

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350606

研究課題名(和文) ジャンプ後の空中姿勢・筋活動が片足着地時の膝靭帯損傷リスクやバランスに及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of posture and muscle activation at flight phase on knee ligament injury risk and balance during single-leg jump-landing

研究代表者

相澤 純也 (Aizawa, Junya)

東京医科歯科大学・医学部附属病院・アスレティックリハビリテーション部門長

研究者番号：60376811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ジャンプ着地中に発生しやすい膝靭帯損傷(再損傷含む)予防に向けた空中動作指導に役立つ情報を得るために、健常/靭帯再建術後のアスリートを対象として、片脚ジャンプ着地中の関節角度、筋活動、着地衝撃、バランスとこれらに関連しうる身体機能データを計測して関連性を分析した。健常アスリートでは空中での骨盤前傾や膝屈曲の角度が着地衝撃と関連していた。再建術後アスリートでは膝伸展筋力や下肢リーチ距離が着地衝撃に関連していた。これらの成果は論文、学会演題、シンポジウム、セミナー、ウェブを通じて広く公表した。

研究成果の概要(英文)：In healthy athletes and athletes after ligament reconstruction, the joint angle, muscle activation, landing impact, and balance during single-leg jump-landing and physical function were measured on purpose to show scientific information of motion instruction at flight phase for prevention of knee ligament primary/secondary injury which tends to occur during jump landing. In the healthy athletes, the landing impact was correlated with pelvis inclination and knee flexion angles. In the athletes after ligament reconstruction, the landing impact was correlated with leg reach distance and knee extension strength. These results were presented in journal, congress, symposium, seminar, and web.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：片脚ジャンプ着地 着地衝撃 バランス 膝靭帯損傷 着地前筋活動 着地前アライメント 緩衝能力

1 . 研究開始当初の背景

膝関節の前十字靭帯 (anterior cruciate ligament, ACL) 損傷を負ったアスリートが元の競技に復帰するためには、再建手術やその後のリハビリテーション・リコンディショニングが必要である。これには数か月から1年を要し、復帰後に再受傷するケースも稀ではない。優秀なアスリートが長期に競技を離脱することや、復帰後のパフォーマンスが低下することはスポーツ立国をめざす日本にとって大きな損失である。

ACL 損傷の運動力学的なリスクファクターとしては、大きく立ち上がりの速い上方および後方への床反力や、重心動揺などが報告されている (Iqbal, J Biomech. 2000; Cerulli, Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2003; Yu, BJSM 2007)。これらのリスクファクターに対して、着地時に膝を深く曲げるなどの指導の効果がいくつか報告され、実際のリハビリテーションやトレーニングで取り入れられている。

2010年に分担研究者である古賀らは、バスケットボールおよびハンドボール選手における実際の ACL 損傷場面の画像を解析することによって、ACL 損傷はジャンプして片足で着地した後 40msec 以内のごく短い時間内に生じることを明らかにした (Koga, Am J Sports Med. 2010)。健常者を対象とした運動力学的モデルの研究でも、ジャンプ着地後 20-50msec 以内に ACL への伸張ストレスが急激に増すことが報告されている (Southard, Int J Sports Med. 2012)。正常な神経伝導速度は 50m/sec 前後であるため、理論上、着地前の空中時期から姿勢や筋活動の準備を始めなければ、着地直後に膝にかかる急激な力学的ストレスを十分にコントロールすることは難しいと考えた。

次に着目した点は、着地時の膝関節をコントロールするための体幹や股関節の役割であり、この背景としては、実際の ACL 損傷は着地後の体幹前傾や股関節屈曲が比較的小さい場合に生じていることや、下肢の運動が始まる前に体幹筋が先行して活動することなどが挙げられる (Hewwet, Br J Sports Med. 2009; Sheehan, Am J Sports Med. 2012, Hodges, Phys Ther. 1997)。

以上の学術的背景から、我々は「アスリートにおいて、ジャンプ後の空中における体幹や股関節のポジションや筋活動は片足着地時の膝靭帯損傷リスクファクターやバランスにどのように影響するか？」というリサーチクエスチョンを抱いた。これらの因果関係が明らかになれば、体幹・股関節に特化した新たな空中姿勢・筋活動指導プログラムを作成し普及させることによって、着地時の ACL 損傷・再損傷予防や、着地後のバランス安定化に寄与しうると考えた。

