く有効打突を得るためである。そのため、敏捷性や巧緻性といった能力を反応時間を用いて評価することは重要であると考え

*¹ 鹿屋体育大学大学院 体育学研究科

*² 鹿屋体育大学

*³ 新潟医療福祉大学

*⁴ 石川工業高等専門学校

Graduate School of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports
Department of Physiological Sciences, National Institute of Fitness and Sports
Niigata University of Health and Welfare
Ishikawa National College of Technology

られる。

近年、剣道は世界中で約 200 万人の競技人口を有し、各国で実施される中、競技性が強くなってきた。試合中でのあらゆる場面で技を仕掛ける機会がうかがわれるようになり、対戦時に頻発する鏝競り合いから離れる場面も有効打突を得ようとする対象となり、「引き技」は競技場面において多用される欠かせない技の一つとなっている。これまでに剣道に関する研究は多く、正面打突に関する報告⁴⁾⁵⁾⁶⁾がされてきたが、引き技における研究は希少であり⁷⁾⁸⁾、また、筋電図を用いた引き技動作の研究はなされていない。

今回、研究対象とする引き技はまず対戦相手と接近した状態(鏝競り合い)から一步後方へ移動し、対戦相手から離れる。その時、打突可能な部位(面、小手など)を素早く竹刀(竹刀の握り方は右手が柄(竹刀を握る範囲)の上位に、左手が柄の下位(柄頭)を握る)で打つ技である⁹⁾。一方、正面打突では、上肢における竹刀の振り上げから振り下ろしまでの上下動作に加え、前方移動するために下肢との協調性が重要になってくる¹⁰⁾。このように上肢下肢の一連の動作が多く要求される正面打突に比べ、引き技は比較的上肢のみを中心とした単純な試技であり、実験を行うにあたって適した動作課題であると考えられる。

この打突課題動作に対して筋電図反応時間の計測を行うことにより、神経系や筋系の機能的特徴を如実に反映し中枢(Pre-motor time)と末梢(Motor time)との両過程に分けて評価することができ、打突時点を同定することで関節運動の開始から終了までの動作時間(Action time)を知ることが可能になる。そこで、剣道競技者と非剣道競技者を比較することは、異なったトレーニングや鍛錬によるパフォーマンスの差異を明らかにすると同時に、引き技動作における筋電図学的傾向を見出すことができると考えられる。

そこで本研究は、上肢にフォーカスを当て光刺激に対して剣道の引き面及び引き小手動作を素早

く行う課題を設定し、筋電図反応時間を用いて剣道競技者及び非剣道競技者を対象に打突課題動作における反応時間を検討するとともに、上肢における筋活動様式を比較することを目的とした。

II. 実験方法

II-A. 被験者及びプロトコール

被験者は、健康な男子体育学専攻学生計 14 名(年齢: 21.7 ± 1.0 歳、身長: 169.7 ± 7.0 cm、体重: 67.5 ± 7.2 kg)とし、このうち剣道を専攻する男子学生(剣道競技暦: 13.6 ± 2.4 年)の 7 名、および剣道経験のない男子学生(陸上競技、バレーボール、体操競技、野球等: 非剣道競技者群)の 7 名とし、剣道競技者群は剣道 3 段以上であった。また、被験者はすべて右利きであり、本研究の目的および実験実施内容を説明した後、実験参加の同意を得た。本研究の内容はヘルシンキ宣言に基づき、鹿屋体育大学研究倫理指針を遵守して実施された。

