

## 学内グラント 報告書

## 平成24年度 学内グラント終了時報告書

## 体幹筋機能が膝前十字靭帯損傷メカニズムに及ぼす影響

研究代表者 大久保 雄 (保健医療学部 理学療法学科)

## 緒言

スポーツ傷害の中で膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は重篤な外傷であり、受傷後は長期離脱を余儀なくされるため、その予防法が注目されている。受傷機転は、ジャンプの着地や切り返し動作での接地局面が多い。発症要因には膝外反角度の増大 (knee-in & toe-out)、過回内足、股関節外転筋力の低下、性ホルモン動態などが影響していることが明らかにされている<sup>1)</sup>が、近年では体幹安定性の重要性が報告されている。Zazulak, et al.<sup>2)</sup>は、277名の大学アスリートを対象に前向き調査を行った結果、ACL損傷など膝関節外傷を受傷した者は受傷しなかった者よりも体幹安定性が低かったことを報告している。また、ACL損傷の受傷機転に多いジャンプ着地動作では、足部の接地前に腹横筋が活動し体幹安定性を高めるfeedforward作用が働くことが報告されている<sup>3)</sup>。これらの先行研究から、スポーツ現場ではACL損傷予防に対して体幹安定性を高めるためのトレーニングが盛んに行われている。特に、体幹安定性の制御には体幹深部筋 (腹横筋や多裂筋など) を含めた体幹筋の共同収縮が重要であることが明らかにされていることから<sup>4)</sup>、体幹筋群の共同収縮を促進させるエクササイズが推奨されている。以上から、体幹筋機能が高い者はACL損傷の主な受傷肢位でなるknee-in & toe-outを回避できると予測されるが、着地時の下肢バイオメカニクスと体幹筋機能との関連を検討した研究はない。そこで本研究では、片脚着地時の下肢キネマティクスと体幹筋活動との関連を調査し、ACL予防に対する体幹筋機能の関係性を検討することとした。

## 対象と方法

## 被験者

対象は5年以上の競技経験を有する大学生女子バスケットボール選手5名 (年齢:  $24 \pm 5.1$  歳, 身長:  $161.7 \pm 3.5$  cm, 体重:  $53.8 \pm 1.5$  kg, mean  $\pm$  SD) と

した。下肢に手術歴のある者は除外した。被験者には実験内容を説明し、同意を得た後実験を開始した。

## 実験試技

40 cm 台から、前方 30 cm の位置に右下肢片脚着地した際の筋電図および動画データを収集した。筋電図および動画データは同期スイッチ (原田電子工業社製) を用いて同期させた。試技は台から飛び上がらないように着地させ、着地後は片脚立位姿勢を保持するよう指示した。上肢の影響を除去するため、腕の前で上肢を組ませて試技を行った。試技条件は、自然と着地させる「通常着地」とDraw-in (腹部引き込み動作) を行わせながら着地する「Draw-in 着地」の2種類とした。Draw-inは、下腹部の筋収縮を意識させながら腹部を引き込み、腹横筋の選択的収縮を図った手法であり、体幹安定性トレーニングの基本手技として臨床現場で盛んに用いられている<sup>5)</sup>。被験者には息を吐きながら下腹部を引き込ませるよう指示し、試技開始直前から着地終了までDraw-inを継続させた。試技を行う前に、Draw-in時の筋電図をモニタリングしながら十分な練習を行い、正しい筋活動様式を覚えさせた後、試技を行った。

## 筋電図

筋電図測定には表面筋電位測定装置 (EMG-025, 原田電子工業社) を用いた。皮膚処理として、皮膚研磨剤 (スキンピュア, 日本光電社製) およびアルコールを用いて皮膚抵抗が  $2 \text{ k}\Omega$  以下になるまで角質除去を行った。被検筋は右側の腹直筋, 外腹斜筋, 内腹斜筋 / 腹横筋, 脊柱起立筋とし、各筋の筋線維方向と平行に表面電極 (ブルーセンサー N-00-S, メッツ社製) を貼付した。筋電位導出部位は、腹直筋は臍から約 3 cm 外側, 外腹斜筋は臍から 15 cm 外側, 内腹斜筋 / 腹横筋は上前腸骨棘から 2 横指内側, 脊柱起立筋は第 3 腰椎棘突起から 3 cm 外側とした。

## 画像データ

試技位置の正面および左側に2台のハイスピードカメラ (EXILIM EX-FH20, CASIO 社製) を設置し、frame rateを 210 Hz で撮影した。2台のカメラはLED

ランプ(LED型シンクロナイザPH-105型, ディエイチケイ社製)を画像で撮影することにより同期させた. 反射マーカーを両側の上前腸骨棘, 膝蓋骨中央, 足関節中心, 第1趾足尖に貼付し, 試技を行った.

