

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：32402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10968

研究課題名（和文）電気生理学的手法と3次元動作分析を用いた素早い移動動作に伴う力の抜きに関する研究

研究課題名（英文）An electrophysiological and optical 3D motion analysis study concerning momentary loss of strength in a rapid motion

研究代表者

麓 正樹（Fumoto, Masaki）

東京国際大学・医療健康学部・教授

研究者番号：40339180

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：素早く力強い移動動作には、力の抜き（筋活動の減少）が含まれている可能性が示唆されているが、報告は少ない。本研究では、剣道や空手道で行われる、前方への鋭い踏み込みとともに攻撃技を繰り出す踏み込み動作に着目し、電気生理学的手法と光学式モーションキャプチャを用いた研究を行った。その結果、素早く力強い前方への踏み込み動作には、前脚の力の抜きによる、身体の垂直方向への落下運動の利用があり、この動作は事前に脳の運動準備に含まれる可能性が示唆された。本研究の成果は、スポーツ競技者の動作の改善だけでなく、子供たちの運動習熟、中高齢者の運動能力の減衰防止など、広範な領域の動作改善に貢献すると思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、スポーツ競技者などの動作の改善だけでなく、子供たちの運動習熟、中高齢者の運動能力の減衰防止、労働作業や日常生活動作などにおける疲労を誘発しにくい効率的な動作の提案など、広範な領域の動作改善に貢献する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：It has been suggested that rapid and high-intensity movements may include decreased muscle activity (muscle relaxation), but few reports have been reported. In this study, we focused on the sharp forward step combined with an attack technique performed in kendo and karate, and conducted research using electrophysiological methods and optical motion capture system. As a result, it was found that rapid and powerful forward stepping movements include a vertical downward motion of the body by momentary relaxing the front leg, and this motion may be included in the brain's motor preparation. The results of this study are expected to contribute to the improvement of movements not only for athletes but also in various fields such as helping children acquire motor skills and preventing the decline of motor abilities in middle-aged and elderly people.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：力の抜き 3次元動作解析 筋電図 脳波

1. 研究開始当初の背景

スポーツなどにおいて力を抜くことは、リラクゼーションの観点から多く研究されてきた。一方で、スポーツから日常生活までに含まれる様々な動作中においても、力を抜くことを利用した動作の重要性についての研究が行われてきたが報告は少なく、実際のパフォーマンスに含まれる筋活動の減少と3次元的な動作への影響について調べた報告は見られなかった。また、実際のスポーツなどでのパフォーマンス中の筋活動減少の役割について、動作と筋活動に加えて脳活動に体系的に言及した研究も少なかった。そこで本研究では、素早い移動動作として武道の踏み込み動作に焦点を当てた研究を行うことにした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、素早い移動動作に含まれる力の抜き(筋活動の減少)がスポーツなどのパフォーマンスにどのような影響を及ぼしているかを調べることである。この目的を達成するために、筋電図、光学式モーションキャプチャシステム、脳波などを用いて、動作、筋活動およびその神経科学的背景について明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では前方への素早い移動動作として、武道の踏み込み動作に焦点を当てた。剣道や空手道では、前方への鋭い踏み込みとともに攻撃技を繰り出す踏み込み動作が行われ、その速度や力強さは勝敗に大きく影響する。踏み込み動作は後脚で瞬間的に強く床を押し出すようにして身体を前方へ移動させ、前足の足底で鋭く床をたたくように行なわれる。本研究では、剣道における面打ち、空手道における刻み突きを踏み込み動作とともに行わせた。研究としてはまず、剣道競技者と空手道競技者の面打ちと刻み突きに伴う踏み込み動作の特徴を、熟練者を対象に、前脚大腿部の筋活動と腰部の動きに焦点を当てた測定を行った。次に、踏み込み動作の習得をより容易にするため、段差を利用した踏み込み動作について検討した。さらに、踏み込み動作に伴う前脚大腿部の筋活動ならびに腰部の動きが、脳の運動準備過程に含まれるかどうかについて、脳波を用いて検討を行った。