2 . 研究の目的

我々は、予備的研究として、健常な大学ア

スリートを対象に、カメラと床反力計を同期させて、ジャンプ後の空中時期における体幹と股関節の角度と、片足着地後の床反力と足底圧中心動揺を計測した。分析の結果、着地の 100ms 前における体幹前傾や股関節屈曲の角度は、着地後の床反力垂直成分 (最大値) や足底圧中心動揺距離 (接地 - 床反力垂直成分最大時) と負の相関関係にあった。注目すべきは、空中時期の膝屈曲角度は着地後の変数と必ずしも相関を認めなかった点であった。ACL 再損傷予防を含めて体幹や股関節に特化した効果的な空中姿勢・筋活動指導プログラムを作成するためには、これまでの研究を踏まえて、健常、ACL 再建術後のアスリートを対象として、より詳細な関節角度計測と筋電図計測を追加する必要があった。そして、基礎データを収集・分析した後に、因果関係を明らかにするための無作為化比較研究へと進展させる計画とした。

3 . 研究の方法

対象は健常、ACL 再建術後のアスリートとした。片足着地後の床反力やバランスに影響しうる空中時期の体幹や股関節に関する要素を抽出することを目的として、片脚ジャンプ着地動作を計測した。動作課題は 20cm の高さのボックス上に片脚立ちとなり、60cm 前方もしくは外側にあるフォースプレート上に飛び降り、片足で着地した後にバランスを 5 秒間安定させるものとした。計測は両側下肢ともに実施し、同じ動作を 3 回計測した。

空中時期の体幹・股関節の角度や位置関係は、マーカーを体表に貼付して、3 方向動画を組み合わせ計測した。独自開発プログラムによる 3 次元位置角度測定装置との妥当性を確認した。

両側の腹直、腹斜筋、起立筋と、着地側下肢の大殿筋、中殿筋、半膜様筋、内側広筋の筋活動を無線筋電計で計測した。計測値は各対象者の最大等尺性収縮時の値で標準化した。

着地後は床反力 (3 成分) と足底圧中心軌跡長を計測した。床反力は垂直・前後成分の最大値と、各々の最大到達時間を抽出した。足底圧中心軌跡長は接地時から床反力垂直成分最大時までの時間とそれ以降に分けて算出し足長で標準化した。

空中時期のデータは着地前 100ms 以内のものを分析対象とした。3 回測定の前平均値を用いて、独立変数を空中時期の体幹や股関節に関するデータ、従属変数を着地後のデータとした相関係数算出や重回帰分析を行った。

4 . 研究成果

介入研究に向けた基礎データを計測した対象は健常アスリート 46 名と ACL 再建術後アスリート 70 名であった。健常アスリートのデータを元に、空中時期の体幹、股関節、膝の角度と接地衝撃との関連を分析し、骨盤前傾角度との負相関、膝屈曲角度との負相関

関係が明らかとなった (Aizawa, J Phys Ther Sci. 2016). また, 交絡因子として影響しうる下肢筋疲労や咬合状態と接地衝撃及びバランスとの関連についても明らかにした (Watanabe, Aizawa, J Phys Ther Sci. 2016; Nakamura, Churei, Yoshida, Aizawa, J Appl Biomech. 2017)

ACL 再建術後患者のデータを元に, 再損傷のリスク因子を抽出することを目的として空中時期における関節角度および筋活動と, 着地後の衝撃およびバランスについて, 術側と非術側の差を分析した結果, 体幹前傾および股関節屈曲角度において有意差を認めた. このような術側と非術側の非対称性については再損傷リスク因子として今後より深く分析していく必要があると考察した. 次に, 着地衝撃およびバランスと, 空中から着地にかけての体幹・下肢の関節角度および筋活動を分析した. しかし, データ欠損やサンプルサイズの不足も影響し有意な変数の抽出には至らなかった. そこで, ジャンプ着地スポーツに復帰した ACL 再建術後アスリートを対象として予備的に計測・記録していた身体機能データ (膝屈伸筋力, 体幹安定・持久能力 (サイドブリッジ保持時間), 下肢前方リーチ距離) と術後経過日数を独立変数とし, 着地衝撃を従属変数とした相関分析の結果, 速い角速度での膝伸展筋力と下肢前方リーチ距離との相関を認めた. これらの結果は英語原著論文としての公表を準備しつつ, 介入研究の基礎データとして活用できている.

