

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700786

研究課題名(和文)体幹コントロールが膝前十字靭帯損傷メカニズムに与える影響の解明

研究課題名(英文)The influence of trunk control to the mechanism of anterior cruciate ligament injury

研究代表者

永野 康治 (Nagano, Yasuharu)

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師

研究者番号：00548282

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では方向転換動作における膝・股関節運動，体幹運動の関係について，さらに方向転換動作中の体幹の加速度変化の性差や体幹筋力との関係について検討した。

その結果，方向転換動作において体幹前傾指示を行うと，女性は膝内転トルクが増加する傾向を示した。上方体幹加速度は性差を有し，前十字靭帯損傷好発肢位との関連もみられた。方向転換動作中の体幹屈曲筋力の弱い選手は，体幹後方加速度が大きい傾向であった。これらの結果により前十字靭帯損傷には膝だけでなく体幹・股関節が関係しており，その予防には体幹・股関節を含めたトレーニングの重要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We conducted this study to clarify the influence of trunk control to the mechanism of anterior ligament injury. Firstly, we examined the relationships between the knee, hip and trunk kinetics and kinematics during the cutting maneuver. Secondly, we examined the gender differences of trunk acceleration during cutting. Thirdly, we examined the influence of trunk strength to the trunk acceleration during cutting. As a result, the instruction of trunk forward inclination induced knee adduction torque of the females. Trunk acceleration during cutting had good reliability. There were significantly gender difference in vertical trunk acceleration and relationships with trunk and lower limb posture during cutting. Additionally, poor trunk flexion strength was related with greater posterior trunk acceleration. These results suggested that not only knee but trunk and hip are related to anterior ligament injury, and the training of trunk and hip is important to prevent anterior ligament injury.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：体幹 切り返し 前十字靭帯損傷 加速度

### 1. 研究開始当初の背景

前十字靭帯(ACL)損傷はスポーツ医学において、最も注目される外傷である。その理由として、ACL 損傷により膝の不安定性が惹起され競技継続が困難になるとともに、再建術を受けた場合においても復帰までに約1年間のリハビリテーションが必要となり、ACL 損傷により競技生活を断念する競技者が数多く存在することがあげられる。さらに、その社会的、経済的損失の大きさから、メカニズム解明に大きな期待が寄せられている。

先行研究により、ACL 損傷危険因子として着地や方向転換動作時の膝外反、脛骨内旋が明らかになりつつあるが、ACL 損傷の受傷肢位をみるとこうした特徴的な下肢運動とともに、体幹バランスを崩し、後方重心になった際に受傷している。このことから ACL 損傷の受傷メカニズムについて体幹位置と下肢運動が関連し、体幹コントロール不全も ACL 損傷を引き起こす危険因子の一つであると考えられる。そこで、ACL 損傷を引き起こす危険因子を検討する上でも、膝関節とともに体幹コントロールについても検討する必要があるといえる。

### 2. 研究の目的

本研究では下記の3点を明らかにすることを目的とした。

(1) 方向転換動作における膝・股関節運動、体幹運動の関係について明らかにする。体幹前傾角度および側方傾斜角度と膝・股関節運動の各運動、関節トルクを通常試技時と体幹前傾時にて比較する。

(2) 方向転換動作中の体幹運動を簡便に計測する方法として、加速度計を用いた検討を行う。方向転換動作中の体幹の加速度変化の性差と ACL 損傷との関係について明らかにする。

(3) 方向転換動作中の体幹加速度に対する体幹筋力の影響を明らかにする。前十字靭帯損傷予防プログラムで用いられる体幹筋強化が方向転換動作の改善に有用であるかの知見を得る。

本研究により、体幹運動と膝・股運動の関係性が明らかになることにより、膝関節のみでなく体幹・股関節を含めた動作の指導やトレーニングが予防の上で重要であることが明らかになると考えられた。

### 3. 研究の方法

(実験1) 方向転換動作における膝・股関節運動と体幹運動の関係および体幹前傾時の変化について

対象：健常成人男女各7人

課題動作：方向転換動作は5mの走行後、進行方向に対して左下肢を垂直に接地、その後、進行方向に対して180度の方向に切り返しを行い、スタート地点まで5mを再び走行するものとした。対象者は方向転換動作を最大ス

ピードで行った。また、通常試技の後に、意図的に体幹を前傾させる指示を与え再度計測を行った。計測時に反射マーカーを体幹および左下肢に貼付し、計測データより膝関節および、股関節の関節運動および各関節に作用する関節トルクを算出した。算出された項目について、動作指示による変化を検討した。