空手道競技者の刻み突きに伴う踏み込み動作における下肢筋電図活動と動作の解析については、5年以上の継続年数を有する空手道競技者を対象に、近間、遠間、中間の3つの距離を各自の判断で設定させ、踏み込み動作を伴う打ち込みを、対人にて自己ペースで行わせた。筋電図の測定は、左右の大腿四頭筋(大腿直筋と外側広筋)、左右の大腿二頭筋、上腕三頭筋を対象として、表面双極法を用いて行われた。記録された筋電図は全波整流してその後の解析に用いた。モーションキャプチャについては、6台の赤外線カメラを用いて、6箇所(仙骨、左右の上前腸骨棘、左右の上後腸骨棘、刻み突きを行う側の手甲)に装着された反射マーカから得られた位置情報を元に、腰部の移動についての3次元解析を実施した。

剣道競技者の面打ちに伴う踏み込み動作における下肢筋電図活動と動作の解析については、6年以上の稽古継続年数を有する剣道競技者を対象に、近間、遠間、中間の3つの距離を各自の判断で設定させ、踏み込み動作を伴う面打ちを、対人にて自己ペースで行わせた。筋電図の測定は、左右の大腿四頭筋(外側広筋)、左右の大腿二頭筋、右の上腕三頭筋、左のヒラメ筋を対象として、無線筋電図センサを用いて行われた。記録された筋電図は全波整流してその後の解析に用いた。モーションキャプチャについては、8台の赤外線カメラを用いて、14箇所(仙骨、左右の上前腸骨棘、左右の上後腸骨棘、左右の腓骨小頭、左右の外踝、左右の肩峰、第7頸椎、左右の手首)に装着された反射マーカの位置情報を元に、腰部の移動についての3次元解析を実施した。

踏み込み動作の獲得を容易にする方法として、段差を利用した動作の有効性については、空手道競技者を対象に、床面に約8cmの段差を作り(段差あり条件)その上に後脚をのせて踏み込みを伴う刻み突きを行わせ、動作の測定を行った。モーションキャプチャについては、8台の赤外線カメラを用いて、14箇所(仙骨、左右の上前腸骨棘、左右の上後腸骨棘、左右の腓骨小頭、左右の外踝、左右の肩峰、第7頸椎、左右の手首)に装着された反射マーカの位置情報を元に、腰部の移動についての3次元解析を実施した。

踏み込み動作に伴う前脚筋活動の休止が脳の運動準備過程に含まれるかどうかについては、空手道競技者に刻み突きを行わせ、脳波を用いて運動の準備状態を反映するとされる運動関連脳電位の記録を行った。脳波は国際10-20法に従い、頭皮上5箇所(Fz、Cz、Pz、C3、C4)から両耳朶を基準として単極導出した。筋電図は左右の外側広筋から記録した。動作は8台の赤外線カメラを用いて11箇所(仙骨、左右の上前腸骨棘、左右の上後腸骨棘、左右の肩峰、左右の肘、左右の手首)に装着された反射マーカの位置情報を得た。被験者は、構えた状態から約10秒の間隔で自己ペースにて踏み込みを伴う刻み突きを、10回を1セットして、4セット行った。そして前脚外側広筋の筋電図活動の休止開始と、後脚外側広筋の筋電図活動増加開始を基準として脳波を加算平均し、運動関連脳電位を解析した。

