

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17805

研究課題名（和文）「切り返し」によるACL損傷のスクリーニングテストの開発

研究課題名（英文）A screening test of ACL injuries during sidestep cutting

研究代表者

伊藤 渉 (Ito, Wataru)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・助教

研究者番号：80780212

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：スポーツ活動中のACL損傷は、相手をかかわす「切り返し」によって受傷することが多い。ACL損傷を予防するには、選手の動きから受傷の危険性を正確に予測できるスクリーニングテストが不可欠である。スクリーニングテストの開発には、動作中の関節ストレスの解明から評価法の整合性と有用性の検証までの一貫した研究が必要である。ACL損傷のスクリーニングテストの開発を遂行するため、切り返し中の運動はビデオ動作解析を用いて評価できるのか検証した。切り返し動作中の膝関節外反モーメントの増大の予測因子として体幹外傾角度の増大が明らかとなった。ビデオ動作解析を用いたスクリーニングテストに応用できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果の学術的意義は、スクリーニングテストの実用化のために、考案した切り返し中の運動の評価法について整合性と有用性の検証まで一貫しておこなったことで、これまでむずかしかった切り返しによるACL損傷のスクリーニングテストを世界に先駆けて開発し、ACL損傷予防の効果を向上させ得る点にある。研究成果の社会的意義は、本研究によって開発されたスクリーニングテストが、ACL損傷を予防するための新たな評価ツールとして普及することで、着地に加え切り返しによるACL損傷を予防することが可能となり、スポーツ活動中のACL損傷予防の実現に大きく貢献する点である。

研究成果の概要（英文）：ACL injuries are one of the most serious traumatic injuries that occur in many sports, and it is important to acquire safe side-step cutting skills. The purpose of this study was to investigate whole-body movements in order to determine the factors that increase the knee abduction moment during side-step cutting. An experimental cross sectional design involving 20 male rugby players was used to explore the relationship between whole body movement factors on knee valgus moments during sidestep cutting. To examine predictors of peak knee valgus moments during sidestep cutting, a multiple linear regression analysis with a stepwise variable entry method were used to explore relationships between the kinematic technique parameters and peak knee valgus moments during sidestep cutting. The linear combination of the tilt of the trunk toward the support leg and the tilt of the lower leg toward the cutting direction explained 63% of the variance in peak knee valgus moment.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：膝前十字靭帯損傷 スクリーニングテスト 動作解析

1. 研究開始当初の背景

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は関節ストレスの増大により発生し、スポーツ活動中に受傷することが多い。競技別にみた ACL 損傷の発生率はラグビーで最も高いことがわかっている (Takahashi, 2016)。激しく体をぶつけ合う競技のため、タックルなどの接触をとまなうプレーによる受傷が多い印象があるが、我々のおこなった大規模調査では、実際にはサッカーやバスケットボールと同様に、着地や相手をかかわす切り返しといった自らの動きによる受傷が半数を占めることがわかった (伊藤, 2015)。

ACL 損傷の予防には安全なスポーツ動作の獲得が重要であり、動作の評価により受傷の危険性を予測するスクリーニングテストが不可欠である。着地による ACL 損傷については、動作中の関節ストレスの解明から評価法の整合性と有用性の検証まで一貫した研究によってスクリーニングテストが開発された (Myer, 2011)。このテストは、ビデオ動作解析という簡便かつ汎用性の高い手法を用いるため多くの選手を対象に実施可能という利点があり、着地による ACL 損傷を正確に予測することで、予防に役立てられてきた。しかし、着地による ACL 損傷を背景に開発されたスクリーニングテストのため、切り返しによる ACL 損傷の予測はむずかしく、依然として多くの選手が受傷している (Krosshaug, 2016)。その理由として、切り返しと着地では動作中の関節ストレスが異なることが指摘されている (Kristianslund, 2013)。スポーツ活動中の ACL 損傷予防の実現には、切り返しによる受傷の危険性の高い選手を見つけだすスクリーニングテストの開発が求められる。

