様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　２ 年　 ６ 月 ２７ 日現在

機関番号：１２６０２
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2019
課題番号：１７Ｋ０１４９７

研究課題名（和文）片脚ジャンプ着地中の運動力学的変数の非対称性に着目した膝損傷予防動作指導の開発

研究課題名（英文）Development of Knee Injury Preventive Movement Instruction Focusing on Asymmetry of Kinematic Variables during One-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・理学療法技師長

研究者番号：６０３７６８１１

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）：膝の前十字靱帯（ACL）再建術後患者約300名を対象とし、利き脚，受傷側，受傷状況，参加スポーツ、身体機能などに関するデータを調査・抽出した．利き脚はどちらか／受傷側はどちらか／非利き脚受傷か利き脚受傷か，について割合の差を分析し、男女別，参加スポーツ別の解析も行った．また、術前、術後3か月～ 1年時の身体機能やスポーツパフォーマンスに関するデータを連結し、時系列でデータの特徴や関連性を明らかにした。これらの分析よりACL損傷の受傷、再受傷要因となる片脚着地衝撃や膝機能の非対称性を明らかにし、姿勢や身体機能の非対称性を軽減するための指導プログラムを作成し、実際の指導現場で普及させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
得られた研究成果をもとに、片脚ジャンプ着地中の運動力学的変数の非対称を選手に自覚させ，着地中のACL過負荷につながる緩衝能力不足や姿勢不良がより明らかな片側に対して重点的に動作やエクササイズを指導することで片側のACL負荷が軽減し，結果的にACL損傷発生率を低下させうると考えている。研究成果はACL損傷・再建術後アスリートにおいて再受傷予防やスポーツ復帰支援にむけて身体機能や運動能力の非対称性を軽減することの重要な根拠になると考えている。

研究成果の概要（英文）：Subjects were approximately 300 patients after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Data on dominant legs, injured side, injured situation, participating sports, physical function, etc. were investigated and extracted. The difference between these ratios was analyzed as to which is the dominant leg/which is the injured side/whether the non-dominant leg was injured or the dominant leg was injured. We also conducted subgroup analysis by gender and participating sports. In addition, data relating to physical function and sports performance from before surgery to 3 months to 1 year after surgery were concatenated, and the characteristics and relationships of the data were clarified in time series. From these analyzes, we revealed the asymmetry of one-leg landing impact and knee function, which causes injury and re-injury of ACL. We created a teaching program to reduce asymmetry in posture and physical function and disseminated it in the actual teaching field.

研究分野：理学療法学

キーワード：膝靱帯損傷　ジャンプ着地　膝機能　筋活動　関節角度　非対称性

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

(1)主要なスポーツ外傷である膝前十字靱帯（ACL）損傷の運動力学的要因には，ジャンプ後の着地における膝･股関節の屈曲角度の浅さ,ハムストリングス活動の遅れ,脊柱起立筋の過大活動、着地中の上方および後方への床反力の過大やバランス不良が挙げられており、研究者らは健常アスリートを対象としバイオメカニクス研究により、これらの関連性を明らかにしてきた（Aizawa, JPTS. 2016; Watanabe, Aizawa, JPTS. 2016; Nakamura, Yoshida, Churei, Aizawa, J Appl Biomech. 2016).

(2)リハビリテーション医療やスポーツの現場で、患者やアスリートに片脚ジャンプ着地での緩衝スキルを指導する中で，運動力学的変数の非対称性に着目すると，利き脚と比べて非利き脚での着地で膝屈曲角度がより小さく，足底接地音がより大きい傾向があった.

この非対称性は，競技レベルの高い一部の者は自覚していたが，殆どの者は自覚しておらず特別な対応もしていなかった．また，非利き脚と利き脚で運動力学的変数がどのように異なるのかは国内外で殆ど研究されていなかった．アスリートの ACL 損傷は利き脚と非利き脚で発生率が異なり,女性では非利き脚,男性では利き脚でより発生しやすいとの報告があったにも関わらず,ACL 損傷予防に向けた片脚ジャンプ着地指導では、非利き脚・利き脚、術側・非術側による、緩衝能力などの非対称性は考慮されず，両側とも同様に指導されていたという背景があった。

２．研究の目的

(1)「ACL 損傷発生率の非対称性は運動力学的変数の非対称性に起因するのではないか」という研究疑問を抱き，このような非対称性をアスリートに自覚させた上で，緩衝能力が低く、姿勢が不良な片側でのジャンプ着地に対して姿勢や筋活動を重点的に指導することで着地時の ACL 過負荷につながる運動力学的変数を効率的に変化させることができるのではないかと考えるに至った.