人体を模した剣道の打ち込み台には、前頭部と右手関節部に相当する位置に加速度計(TA-513G, 日本光電)を、また打ち込み台の前頭部側方に発光装置を設置した。被験者の肘関節にはエレクトロゴニオメータ(Model-MLTS 700, Delsys, USA)を装着し、左右の上腕二頭筋、左右の上腕三頭筋、右尺側手根屈筋に筋電図用表面電極を置いた。課題動作は引き面(HM)及び引き小手(HK)動作の 2 種類とし、被験者は打ち込み台の前頭部(面の部位)および右手関節部(小手の部位)の位置から 1m 離れた場所に立ち、肘関節角度を一定(90°)にした状態から光刺激を合図に出来る限り素早く竹刀(3 尺 9 寸: 1m20cm、重さ 510g)で打突動作を行った。HM 及び HK の課題実施の順序はランダムに設定し、各課題動作とも 3~6 の事前練習を行なった後に、各 10 回の本実験の試行を行なった。光刺激の提示は、被験者が準備姿勢を保ったことを確認し、ランダムな時間間隔(2~6 秒)で行った。このとき、光刺激信号、筋電図、肘関節角度、打突衝撃信号を記録し、アナログ/デジタル(A/D)変換器(16 bit,

PowerLab/8sp, ADInstruments, Japan)でパーソナルコンピュータ(PC)に取り込んだ。また、実験実施中には被験者の右側方よりビデオカメラで動作を撮影した。

実験室の環境は、温度 21.9 ± 1.2 °C、湿度 51.0 ± 12.1 %、音レベル 33.0 ± 0.6 dB、明るさ 298.3 ± 22.2 Lux であり、静寂かつ薄明な環境にてすべての実験を実施した。

II-B. 筋電図の記録

剣道の打突動作において上肢に着目した際、左右の上腕二頭筋と上腕三頭筋の相反的活動が重要になる。そのため、本実験では左右上腕二頭筋(L-BB, R-BB)、左右上腕三頭筋(L-TB, R-TB)に加え、竹刀の持ち手における上位側の右尺側手根屈筋(R-FCU)の各筋腹中央にプリアンプ付表面電極を置き、表面電極導出法により打突課題遂行時の筋放電活動を記録した。電極には銀製の平行バー電極(DE-2.1, Delsys, USA; 長さ10mm 直径1mm、電極間距離1cm)を使用し、皮膚抵抗を出来るだけ小さくするために電極設置箇所の周りの体毛を剃り、消毒用のエタノールで脱脂した。アース電極は前腕の上腕骨内側上顆の皮膚上に置いた。筋電図記録において、近接の機器からの干渉波などのノイズが混入しないかをモニターおよび記録紙上で確認し実験を開始した。導出された電気信号は筋電図記録システム(Bagnoli-8 EMG System, Delsys, USA)を通してデータレコーダ(RD-135T, TEAC, Japan)に保存され、また、A/D変換器を介してPCにサンプリング周波数1000Hzで取り込まれ、波形表示解析ソフト(Chart5.4, ADInstruments社製)を用いて解析を行った。

II-C. ビデオ撮影

打突課題遂行前の姿勢や肘関節角度に着目して、右側方からの被験者をビデオカメラ(NV-DJ100, Panasonic, Japan)で撮影した。得られた映像から課題遂行前の姿勢や関節角度をモニターし、各試行において姿勢や肘関節角度が一定になるよう確認に用いた。実験開始前には毎回空間座標のキャリ

ブレーションを行った。

II-D. データ分析及び統計処理

光刺激時点は発光装置のスイッチ信号により、筋放電開始時点は各筋の表面筋電図の信号により、肘関節伸展開始時点はエレクトロゴニオメータの信号により、打突衝撃時点は打ち込み台に設置された加速度計からの衝撃反応信号によりそれぞれ同定された。筋放電開始時点の計測にはDiFabio¹¹⁾の方法に基づいて実施した。各筋放電信号を全波整流(time constant: 0.05s)し、次に光刺激シグナルが発生してから手前50msの範囲をサンプリングし、平均値と標準偏差(SD)を求め各々の動作前基準値とした。そしてこの基準値から+3SDの閾値レベルを設定し、そのレベルを連続25ポイント越えたとき筋活動が生じたと判断した。筋活動イベントと判断された場合、さらに+3SD 閾値時点から戻り、+1.5SD 閾値レベルを越えたときの時間を返して、筋放電開始時点とした。この筋放電開始時点を基に、各筋の活動参加順序を求めた。

