

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：32671

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26870669

研究課題名(和文) スポーツ活動中の体幹加速度評価を用いた前十字靭帯損傷危険動作の解明

研究課題名(英文) Risk movement of Anterior Cruciate Ligament injury during sports activity using trunk acceleration

研究代表者

永野 康治 (NAGANO, Yasuharu)

日本女子体育大学・体育学部・准教授

研究者番号：00548282

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スポーツ競技中の動作を直接評価することで、前十字靭帯損傷の危険動作を解明することを目的とした。対象競技はバドミントン、バスケットボール、バレーボールとし、実際の競技中における体幹加速度計測を行い、高加速度動作の抽出を行った。バドミントンではオーバーハンドストローク後の片脚着地、バスケットボールでは減速・方向転換、バレーボールではブロック及びスパイク後の着地動作が高加速度動作として抽出された。これらの動作が前十字靭帯損傷の危険動作であり、予防介入が必要であると示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify the high-risk movements of the anterior cruciate ligament during real sports activities. We measured trunk acceleration during real sports activities in badminton, volleyball, and basketball. The extracted high acceleration movements were single-leg landing after the overhand stroke in badminton, deceleration and change of direction in basketball, and landing after blocking or spiking in volleyball. These movements were suggested to be high risk factors of anterior cruciate ligament injury, which can be prevented by developing an intervention to modify these movements.

研究分野：アスレティックリハビリテーション

キーワード：危険因子 スポーツ動作 センサ

### 1. 研究開始当初の背景

前十字靭帯損傷の好発動作として、着地動作と繰り返し動作があげられる。そこで我々は、前十字靭帯損傷が好発する女性における動作の特徴から、前十字靭帯損傷の危険動作を明らかにしてきた。片脚着地時の性差をみると、脛骨内旋変位量が男性に比較し女性で有意に大きく (Nagano ら. Knee, 2007)、また、前十字靭帯損傷肢位を模した足部を外側に向けた片脚着地動作において、脛骨内旋変位量がより大きいことを報告した (Nagano ら. Knee, 2009)。脛骨内旋運動は前十字靭帯の歪みを増加させる要因として報告されており、女性における大きな脛骨内旋は前十字靭帯損傷危険動作と考えられた。

繰り返し動作については、180度の繰り返し動作の性差を検討した。その結果、膝屈曲角度が女性で小さく、また、その際の体幹位置に注目すると、女性で体幹前傾角度が小さい結果であった (男性 38.4 度、女性 31.2 度: Foot contact 時)。さらに、体幹前傾角度と脛骨内旋変位量との間に負の相関がみられた ( $r=0.60$ )。体幹前傾角度の減少と、脛骨の内旋運動は前十字靭帯損傷時に見られる姿勢と一致しており、前十字靭帯損傷の危険動作は膝関節のみでなく体幹運動が関係し、体幹の前傾不足とそれに伴う膝関節内旋運動の増加が、女性に損傷が好発する要因となりうるということが明らかとなった (Nagano ら. Journal of Sports Sciences, 2011)。

更に、繰り返し動作における前十字靭帯損傷危険動作の検討として、体幹加速度の計測を行った。その結果、繰り返し時の鉛直方向最大体幹加速度が女性で大きいことが明らかになった。また、その鉛直方向体幹加速度と、繰り返し時の体幹前傾角度が相関関係にあった。鉛直方向体幹加速度の増加は体幹前傾角度の減少と関係し、前十字靭帯損傷危険肢位につながるということが明らかとなった (Nagano ら. International Biomechanics, 2016)。本結果から、体幹加速度の計測は従来の動作解析に加え、簡便にスポーツ動作中の危険動作の計測・抽出が可能であると考えられた。

これらの研究を通し、前十字靭帯損傷の危険動作を実験室的には明らかにできたが、危険動作が実際のスポーツ活動中にどれほど行われているかについては不明である。先行研究にて行った加速度計を用いた動作計測は実際のスポーツ活動中における計測が可能であり、新たな知見を得られると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、スポーツ競技中の体幹加速度計測の妥当性を検証し計測方法を確立すること、およびスポーツ競技中の体幹加速度計測を行い、高加速度動作から前十字靭帯損傷危険動作を解明することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 体幹加速度の妥当性検証