4. 研究成果

空手道競技者の刻み突きに伴う踏み込み動作については、刻み突きにおいて、踏み込み動作の直前に、前脚大腿部筋電図の休止期が得られた。休止期の後に、腰部の垂直方向の変位において下降が開始された。腰部運動は下降のピーク後にその状態をわずかに維持した後にゆるやかな上昇に転じ、その途中で刻み突きのインパクトがあった。以上のことからまず、これまでの我々の先行研究と同様の、動作開始前の筋電図休止期が本研究でも得られた。この休止期がその後の斜め下方向への身体の落下を導くと推察されていたが、腰部運動の3次元的な解析から、落下運動が確認された。さらに、相手との距離が遠くなると、腰部の下降の角度が急になってスピードが上がり、下降の開始から終了までの時間が短くなる傾向があった。筋電図の消失期間は相手との距離が遠くなると、短くなる傾向があった。これらの結果から、相手との距離によって、踏み込み動作直前の筋電図消失期間と身体の落下運動がコントロールされる可能性があることが示唆された。

剣道競技者の面打ちに伴う踏み込み動作については、剣道の面打ちにおいて、踏み込み動作の直前に、前脚大腿部筋電図活動の休止期が得られた。休止期の開始後に、腰部垂直方向の変位において下降が開始された。腰部運動は下降のピーク後にその状態をわずかに維持した後にゆるやかな上昇に転じ、その途中で面打ちのインパクトがあった。これらのことからまず、我々の先行研究と同様の、踏み込み動作開始前の筋電図休止期が本研究でも得られた。この休止期がその後の斜め下方向への身体の落下を導くと推察されていたが、腰部運動の3次元的な解析から、落下運動が確認された。また、相手との距離が遠くなると、腰部の下降開始から終了までの角度が急になってスピードが上昇する傾向があった。さらに、前脚筋電図の休止期間と面打ちのインパクトに向けた後脚筋電図活動の増加には、関連性が見られた。これらの結果は、踏み込み動作直前の前脚筋電図休止期間と身体の落下運動が、相手との距離によってコントロールされ、面打ちのインパクトに向けたその後の動作に利用されている可能性を示唆する。

踏み込み動作の獲得を容易にする方法として、段差を利用した動作の有効性については、段差を作らない状況（段差なし条件）と比較して、段差あり条件では腰部がより大きく下降することが明らかとなった。刻み突きの出来栄を主観的に評価させたところ、段差あり条件においてよくなる傾向が得られた。これらの結果は、腰部の下降が踏み込み動作に重要な役割を果たし、段差を利用して腰部の下降を積極的に導くトレーニングが有効となる可能性を示唆する。

空手道競技者を対象に刻み突きに伴う踏み込み動作を行わせ、前脚筋活動の休止が脳の運動準備過程に含まれるかどうかについて検討した。その結果、踏み込みの主となる後脚外側広筋の筋活動増加に向けて、運動関連脳電位を構成する代表的な成分である、中心部優位のBereitschafts potentialとnegative slope様の電位変化が、明瞭に得られた。一方、前脚外側広筋の筋電図活動の休止開始に同期させて脳波を加算平均した結果、筋電図活動の休止に向けて中心部優位に明瞭な陰性の電位変化が得られた。これらの結果は、前脚の力の抜きに伴って起こる腰部の下降が、脳の運動準備的な活動に含まれる可能性を示唆する。