(2)本研究目的は、健常なアスリートや再建術後アスリートを対象として片脚ジャンプ着地中の運動力学的変数の非対称性を計測・分析し，これを基に非対称性を軽減するための自己評価および動作指導に使用できるビデオを作成し，介入研究の基盤を作るとともに、リハビリテーションやスポーツの現場に普及させることとした.

３．研究の方法

(1)健常アスリートを対象として、片脚ジャンプ着地中の運動力学的変数の非対称性を明らかにし、ACL損傷リスク要因データにおける関連性を分析した。

(2)ACL損傷後に再建手術を受け、術後リハビリテーションを受けたアスリートを対象とし、利き脚，受傷側，受傷状況，参加スポーツ、身体機能などに関するデータを後方視的および前方視的に調査・抽出した．その後、利き脚はどちらか／受傷側はどちらか／非利き脚受傷か利き脚受傷か，に関するデータベースを構築した．各々の割合を算出し，これらの差について統計学的に分析し、男女別，参加スポーツ別にサブグループ解析を行った．また、術前、術後3か月、術後6か月、術後1年時の身体機能やスポーツパフォーマンスに関するデータを連結し、時系列でデータの特徴を把握できるようにデータベースを再構築した。このデータベースからACL損傷の受傷、再受傷要因となる片脚着地衝撃や膝機能の非対称性の特徴を明らかにした。また、膝機能や片脚ジャンプ着地能力の非対称性とスポーツ復帰に関わる要因との関係性も明らかにした。研究で得られた根拠をもとに姿勢や身体機能の非対称性を軽減するための指導プログラムを作成した。

４．研究成果

(1)健常アスリートを対象とした研究では、片脚外側ジャンプ着地中の衝撃変数に非利き脚・利き脚や性別による非対称性があることを明らかにした（Aizawa, JPTS. 2018）。また、片脚着地中の膝周囲筋の共同活動が高いほど、空中時期から着地にかけての下肢屈曲角度が浅く、また着地中の衝撃が大きいことを明らかにした（Ohji, Aizawa, AsiJSM. 2019）。

(2)再建術後アスリートを対象とした研究では、膝伸展筋力の非対称性が大きい者では片脚着地中の単位時間当たりの衝撃がより大きいことを明らかにした（Aizawa, RMRR, 2019）。また、片脚ジャンプ可能距離の非対称性は自覚的なスポーツ復帰能力と関連することを明らかにした（Aizawa, OJSM. 2020）

(3)得られた研究成果は学術論文に加えて、図書、学会、シンポジウム・セミナー等で公表した。研究で得られた根拠をもとに姿勢や身体機能の非対称性を軽減するための指導プログラムを作成した。このプログラムは実際のリハビリテーションの現場で普及させた。コーチやトレーナーとのネットワークを生かして関東近隣の社会人チームや大学体育会のトレーニング現場へも普及させた.

指導効果については、片脚ジャンプ着地中の運動力学的変数の非対称を選手に自覚させ，着

地中のACL過負荷につながる緩衝能力不足や姿勢不良がより明らかな片側に対して重点的に動作やエクササイズを指導することで片側のACL負荷が軽減し，結果的にACL損傷発生率を低下させうるという仮説のもとで、多職種連携によりデータ蓄積・検討と成果公表の準備を継続している。これらの研究成果はACL損傷・再建術後アスリートにおいて再受傷予防やスポーツ復帰支援にむけて身体機能や運動能力の非対称性を軽減することの重要な根拠となると考えている。

＜引用文献＞

① Correlations between sagittal plane kinematics and landing impact force during single-leg lateral jump-landings. Aizawa J, Ohji S, Koga H, Masuda T, Yagishita K. J Phys Ther Sci. 28 (8): 2316-21. 2016.

