

令和 7 年 6 月 30 日現在

機関番号：32692

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2024

課題番号：21K17555

研究課題名（和文）神経・筋協調性の筋放電休止期による評価を基準としたACL損傷予防プログラムの開発

研究課題名（英文）Development of an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program Based on Neuromuscular Coordination Assessment During Muscle Silent Periods.

研究代表者

伊藤 咲子（大西咲子）（Ito, Sakiko）

東京工科大学・医療保健学部・助教

研究者番号：60882785

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ACL損傷予防を目的に、神経・筋協調性を評価する手法としてsilent periodに着目したが、個人差や出現率の問題から十分なデータが得られなかった。また、筋シナジーなど多面的な評価の必要性も明らかとなった。健常例とACL損傷保存例・再建術後例の測定により、健常アスリートでも疲労により協調性が低下する可能性、保存例では早期回復の可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ACL損傷の予防において、神経・筋協調性を詳細に評価することの有用性を示し、筋放電休止期を含む新たな評価手法の可能性を提示した点に学術的意義がある。特に、健常アスリートにおいても疲労により協調性が低下すること、保存療法例では比較的早期に協調性が回復する可能性が示唆されたことは、リスク評価や個別最適化された予防・リハビリ介入の必要性を支持する知見であり、競技復帰支援や再発予防への応用が期待される点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a prevention program for anterior cruciate ligament (ACL) injury by evaluating neuromuscular coordination using the muscle silent period. Although the original plan was to construct a prevention program based on this evaluation, individual variability in muscle activation patterns and the low occurrence rate of silent periods made it difficult to collect sufficient data. During the study, it also became clear that neuromuscular coordination should be assessed from multiple perspectives, including muscle synergy analysis. We collected data from healthy individuals, conservatively managed ACL-injured cases, and postoperative ACL reconstruction cases. Results suggest that even in healthy athletes, neuromuscular coordination may decline with fatigue, while conservatively treated ACL-injured individuals may show relatively early recovery of coordination compared to post-reconstruction patients.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：神経・筋協調性 Silent period

## 1. 研究開始当初の背景

膝前十字靱帯（以下 ACL）損傷などスポーツ傷害の発生においては、筋力だけでなく、神経・筋協調性機能が大きく影響するとされている。しかし、実際の臨床場面において、神経・筋協調性の定量的な評価はほとんど行われていない。健常人および ACL 損傷後症例における疲労負荷前後の神経・筋協調性の経時的変化を明らかにすることは、スポーツへの復帰指標や障害予防プログラムを考える上で有用であると考えられる。そこで、表面筋電図上で、急速な反応動作に先行して観察される筋放電休止期(Silent period: 以下 SP)という指標を用いて神経・筋協調性を定量的に評価することとした。

## 2. 研究の目的

疲労負荷前後の健常人および ACL 損傷後症例における神経・筋協調性機能の経時的変化を検討し、どのような疲労負荷が神経・筋協調性を低下させるのかを明らかにすること、それを基に、神経・筋協調性機能をより効果的に向上させる障害予防プログラムを開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

表面筋電図上で、急速な反応動作に先行して観察される筋放電休止期(Silent period: 以下 SP)という指標を用いて神経・筋協調性を定量的に評価することとした。具体的な研究項目は、(1) 健常人における筋疲労負荷前後の SP の変化について比較検討すること、(2) ACL 損傷後症例の SP の経時的変化を調査し、健常人と比較検討すること、(3) 神経・筋協調性の向上に効果的な障害予防プログラムを開発することである。

## 4. 研究成果

(1) 本研究では、まず、ACL 損傷後の神経・筋協調性を定量的に評価する指標として筋放電休止期 (Silent Period: SP) 使用する前研究として、筋疲労負荷前後の経時的変化の検討を行った。女子大学生アスリート 15 名を被験者とし、膝屈伸運動を用いた筋疲労負荷後、片脚ジャンプ課題中に得られた筋電図から SSP および Pre-motion Time (PMT) を算出し、負荷前、直後、5 分後、10 分後、15 分後の変化を解析した。その結果、PMT には有意な変化は認められなかったが、SSP は負荷直後、5 分後、および 10 分後に有意な遅延を示し、神経・筋協調性機能の一過性の低下が確認された。さらに、SSP は 10 分後には回復傾向を示し、スポーツ場面における休息時間や疲労時の傷害予防に関する指標となる可能性が示唆された。(図 1、図 2)