当該研究期間を通じた研究結果は ACL 初回損傷および再損傷の予防に向けたジャンプ着地動作指導や身体機能トレーニングの重要性を示唆するものであるといえる. 研究成果は論文, 学会演題, シンポジウム, セミナー, ウェブを通じて専門家だけでなく一般の方にも広く公表し, 今後も公表が予定されている. また, 実際のリハビリテーションの現場で直接的にアスリートに指導し, また専門家への指導を通じて間接的な普及も継続している. トレーナーやコーチと連携して関東近隣の社会人チームや大学体育会の実際の現場においても普及している.

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1. Hyodo K, Masuda T, Aizawa J, Jinno T, Morita S. Hip, knee, and ankle kinematics during activities of daily living: a cross-sectional study. Brazilian journal of physical therapy 21(3). 査読あり. 2017. 159-166. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.03.012.
2. Nakamura T, Yoshida Y, Churei H, Aizawa J, Hirohata K, Ohmi T, Ohji S, Takahashi T, Enomoto M, Ueno T, Yagishita K. The Effect of Teeth Clenching on Dynamic Balance at Jump-Landing: A Pilot Study. Journal of applied biomechanics. 査読あり. 2016. 1-19. DOI: 10.1123/jab.2016-0137
3. Watanabe S, Aizawa J, Shimoda M, Enomoto M, Nakamura T, Okawa A, Yagishita K. Effect of short-term fatigue, induced by high-intensity exercise, on the profile of the ground reaction force during single-leg anterior drop-jumps. Journal of Physical Therapy Science. 査読あり. 28(12). 2016. 3371-3375. DOI: 10.1589/jpts.28.3371
4. Aizawa J, Ohji S, Koga H, Masuda T, Yagishita K. Correlations between sagittal plane kinematics and landing impact force during single-leg lateral jump-landings. Journal of Physical Therapy Science. 査読あり. 28(8). 2016. 2316-2321.
5. 大野駿介, 相澤純也, 廣幡健二, 大見武弘, 柳下和慶. 身体の水平回転を伴う片脚ドロップジャンプ着地における垂直床反力パラメーターの特徴. 臨床スポーツ医学会誌. 査読あり. 2017. 25(3). in press.
6. 相澤純也, 古賀英之. スポーツ障害のリハビリテーション 膝 - ジャンパー膝 (膝蓋腱症) - . 総合リハビリテーション. 査読なし. 2016. 44(7). 587-595.
7. 廣幡健二, 相澤純也. 膝関節靭帯損傷急性期における膝関節および全身のリハビリテーション. 臨床スポーツ医学. 査読なし. 2015. 32(9). 870-877.
8. 中丸宏二, 相澤純也, 小山貴之, 新田収. 下肢疾患外来患者における日本語版 Lower Extremity Functional Scale の信頼性・妥当性・反応性の検討. 理学療法学. 査読あり. 2014. 41(7). 414-420.
9. 森田定雄, 神野哲也, 相澤純也, 増田正. 磁気センサを用いた動作解析. Journal of Clinical Rehabilitation. 査読なし. 2014. 23(11). 1116-1120.
10. 相澤純也. 運動連鎖からみたシンスプリントと理学療法. 理学療法. 査読なし. 31(8) 840-851.
11. 神野哲也, 森田定雄, 相澤純也, 増田正. 肩関節の回旋角度表示における問題点と解決法の一提案. The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 査読なし. 2014. 51(8/9). 574-581.

[学会発表] (計 27 件)

1. 相澤純也. 膝靭帯再損傷予防のための術前後アスレティックリハビリテーション. 公益社団法人新潟県理学療法士会スポーツ支援部研修会. 2017 年 8 月 27 日. 未定 (新潟県内)
2. 大野駿介, 相澤純也, 廣幡健二, 大見武弘, 柳下和慶. 片脚前方ジャンプ着地における下肢筋同時収縮率, 矢状面関節角度, 垂直床反力の関連. 第 9 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会. 2017 年 6 月 22 日. 札幌コンベンションセンタ