スクリーニングテストの実用化には、場所を選ばずに短時間に多くの選手を対象に評価できる手法が求められる。ビデオ動作解析は古典的な評価手法であるが、高価な機材を必要としない簡便かつ汎用性の高い手法として優れ、現在も広く用いられている。切り返しの評価法については、動きの複雑さから 3 次元動作解析といった特殊な手法を用いなければ評価することができないのが現状である。そこで我々は、スクリーニングテストの開発に向けて、動作間の関節ストレスに関連があることを示し (伊藤 2017)、ビデオ動作解析に適した簡易的な切り返しを考案した。

スクリーニングテストの開発には、動作中の関節ストレスの解明から評価法の整合性と有用性の検証までの一貫した研究が必要となる。切り返し中の運動の簡便な評価法について整合性と有用性の検証をおこなうことで、一貫した研究としてスクリーニングテストの開発を成し遂げることができると考えた。切り返しによる ACL 損傷のスクリーニングテストの開発にあたり切り返し中の運動はビデオ動作解析を用いて評価できるのか検証した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、切り返しによる ACL 損傷の危険性の高い選手を正確に予測できるスクリーニングテストを開発し、スポーツ活動中の ACL 損傷予防の実現への一助とすることである。

3. 研究の方法

切り返しのビデオ動作解析を用いた評価法の整合性の検証

ラグビー選手 20 名を対象として、考案した切り返し中の運動について、3 次元動作解析とビデオ動作解析を同時におこなった。

サイドステップカッティング模擬動作として考案した切り返し動作を実施した。切り返し動作は片脚立位から前方に向けてホップし、同側片脚で 45 度斜方向へサイドステップカッティングを指示した。前方へのホップ距離は 75cm に設定し、中点に高さ 10cm のハードルを設置し、カッティング後の 1 歩の距離は 125cm に設定した (図)。上肢による代償動作を避けるため、両上肢は胸の前で組ませた。カッティング後はそのまま走り抜けるよう指示した。動作は 3 回実施した。

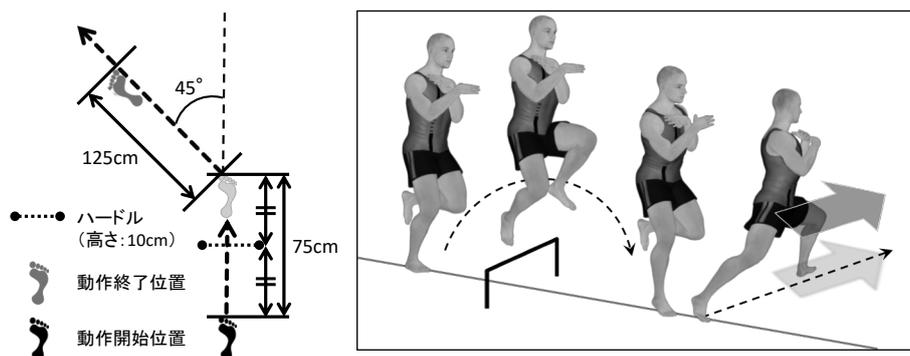


図. 切り返し動作

被験者に 31 個の赤外線反射マーカーを貼付した。貼付位置は胸骨柄，第 1 胸椎棘突起，第 7 胸椎棘突起，両上前腸骨棘，両上後腸骨棘，両大転子，両大腿骨外側上顆，両大腿骨内側上顆，両大腿前面中央，両腓骨頭，両腓骨外果，両脛骨内果，両下腿前面中央，両踵骨隆起，両第 5 中足骨頭，および両第 1 中足骨頭とした。

3 次元動作解析は 3 次元動作解析システム VICON MX (Oxford Metrics, England) およびソフトウェア NEXUS (Oxford Metrics, England) を用い，赤外線カメラ MX-F20 (Oxford Metrics, England) 7 台と床反力計 KISTLER 9865C (Kistler Japan, Japan) 2 台を同期し，計測した。サンプリング周波数は赤外線カメラ 250Hz と床反力計 1000Hz とした。