- ・対象者：女子バスケットボール選手 7 名
- ・測定方法
  - ：3 軸加速度センサを体幹上部背面および膝 (脛骨近位前面) に貼付し、30cm 台からの片脚着地時の体幹加速度および鉛直床反力を計測した。
- ・解析
  - ：3 軸および合成加速度と鉛直床反力との間の相関係数を算出した。

#### (2) スポーツ競技中の高加速度動作抽出

スポーツ競技中の高加速度動作抽出を以下の 3 競技を対象に行った。

- ・対象者
  - ：女子バドミントン選手 10 名
  - 女子バスケットボール選手 5 名
  - 女子バレーボール選手 6 名
- ・測定方法
  - ：3 軸加速度センサを体幹上部背面にて専用ベストを用いて固定した。各競技中 (バドミントン: 2 ゲーム、バスケットボール: 1 ピリオド、バレーボール: 1 セット) の体幹加速度を計測した。計測されたデータの合成加速度から、高加速度動作タイミングを抽出し、同期されたビデオカメラ映像からその動作を判別した。

### 4. 研究成果

#### (1) 体幹加速度の妥当性検証

片脚着地時の床反力と体幹加速度の間に強い相関が認められた (内側:  $r=.95$ ,  $p<0.01$  (図 1)、鉛直:  $r=.90$ ,  $p<0.01$ , 後方:  $r=.76$ ,  $p<0.05$ , 合成:  $r=.90$ ,  $p<0.01$ )。床反力と膝部加速度との間には鉛直および合成加速度のみ強い相関が認められた (鉛直:  $r=.82$ ,  $p<0.05$ , 合成:  $r=.89$ ,  $p<0.01$ )。この結果から体幹加速度が床反力を反映する指標として用いることができると示唆された。

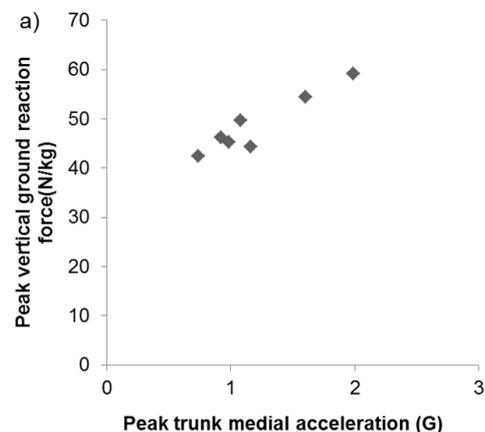


図 1 体幹加速度 (内側) と床反力との関係

#### (2) 競技実施中の高体幹加速度動作抽出

##### (2-1) バドミントン

バドミントン競技中の高加速度 (4G 以上)

動作は 1342 動作，7.72 回/分が抽出された。その主な内訳は踏み込み(利き手側)1.52 回/分，片脚着地(非利き手側)0.94 回/分，片脚着地(利き手側)0.93 回/分，切り返し(非利き手側)0.71 回/分，切り返し(利き手側)0.68 回/分であった(図 2)。各動作の加速度成分を比較すると，片脚着地(利き手側)は他動作より合成加速度および鉛直加速度が有意に高かった(図 3)。一方，踏み込み(利き手側)は内外側加速度が他動作より有意に高かった。片脚着地および切り返し動作は前十字靭帯損傷の受傷機転でもあり，これらの動作が高加速度で高頻度に行われていることが明らかとなった。

