

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13050

研究課題名（和文）膝ACL再建術後アスリートの片脚ホッピング動作能力に関する調査的研究

研究課題名（英文）An investigative study of single-limb hopping movement capability in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction.

研究代表者

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

研究者番号：90747700

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：反応筋力指数（RSI）は、跳躍中の接地時間と跳躍高から算出する指数であり、着地と踏切りを伴う跳躍能力の一つの指標である。本研究では、膝前十字靭帯（ACL）再建術後選手の片脚垂直連続ホッピング中のRSIを既存の片脚ホップテストとともに計測し、健常選手と比較することで、術側下肢での跳躍能力評価としての妥当性を検討することとした。ACL再建術後選手21名と健常選手17名を計測した結果、スポーツ復帰のタイミングを検討する段階にあるACL再建術後選手の片脚垂直連続ホッピング中のRSIを計測することで、これまでの跳躍能力テストでは抽出できない手術側の跳躍能力低下を捉えることができると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、ACL再建術後選手のスポーツ復帰のタイミングを判断するテストとして、前方や側方へ跳ぶ様な跳躍テストは頻繁に取り上げられてきたが、垂直方向へ跳躍するテスト自体が用いられる事自体が少ない。ACL再建術後選手の片脚垂直連続ホッピング中のRSIに着目して調査した研究はない。本研究は、片脚垂直連続ホッピング中のRSIを、ACL再建術後選手のスポーツ復帰のタイミングを判断するための新たな指標に加えるための基盤となる研究である。

研究成果の概要（英文）：The reaction strength index (RSI) is an index calculated from the ground contact time and jump height during jump task. It is one of the indicators of the ability to jump. In current study, RSI during single-limb vertical continuous hopping and the existing single-limb hop tests were measured in ACL reconstructed athletes and healthy athletes. The validity of RSI during single-limb vertical continuous hopping as an assessment of jumping ability on the reconstructed limb was investigated by comparing data from healthy athletes with those from ACL reconstructed athletes.

The results of this study suggested that assessment of RSI during single-limb vertical continuous hopping in ACL reconstructed athletes who are in the phase of considering the timing of return to sport could capture the deficit of jumping ability on reconstructed limb, which cannot be extracted by previous tests of jumping ability.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：膝前十字靭帯再建 垂直連続ホッピング Reactive strength index 下肢対称性 スポーツ復帰許可基準

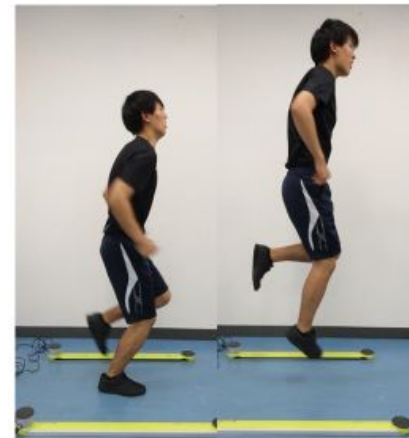
様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

膝関節の前十字靭帯 (anterior cruciate ligament, ACL) 損傷は、アスリートにとって競技人生を左右する重篤な怪我である。ACL 損傷はバスケットボールやバレーボール、サッカーなどホッピングや切り返しの多いスポーツで、多く発生する。ACL 損傷に対する治療は手術が第一選択であり、スポーツ復帰を目指すアスリートになれば、ほぼ全例に手術が手術を受ける。術後のリハビリテーションでは、アスリートの円滑な回復と再び同様の怪我をしてしまう可能性を徹底的に排除、そしてパフォーマンスさせる向上が主な目的となる。競技人生の継続を希望するアスリートにとって ACL 再建術後の第一目標は、“できる限り早く、怪我をする前のレベルでスポーツに復帰すること”である。

手術後のリハビリテーションには、数ヶ月から 1 年を要する。ACL 再建術後アスリートの復帰の可否は、いくつかのテストを組み合わせる総合的に判断される (Arderm et al., 2016; Bousquet, O'Brien, Singleton, & Beggs, 2018; Lynch et al., 2015; Rambaud, Arderm, Thoreux, Regnaud, & Edouard, 2018)。そのテストの代表的なものには、膝の筋力、片脚での跳躍能力、敏捷性などが含まれる。中でも、高価な機器を必要とせず、スポーツ現場でもテストできるため、片脚での跳躍能力を評価する Single-limb hop tests や敏捷性を評価のための各種フィールドテストは広く実施されている。Single-limb hop tests は、片脚でできるだけ遠くに、もしくは早く前方へ跳躍する動作を含むテストである。Single-limb hop tests のデータは術側データを非術側データで除して算出する下肢対称性指数 (Limb symmetry index, LSI) を用いて分析されることが多い (Xergia, Pappas, Zampeli, Georgiou, & Georgoulis, 2013)。Single-limb hop tests の LSI は、簡便に計測できるというメリットがある一方で、制限のないスポーツ復帰を検討するタイミングにあるアスリートの手術側の脚機能を過大評価してしまう恐れがあると指摘されている。この点に関して、我々は日頃からより省スペースで、かつ、ACL 再建術後アスリートの手術側脚機能をテストできる方法について検討を重ねてきた。