光刺激開始時点から打突衝撃発生時点までの時間を、HM及びHKにおける打突課題遂行時間(Total task time: TTT)として計測した。また、この課題遂行時間のうち、光刺激開始時点から筋放電活動が現れるまでの時間をPre-motor time (PMT)、筋放電開始時点から肘関節が伸展し始めるまでの時間をMotor time (MT)、肘関節伸展開始時点から打突衝撃発生時点までの時間を打突動作時間(Action time: AT)と3つに区分した。

また、各筋における筋放電活動を定量化するために、MT及びAT期間における筋電図の平均振幅(mean EMG: m EMG)を計測した。各打突課題10回の計測データについて、剣道競技者群、非剣道競技者群並びに全被験者の平均値と標準偏差を算出した。算出されたデータを基に、課題動作様式の差異や剣道経験の有無について比較検討した。

2群間の平均値の差の検定において、剣道競技者群と非剣道競技者群の比較については対応のないt検定を、HMとHKの動作様式の差異の比較につ

いては対応のある *t* 検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

III. 結果

III-A. 筋活動開始順序

HM 及び HK における TTT 並びに PMT、MT、AT について全被験者の平均値並びに標準偏差を Table 1 に示した。HM と HK における異なった動作の比較では、TTT と AT において HK の方がそれぞれ約 38ms、約 28ms と有意に ($P < 0.01$) 長く、PMT 並びに MT においては有意な差は認められなかった。剣道競技者群と非剣道競技者群の剣道経験の有無による比較では、TTT、PMT、MT 並びに AT

のいずれにおいても有意な差は見られなかった。そこで、剣道競技者群と非剣道競技者群における各打突課題遂行時の各筋の活動開始順序を Fig. 1 に示した。非剣道競技者群は HM 及び HK のいずれの動作においても変化なく、同様の活動開始順序を示したのに対し、剣道競技者群は課題動作様式の違いによって順序が変化することが観察された。

III-B. 竹刀の回転と止めに関わる筋活動開始時間

各課題の打突動作において、右手の押しと左手の引きの同期的な作用は竹刀の回転する方向へ働く。そこで、HM 及び HK における竹刀の回転方向

Table 1 引き面(HM)および引き小手(HK)における課題遂行時間(TTT)、Pre-motor time (PMT)、Motor time (MT)、Action time (AT)の比較、並びに剣道経験の有無の比較。HM vs HK, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

| | | TTT (ms) | PMT (ms) | MT (ms) | AT (ms) |
|-------------------------------------|----|--------------|------------|-------------|--------------|
| All subjects (<i>n</i> =14) | HM | 320.9±37.3 | 159.1±29.9 | 66.3±13.4 | 95.5±21.0 |
| | HK | 358.9±50.6** | 159.7±39.9 | 75.5±19.1 | 123.6±24.6** |
| Kendo athlete (<i>n</i> =7) | HM | 324.1±48.6 | 165.1±34.5 | 63.4±18.0 | 95.6±25.3 |
| | HK | 359.8±65.0* | 160.8±46.0 | 82.6±20.4** | 116.3±29.8** |
| Non-kendo athlete (<i>n</i> =7) | HM | 317.6±25.1 | 153.1±25.8 | 69.1±6.7 | 95.4±17.7 |
| | HK | 358.0±36.2** | 158.6±36.4 | 68.4±15.9 | 130.9±17.3** |