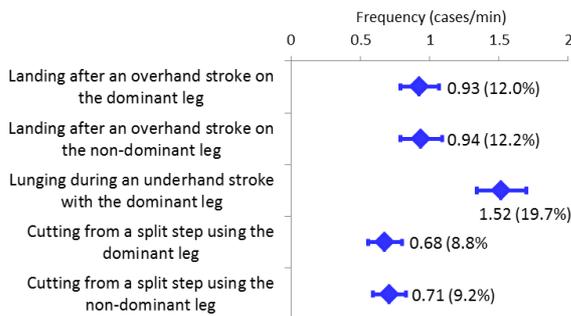


図 2 バドミントン競技中における高加速度動作頻度(回/分)

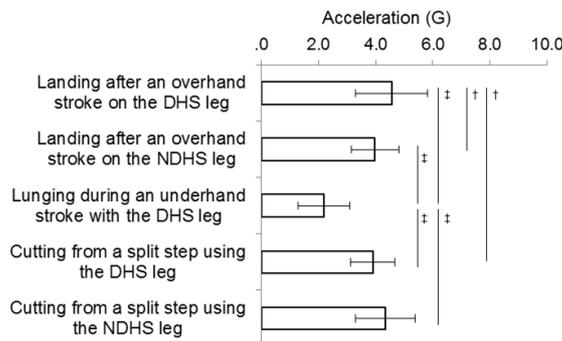


図 3 バドミントン競技中に抽出された動作の鉛直加速度成分比較

### (2-2)バスケットボール

バスケットボール競技中の高加速度(4.5G以上)動作は 604 動作，9.3 回/分が抽出された。その内，コート内の単純な移動を除いたプレーは 392 動作であり，その主な内訳は減速 1.50 回/分，方向転換 1.05 回/分，着地 0.71 回/分，ストップ 0.62 回/分であった(図 4)。減速，ストップ，方向転換は一連の流れである場合が多く，いずれの動作も高加速度で高頻度であり，前十字靭帯損傷の危険性が高いと考えられた。

### (2-3)バレーボール

バレーボール競技中の高加速度(4G以上)動作は前衛選手で 361 動作，6.53 回/分，後衛選手で 297 動作 5.38 回/分が抽出された。前衛選手での主な内訳は着地(ブロック)1.25 回/分，着地(スパイク)1.12 回/分，

踏切(スパイク)0.83 回/分，踏切(ブロック)0.62 回/分であった(図 5)。後衛選手では待球時のその場ステップ 0.60 回/分，前後ステップ 0.47 回/分，サイドステップ 0.31 回/分であった。前衛選手における着地動作はスパイクとブロックを含めると高頻度であり，前十字靭帯損傷の危険性が高いと考えられた。

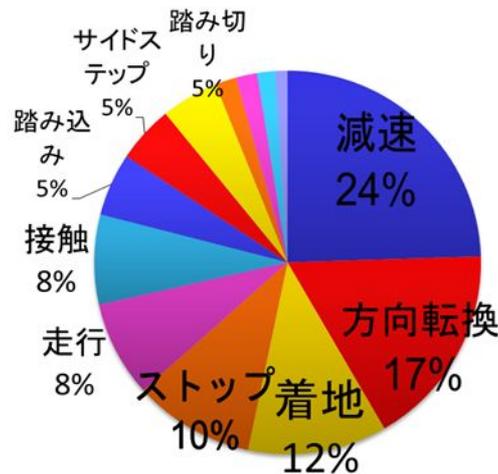


図 4 バスケットボール競技中において抽出された高加速度動作の割合

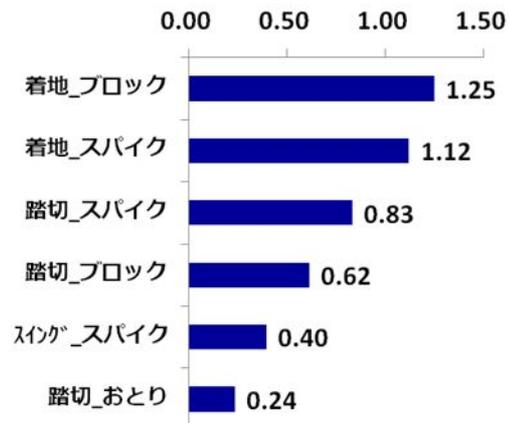


図 5 バレーボール競技中の前衛選手における高加速度動作頻度(回/分)

以上の結果より，バドミントンではオーバーハンドストローク後の片脚着地，バスケットボールでは減速・方向転換，バレーボールではブロック及びスパイク後の着地動作が高加速度動作として抽出された。これらの動作が前十字靭帯損傷の危険動作であり，予防介入が必要であると示唆された。

### <引用文献>

- Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *Knee*. 2007;14:218-223.
- Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T.

- Biomechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury. *Knee*. 2009;16:153-158.
3. Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Relationship between three-dimensional kinematics of knee and trunk motion during shuttle run cutting. *J Sports Sci*. 2011;29:1525-1534.
4. Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A, Ishii H. Gender differences in trunk acceleration and related posture during shuttle run cutting. *Int Biomech*. 2016;3:33-39.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A, Ichikawa H. Movements with greater trunk accelerations and their properties during badminton games. *Sports Biomechanics*, in press. (査読有)

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A, Ishii H. Relationships between trunk and knee acceleration and the ground reaction force during single limb landing. *Proceedings of the 34 International Conference of Biomechanics in Sport 2016*; 34:875-878.  
<https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/7079> (査読有)

Nagano Y, Sasaki S, Kanazawa Y, Ishii H. Relationship between trunk acceleration and trunk strength during shuttle run cutting in female athletes. *Journal of Exercise Science* 2016;26:1-8.  
<http://ir.jwcp.ac.jp/dspace/handle/123456789/929> (査読有)

永野康治. スポーツ外傷予防の観点からみた良い動き 繰り返し動作における前十字靭帯損傷予防への示唆. *バイオメカニクス研究* 2016;20(1):48-53.  
[http://biomechanics.jp/journal/journal2/back\\_number/2016/vol\\_20\\_1\\_2016\\_j.html](http://biomechanics.jp/journal/journal2/back_number/2016/vol_20_1_2016_j.html) (査読なし)

永野康治, 笹木正悟, 市川浩. バドミントン競技中における体幹加速度変化について -競技中の外傷・障害危険動作抽出を目指した Pilot study-. *臨床バイオメカニクス* 2016;37:305-10. (査読有)

〔学会発表〕(計6件)

Nagano Y, Sasaki S, Ichikawa H. Movements with greater trunk acceleration

and their properties during badminton games. *The Second World Congress of Sports Physical Therapy (Belfast)*, 2017.

永野康治. 競技特性の理解と外傷予防の方策. *花田学園スポーツ医科学フェスティバル(東京)*, 2017. [招待講演]

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A, Ichikawa H. Movement with greater trunk acceleration during badminton games. *5th NSCA International Conference (Chiba, Japan)*, 2017.

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A, Ichikawa H. Relationships between trunk and knee acceleration and the ground reaction force during single limb landing. *34th International Conference on Biomechanics in Sports (Tsukuba, Japan)*, 2016.

永野康治. 動作解析からみた前十字靭帯損傷危険因子と予防のポイント. *日本女子体育大学付属基礎体力研究所第27回公開研究フォーラム(東京)*, 2016. [招待講演]

永野康治, 笹木正悟, 市川浩. バドミントン競技中における体幹加速度変化について -競技中の外傷危険動作抽出を目指した Pilot study-. *第42回日本臨床バイオメカニクス学会(東京)*, 2015.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

永野 康治 (NAGANO, Yasuharu)  
日本女子体育大学・体育学部・准教授  
研究者番号: 00548282

### (2) 連携研究者

笹木 正悟 (SASAKI, Shogo)  
東京有明医療大学・保健医療学部・講師  
研究者番号: 24700671

市川 浩 (ICHIKAWA, Hiroshi)  
新潟医療福祉大学・健康科学部・講師  
研究者番号: 20375463

石井 秀幸 (ISHII, Hideyuki)  
立教大学・コミュニティ福祉学部・特任准教授  
研究者番号: 40534730