② Effect of short-term fatigue, induced by high-intensity exercise, on the profile of the ground reaction force during single-leg anterior drop-jumps. Watanabe S, Aizawa J, Shimoda M, Enomoto M, Nakamura T, Okawa A, Yagishita K. J Phys Ther Sci. 28 (12): 3371-75, 2016.

③ The effect of teeth clenching on dynamic balance at jump-landing: a pilot study. Nakamura T, Yoshida Y, Churei H, Aizawa J, Hirohata K, Ohmi T, Ohji S, Takahashi T, Enomoto M, Ueno T, Yagishita K. J Appl Biomech. 33 (3). 211-15. 2016.

④ Limb-dominance and gender differences in the ground reaction force during single-leg lateral jump-landings. Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Shunsuke Ohji, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita. J Phys Ther Sci. (3) 387 – 392. 2018

⑤ Correlations between vertical ground reaction force, sagittal joint angles, and the muscle co-contraction index during single-leg jump-landing. Shunsuke Ohji, Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita. Asian Journal of Sports Medicine. 10(3) e81771. 2019

⑥ Relationship between asymmetrical jump-landing impact and quadriceps strength after unilateral anterior cruciate ligament reconstruction. Junya Aizawa, Shunsuke Ohji, Kenji Hirohata, Takehiro Ohmi, Hideyuki Koga, Kazuyoshi Yagishita. Physical Medicine and Rehabilitation Research. 4. 1-6. 2019

⑦ Factors associated with psychological readiness to return to sports with cutting, pivoting, and jump-landings after primary anterior cruciate ligament reconstruction. Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Shunsuke Ohji, Takehiro Ohmi, Hideyuki Koga, Kazuyoshi Yagishita. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. in press. 2020

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計8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　1件）

１．著者名 相澤純也、廣幡健二、大路駿介、大見武弘	４．巻 12
２．論文標題 前十字靱帯再建術後のアスレティックリハビリテーション －再損傷リスク要因と競技復帰阻害要因へのアプローチ－	５．発行年 2018年
３．雑誌名 埼玉アスレチック・リハビリテーション研究会誌	６．最初と最後の頁 1-10
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 相澤純也	４．巻 35
２．論文標題 スポーツ医・科学に基づく筋力トレーニング．臀部の筋力トレーニング	５．発行年 2018年
３．雑誌名 臨床スポーツ医学	６．最初と最後の頁 640-651
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 大路駿介、相澤純也	４．巻 18
２．論文標題 膝関節疾患における徒手検査および徒手療法のclinical prediction rule	５．発行年 2018年
３．雑誌名 徒手理学療法	６．最初と最後の頁 53-58
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 Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Shunsuke Ohji, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita	４．巻 3
２．論文標題 Limb-dominance and gender differences in the ground reaction force during single-leg lateral jump-landings	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	６．最初と最後の頁 387-392
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1589/jpts.30.387	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 Nakamura T, Yoshida Y, Churei H, Aizawa J, Hirohata K, Ohmi T, Ohji S, Takahashi T, Enomoto M, Ueno T, Yagishita K	4．巻 33
2．論文標題 The Effect of Teeth Clenching on Dynamic Balance at Jump-Landing: A Pilot Study	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Journal of applied biomechanics	6．最初と最後の頁 211-215
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1123/jab.2016-0137	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 廣幡健二、相澤純也、古谷英孝、見供翔、大見武弘、大路駿介、柳下和慶	4．巻 44
2．論文標題 日本語版Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI) scaleの開発	5．発行年 2017年
3．雑誌名 理学療法学	6．最初と最後の頁 433-439
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 大路駿介，相澤純也，廣幡健二，大見武弘，柳下和慶	4．巻 32
2．論文標題 片脚前方ジャンプ着地における着地前空中時期の矢状面体幹・下肢関節角度と床反力後方成分の関連	5．発行年 2017年
3．雑誌名 理学療法科学	6．最初と最後の頁 751-755
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 大路駿介，相澤純也，廣幡健二，大見武弘，柳下和慶	4．巻 25
2．論文標題 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	5．発行年 2017年
3．雑誌名 臨床スポーツ医学会誌	6．最初と最後の頁 360-366
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 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19件（うち招待講演　3件／うち国際学会　3件）