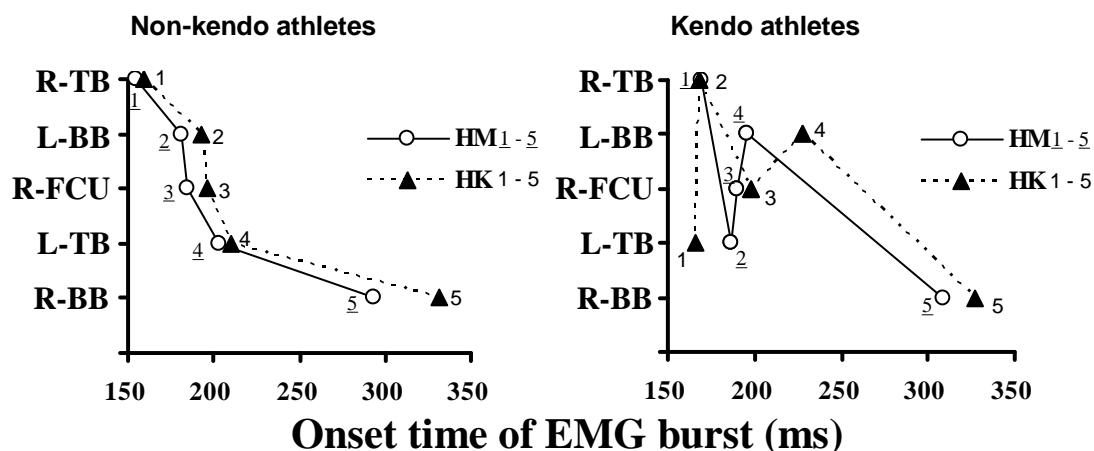


Figure 1 引き面(HM)及び引き小手(HK)動作における剣道競技者群と非剣道競技者群の上肢の筋活動開始順序.