ビデオ動作解析はデジタルビデオカメラ DSC-RX100M5 (SONY, Japan) を用い，着地地点の前方 5m で，レンズ高 85cm にて地面と水平に設置して撮影した (240fps)。

統計学的解析は繰り返し動作の関節角度，関節モーメントの平均値について，最大膝関節外転モーメントに対する回帰関係を，重回帰分析を用いて検討した。また，3 次元動作解析の体幹外傾角度とビデオ動作解析の体幹外傾角度の間の相関関係について Pearson の積率相関係数を用い有意性の検定を行った。有意水準は危険率 5%とした。

4. 研究成果

3 次元動作解析により考案した繰り返し中の運動について，重回帰分析の結果，繰り返し動作において下腿外傾角度，股関節内転角度および体幹外傾角度の 3 変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた ($Y = -0.503 + (-0.077)X1 + 0.018X2 + (-0.020)X3$ (X1: 下腿外傾角度，X2: 股関節内転角度，X3: 体幹外傾角度)， $F = 35.14$, $p < 0.01$)。その寄与率は 74% ($R = 0.86$) であり，推定値の標準誤差は 0.26 Nm/kg であった。ICC (1, 3) は下腿外傾角度 0.72，股関節内転角度 0.92，体幹外傾角度 0.70 であった。重回帰分析の結果，サイドステップカッティングにおいて下腿外傾角度と体幹内傾角度の 2 変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた ($Y = -0.449 + (-0.076)X1 + (-0.019)X2$ (X1: 下腿外傾角度，X2: 体幹内傾角度)， $F = 33.59$, $p < 0.01$)。その寄与率は 63% ($R = 0.80$) であり，推定値の標準誤差は 0.32Nm/kg であった。ICC (1, 3) は下腿外傾角度 0.85，体幹内傾角度 0.82 であった。膝関節外反モーメントと体幹外傾との間に関連があることが明らかとなった (表)。3 次元動作解析の体幹外傾角度とビデオ動作解析の体幹外傾角度との関連については，現在も対象を追加して研究を進行している。現時点では，3 次元動作解析とビデオ動作解析との間に正の相関が得られる見込みである。これらの成果から考案した繰り返し中の体幹外傾を検出することで ACL 損傷のリスクとなる膝関節外反モーメントの増大を予測するスクリーニングテストに応用できることが示唆された。

	Mean	SD	
Peak knee valgus moment (N·m kg ⁻¹)	1.46	0.51	
Knee flexion angle (°)	46.03	8.07	
Knee valgus angle (°)	10.88	6.31	
Trunk forward flexion angle (°)	1.61	5.56	
Trunk lateral flexion (tilting toward the support leg) angle (°)	17.58	6.09	*
Lower leg medial tilt (tilting toward the cutting direction) angle (°)	20.67	5.02	*

* $P < 0.01$

表. 繰り返し動作における膝関節外反モーメントと各関節角度

<引用文献>

- ① Takahashi S, Nagano Y, Ito W, Kido Y, Okuwaki T. A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(26):e16030.
- ② 伊藤 渉, 高橋 佐, 奥脇 透, 川原 貴. 男子高校生ラグビー選手における膝前十字靭帯損傷の受傷機転に関する大規模調査. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2015;23(3):467-471.
- ③ Myer GD, Ford KR, Hewett TE. New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *Br J Sports Med*. 2011;45(4):238-244.
- ④ Krosshaug T, Steffen K, Kristianslund E, et al. The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A

Prospective Cohort Study of 710 Athletes. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):874-883.

