

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：11101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17785

研究課題名（和文）膝前十字靭帯損傷予防を目指したコアマッスルトレーニング効果の科学的解明

研究課題名（英文）Effectiveness of core muscle training for prevention of anterior cruciate ligament injury

研究代表者

木村 由佳 (Kimura, Yuka)

弘前大学・医学研究科・講師

研究者番号：40455746

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：膝前十字靭帯（ACL）損傷をより効率的に予防を行うためには、リスクの高い選手を抽出することと、予防プログラムがどのように作用するかを解明することが重要である。本研究では、男性スポーツ選手を対象として、両脚でのジャンプ着地動作の前に疲労負荷を行わせることで、膝外反角度の増大と大腿二頭筋と大腿四頭筋の筋活動量の比（H/Q比）の低下を認め、疲労負荷によりACL損傷リスクが増大する可能性を示した。さらに6週間のコアマッスルトレーニングを行うことで、ジャンプ着地動作中の膝屈曲角度、体幹屈曲角度の増大を認めた。キネティクスと筋活動についてはトレーニング前後で有意差を認めなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

膝前十字靭帯（ACL）損傷は予防プログラムを行うことにより、発生頻度を減少することができるとされているが、そのメカニズムは明らかになっていない。本研究では男性スポーツ選手においては、これまで行われてきた両脚でのジャンプ着地動作のみでは、リスクの抽出は困難であり、疲労負荷によりリスクの高い選手を抽出できる可能性を示した。コアマッスルトレーニングの効果については、膝・体幹屈曲角度の増大を認め、これらはACL損傷リスクの減少につながる可能性が示されたが、ACL損傷リスク低減のメカニズムの解明には至らず、今後さらなる解析の継続が必要である。

研究成果の概要（英文）：For the prevention of anterior cruciate ligament (ACL) injury effectively, it is important to identify high risk players and to elucidate how prevention programs work. In this study, the fatigue protocol increased the knee valgus angle and hamstring/quadriceps muscle activity ratio during double-leg landing for male athletes. Fatigue protocol may increase the risk of ACL injury. In addition, the knee and trunk flexion angle increased after 6 weeks core-muscle training, however kinetics and muscle activity had not changed.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：膝前十字靭帯損傷 コアマッスルトレーニング 損傷予防

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

膝前十字靭帯(ACL)損傷は膝靭帯損傷の中で最も頻度の高い外傷であり、多くはスポーツ中に受傷する。一般的に、断裂した ACL では自然治癒が期待できず、保存治療では膝関節不安定性が残存し二次性膝関節症が高率に発症することが報告されている。以来、その治療方法として手術治療、なかでも再建術が広く推奨されるようになった。最近の基礎的、臨床的研究の結果、再建術には種々の改良が加えられ、その臨床成績も飛躍的に向上した。しかしながら、スポーツ復帰に関しては6ヶ月~1年と長期間を要するうえ、受傷前の運動パフォーマンスに復帰できる選手は60~70%にとどまるとされており、決して満足な結果が得られているとは言えない。

ACL 損傷は受傷機転の70%以上が非接触型損傷であり、偶発的な外傷ではなく、何らかのリスクファクターを有した選手が受傷するものと考えられている。我々の研究グループではこれまで、高校生バスケットボール選手を対象に、ACL 損傷の発生要因と予防に関する研究を行い、特に動的下肢アライメントの分析では、女子選手で有意に外反アライメントとなることが示され、ACL 損傷の危険因子となりうる可能性を示した。また、受傷時のビデオ解析では片脚着地での受傷が多く、体幹の受傷側への側屈、後傾と膝の外反が示されている。体幹の側方移動が大きくなると股関節は内転し、膝外反モーメントが増大するとされており、体幹・股関節の神経筋コントロール機能が受傷に関連すると考えられている。