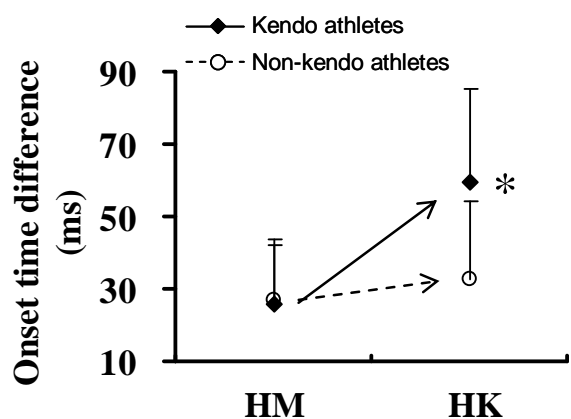


Figure 2 竹刀の回転方向に働く右上腕三頭筋(R-TB)と左上腕二頭筋(L-BB)との活動開始時間の差 HM vs HK, * $P < 0.05$

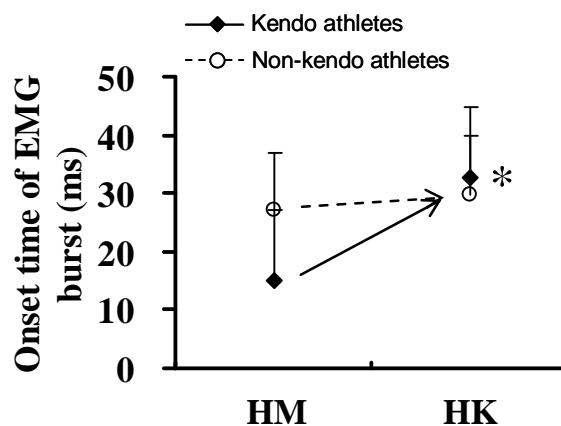


Figure 3 引き面(HM)及び引き小手(HK)における右上腕二頭筋(R-BB)の活動開始時間. HM vs HK, * $P < 0.05$

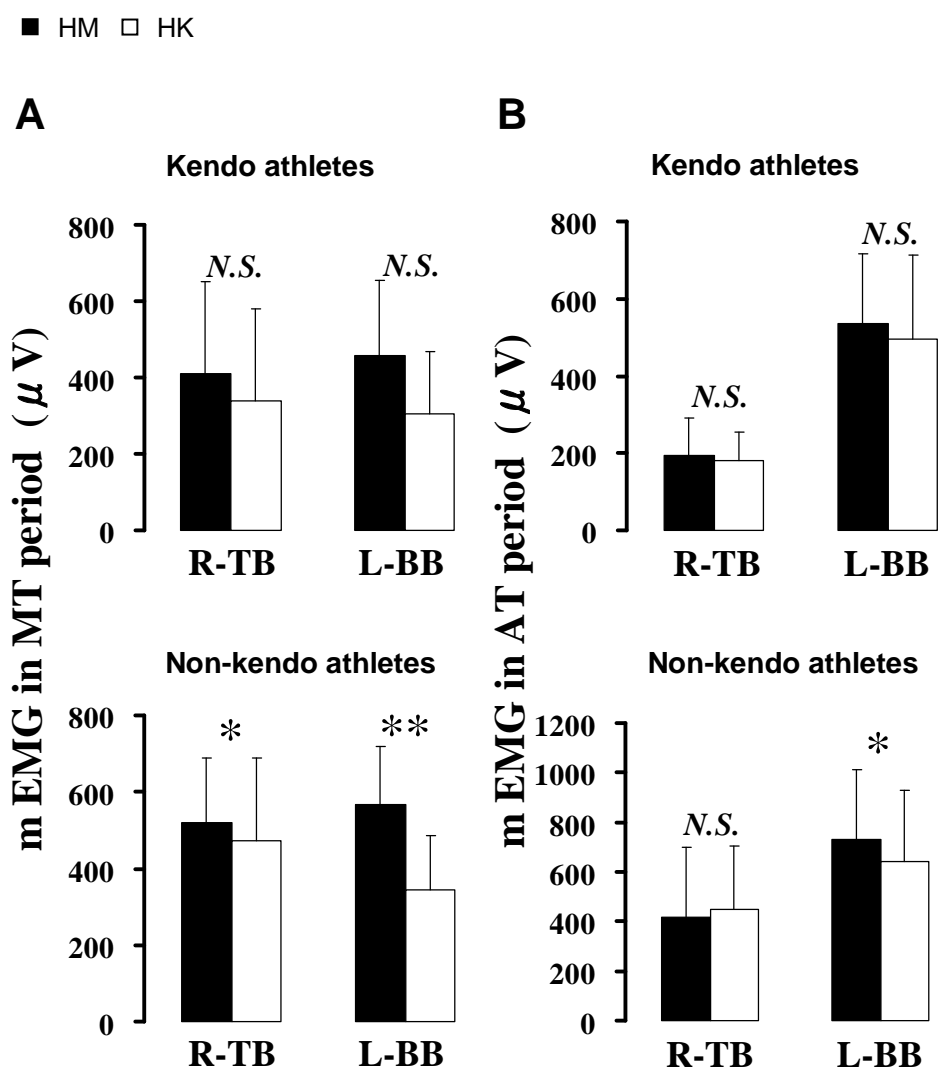


Figure 4 Motor time (MT)(A)及び Action time (AT)(B)期間における右上腕三頭筋(R-TB)と左上腕二頭筋(L-BB)の引き面(HM)と引き小手(HK)との関係. HM vs HK, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

■ HM □ HK

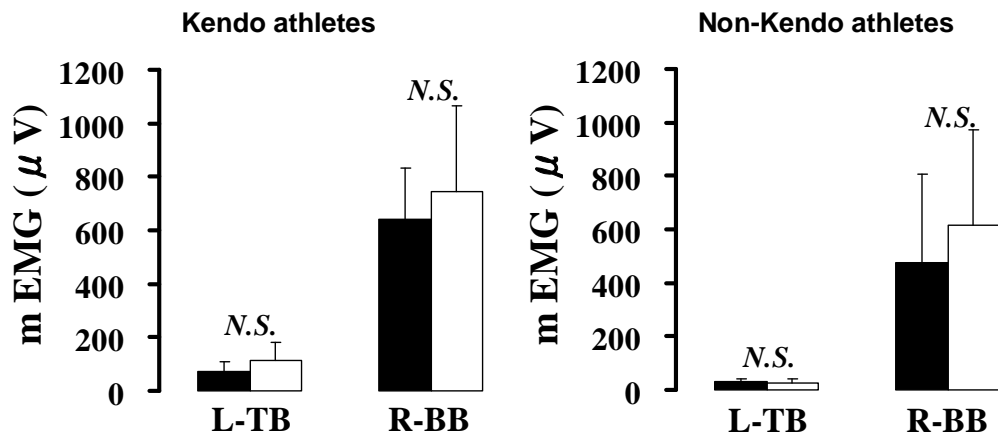


Figure 5 竹刀を止める方向へ働く右上腕二頭筋(R-BB)及び左上腕三頭筋(L-TB)の筋電図平均振幅(m EMG)の引き面(HM)と引き小手(HK)との比較。