1．発表者名 Kenji Hirohata, Junya Aizawa, Shunsuke Ohji, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita
2．発表標題 Asymmetry in the reactive strength index during single-leg vertical hopping in anterior cruciate ligament-reconstructed athletes
3．学会等名 Australian Orthopaedic Association (AOA) Continuing Orthopaedic Education Conference (COE) and the 2018 Asia-Pacific Knee, Arthroscopy and Sports Medicine Society (APKASS) Congress（国際学会）
4．発表年 2018年

1．発表者名 Shunsuke Ohji, Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita
2．発表標題 Correlation Between Kinesiophobia and Vastus Medialis Activation Prior to Landing During Single-Leg Jump Landing in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction
3．学会等名 Australian Orthopaedic Association (AOA) Continuing Orthopaedic Education Conference (COE) and the 2018 Asia-Pacific Knee, Arthroscopy and Sports Medicine Society (APKASS) Congress（国際学会）
4．発表年 2018年

1．発表者名 Junya Aizawa, Kenji Hirohata, Shunsuke Ohji, Takehiro Ohmi, Kazuyoshi Yagishita
2．発表標題 Asymmetry Of Knee Extension Strength And Single-leg Landing Impact In ACL reconstructed Athletes
3．学会等名 American College of Sports Medicine 65th Annual Meeting（国際学会）
4．発表年 2018年

1．発表者名 大路駿介、相澤純也、廣幡健二、大見武弘、柳下和慶
2．発表標題 前十字靭帯再建術後において自覚的競技パフォーマンスが低いアスリートの身体機能的および心理的特徴
3．学会等名 日本スポーツ理学療法学会第5回学術大会
4．発表年 2018年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 スポーツ外傷・障害の予防に向けたスポーツ理学療法「ジャンプカッティング・アスリートにおける片脚着地中のACL再損傷予防に向けた神経筋コントロール・エクササイズ」
３．学会等名 日本スポーツ理学療法学会第5回学術大会（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 着地動作における膝関節損傷のメカニズムとその予防
３．学会等名 NSCAジャパンS&Cカンファレンス2018（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 ACL再建術後のアスリートへのスポーツ理学療法　ー臨床データに基づく再損傷予防とパフォーマンスエンハンスメントー
３．学会等名 第102回 理学療法科学学会学術大会（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 大路駿介、相澤純也、廣幡健二、大見武弘、柳下和慶
２．発表標題 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
３．学会等名 第9回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会
４．発表年 2017年

１．発表者名 廣幡健二，相澤純也，古谷英孝，見供翔，大見武弘，大路駿介，柳下和慶，Webster KE
２．発表標題 日本語版ACL-Return to Sport after Injury（ACL-RSI）scaleの開発
３．学会等名 第43回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 ACL再建術前後のアスレティックリハビリテーション－再損傷リスクと競技復帰阻害因子へのアプローチ－
３．学会等名 第12回埼玉アスレチックリハビリテーション研究会
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 スポーツ傷害のアスレティックリハビリテーション －大学病院における部門開設からケア・研究・教育の実際－
３．学会等名 青森県理学療法士会西北五支部セミナー
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 膝靱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
３．学会等名 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
４．発表年 2017年

１．発表者名 廣幡健二，相澤純也，大見武弘，大路駿介，柳下和慶
２．発表標題 前十字靭帯再建術後アスリートの片脚連続垂直ホッピング能力の非対称性 ―Reactive strength indexに着目した分析―
３．学会等名 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会
４．発表年 2017年

１．発表者名 大路駿介、相澤純也、廣幡健二、大見武弘、柳下和慶
２．発表標題 前十字靭帯再建術後患者の自覚的競技パフォーマンス低下要因の検討
３．学会等名 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也、廣幡健二、大路駿介、大見武弘、柳下和慶
２．発表標題 前十字靭帯再建術後アスリートにおける片脚ジャンプ着地中の垂直床反力に関連する身体機能的因子
３．学会等名 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会
４．発表年 2017年