左側カメラの画像を画像解析ソフトImage-Jに取り込み, 試技のphase分けを行った. 左足部が台から離れてから右足部が床面に接地するまでをfloating phase, 右足部接地後300 msecまでを100 msec毎に区分したstance phase1-3の4相にphase分けした(Fig. 1).

**筋電データ解析**

得られた筋電位を解析ソフトBIMUTUS-Video(KISSEI COMTEC社製)に取り込み, 筋電データを解析した. 20-500 Hzでバンドパスフィルターをかけ, 全波整流を行った後, 各phaseにおけるRoot Mean Square (RMS)を算出した. さらに各筋のRMSを最大随意収縮(MVC)時のRMSで除した筋活動量(% MVC)を求めた. 各筋のMVC筋電位は, ダニエルの徒手筋力測定法MMT5の手法に基づき実施した等尺性最大随意収縮の中で, 0.2秒間の振幅位が最大となる区画を特定し, その区間のRMSを算出した.

**動作解析**

前方のカメラから得られた画像を画像解析ソフトImage-Jに取り込み, 離地から試技終了までの前額面股関節角度および膝関節角度を算出した. 股関節は両側上前腸骨棘を結んだ線と右上前腸骨棘と右膝蓋骨

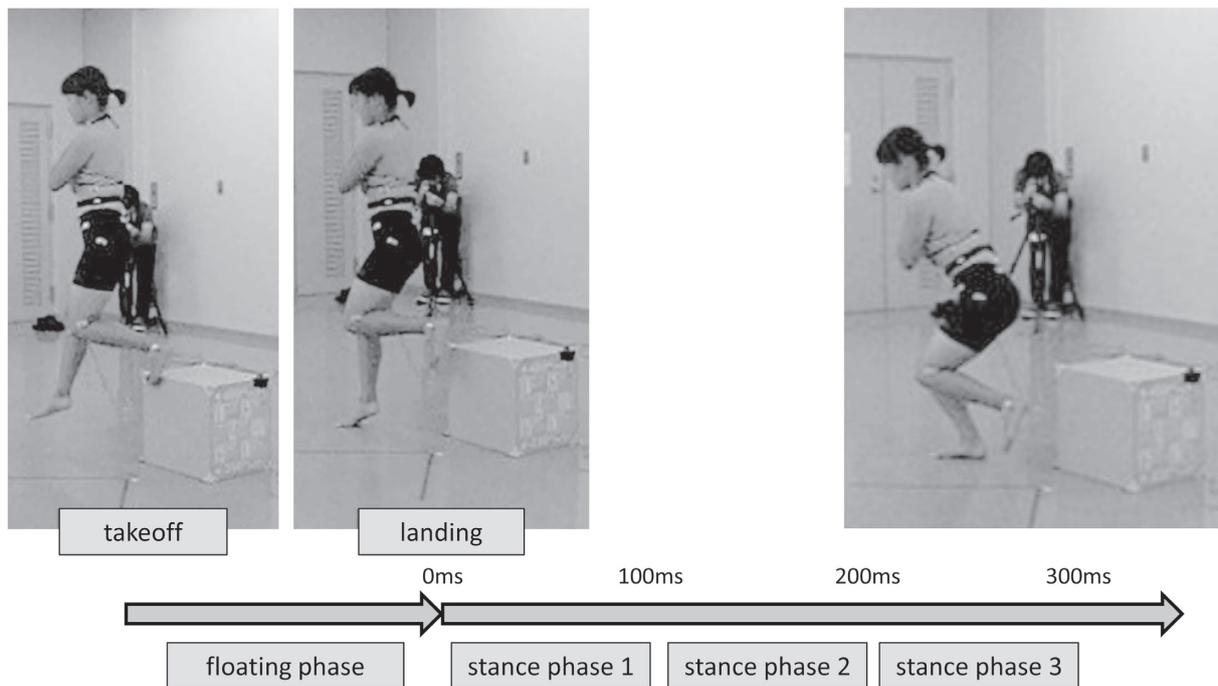
中心を結んだ線のなす角とし, 股関節外転方向の回転を正とした(Fig. 2A). 膝関節は右上前腸骨棘, 右膝蓋骨, 右足関節中心の3点のなす角とし, 膝関節内反方向の回転を正とした(Fig. 2B). 離地時の股関節・膝関節角度を基準に, 離地後の股関節内転角度および膝関節外反角度の変化量を算出した(Fig. 3).