そこで、我々が着目した運動課題は片脚垂直連続ホッピングである (右図)。片脚垂直連続ホッピングは、Single-limb hop tests のように前方に跳躍するのではなく、垂直にできるだけ速いテンポで繰り返し高く跳躍する課題である。Myer ら (Myer et al., 2012) は、ACL 再建術後選手の片脚垂直連続ホッピング中跳躍高は、術後経過期間に関わらず、低下していたことを報告した。片脚垂直連続ホッピングのように着地-踏切を伴う跳躍課題では、滞空時間と接地時間を用いて算出する Reactive strength index (RSI) が跳躍パフォーマンスの指標として用いられることが多い (Flanagan & Comyns, 2008; Healy, Kenny, & Harrison, 2016)。しかし、これまでに ACL 再建術後選手を対称に、片脚垂直連続ホッピング中の RSI を分析した研究はない。



Contact Phase Flight Phase
片脚垂直連続ホッピング

以上の学術的背景から、我々は「ACL 再建術後選手において、片脚垂直連続ホッピング中の RSI は、スポーツ復帰を検討する段階にある選手の跳躍パフォーマンスを評価する指標となりうるか?」というリサーチクエスチョンを抱いた。この問いが明らかになれば、可及的速やかで安全な受傷前競技レベルへのスポーツ復帰をサポートする上で重要な跳躍パフォーマンス低下を、早期から捉えることが可能になると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、ACL 再建術後選手と健常選手に対して、片脚垂直連続ホッピング中 RSI と Single-limb hop tests を計測した。得られたデータについて、まず ACL 再建術後選手と健常選手間で比較した。次に、ACL 再建術後選手の術側下肢と非術側下肢のデータを比較分析した。最後に、ACL 再建術後選手における片脚垂直連続ホッピング中 RSI と Single-limb hop tests の LSI の関連性を分析した。これらの分析を用いて、片脚垂直連続ホッピング中 RSI が、ACL 再建術後選手の跳躍パフォーマンス低下のスクリーニング指標として有用か否か確認することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 対象

対象は、着地や切り返しを頻繁に要するスポーツに参加する 16 歳以上 45 歳未満の ACL 再建術後選手および健常選手とした。

(2) 片脚垂直連続ホッピングの計測

運動中の接地時間および滞空時間を抽出し、RSI を算出するために光学センサーシステムである Optojump next を使用して、片脚垂直連続ホッピングを計測した。運動課題は、片脚で垂直方向に 15 回連続で跳躍するものとした。計測にあたり対象には、できるだけ短い接地時間でできるだけ高く跳ぶように口頭で指示した。計測は両側下肢ともに実施し、同じ運動を 2 回計

測した。この計測プロトコルについては、再テスト法によって高い計測再現性が確認できた（廣幡，日本臨床スポーツ医学会誌．2020）。

（3）Single-limb hop tests の計測

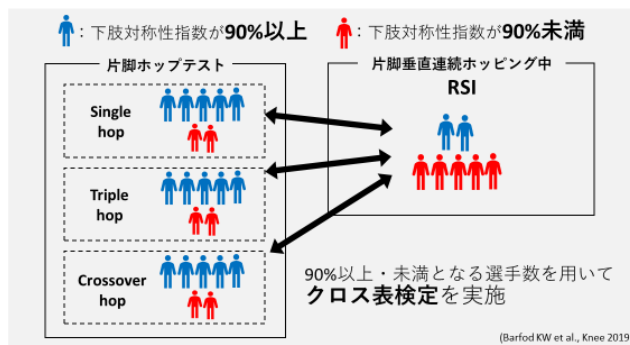
計測する Single-limb hop tests は、片脚で前方に1回跳躍する Single hop for distance (SHD)、片脚で前方に3回跳躍する Triple hop for distance (THD)、片脚で側方移動を伴いながら前方に跳躍する Crossover hop for distance (CHD) の3種類とした。計測は両下肢ともに実施し、各テストとも2回計測し、最大値を分析に使用した。

（4）下肢対称性指数の算出

ACL 再建術後選手においては、術側データを非術側データで除して百分率として LSI を算出した。健常選手においては、成績不良側データを成績良好側データで除して LSI を算出した。