(実験2-1) 方向転換動作における体幹加速度の信頼性検討

対象：健常成人8名

課題動作：実験1と同様。

検討内容：計測時に加速度センサ(ロジカルプロダクト社製)を第1,2胸椎棘突起間上に両面テープにて貼付し、バンテージにて固定した。加速度センサのX軸を体幹の左右方向、Y軸を上下方向、Z軸を前後方向に設定した。動作中の身体の左右方向および前後方向の加速度を200Hzにて計測し、接地後200ms間の加速度の最大値(G)、変化量(G)、および接地から最大値までの時間(Time to Peak; 以下 TTP)(ms)を算出した。計測は成功試技を3回行い、それらの値から級内相関係数(ICC(1,3))および最小可検変化量(minimal detectable change; MDC)の95%信頼区間(MDC95)を求めた。

(実験2-2) 方向転換動作における体幹加速度の性差について

対象：健常成人サッカー選手男女各10人

課題動作：実験1と同様。

検討内容：切り返し足の接地後200ms間の体幹加速度(左右方向、上下方向、前後方向)の最大値(G)、変化量(G)を算出した。その際の動作をハイスピードカメラを用い矢状面、および前額面より撮影し、体幹角度、下肢角度を算出した。得られた値より、性差の比較および体幹加速度と体幹・下肢姿勢の関係を相関分析を用いて行った。

(実験3) 方向転換動作中の体幹加速度に対する体幹筋力の影響

対象：健常成人女子選手15名

課題動作：実験1と同様。

検討内容：切り返し足の接地後200ms間の体幹加速度(左右方向、上下方向、前後方向)の最大値(G)、変化量(G)を算出した。また、体幹屈曲筋力の計測を行った。体幹屈曲筋力の計測は背臥位にて体幹を30度前傾させた状態からの等尺性体幹屈曲筋力の値をmicroFET2にて計測し、体重あたりの体幹屈曲筋力(Nm/kg)を測定値とした。計測された体幹加速度と体幹屈曲筋力との関係を、相関分析を用いて検討した。

### 4. 研究成果

(実験1) 最大膝内転トルクについて交互作用が認められ、女子選手では体幹前傾指示に伴

い最大膝内転トルクが増加する傾向がみられた( $p < 0.05$ ) (図 1) . 女性では前傾指示により, 膝屈曲角度最大値( $p < 0.05$ ), 股屈曲角度最大値( $p < 0.01$ ), 股屈曲変化量( $p < 0.01$ )が有意に増加し, 股内旋角度最大値( $p < 0.05$ ), 股内外旋変化量( $p < 0.05$ )は有意に減少した. 男性では前傾指示により, 股屈曲角度最大値( $p < 0.01$ ), 股屈曲変化量( $p < 0.01$ ), 股外転最大値( $p < 0.05$ )が有意に増加した.

女性において体幹前傾指示による股関節伸展モーメントの増加傾向が強く, 股関節外旋モーメントも増加傾向であった. また, 女性では体幹前傾指示により ACL 損傷リスクファクターである膝内転モーメントが増加する傾向を示し, 体幹前傾を与えるだけでは, ACL 損傷リスクを減少させることができないと示唆された. 方向転換動作における体幹運動と膝関節の関係には性差がみられ, ACL 損傷予防にむけた方略は性別によって異なることが示唆された.

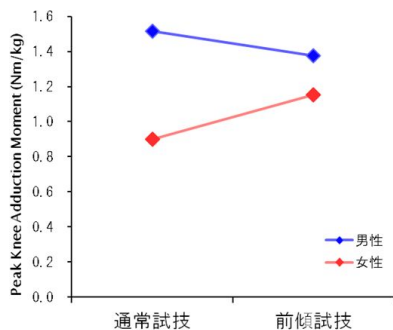


図 1 方向転換動作時の体幹前傾による膝内転トルクの変化

#### (実験 2-1)

前後方向加速度の ICC(1,3)は最大値(0.80), 変化量(0.83), 時間(0.88)であった. MDC95 は最大値(1.0G), 変化量(1.1G), 時間(41.5ms)であった. 左右方向加速度の ICC(1,3)は最大値(0.95), 変化量(0.91), 時間(0.72)であった. MDC95 は最大値(0.6G), 変化量(0.9G), 時間(67.1ms)であった. ICC(1,3)の結果は概ね高い再現性が得られ, 切り返し動作における評価として体幹加速度を用いることが可能と考えられた. また, MDC95 の値以上の変化が真の変化であると示唆された.

#### (実験 2-2)

切り返し時の姿勢において, 前額面における体幹中心から接地点までの距離が, 接地時, 最大膝屈曲時ともに男性に比較し女性にて有意に小さい値を示した. また, 最大膝屈曲時大腿角度が男性( $33.1 \pm 4.6$  度)に比較し女性( $24.3 \pm 10.8$  度)にて有意に小さい値を示した. 体幹加速度において, 上下方向の最大加速度が, 男性( $-1.1 \pm 0.5G$ )と比較し, 女性( $-2.2 \pm 0.8G$ )にて有意に大きい値を示した. 他の加速度項目に有意な性差は見られなかった. 上下方向の体幹加速度が女性において大きかったことは, 下肢の屈曲が不十分のため,

鉛直方向への床反力が緩衝されずに体幹に伝わったと考えられた. また, 女性は前額面において体幹中心を接地点の近くに置くことで, 接地時の衝撃に耐えやすい姿勢で動作していたと考えられた.