**統計処理**

各phaseにおける筋活動量および股関節・膝関節の角度変化量を試技条件間(通常着地 vs. Draw-in 着地)で対応のあるt検定により比較した. また, 各筋の筋活動量と股関節・膝関節角度変化量との関係をPearsonの積率相関係数により検討した. 統計処理にはJMP10 for Windows(SAS Institute Japan)を用い, 有意水準は5%とした.

**結果**

外腹斜筋の筋活動量はfloating phase(通常試技:  $72.6 \pm 45.9\%$  MVC, draw-in 試技:  $144.0 \pm 83.3\%$  MVC, mean  $\pm$  SD, 以下同順)およびstance phase 2( $40.0 \pm 31.3\%$  MVC,  $105.4 \pm 65.0\%$  MVC)で, draw-in 試技の方が通常試技よりも有意に大きかった( $p < 0.05$ ). 内腹斜筋の活動量はstance phase 1( $45.4 \pm 38.0\%$  MVC,  $82.6 \pm 46.2\%$  MVC)およびstance phase 2( $29.2 \pm 14.9\%$  MVC,  $81.8 \pm 54.4\%$  MVC)でdraw-in 試技の方が通常試技よりも大きい傾向を示した( $p < 0.1$ ) (Fig. 4).



**Fig. 1.** Phase division of experimental task.

キネマティクスデータでは、股関節内転・膝関節外反角度変化量ともに試技間で有意な差を認めなかった (Fig.5).

筋活動量と角度変化量との関係では、stance phase 3における外腹斜筋の活動量が股関節内転角度変化量 ( $r = 0.68, p < 0.05$ ), 膝関節外反角度変化量 ( $r = 0.71, p < 0.05$ ) との間に有意な正の相関関係を認めた (Fig. 6). 他の項目に有意な相関関係は認めなかった.

考 察

本研究では、draw-in着地が筋活動量および股関節・膝関節キネマティクスデータに及ぼす影響を検討した。draw-in 試技では外腹斜筋および内腹斜筋の活動量が通常試技よりも有意に大きかったが、股関節・膝関節の角度変化量では有意差を認めなかった。腹筋群の共同収縮は脊椎の安定性を高めることが示唆されている<sup>4)</sup>が、本結果では下肢の運動様式を変化させる

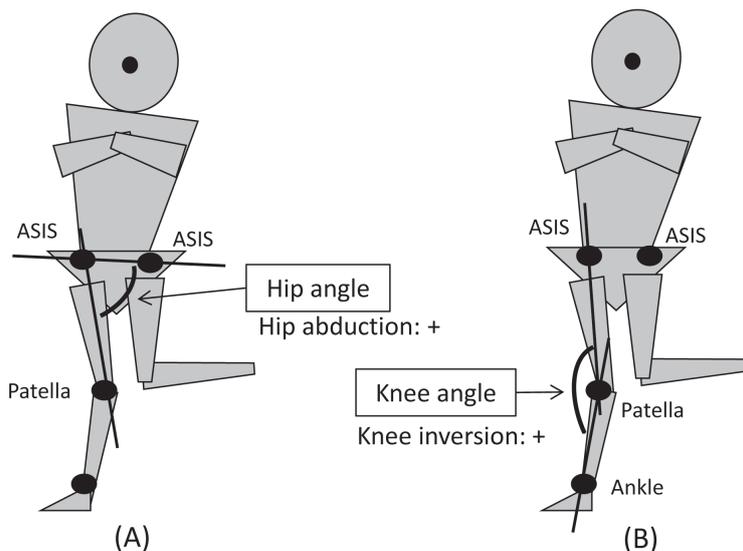


Fig. 2. The calculation of hip (A) and knee (B) angle on the frontal plane.