これらのバイオメカニクス因子、神経筋因子については、トレーニングを行うことにより非接触型 ACL 損傷のリスクにつながる下肢運動パターンを変化または修正することができるという仮説の基にいくつかのトレーニングプログラムが提唱され、その結果、ACL 損傷の発生頻度を低下させたと報告されている。しかしながら、これらのトレーニングがいかなる機序をもって ACL 損傷予防に寄与しているかは解明されていない。我々の研究グループでは膝外傷のない女子バスケットボール選手を対象にコアマッスルトレーニングを行わせ、トレーニング前後で3次元動作解析を行った。その結果、両脚での着地動作において、膝外反角度・モーメントの減少を認めた。これらの結果は ACL 損傷リスクの低減に関連すると期待されるが、膝外反減少のメカニズムは証明できておらず、神経筋コントロールのトレーニング前後の変化は明らかではない。

2. 研究の目的

本研究の目的は 疲労負荷の前後で、両脚着地動作時の体幹・股関節のキネマティクス、キネティクス、筋活動を計測することで、神経筋コントロールのパターンを明らかにして、これらがどのように膝外反を引き起こしているのかを解明する。さらに6週間のトレーニング前後で評価を行うことにより、コアマッスルトレーニングが神経筋コントロールと膝関節運動に与える効果を解明することである。

3. 研究の方法

大学生男子運動選手12名(平均年齢 20.7 ± 1.2歳)対象とした。

疲労課題は、POWER MAX V を用いた乳酸性パワートレーニング(30秒全力ペダリングを3回)とし、疲労前後に両脚着地動作を行わせた。

3次元動作解析(VICON NEXUS)と床反力計(AMTI)を用い、着地動作におけるつま先接地時(IC)と最大膝屈曲時(MKF)の体幹屈曲角度、股関節屈曲/内転角度、膝関節屈曲/外反角度、ICからMKFまでの最大膝関節伸展/外反モーメント、最大股関節屈曲/内転モーメント、最大床反力垂直成分(vGRF)を算出した。また、筋活動の評価は表面筋電計(Delsys)を用い、着地前(IC前から100msec)と着地後(IC後から250msec)の最大筋活動量を算出し、さらに大腿二頭筋と大腿四頭筋の筋活動量の比(H/Q比)を抽出した。疲労前後のデータをpaired t検定を用いて比較検討した。

その後、6週間のコアマッスルトレーニング(ベンチ、サイドベンチ、ハムストリングエクササイズ)を行わせ、両脚着地動作の3次元動作を行いトレーニング前後で比較を行った。

4. 研究成果

体幹屈曲角度($p<0.01$)、股関節内転角度($p<0.01$) (図1)、膝関節外反角度($p<0.01$) (図2)、股関節屈曲・内転モーメント($p<0.01$, $p=0.011$)、膝関節伸展モーメント($p<0.01$) (図3)は疲労後に有意な増加を示した。一方、股関節屈曲角度($p<0.01$)、は疲労後に有意な低下を示した。筋活動に関しては、着地前的大腿四頭筋の筋活動量が有意な増加を示し($p=0.01$)、着地前のH/Q比は有意な低下を示した($p<0.01$) (図4)が、着地後には差を認めなかった。疲労後における着地動作では、膝外反と股関節内転角度の増大、着地前のH/Q比の低下を認め、下肢の筋疲労下における着地動作は下肢・体幹の神経筋コントロールに影響を与え、ACL損傷のリスクに関連する可能性が考えられた。

トレーニング後のジャンプ着地動作の比較では、トレーニング前と比較して、膝屈曲・体幹屈曲角度の増大を認めたが($p=0.028$, $p=0.009$)、膝関節キネティクス、vGRFには有意差を認めなかった。本研究結果よりACL損傷リスクの減少につながる可能性が示されたが、ACL損傷リスク低減のメカニズムの解明には至らず、今後さらなる解析の継続が必要である。