に働く右上腕三頭筋と左上腕二頭筋の活動開始時間の差を検討した(Fig. 2)。剣道競技者群および非剣道競技者群ともに、右上腕三頭筋に続いて左上腕二頭筋が活動開始し、その時間差は HM では両被験者群とも約 27.0ms であり、HK では剣道競技者群が 59.2ms、非剣道競技者群が 30.7ms と、剣道競技者群においては HM のときよりも HK が有意に($P<0.05$)長くなった。

また、打突直前に竹刀を止める方向に働く右上腕二頭筋の筋活動開始のタイミングについて検討した(Fig. 3)。打突衝撃時点を基準点(0)とし、その直前に開始される筋放電活動の時間を計測した。非剣道競技者群では、HM 及び HK ともに打突直前の約 30ms で放電を開始するのに対し、剣道競技者群では、HM の場合 15ms で、HK の場合 35ms で活動を開始しており、HM よりも HK が有意に($P<0.05$)早く活動した。

III-C. 竹刀の回転と止めに関わる筋活動量

竹刀の回転方向に働く右上腕三頭筋及び左上腕二頭筋の筋放電活動に関して、動作様式の違いによる変化について検討した(Fig. 4A, B)。右上腕三頭筋と左上腕二頭筋の MT 期間の筋放電活動では、剣道競技者群において平均筋電図(m EMG)に有意な差は見られなかったが、非剣道競技者群では右

上腕三頭筋と左上腕二頭筋で HM よりも HM のときの方が有意に(右上腕三頭筋: $P<0.05$, 左上腕二頭筋: $P<0.01$)大きな値を示した(Fig. 4A)。また、AT 期間での剣道競技者群において、m EMG に有意な差は見られず、非剣道競技者群では左上腕二頭筋において有意な($P<0.05$)差が見られた(Fig. 4B)。一方、打突直前に竹刀の止め方向へ働く左上腕三頭筋と右上腕二頭筋の m EMG について、HM と HK 時を比較したが、剣道競技者群および非剣道競技者群ともに有意な差は見られなかった(Fig. 5)。

IV. 考察

IV-A. 剣道競技者群と非剣道競技者群における筋の活動開始順序

HM や HK といった異なる動作様式での各筋の活動開始順序において、剣道競技者群と非剣道競技者群では異なった筋活動開始順序を示した。非剣道競技者群は HM でも HK でも筋活動順序が変化せず、ステレオタイプなパターンを示した。一方、剣道競技者群は非剣道競技者群とも異なる筋活動開始順序であり、かつ動作様式の違いによって活動開始順序が変化した。

これまでの筋電図を用いた研究において、各競技種目における競技者と非競技者の比較ではいず

れも筋活動パターンが異なることが報告されており¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾、加えて、剣道の素振り動作における前腕の筋活動様式の左右差の研究では、剣道熟練者において活動パターンに差異が認められている¹⁸⁾。このことは長期にわたる特異的な動作トレーニングによって神経-筋系の適応が反映しているものと考えられる。

従って、本研究の剣道競技者群に見られる打突様式依存性の筋活動開始パターンの変化は、竹刀を用いた打突動作において、合目的な運動制御様式が獲得されているものと推察され、それにより、左右上肢がそれぞれ(利き手及び非利き手)主動的な役割をもっているものと思われた。これらの結果は引き技動作の効率や合目的性といった習熟特性を客観的に理解するうえでも重要な特徴であろうと思われた。