（5）分析

まず、各テストの計測データと LSI を ACL 再建術後選手と健常選手の間で比較した。次に、各テストのデータを基に、ACL 再建術後選手を LSI が 90% 以上の選手と 90% 未満の選手に分けた。そして、片脚垂直連続ホッピング中 RSI と Single-limb hop tests について、LSI が 90% 以上あるいは 90% 未満となる選手に割合が関連するか確認するために、クロス表を作成し、フィッシャーの正確確率検定を実施した（右図）。



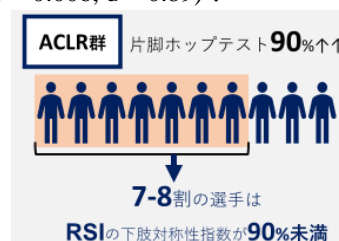
分析のイメージ

4. 研究成果

計測した対象は、ACL 再建術後選手 21 名と健常選手 17 名であった。ACL 再建術後選手における術側と非術側のデータを比較した結果、SHD を除く全ての項目で術側計測値が有意に低かった。健常選手における成績不良側と成績良好側のデータを比較した結果、全ての項目において、成績不良側計測値が有意に低かった。効果量は、ACL 再建術後選手の術側非術側差において最大であった ($d = 0.92$)。

各計測値における LSI を ACL 再建術選手と健常選手で比較した結果、片脚垂直連続ホッピング中 RSI のみ ACL 再建術後選手の方が有意に低値であった ($p = 0.006, d = 0.89$)。

ACL 再建術後選手において、Single-limb hop tests にて LSI が 90% 以上となる選手が 75-80% であったのに対して、片脚垂直連続ホッピング中 RSI で LSI が 90% 以上となる選手は 25% であった。Single-limb hop tests の回復状況は片脚垂直連続ホッピング中 RSI と関連していた。しかしながら、SHD、THD、そして CHD が 90% 以上の選手の中で、片脚垂直連続ホッピング中 RSI が 90% 以上の選手はそれぞれ 29.4% (5/17)、23.5% (4/17)、そして 18.8% (3/16) であった。



以上のことから、スポーツ復帰のタイミングを検討する段階にある ACL 再建術後選手の術側下肢機能低下を抽出するため、片脚垂直連続ホッピング中 RSI を評価することが重要であることが示唆された。

次のステップとして、ACL 再建術後選手における片脚垂直連続ホッピング中 RSI の非対称性が、再び同じ怪我をしてしまう可能性と関連するか確認するための研究開始に向け、本研究の成果を基礎データとして活用している。

当該研究期間を通じた研究成果は、ACL 再建術後選手のより安全なスポーツ復帰をサポートするために重要な知見であるといえる。研究成果は国内外の関連学会やシンポジウム、セミナーで広く公表してきた。今後、国際科学雑誌への論文投稿を予定している。また、リハビリテーションの現場においても、今回の研究成果を活用して選手指導に役立てている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 廣幡健二、相澤純也、大見武弘、大路駿介、柳下和慶 | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 片脚垂直連続ホッピングにおけるReactive strength index計測の再現性 | 5. 発行年 2020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 291-297 |
| 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 Hirohata Kenji, Aizawa Junya, Furuya Hidetaka, Mitomo Sho, Ohmi Takehiro, Ohji Shunsuke, Ohara Toshiyuki, Koga Hideyuki, Yagishita Kazuyoshi, Webster Kate E. | 4. 巻 in press |
| 2. 論文標題 The Japanese version of the anterior cruciate ligament-return to sport after injury (ACL-RSI) scale has acceptable validity and reliability | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy | 6. 最初と最後の頁 未定 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1007/s00167-020-05849-1 | 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 | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 講座 運動器の理学療法-その常識は正しいか?・3 足関節内反捻挫はトレーニングによって再発予防が可能か? | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 理学療法ジャーナル | 6. 最初と最後の頁 1115~1125 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.11477/mf.1551201724 | 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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 KENJI HIROHATA, Junya Aizawa, Takehiro Ohmi, Shunsuke Ohji, Toshiyuki Ohara, Kazuyoshi Yagishita |
| 2. 発表標題 Asymmetry of reactive strength index during single-leg vertical hopping in anterior cruciate ligament reconstructed athletes. |
| 3. 学会等名 2018 AOACOE_APKASS（国際学会） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 廣幡健二 |
| 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 AOA Continuing Orthopaedic Education and APKASS Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2018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 ACL再建術後選手と健常選手における片脚垂直連続ホッピング中の反応筋力指数の非対称性 ~片脚ホップテストとの比較を含めた分析~ |
| 3. 学会等名 第6回スポーツ理学療法学会学術大会 |
| 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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|