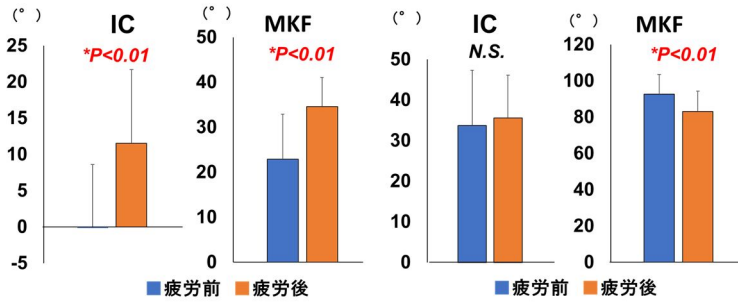


図 1. 体幹屈曲角度（左）と股関節屈曲角度（右）

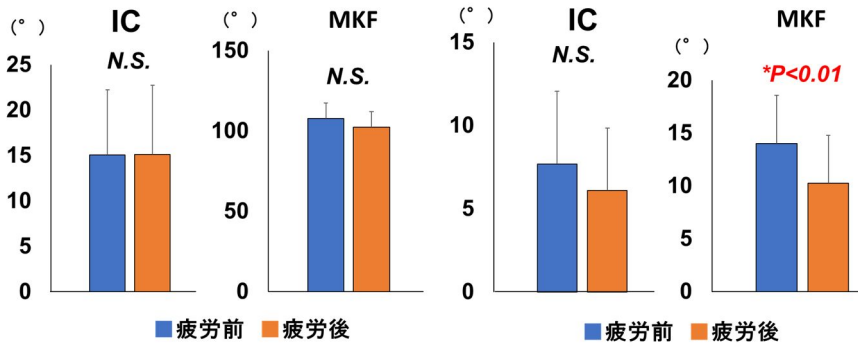


図 2. 膝屈曲角度（左）と膝内反角度（右）

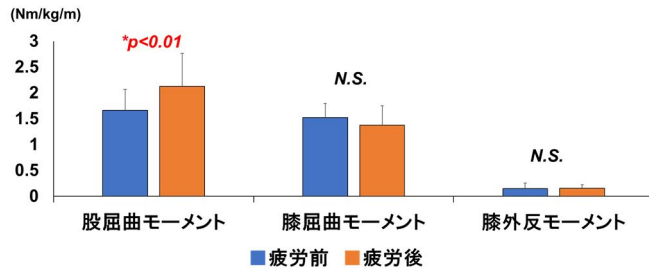


図 3. 股関節・膝関節キネティクス

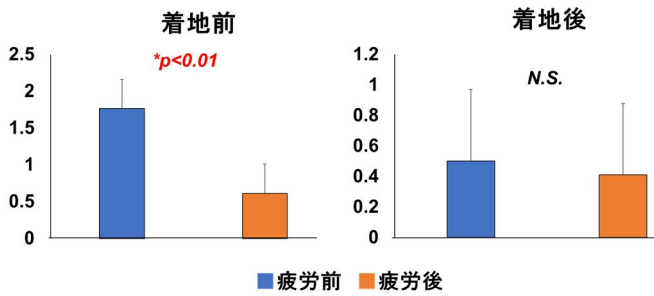


図 4. 大腿二頭筋と大腿四頭筋の筋活動量の比（H/Q 比）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 木村由佳	4. 巻 34
2. 論文標題 膝前十字靭帯損傷の診かた	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MB Orthopaedics	6. 最初と最後の頁 -
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 木村由佳	4. 巻 258
2. 論文標題 膝前十字靭帯再建術におけるリハビリテーション治療	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MB Med Reha	6. 最初と最後の頁 -
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 Ryotaro Kumahara, Shizuka Sasaki, Eiji Sasaki, Yuka Kimura, Yuji Yamamoto, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Effect of a simple core muscle training program on trunk muscle strength and neuromuscular control among pediatric soccer players.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Exp Orthop	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40634-021-00353-y	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 -
1. 著者名 Daisuke Chiba, Yuji Yamamoto, Yuka Kimura, Shizuka Sasaki, Eiji Sasaki, Shohei Yamauchi, Yuji Yamamoto, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Laterally shifted tibial tunnel can be the risk of residual knee laxity for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00167-021-06546-3	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 Shizuka Sasaki, Yuka Kimura	4. 巻 10
2. 論文標題 Clinical Outcomes and Postoperative Complications After All-Epiphyseal Double-Bundle ACL Reconstruction for Skeletally Immature Patients.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Orthop J Sports Med	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/23259671211051308	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 -