また, 体幹加速度と接地時肢位との関連を検討した結果, 上下方向加速度と大腿角度, 体幹側方傾斜角度, 膝外反角度との間に相関関係がみられ(図 2), 切り返し時の体幹加速度は, その際の動作を反映しているものと考えられた.

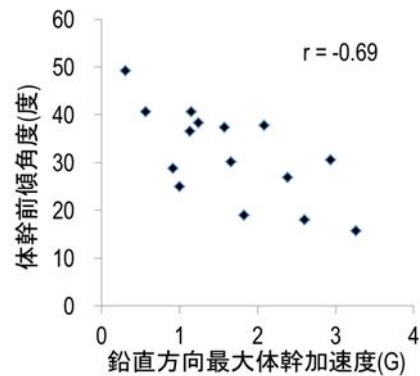


図 2 体幹の鉛直方向加速度と前傾角度との相関関係

#### (実験 3)

切り返し中の体幹後方加速度の最大値と体幹屈曲筋力との間に有意な相関関係がみられ( $r = 0.59$ ) (図 3), 体幹屈曲筋力が小さい対象者ほど, 切り返し中の体幹後方加速度が大きい傾向であった. 体幹屈曲筋力が切り返し中の体幹への衝撃を緩衝させている可能性が示唆された.

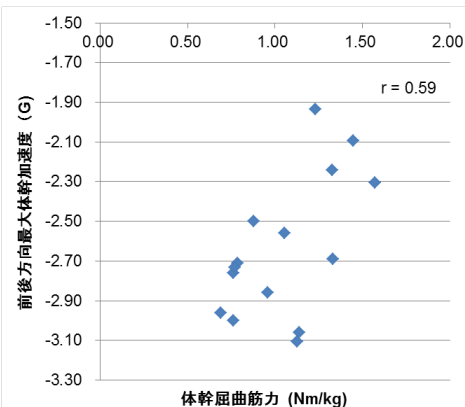


図 3 体幹の前後方向加速度と体幹屈曲筋力との相関関係

本研究により以下の点が明らかとなった.

- ・ 方向転換動作において体幹前傾指示を行うと, 女性は膝内転トルクが増加する傾向を示した.
- ・ 方向転換動作中の体幹加速度は体幹動作の計測において一定の信頼性を示し, また, 性差や ACL 損傷好発肢位との関連もみられた.

- ・方向転換動作中の体幹後方加速度と体幹屈曲筋力は相関関係にあり，体幹屈曲筋力の弱い選手は，体幹後方加速度が大きい傾向であった．
- ・前十字靭帯損傷には膝だけでなく体幹・股関節が関係しており，その予防には体幹・股関節を含めたトレーニングの重要性が示唆された．

#### 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 1 件)

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A. Gender Differences of Trunk and Lower Limb Positions during The Cutting Maneuver. ISBS - Conference Proceedings Archive. 2013; 31: ID28

[学会発表](計 7 件)

永野康治, 石井秀幸, 岩本紗由美, 井田博史, 赤居正美, 福林徹. 繰り返し動作時の体幹前傾指示に伴う下肢運動変化の性差．第 66 回日本体力医学会大会(山口), 2011. 9. 16-18.

永野康治. 体幹機能からみた ACL 損傷危険因子の検討 モーニングセミナー「ACL 損傷のメカニズムはどこまで解明されたか」．第 22 回日本臨床スポーツ医学会(青森), 2011. 11. 5-6.

永野康治. 前十字靭帯損傷の危険動作とその予防法．新潟県スポーツ理学療法研究会第 2 回研修会(新潟), 2011. 12. 3.

永野康治, 笹木正悟, 東原綾子. 繰り返し動作における体幹加速度評価の信頼性検討．第 22 回日本バイオメカニクス学会大会(北海道), 2012.9.11-13.

永野康治. 着地・繰り返し動作における性差と前十字靭帯損傷のリスクファクター．第 1 回新潟スポーツ傷害フォーラム (新潟), 2012.10.13.

Nagano Y, Sasaki S, Higashihara A. Gender Differences of Trunk and Lower Limb Positions during the Cutting Maneuver. 31st Conference of the ISBS (Taipei, Taiwan), 2013. 7. 7-11.

永野康治, 石井秀幸, 笹木正悟. 繰り返し動作における姿勢および体幹加速度の性差について．第 40 回日本臨床バイオメカニクス学会(兵庫), 2013. 11. 22-23.

#### 6．研究組織

(1)研究代表者

永野 康治 (NAGANO, Yasuharu)

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師  
研究者番号：00548282

(2)連携研究者

福林 徹 (FUKUBAYASHI, Toru)  
早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授  
研究者番号：70114626

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

井田 博史 (IDA, Hirofumi)  
上武大学・ビジネス情報学部・准教授  
研究者番号：20392194

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：30563473