- ⑤ Kristianslund E, Krosshaug T. Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. *The American journal of sports medicine.* 2013;41(3):684-688.
- ⑥ 伊藤 渉, 加賀谷 善, 江玉 睦, et al. 片脚着地動作における膝関節外反モーメントの発生の有無が繰り返し動作における膝関節外反モーメントの大きさに与える影響. *理学療法学.* 2017;44(Suppl. 2):0-SP-01-05.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Takahashi S, Nagano Y, Ito W, Kido Y, Okuwaki T.	4. 巻 98
2. 論文標題 A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medicine	6. 最初と最後の頁 e16030
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/MD.0000000000016030	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 伊藤 渉, 江玉 睦明, 菊元 孝則, 中村 絵美, 平林 怜, 金子 史弥, 大森 豪	4. 巻 24
2. 論文標題 大学生女性サッカー選手におけるACL再建術後のdrop vertical jumpの膝外反変位量についての検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 スポーツ傷害	6. 最初と最後の頁 7-9
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 竹田典広, 伊藤渉, 三富咲恵, 菊地冴子, 金子未来, 江玉睦明, 山本智章, 谷藤理, 望月友晴, 大森豪.	4. 巻 24
2. 論文標題 スポーツ選手におけるACL再建術後のACL-RSIと膝関節機能との関連.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 スポーツ傷害	6. 最初と最後の頁 13-15
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12件（うち招待講演 2件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ito, W., Kikumoto, T., Nakamura, E., Hirabayashi, R., Edama, M.
2. 発表標題 Characteristics of knee valgus motion are different between landing and sidestep cutting tasks in female soccer players
3. 学会等名 24th annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤渉, 川村拓実, 江玉睦明, 大森豪
2. 発表標題 タックルにおけるhead downが肩関節および肩甲骨の運動にあたる影響
3. 学会等名 第25回スポーツ傷害フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井瑠美、伊藤渉、川村拓実、渡辺稜甫、大森豪、江玉睦明。
2. 発表標題 女性サッカー選手における慢性足関節不安定症とcoperの片脚着地動作中のCOPの違い。
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 速水貴啓, 伊藤渉, 金子史弥, 佐藤正裕, 間瀬泰克
2. 発表標題 インサイドステップとインステップキックにおける腰椎分離症のリスクとなる腰部の運動の違い
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤渉
2. 発表標題 新潟でのサッカー傷害予防に向けた取り組み
3. 学会等名 北信越サッカー医科学セミナー2020 in新潟 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 渉
2. 発表標題 新潟でのJones骨折予防プロジェクト
3. 学会等名 第11回Jones骨折研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 渉, 江玉 睦明, 熊崎 昌, 菊元 孝則, 中村 絵美, 平林 怜, 稲葉 洋美, 大森 豪
2. 発表標題 大学強化クラブに対する同一フォーマット用いたスポーツ傷害調査（第2報）
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 渉, 江玉睦明, 菊元孝則, 中村絵美, 平林怜, 熊崎 昌, 稲葉洋美, 大森豪
2. 発表標題 大学生女性アスリートのdrop vertical jumpにおける接地時間とジャンプ高の競技による違い サッカー, バスケットボール, バレーボールの比較
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 渉, 菊元孝則, 中村絵美, 平林怜, 江玉睦明
2. 発表標題 大学生女性アスリートのdrop vertical jumpにおけるACL危険率算出項目の競技による違い サッカー, バスケットボール, バレーボールの比較
3. 学会等名 第5回日本スポーツ理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 渉, 加賀谷 善教, 江玉 睦明, 川原 貴
2. 発表標題 側方ホップの方向による膝関節外反モーメントの大きさの違い
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 渉, 江玉睦明, 菊元孝則, 中村絵美, 平林怜, 大森豪
2. 発表標題 大学生女性サッカー選手におけるACL再建術後のdrop vertical jumpの膝外反変位量についての検討 対側再損傷例との比較
3. 学会等名 第24回スポーツ傷害フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 渉, 金子史弥, 岩村康平, 江玉睦明
2. 発表標題 片脚drop vertical jumpにおけるknee in distanceと膝外反変位量の関係 より簡便なスクリーニングテストを目指して
3. 学会等名 スポーツ選手のためのリハビリテーション研究会第36回研修会
4. 発表年 2019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
---------	---------