１．発表者名 大路駿介、相澤純也、廣幡健二、大見武弘、音部雄平、小山真吾、谷直樹、小川秀幸、阿部祐樹、西尾尚倫、木村鷹介、山田実、柳下和慶
２．発表標題 前十字靭帯再建術後患者の片脚前方ジャンプ着地における着地衝撃緩衝能力の特徴 ―自覚的競技パフォーマンスによる違い―
３．学会等名 第44回日本臨床バイオメカニクス学会
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 スポーツ理学療法の臨床研究の考え方と進め方
３．学会等名 東京都理学療法士協会 研究推進部 理学療法研究法講習会
４．発表年 2017年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 運動器・スポーツ理学療法における臨床研究の進め方
３．学会等名 第35回神奈川県理学療法士学会研究支援部共催講演
４．発表年 2018年

１．発表者名 相澤純也
２．発表標題 ジャンプカッティングアスリートにおけるACL再建術後のアスレティックリハビリテーション－スポーツ復帰と再損傷予防に向けた動的アライメントコントロール－
３．学会等名 日本運動器徒手理学療法学会東日本支部研修会
４．発表年 2018年

〔図書〕　計8件

１．著者名 相澤純也（永井聡、対馬永輝 編集）	４．発行年 2018年
２．出版社 メジカルビュー	５．総ページ数 357
３．書名 股関節理学療法マネジメント－機能障害の原因を探るための臨床思考を紐解く－	

1．著者名 相澤純也（赤坂清和　編集）	4．発行年 2018年
2．出版社 メジカルビュー	5．総ページ数 359
3．書名 スポーツ理学療法学 動作に基づく外傷・障害の理解と評価・治療の進め方	

1．著者名 相澤 純也（相澤 純也，中丸 宏二，平尾 利行　編集）	4．発行年 2018年
2．出版社 中外医学社	5．総ページ数 375
3．書名 疾患別整形外科理学療法ベストガイド 上肢・脊椎編	

1．著者名 相澤 純也（相澤 純也，中丸 宏二，平尾 利行　編集）	4．発行年 2018年
2．出版社 中外医学社	5．総ページ数 414
3．書名 疾患別整形外科理学療法ベストガイド 下肢編	

1．著者名 相澤 純也（相澤 純也,大関信武　編集）	4．発行年 2018年
2．出版社 東洋館出版社	5．総ページ数 251
3．書名 スポーツ医学検定 公式テキスト 1級	

１．著者名 相澤 純也、美﨑 定也	４．発行年 2019年
２．出版社 丸善出版株式会社	５．総ページ数 165
３．書名 極めに・究める・運動器疾患	

１．著者名 大見武弘，相澤純也，山田拓実，大川淳，柳下和慶（松田秀一 編集）	４．発行年 2019年
２．出版社 南江堂	５．総ページ数 256
３．書名 別冊整形外科 整形外科診療における最先端技術	

１．著者名 相澤純也（片寄正樹、小林寛和、松田直樹 編集）	４．発行年 2017年
２．出版社 文光堂	５．総ページ数 228
３．書名 急性期治療とその技法（スポーツ理学療法プラクティス）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

rresearch map
https://researchmap.jp/spt/

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	増田　正 (Masuda Tadashi) (00358003)	福島大学・共生システム理工学類・特任教授 (11601)	
研究分担者	柳下　和慶 (Yagishita Kazuyoshi) (10359672)	東京医科歯科大学・医学部附属病院・准教授 (12602)	
研究分担者	山田　拓実 (Yamada Takumi) (30315759)	首都大学東京・人間健康科学研究科・教授 (22604)	
研究分担者	古賀　英之 (Koga Hideyuki) (30594080)	東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・准教授 (12602)	
研究分担者	大見　武弘 (Ohmi Takehiro) (50749190)	東京医科歯科大学・医学部附属病院・理学療法士 (12602)	
研究分担者	廣幡　健二 (Hirohata Kenji) (90747700)	東京医科歯科大学・医学部附属病院・理学療法士 (12602)	