これら一連の研究から、スポーツなどにおける素早い移動動作では、瞬間的な力の抜きが筋活動の増加とともに行われること、またその計画は脳の運動準備過程に含まれ、さらにスポーツ動作の習熟にとってその獲得が重要となる可能性が示唆された。今後、他のスポーツ動作や日常生活動作内での力の抜きの利用や、力の抜きを伴う動作の獲得方法、力の抜きに関わる脳活動の時間的解析など更なる研究が必要と考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akaike K, Fumoto M, Usui S	4. 巻 29巻3号
2. 論文標題 The effect of type of pitch on baseball batting accuracy when hitting the actual moving ball	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advances in Exercise and Sports Physiology	6. 最初と最後の頁 p25-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akaike K, Fumoto M, Usui S.	4. 巻 Vol.26 No4
2. 論文標題 The possibility of decreasing baseball hitting accuracy caused by visual restriction-Hitting a specific type of pitch with a baseball helmet with a brim and ear-guards-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Exercise and Sports physiology	6. 最初と最後の頁 p43-48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Akaike, Masaki Fumoto, Sotoyuki Usui.	4. 巻 25巻4号
2. 論文標題 The Effect of Wearing a Baseball Helmet with a Brim and Ear-guards on Baseball Hitting Accuracy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Exercise and Sports physiology	6. 最初と最後の頁 p81-93
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田井健太郎、神野周太郎、元嶋菜美香、宮良俊行、島 孟留、末次美樹、麓 正樹、今村裕行	4. 巻 第37号
2. 論文標題 学校武道領域における空手道授業に関する研究-教員養成課程の模擬授業の検討を通して-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 群馬大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 p163-169
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Masaki Fumoto, Kohei Akaike, Hiroyuki Fukumoto, Sotoyuki Usui
2. 発表標題 Changes in the excitability of the ipsilateral cortical motor area during one-handed basketball shooting
3. 学会等名 日本運動生理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Fumoto, Kohei Akaike, Kazuhiro Suda, Sotoyuki Usui
2. 発表標題 Measurement of slow EEG potentials before backhand service in badminton
3. 学会等名 日本運動生理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 麓 正樹、田井 健太郎、赤池 行平、谷木 龍男
2. 発表標題 踏み込み動作に伴う力の抜きの評価 剣道競技者の下肢筋電図活動と動作の解析
3. 学会等名 日本武道学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suda, K., Fumoto, M., Akaike, K., Usui, S., Nishihira, Y.
2. 発表標題 MOTOR RELATED CORTICAL POTENTIAL INDUCED BY SELECTIVE RESPONSE TO BADMINTON VIDEO CLIP
3. 学会等名 European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Fumoto, Kohei Akaike, Sotoyuki Usui
2. 発表標題 The effects of coordination training on brain executive function in young adults
3. 学会等名 日本運動生理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suda, K., Fumoto, M., Usui, S., Nishihira, Y.
2. 発表標題 MRCP INDUCED BY BUTTON PUSHING IN RESPOSE TO BADMINTON VIDEO CLIP
3. 学会等名 European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Akaike, Masaki Fumoto, Hiromitsu Moriguchi, Sotoyuki Usui
2. 発表標題 The effect of wearing a baseball helmet with a brim and ear-guards on baseball hitting accuracy
3. 学会等名 日本運動生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 麓 正樹
2. 発表標題 一過性高強度トレーニング前後の脳活動の変化.
3. 学会等名 日本体育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤池 行平、麓 正樹
2. 発表標題 野球用ヘルメット装着の有無が打点位置に与える影響～上方に抜ける軌道を描く球種を想定して～
3. 学会等名 北陸体育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤池 行平、麓 正樹
2. 発表標題 野球用ヘルメット着用の有無が打者の頭部動作と打点位置に与える影響
3. 学会等名 日本トレーニング指導学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki FUMOTO, Kohei AKAIKE, Sotoyuki USUI
2. 発表標題 The effect of caffeinated instant coffee on EEG following high-intensity interval pedaling exercise
3. 学会等名 日本運動生理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suda, K., Goto, A., Fumoto, M., Usui, S., Nishihira, Y.
2. 発表標題 MRCP INDUCED BY BUTTON PUSHING IN ERSPOSE TO ALPINE SKIING START SOUND
3. 学会等名 2018 European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 麓 正樹, 田井 健太郎, 大徳 紘也, 谷木 龍男
2. 発表標題 空手道競技者の踏み込み動作における下肢筋電図活動と動作の解析
3. 学会等名 日本武道学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷木龍男, 田井健太郎, 麓正樹
2. 発表標題 空手道競技者のグリット, フロー, SOCの関係
3. 学会等名 日本武道学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 麓 正樹
2. 発表標題 電気生理学的手法と3次元動作分析による素早い移動動作に伴う力の抜きに関する研究
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	碓井 外幸 (Usui Sotoyuki) (60389822)	東京国際大学・人間社会学部・教授 (32402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------