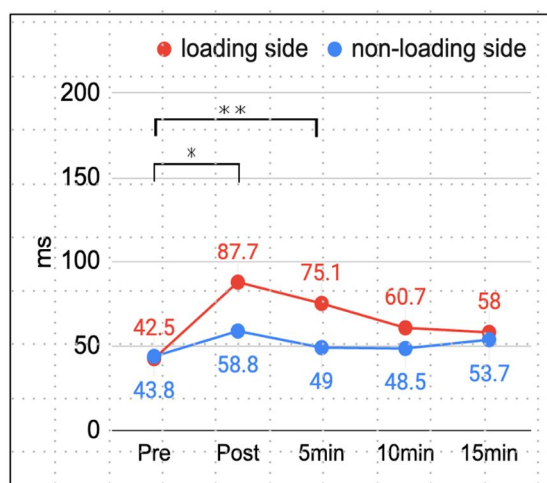


図 1 SSP の経時的変化

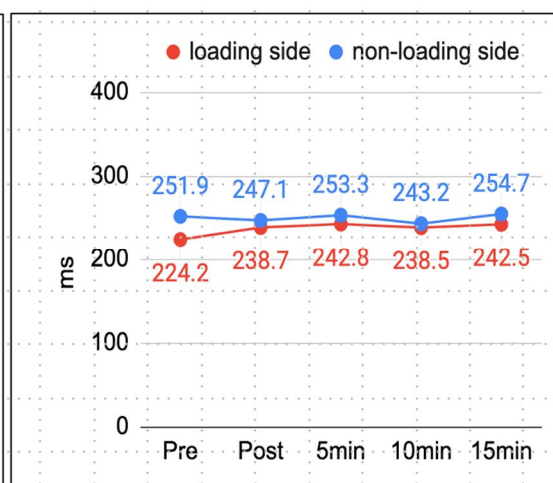


図 2 PMT の経時的変化

(2) 次に、ACL 損傷後症例の SP の健側及び患側の SP 変化を調査した。ACL 損傷後に保存療法によりスポーツ復帰した症例では、受傷後 7 か月の時点において、健側と患側で PMSP・SSP に有意差は認められなかったが、いずれも患側でわずかな遅延が観察された。このことは、保存療病例では神経・筋協調性の回復が比較的早期に得られる可能性を示唆しており、術後例と比較して中枢神経系の機能維持が保たれていることが考えられた。ACL 術後症例の検討も進める予定であったが、コロナ禍により、術後症例の調査が困難であったため、保存症例のみの検討となった。(表 1)

表1. 保存的加療7ヶ月後の受傷側・非受傷側のPMSP・SSPとその出現率					
	PMSP(ms)	SSP(ms)	PMT(ms)	PMSP出現率 (%)	SSP出現率 (%)
健側	73±26	33±17	260±61	86	64
患側	90±23	42±15	265±42	86	50
	n.s.	n.s.	n.s.		

(3) 神経・筋協調性の向上に効果的な障害予防プログラムの開発については、今回、コロナ禍のために、ACL 術後患者の被験者の確保が難しく、予定通りに研究が進まなかった。そのため、予防プログラムの開発まで至らなかった。

今回の研究より、ACL 損傷後の神経・筋協調性の評価において SP (特に SSP) は有用な指標となり得ること、また、リハビリテーション介入においては術式や治療法に応じた早期からのフィードフォワード機能の再構築が重要であることが示された。しかし、本研究を進めていく上で、SP のみでの神経・筋協調性の評価は十分ではないことも明らかとなってきた。今後は、筋シナジーや Co-contraction Index など様々な評価指標を検討しながら、より良い評価方法を構築していく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 伊藤（大西）咲子、舟崎裕記、川井謙太郎	4. 巻 32
2. 論文標題 膝前十字靱帯損傷に対する 保存療法例における silent period を用いた 健側および患側の神経・筋協調性の比較	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本臨床スポーツ医学学会誌	6. 最初と最後の頁 273-277
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 無
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 Ito-Oonishi Sakiko、Takemura Masahiro、Kanamori Akihiro、Kusumoto Yasuaki、Miyakawa Shumpei	4. 巻 33
2. 論文標題 Chronological changes in neuromuscular cooperativeness before and after muscle fatigue loading using the silent period of the quadriceps and hamstrings in young female athletes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 908～911
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.33.908	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Sakiko Oonishi -Ito, Masahiro Takemura, Shumpei Miyagawa
2. 発表標題 Examination of Chronological Changes in Neuromuscular Cooperativeness before and after Muscle Fatigue Loading using Silent Period as an Index
3. 学会等名 ECSS
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ito, S., Saito,H. Matsushita,K. Kakehata,G. Otsudo,T. Nakayama,T
2. 発表標題 A Pilot Study on Knee and Ankle Muscle Co-Contraction Patterns During Drop Vertical Jump After ACL Reconstruction.
3. 学会等名 ECSS
4. 発表年 2025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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------