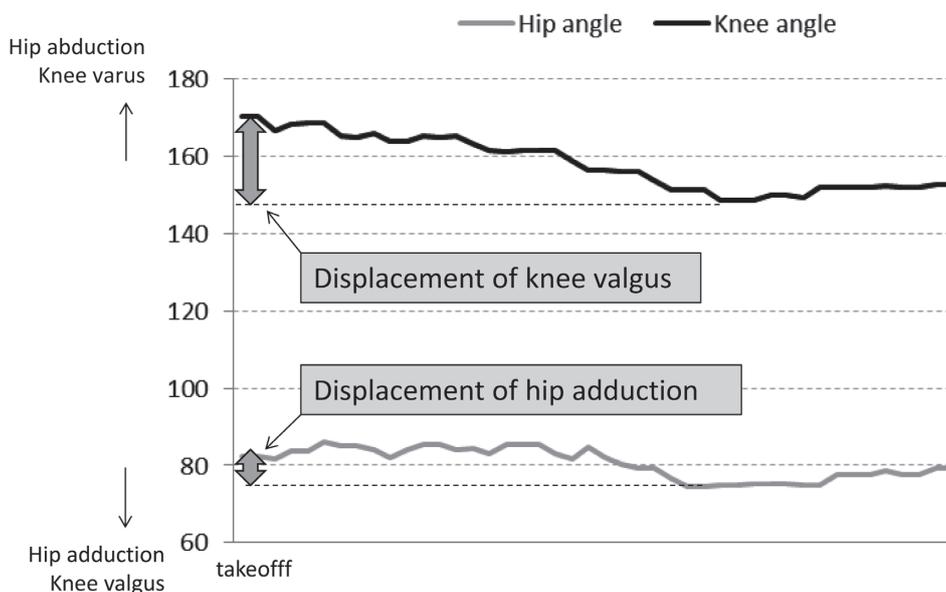
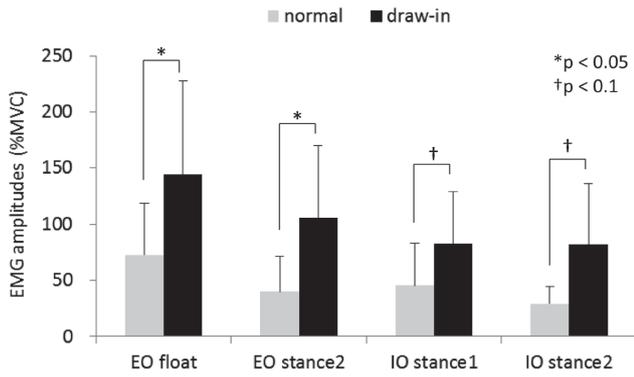
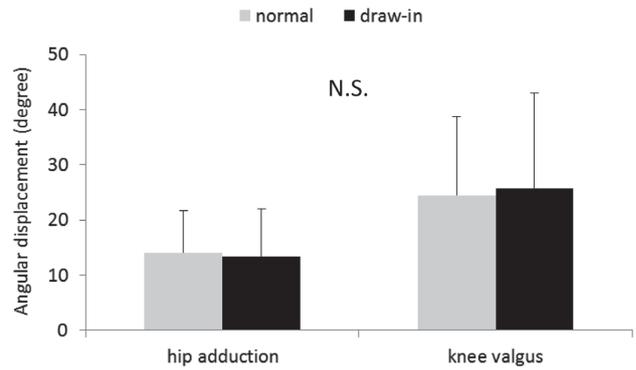