- ー（北海道札幌市）
3. 相澤純也．スポーツによる膝関節外傷に対する術後アスレチックリハビリテーション．第15回東京スポーツ整形外科研究会．2017年4月22日．イノホール（東京都千代田区）
 4. 相澤純也．膝ACL再損傷予防に向けたアスレチックリハビリテーション．TMDU Sports Medicine Symposium -東京オリンピック・パラリンピックに向けて-．2017年3月11日．東京医科歯科大学（東京都文京区）
 5. 相澤純也，廣幡健二，大路駿介，大見武弘，古賀英之，宗田大，柳下和慶．前十字靭帯再建術後患者の術側と非術側の片脚前方ジャンプ着地における垂直床反力の差．第27回日本臨床スポーツ医学会学術集会．2016年11月5日．幕張メッセ（千葉県千葉市）
 6. 相澤純也．ストレッチングの効果と実際 - 徒手的アプローチ - ．第65回東日本整形・災害外科学会．2016年9月22日．ザ・プリンス箱根芦ノ湖（神奈川県足柄下郡箱根町）
 7. 廣幡健二，相澤純也，大見武弘，大路駿介，榎本光裕，柳下和慶．片脚外方ジャンプ着地課題の失敗試技における床反力と体幹側方傾斜運動の特徴：Slip Errorに着目した解析．第42回日本整形外科学会スポーツ医学会学術集会．2016年9月16日．札幌コンベンションセンター（北海道札幌市）
 8. 相澤純也．股関節・骨盤・腰椎の機能障害に対する理学療法．第4回日本運動器理学療法学会中国・四国ブロック学術小集会．2016年9月4日．サンポートホール高松（香川県高松市）
 9. Shunsuke Ohji, Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Takehiro Ohmi, Tomomasa Nakamura, Kazuyoshi Yagishita. Characterization of vertical and posterior ground reaction force during single leg jump-landing with body rotation. The 34th SITEMSH (Société Internationale de Médecine des Sports d'Hiver) Congress. 2016年3月17日．リステル猪苗代（福島県耶麻郡猪苗代町）
 10. 相澤純也．スポーツ分野における理学療法 - オリンピック・パラリンピックにむけて - ．平成27年度東京都理学療法士協会区中央部・区南部・島しょブロック研修会．2016年2月11日．東京医科歯科大学（東京都文京区）
 11. 相澤純也，廣幡健二，大路駿介，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．片脚外側ジャンプ着地中の床反力およびフリーモーメントの特徴 - 性別，利き・非利き脚による差 - ．第42回日本臨床バイオメカニクス学会．2015年11月14日．ソラシティカンファレンスセンター（東京都千代田区）
 12. 大路駿介，相澤純也，廣幡健二，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．片脚前方ジャンプ着地における着地前の矢状面股関節・骨盤角度と後方床反力との関連．第42回日本臨床バイオメカニクス学会．2015年11月14日．ソラシティカンファレンスセンター（東京都千代田区）
 13. 廣幡健二，相澤純也，大路駿介，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．片脚外側ジャンプ着地課題の失敗試技における床反力特性．第42回日本臨床バイオメカニクス学会．2015年11月14日．ソラシティカンファレンスセンター（東京都千代田区）
 14. 中村智祐，大路駿介，大見武弘，廣幡健二，相澤純也，榎本光裕，柳下和慶．咬合状態とジャンプ着地課題における動的バランスの関係．第42回日本臨床バイオメカニクス学会．2015年11月14日．ソラシティカンファレンスセンター（東京都千代田区）
 15. 吉田結梨子，中禮宏，中村智祐，大路駿介，大見武弘，廣幡健二，相澤純也，榎本光裕，柳下和慶，上野俊明．ジャンプ着地動作の安定性と咀嚼筋活動との関係．第26回日本臨床スポーツ医学会学術集会．2015年11月7日．神戸国際会議場（兵庫県神戸市）
 16. 相澤純也，廣幡健二，大路駿介，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．片脚外側ジャンプ着地中の床反力における性別，利き・非利き脚による差．第26回日本臨床スポーツ医学会学術集会．2015年11月7日．神戸国際会議場（兵庫県神戸市）
 17. 大路駿介，相澤純也，廣幡健二，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．空中身体回転を伴う外側片脚着地における床反力の特徴．第26回日本臨床スポーツ医学会学術集会．2015年11月7日．神戸国際会議場（兵庫県神戸市）
 18. 廣幡健二，相澤純也，大路駿介，大見武弘，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．片脚外側ジャンプ着地課題の失敗試技における床反力特性．第26回日本臨床スポーツ医学会学術集会．2015年11月7日．神戸国際会議場（兵庫県神戸市）
 19. 大路駿介，相澤純也，廣幡健二，大見武弘，中村智祐，柳下和慶．空中回転課題を加えた側片脚着地動作における床反力の特徴．第7回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会．2015年6月19日．札幌市市産業振興センター（北海道札幌市）
 20. 渡辺紗矢，相澤純也，大路駿介，中村智祐，榎本光裕，柳下和慶．高負荷エアロバイク運動が片脚前方ジャンプ着地時の床反力パターンに及ぼす影響．第41回日本臨床バイオメカニクス学会．2014年11