IV-B. 打突課題遂行時間とその構成要素

本研究における各 TTT 並びにその時間要素(PMT、MT、AT)において、剣道競技者群と非剣道競技者群との間には有意な差は見られなかった。このことは、本研究における被験者においては剣道経験の有無に関係なく、視覚刺激による反応時間に関する神経-筋機能水準が同等であったことが理解される。剣道と空手の競技者による PMT、MT、RT を比較した研究では、それらに有意な差は見られず、同年代の非鍛錬者と比較すると短いことが報告されている¹⁹⁾。これは武道におけるトレーニングに限らず、日常的に素早い反応、並びに力発揮が要求されるバリエーションな運動トレーニング実施による反応時間短縮への効果の普遍性を反映する¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾ものと思われる。また、本実験での課題動作は多関節を用いた複雑な組み合わせ動作ではなく、比較的シンプルな動作であり、神経-筋機能の時間要素をより反映しやすい条件であったことも含め、剣道競技者群並びに非剣道競技者群に差が見られなかったものと考えられる。

従って、本研究における各 TTT が剣道経験の有無に関らず同等であり、かつ打突動作時の筋活動

様式における剣道経験の有無による差異は、反応時間の遅速に関連する神経-筋機能水準の違いによるものではなく、剣道の打突動作を日々反復してきたことによる適応、すなわち神経系の調節機能を反映するものとして考察できよう。

IV-C. 竹刀の回転並びに止める方向に働く筋活動様式

一般的に、剣道競では短時間内での竹刀の回転(移動)と止め(制止)を打突時に必要とするのが特徴であり、繰り返される打突動作をより円滑にするための重要な活動様式である²²⁾。また、これらは剣道競技における打突技術の習得状況が強く反映しているものと考えられ、これまで正面打突に関する研究では、剣道競技者と非剣道競技者の比較において両群で活動様式が異なる¹⁷⁾¹⁸⁾²²⁾ことが報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾²²⁾。すなわち、習得状況によって特有の活動パターンを有するものとして考えられる。

本研究において、HM および HK における竹刀の回転並びに止め方向に働く筋の活動様式(Fig. 2, 3, 4, 5)を通覧し、特筆すべき成績について検討すると、Fig. 2, 3 に示された竹刀の回転並びに止めに関する時間(タイミング)では、剣道競技者群は動作様式の違いに応じてタイミングが変化するのに対し、非剣道競技者群では変化が見られなかった。また、その時の各筋活動様式における筋活動量を検討するため筋電図を定量化したところ、Fig. 4 に示されたように竹刀の回転において、剣道競技者群では各動作間での m EMG に有意な差は見られなかったが、非剣道競技者群では打突動作の違いに応じて m EMG が有意に変化した。よって、竹刀の回転及び止める方向に働く筋の活動様式において、剣道競技者群は主として活動時間(タイミング)を変化させて異なる打突動作様式に対応しているのに対して(時間調節型)、非剣道競技者群では主として筋活動量を変化させて異なる打突動作様式に対応している(活動量調節型)ものと推察された。これらは繰り返しトレーニングされる打突動作特異性の

適応を介した神経系の調節機能による違いを反映しているものと思われた。

この実験成績は、日常的に各種トレーニングを実施している男性を対象に調査したものであり、今後、対象群(一般人: **Sedentary**)を含めた比較に加え、剣道競技における習得状況(段位の違い等)の検討によって得られる知見に期待がもたれる。

V. 総括

本研究では剣道の **HM** 及び **HK** 動作を用いて、光刺激の合図から打突終了までの各 **TTT** を筋電図の記録から観察し、剣道競技者群と非剣道競技者群の反応時間並びに上肢の筋活動様式を比較検討した。

HM 及び **HK** 打突動作において、両被験者群の比較では各 **TTT** 並びに時間要素(**PMT**、**MT**、**AT**)に差は見られず、日常的にバリエーションな運動トレーニングを実施している男子学生に対して本研究における比較的シンプルな運動課題では差がないことが明らかとなった。一方、筋活動開始順序は両被験者群で異なり、ステレオタイプの非剣道競技者群に対して、剣道競技者群では各打突課題動作に応じて変化するのが見られた。また、各課題動作中における竹刀の回転並びに止める方向に働く筋活動様式では、時間調節型の剣道競技者群に対して、活動量調節型の非剣道競技者群との両群での差異が明らかになった。

以上のことより、日常的にバリエーションな運動トレーニングを実施している男子学生では、**TTT** や時間要素による反応時間において差はないが、各動作様式において剣道競技者群に特有の筋活動調節様式が存在することが示唆された。

参考文献

1. 倉田博, 柳本昭人, 小野三嗣 (1968) 剣道選手における神経筋協応能の特徴について. 体力科学 17: 132-133.

