

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350748

研究課題名(和文) 剣道競技者の構えから打突に至る過程の神経科学的研究

研究課題名(英文) A Neuroscientific Study on Kendo Players' Process from a Kamae Position to Strike

研究代表者

香田 郡秀 (KODA, Kunihide)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：50186615

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、長期剣道競技者を対象にP300, N140電位, NOGO電位と呼ばれる脳電位, collision法, 筋電図などの神経科学的方法を用いて、剣道競技者の脳内の処理系, 運動神経系, 筋系に至る経路でいかなる変容を示すかを詳細に明らかにすることである。その結果、剣道群では脳の運動関連領域から運動神経を駆動する時間は一般群より有意に優れていること、最大神経伝導速度の分布は剣道群では利き手側が46m/secの伝導速度の位置でピークを示し、非利き側で33m/secの伝導速度の位置でピークを示した。以上の結果から最大神経伝導速度は後天的なトレーニングの影響で変わる可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to detailed clarify changes in the pathways to the information-processing system of the brain of kendo players, as well as their motor nervous and muscular systems, by neuroscientifically examining players with long-term experience of continuously playing kendo using the P300, N140, and NOGO components of brain potentials, collision technique to measure the motor nerve conduction velocity, and electromyography. On comparison with individuals of the general public, kendo players were shown to need markedly less time to activate motor nerves in motor-related brain areas. Their maximum nerve conduction velocity peaked at 46 and 33 m/sec on the dominant and non-dominant sides, respectively. The results suggest the possibility of the maximum nerve conduction velocity changing due to the influence of training.

研究分野：剣道コーチング論

キーワード：剣道 筋緊張 筋電図反応時間 P300 N140電位 NOGO電位 脳・運動神経系 collision法

1. 研究開始当初の背景

剣道は持続的な筋緊張を保持した構えから瞬間的に定められた部位を正確に打突する競技である。すなわち相手の動きに対して瞬間的に防御したり、打ち込んだりするところに剣道の動きの特徴がある。今日までの剣道の動きに関する運動神経科学的研究は打突に関する筋電図反応時間や動作の筋電図の分析から剣道競技の神経筋系の応答を捉える試みを行い、数多くの研究を報告しているが剣道競技者と非剣道競技者との間で打突動作に至るまでの反応時間でさえ違いがあるかどうか未だ不明確な現状にある。それゆえ剣道競技において持続的な筋緊張を保持した構えから瞬間的に定められた部位を正確に打突するに至るまでのヒトの脳内の処理系から運動神経、筋系にいかなる変容をきたしているかを詳細に検討してみるべき科学的価値があると考え、特に幼少時から青少年までの期間、十数年にわたって剣道の動きの特徴である相手の動きに対応して瞬間的に防御したり、打ち込んだりする動きを積み重ねると脳内の感覚-運動処理系や運動神経系にいかなる変容を生じさせているか明らかにすることは剣道競技のトレーニング法を解明したり、改良したりすることに大いに役立つとともに長期にわたって剣道の練習に励んできた青少年の脳・運動神経系にどのような変容を起こしているか知ることによって学校教育の改善にも大きく貢献すると考える。

そこで本研究においては長期にわたって剣道を継続してきた競技者を対象に P300, N140 電位, NOGO 電位と呼ばれる脳電位, collision 法という運動神経の伝導速度を測定できる方法、筋電図などの神経科学的方法を用いて、剣道競技者の脳内の処理系、運動神経系、筋系に至る経路でいかなる変容を示すかを詳細に明らかにすることである。研究代表者と研究分担者の有田は剣道競技のスペシャリストであり、他の研究分担者は運動と脳内情報処理機能との関係については国際的・国内的にも数多くの研究報告をしているので本研究目的を十分に達成できると確信した。

2. 研究の目的

剣道は持続的な筋緊張を保持した構えから瞬間的に定められた部位を正確に打突する競技である。本研究においては長期にわた

って剣道を継続してきた競技者を対象に P300, N140 電位, NOGO 電位と呼ばれる脳電位, collision 法という運動神経の伝導速度を測定できる方法、筋電図などの神経科学的方法を用いて、剣道競技者の脳内の処理系、運動神経系、筋系に至る経路でいかなる変容を示すかを詳細に明らかにすることである。