- 月 22 日 奈良県新公会堂(奈良県奈良市)
21. 大路駿介, 相澤純也, 中村智祐, 榎本光裕, 柳下和慶. 片脚ジャンプ着地中の身体回転が着地時の前額面体幹・下肢アライメントに与える影響. 第 25 回日本臨床スポーツ医学会学術集会. 2014 年 11 月 8 日. 国立スポーツ科学センター(東京都北区)
 22. 大路駿介, 相澤純也, 中村智祐, 柳下和慶. 様々な片脚ジャンプ着地における着地直後の足圧中心総軌跡長. 第 69 回日本体力医学会大会. 2014 年 9 月 20 日. 長崎大学文京キャンパス(長崎県長崎市)
 23. 相澤純也, 大路駿介, 古賀英之, 中村智祐, 宗田大, 柳下和慶. 片脚外側ジャンプ - 着地動作における着地時期の矢状面関節角度と垂直床反力の関連. 第 40 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会. 2014 年 9 月 13 日. 虎ノ門ヒルズフォーラム(東京都港区)
 24. 相澤純也. 片脚外側ジャンプ着地動作における矢状面アライメントと垂直床反力との関連. 第 6 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会. 2014 年 7 月 25 日. 広島国際会議場(広島県広島市)
 25. 大路駿介, 相澤純也. 空中回転課題を加えた片脚ジャンプ着地動作における床反力後方成分の特徴. 第 6 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会. 2014 年 7 月 25 日. 広島国際会議場(広島県広島市)
 26. 相澤純也. 下肢スポーツ傷害予防のためのアスレチックリハビリテーション - 理学療法士ができること -. 公益社団法人東京都理学療法士会公開講座. 2014 年 6 月 16 日. 臨床福祉専門学校(東京都江東区)
 27. 大路駿介, 相澤純也, 柳下和慶. 空中回転課題を加えた片脚ジャンプ着地動作における床反力の特徴. 第 49 回日本理学療法学術大会. 2014 年 5 月 30 日. パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

〔図書〕(計 3 件)

1. 相澤純也, 中丸宏二, 廣幡健二. 羊土社. クリニカルリズニングで運動器の理学療法に強くなる. 2017 年. 237 ページ
2. 相澤純也(小山貴之 編集). NAP. アスレチックケアーリハビリテーションとコンディショニング. 2016 年. 250 ページ(98-126)
3. 相澤純也, 美崎定也, 石黒幸治. 羊土社. PT 症例レポート赤ペン添削 ビフォー & アフター. 2016 年. 283 ページ

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://researchmap.jp/spt/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

相澤 純也 (Aizawa, Junya)
東京医科歯科大学・医学部附属病院・アスレチックリハビリテーション長
研究者番号: 60376811

(2)研究分担者

古賀 英之 (Koga, Hideyuki)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・講師
研究者番号: 30594080

柳下 和慶 (Yagishita, Kzuyoshi)
東京医科歯科大学・医学部附属病院・准教授
研究者番号: 10359672

増田 正 (Masuda, Tadashi)
福島大学・共生システム理工学類・教授
研究者番号: 358003

(3)研究協力者

廣幡 健二 (Hirohata, Kenji)
東京医科歯科大学・医学部附属病院・理学療法士

大見 武弘 (Ohmi, Takehiro)
東京医科歯科大学・医学部附属病院・理学療法士

大路 駿介 (Ohji, Shunsuke)
東京医科歯科大学・医学部附属病院・理学療法士