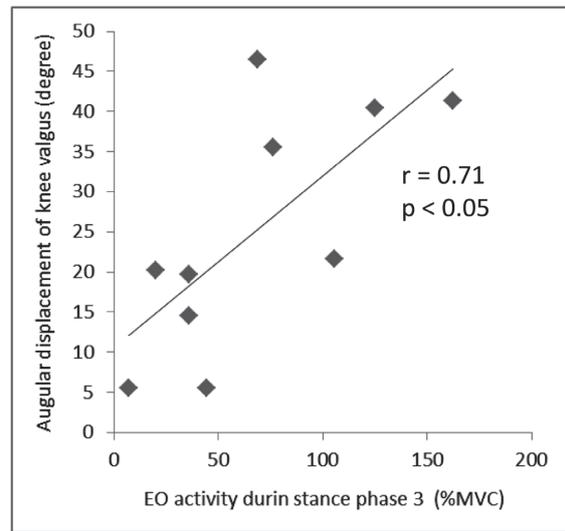
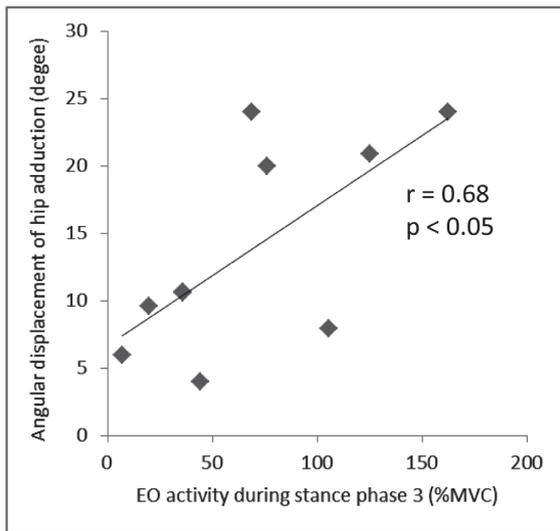
Fig. 3. The calculation for angular displacement of hip adduction and knee valgus on the frontal plane.



**Fig. 4.** Comparison of EMG amplitudes between experimental tasks. EO: external oblique, IO: internal oblique. float: floating phase, stance1: stance phase 1, stance2: stance phase 2.



**Fig. 5.** Comparison of kinematics data between experimental tasks.



**Fig. 6.** Correlation between EMG amplitudes and angular displacement. EO: external oblique.

には至らなかった。先行研究において、draw-in exerciseや体幹安定化トレーニングを導入することにより、バランス能力や体幹筋反応時間を改善させることが示されている<sup>6,7)</sup>。本実験では意識的にdraw-inを行わせながらの試技を検討したが、今後は一定期間体幹安定化トレーニングを導入した下肢キネマティクスへの効果を検証する必要があると考える。

筋活動量と角度変化量との関係では、stance phase 3における外腹斜筋の活動量が大きいほど、股関節内転・膝関節外反の角度変化量が大きかった。片脚立位などの姿勢制御には、支持下肢の内転筋および非支持側の外腹斜筋の作用が重要であることが報告されている<sup>5)</sup>。

本研究において、外腹斜筋は支持側のみの測定であり、非支持側の外腹斜筋活動は測定していないが、下肢の角度変化量が少ない者は非支持側の外腹斜筋の活動が高まり、支持側の外腹斜筋活動は低くなったため、外腹斜筋の活動量と股関節内転・膝関節外反の角度変化量に正の相関を認めた可能性がある。今後は、左右の体幹筋活動を測定する中で、下肢の運動様式と筋活動量の関係を検討する必要がある。

本研究から、体幹筋活動様式の変化がACL損傷の主な受傷肢位であるknee-in & toe-outに及ぼす影響を明らかにすることはできなかった。今後は実験手法を再考し、本研究を継続していく予定である。

## 文 献

- 1) 小笠原一生, 白木仁, 向井直樹, 竹村雅裕, 宮川俊平. 前十字靭帯損傷リスクの簡便なスクリーニング指標としての前額面膝関節偏位指標の提案. 体力科学 2008;57;553-62.
- 2) Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med* 2007;35;1123-30.
- 3) Kulas AS, Schmitz RJ, Shultz SJ, Henning JM, Perrin DH. Sex-specific abdominal activation strategies during landing. *J Athl Train* 2006;41;381-6.
- 4) Stanton T, Kawchuk G. The effect of abdominal stabilization contractions on posteroanterior spinal stiffness. *Spine* 2008;33;694-701.
- 5) 小泉圭介. コアスタビリティトレーニングの意義と基本プログラム. 理学療法 2009;26;1195-202.
- 6) 今井厚, 金岡恒治, 大久保雄, 白木仁. 異なるエクササイズが静的バランスに及ぼす即時効果. 臨床スポーツ医学会誌 2012;20;469-74.
- 7) Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18;559-67.