2. 小野三嗣, 尾谷良行, 高橋泰光, 坪田修三, 倉田博 (1968) 剣道における神経筋協応能について. 体力科学 17: 1-13.

3. 小野三嗣, 柳本昭人, 山下富士男, 倉田博 (1969) 剣道選手における神経筋協応能について第2報. 体力科学 18: 72-82.

4. 福本修二, 辰沼広吉, 中野八十二, 坪井三郎 (1970) 剣道打撃動作に関する上肢の作用について. 体育学研究 14: 145.

5. 福本修二, 坪井三郎 (1975) 剣道の上肢作用による身体への影響. 武道学研究 10: 9-18.

6. 福本修二, 坪井三郎 (1975) 剣道の打突時における筋電図学的研究: 打突時の手首の作用による前腕の筋電図. 日本体力医学会 36: 749.

7. 山神眞一, 百鬼史訓, 大矢稔, 横山直也, 田中幸夫, 田中秀幸 (1993) 剣道における「引き面」の打撃力に関するバイオメカニクス的研究. 日本体育学会大会号 44: 397.

8. Yamagami, S., Nakiri, F., Okada, Y., Ae, M. (1994) Impact forces of the TOBIKOMI-MEN and HiKI-MEN striking in kendo. *J. Biomech.* 27: 697.

9. 松延市次, 山崎士, 野島哲二 (1995) 図解コーチ剣道: 第3章剣道の技. 成美堂出版: 東京, pp. 36-128.

10. 福本修二, 中野八十二, 坪井三郎 (1971) 剣道の打撃動作における一考察: 上肢と下肢との協調について. 日本体力学大会号 22: 264.

11. DiFabio, R. P. (1987) Reliability of computerized surface electromyography for determining the onset of muscle activity. *Phys. Ther.* 67: 43-48.

12. Clarys, J. P., Cabri, J. (1993) Electromyography and the study of sports movements: a review. *J Sports Sci.* 11: 379-448.

13. Girard, O., Micallef, J. P., Millet, G. P. (2005) Lower-limb activity during the power serve in tennis: effects of performance level. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37: 1021-1029.

14. Illyes, A., Kiss, R. M. (2005) Shoulder muscle

- activity during pushing, pulling, elevation and overhead throw. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 15: 282-289.
15. 丹羽昇, 猪飼道夫 (1966) 剣道における基本打撃動作の筋電図学的分析. *体育学研究* 10: 232.
16. 坪井三郎 (1968) 剣道打撃動作の筋電図学的研究. *体力科学* 17: 155.
17. 坪井三郎 (1973) 剣道に関する動的姿勢の研究 : 基本打撃動作の姿勢分析. *体育学研究* 18: 71-81.
18. 松尾清孝, 成澤三雄, 村永信吾, 関和彦 (1998) 剣道の素振りにおける筋活動様式の左右差. *体育学研究* 43: 176-184.
19. Lee, J. B., Matsumoto, T., Othman, T., Yamauchi, M., Taimura, A., Kaneda, E., Ohwatari, N., Kosaka, M. (1999) Coactivation of the flexor muscles as a synergist with the extensors during ballistic finger extension movement in trained kendo and karate athletes. *Int. J. Sports Med.* 20: 7-11.
20. Harbin, G., Durst, L., Harbin, D. (1989) Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 258-262.
21. Taimela, S. (1992) Information processing and accidental injuries. *Sports Med.* 14: 366-375.
22. 小林一敏 (1966) 剣道における打撃について. *体育の科学* 16: 656-660.