1. 著者名 Kohei Iio, Yuka Kimura, Eiji Sasaki, Shizuka Sasaki, Yuji Yamamoto, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Early Return to Sports to Continue the Season after Anterior Cruciate Ligament Injury Is Not Recommended for Student Athletes.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Prog Rehabil Med	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2490/prm.20210046.	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 -

1. 著者名 Yuka Kimura, Eiji Sasaki, Yuji Yamamoto, Shizuka Sasaki, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi	4. 巻 35
2. 論文標題 Incidence and risk factors of subsequent meniscal surgery after successful anterior cruciate ligament reconstruction: a retrospective study with a minimum 2-year follow-up.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 3235-3533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0363546520967670.	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 木村由佳, 津田英一, 石橋恭之	4. 巻 36
2. 論文標題 膝ACL再建術後の競技復帰 復帰基準	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床スポーツ医学	6. 最初と最後の頁 860-866
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 木村由佳, 佐々木静, 石橋恭之, 津田英一	4. 巻 27
2. 論文標題 ACL再建後再断裂と反対側断裂の現状とリスク因子	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本臨床スポーツ医学会誌	6. 最初と最後の頁 363-366
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 木村由佳, 石橋恭之, 津田英一	4. 巻 56
2. 論文標題 【より安全なスポーツ復帰をめざすリハビリテーション診断・治療】膝前十字靭帯損傷	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine	6. 最初と最後の頁 784-790
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 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 ACL再建後再損傷の危険因子
3. 学会等名 第13回JOSKAS (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 前十字靭帯再建術後の神経筋コントロールの評価
3. 学会等名 第13回JOSKAS
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 小兒ACL再建術の合併症
3. 学会等名 第32回小兒整形外科学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 膝前十字靭帯再建術と術後リハビリテーションの現状と課題 術後再損傷と変形性膝関節症予防へ向けた取り組み
3. 学会等名 鳥取臨床整形外科医会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 前十字靭帯損傷の治療戦略 二次性変形性膝関節症を予防するために
3. 学会等名 第1回鹿児島骨関節セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 膝前十字靭帯損傷治療の現状と課題 半月損傷治療と変形性膝関節症
3. 学会等名 第13回JOSKAS（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊原遼太郎、木村由佳、佐々木静、佐々木英嗣、山本祐司、津田英一、石橋恭之
2. 発表標題 筋疲労下のジャンプ着地動作が下肢・体幹の神経筋コントロールに及ぼす影響
3. 学会等名 臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuka Kimura, Yuji Yamamoto, Eiji Sasaki, Shizuka Sasaki, Shintaro Usami, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi
2. 発表標題 Incidence and risk factor of second anterior cruciate ligament injuries
3. 学会等名 JOSKAS-JOSSM 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 熊原遼太郎、佐々木静、佐々木英嗣、木村由佳、山本祐司、津田英一、石橋恭之
2. 発表標題 小学生サッカー選手におけるコアマッスルトレーニングの効果の検討
3. 学会等名 JOSKAS-JOSSM 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shizuka Sasaki, Ryotaro Kumahara, Eiji Sasaki, Yuka Kimura, Yuji Yamamoto, Eiichi Tsuda, Yasuyuki Ishibashi
2. 発表標題 Effect of ACL injury prevention training program for youth athletes
3. 学会等名 JOSKAS-JOSSM 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 ACL再建術後の膝関節機能評価 運動動作の評価
3. 学会等名 第36回膝関節フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 ACL再損傷の危険因子
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuka Kimura
2. 発表標題 Motion instruction using 3-D visual feedback for prevention of second ACL injury.
3. 学会等名 11th JOSKAS (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村由佳
2. 発表標題 膝前十字靭帯損傷治療の現状と課題 - 再損傷予防に向けた取り組み .
3. 学会等名 青森県スポーツ医学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuka Kimura
2. 発表標題 ACL injury mechanism and its prevention in badminton
3. 学会等名 HKCOS Injury Prevention Conference 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuka Kimura
2. 発表標題 A comprehensive study of risk factors of noncontact anterior cruciate ligament injury in high school basketball players
3. 学会等名 HKCOS Injury Prevention Conference 2018 (招待講演)
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

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