剣道は持続的な筋緊張を保持した構えから瞬間的に定められた部位を正確に打突する競技である。今日まで剣道競技者の筋力、体力や瞬発力に関する調査・研究はあるが長期的なトレーニングを継続してきた剣道競技者の脳内の処理系、運動神経系、筋系に至る経路を詳細に検討した研究はほとんどみられない。また長期的な剣道競技者は瞬間的に判断し、打突を制止するときの脳内の興奮・抑制機構が発達しているかどうかを検討した研究はまったくみられない。さらに今後の剣道競技のトレーニング法を解明したり、改良したりすることに大いに役立つとともに長期にわたって剣道の練習に励んできた青少年の脳・運動神経系にどのような変容を起こしているか知ることによって学校教育の改善にも大きく貢献すると考える。

3. 研究の方法

本研究においては P300, N140 電位, NOGO 電位と呼ばれる脳電位, collision 法という運動神経の伝導速度を測定できる方法、筋電図などの神経科学的方法を用いて、筋電図反応時間は真に剣道競技者と非競技者には差があるかどうかを明らかにすること、さらにそれに対応して長期的な剣道競技の脳内感覚-運動処理系に変容を生じさせているかどうかを明らかにする。また運動神経系にも変容を示すかどうか、さらに瞬間的に判断し、打突を制止する時の脳内抑制機構も発達しているかどうかを明らかにする。

実験1は筋電図などの神経科学的方法を用いて、筋電図反応時間は真に剣道競技者と非競技者には差があるかどうかを明らかにすること、さらにそれに対応して P300, N140 電位, NOGO 電位と呼ばれる脳電位を用いて長期的な剣道競技の脳内感覚-運動処理系に変容を生じさせているかどうかを明らかにすることであった。

P300 電位とは、一般に oddball 課題で誘発され、感覚モダリティーに関係なく刺激提示後約 300msec 付近で頭頂部優位に現れる内因性の陽性電位である。

運動課題としては視覚刺激に反応してあらかじめ決められている箇所への打撃を行う。視覚刺激の色の種類によって技が決められており、被検者はランダムに提示される視覚刺激の種類によって提示される技を遂行し、その時の反応時間、筋収縮時間を測定する。さらに同様のパラダイムで事象関連電位を測定した。

実験2では collision 法を用いて長期的な剣道競技の運動神経系にも変容を示すかどうか

かを明らかにする。参加者は 10 年以上剣道を継続している学生 10 名と一般の健康な大学生であった。これらの参加者の腕や脚の運動神経の伝導速度の分布を、collision 法を用いて測定し運動神経への長期運動の影響を調べた。

collision 法とは同じ神経を反対方向から伝播してくる 2 つの活動電位が衝突し、両電位に伴う不応期を利用して抹消運動神経伝導速度 (motor nerve conduction velocity: MCV) と相対神経線維数の最も多い神経伝導速度を反映する神経伝導速度分布を測定する方法である。

参加者は 10 年以上剣道を継続している学生 10 名と一般の健康な学生である。これらの被験者の腕や脚の運動神経の伝導速度の分布を、collision 法を用いて測定し運動神経への長期運動の影響を調べた。

4. 研究成果

実験 1. 打突課題の面、小手、胴打ち課題の中で小手打ちは剣道群、一般群とも成功率は低かった。EMG-RT は選択反応時間課題、単純反応課題ともに剣道群が有意に速かった (図 1)。筋放電パターンは、打突に関わりなく、剣道群は上腕二頭筋が最初に放電したが、一般群は一定の傾向を示さなかった。事象関連電位については Go 条件、NoGo 条件とも P300 潜時には差が見られなかった (図 2)。また P300 電位にも差が認められなかった。これは今までの競技者を測定したデータとは一致しなかった。おそらく脳電位を誘発するのに用いた課題がたやすい課題であったため長期競技者の能力を測定することができなかったと考えられる。この点については次年度も研究を継続したいと考えている。以上のことから剣道群では脳の運動関連領域から運動神経を駆動する時間は一般群より有意に優れていると考えられる。

図 1. EMG-RT の群間比較

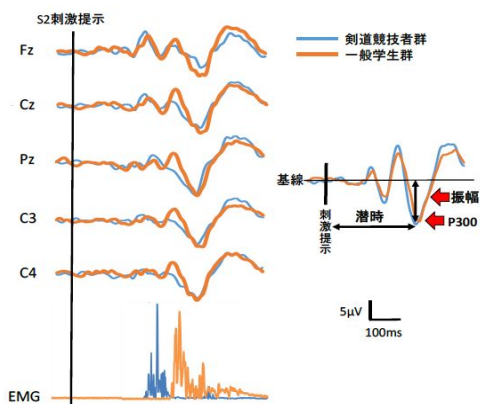
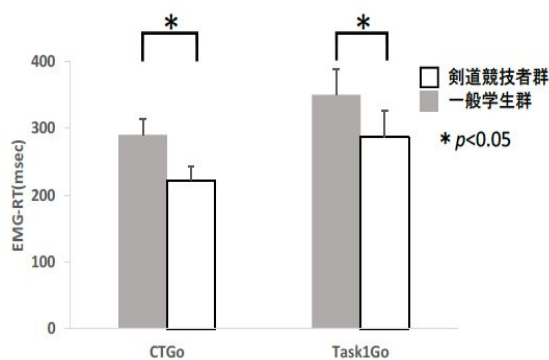


図 2. P300 の振幅と潜時の例示 (右側) と Go 条件において頭皮上の Fz, Cz, Pz, C3, C4 から導出された剣道競技者群と一般学生群の ERPs グラウンドアベレージ波形

実験 2 の結果について、最大神経伝導速度の値は、剣道群では $68.5 \pm 6.6 \text{ m/sec}$ 、一般群は $53.5 \pm 3.8 \text{ m/sec}$ を示し統計的にも有意であった。さらに最大神経伝導速度の分布を比較してみると剣道群は利き手側が 46 m/sec の伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は 14% であり、非利き側で 33 m/sec の伝導速度の位置でピークを示し相対神経線維数は 16% であり、利き側が非利き側よりも有意に速い結果を示した。長期トレーニングは神経線維の直径を増加させる可能性がある報告が数多くある。従って本研究結果は先天的な遺伝的要因意外にも長期の継続的なトレーニングのような後天的な環境要因も神経線維の直径の肥大に影響を及ぼしている可能性が大であると考えられる。今日までの多くの研究は神経の軸索の直径と最大神経伝導速度と密接な関係があることを報告している。また長期のトレーニングは運動ニューロンに組織科学的变化を引き起こしていることが報告されている。以上の結果、報告から最大神経伝導速度は後天的なトレーニングの影響で変わる可能性を秘めている。以上の一連の結果から剣道群では脳の運動関連領域から運動神経を駆動する時間は一般群より有意に優れていると考えられる。また最大神経伝導速度の分布を比較してみると剣道群は利き手側が 46 m/sec の伝導速度の位置でピークを示し、相対神経線維数は 14% であり、非利き側で 33 m/sec の伝導速度の位置でピークを示し相対神経線維数は 16% であり、利き側が非利き側よりも有意に速い結果を示したことから最大神経伝導速度は後天的なトレーニングの影響で変わる可能性を秘めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

川井良介, 香田郡秀, 鍋山隆弘: 剣道競技者の脳内情報処理過程に関する研究: 剣道を模した S1-S2 選択反応課題時の P300 に

着目して. 武道学研究, 2015, 48.2: 79-88.
(査読あり)

[学会発表] (計 2 件)

川井良介, 香田郡秀, 鍋山隆弘, 有田祐二, 木村悠生: 剣道競技者の構えから打突に至る過程の神経生理学的研究: 室内モデル実験を用いて. 日本武道学会第48回大会, 日本体育大学(東京都世田谷区) 2015.9.9

岡部秀平, 西平賀昭, 八田有洋, 福本寛之, 酒本夏輝, 香田郡秀: スポーツ競技者の感覚・運動処理系についてー長期剣道競技者を対象にしてー. 第22回日本運動生理学会大会, 川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市) 2014.7.20

6. 研究組織

(1) 研究代表者

香田 郡秀 (KODA, Kunihide)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号: 50186615

(2) 研究分担者

西平 賀昭 (NISHIHIRA, Yoshiaki)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号: 20156095

八田 有洋 (HATTA, Arihiro)
東海大学・体育学部・准教授
研究者番号: 20312837

有田 祐二 (ARITA, Yuji)
筑波大学・体育系・准教授
研究者番号: 70344877