

内側・外側ハムストリングスの筋活動比は ACL 損傷メカニズムに影響を与えるか？
～女子ハンドボール選手におけるスポーツ動作時の膝関節外反角度と下肢筋活動動態の関連性～

吉田成仁 竹田愛也佳 増成暁彦 功刀峻

目次

要約.....	- 1 -
背景.....	- 2 -
方法.....	- 4 -
対象.....	- 4 -
実験プロトコル.....	- 4 -
課題動作.....	- 4 -
筋活動計測.....	- 4 -
動作解析.....	- 5 -
統計解析.....	- 5 -
結果.....	- 9 -
考察.....	- 12 -
大腿二頭筋, 半腱様筋の筋活動について.....	- 12 -
大内転筋の筋活動について.....	- 12 -
前脛骨筋の筋活動について.....	- 13 -
筋活動比について.....	- 13 -
今後の展望.....	- 13 -
結論.....	- 14 -
参考文献.....	- 15 -

要約

【緒言】

ハンドボール競技は、外傷・障害発生率の高いスポーツである。中でも、女子選手における膝関節前十字靭帯(ACL)損傷率は男子選手の5倍であり、非常に深刻である。ACL損傷を来たす下腿の外旋肢位には、内側・外側ハムストリングスの筋活動比が関与している可能性がある。本研究の目的は、女子ハンドボール選手におけるジャンプ着地動作時の内側・外側ハムストリングスの筋活動比と膝関節外反角度の関係を明らかにすることである。

【方法】

大学ハンドボール部女子選手10名を対象とし前方へのジャンプ後に片脚にて着地する課題動作を実施させた。この時の、筋活動を表面筋電図にて記録した。被験脚の大腿直筋(RF)、大腿二頭筋(BF)、半腱様筋(ST)、大内転筋(MA)、腓腹筋外側頭(GL)、長腓骨筋(PL)、前脛骨筋(TA)に表面電極を貼付し、随意最大収縮(MVC)の測定を行った。解析には、記録された筋電図の生波形からジャンプ着地前50msec間と着地後の200msec間の二乗平均平方根(RMS)を算出し、%MVCを求めた。さらに、BF/ST比、MA/GM比、ST/RF比、BF/RF比を算出し、検討した。また3次元動作解析を行うため、両側の上前腸骨棘、着地足側の大転子、外側上顆、腓骨頭、脛骨内側顆、脛骨粗面、腓骨外果、脛骨内果の計9箇所にマーカーを貼付した。課題動作を3台のデジタルビデオカメラで撮影し、三次元動作解析ソフト(Frame-DIAS IV)を用いて三次元座標値を求め、膝関節外反角度、膝関節屈曲角度を算出した。なお、撮影した画像は、TRIASを用いて筋電図と同期させた。先行研究に基づき、全30試技を膝関節最大外反角度が 9.5° 以上の群(B群、 $n=13$)と 9.5° 以下の群(S群、 $n=15$)の2群に群分けした。統計ソフト(IBM SPSS Statistics Ver.19)を用い各筋の筋活動量や筋活動比を対応のないt検定を用いて検討した。有意水準は5%未満とした。

【結果と考察】

接地前、接地後ともにBFにおいてS群がB群に比べて有意に高い値を示した。本研究では膝関節屈曲角度が比較的小さかったため、STに比べBFが優位に働いていたと考えられる。したがって、この結果はハムストリングスの筋活動が小さかったことを示し、B群のような筋活動による膝関節外反角度の増加はACL損傷のリスクファクターとなる可能性がある。また、BF/ST比において接地前後でB群がS群に比べて有意に小さかった。STの筋活動量が両群で同等な筋活動量であったこと、またB群のBFの筋活動量が低かったことの2点から、B群のBF/ST比が小さくなったと考える。膝関節の屈曲角度がさらに大きくなるような着地時にSTの筋活動とともにBF/ST比がどのように変化するかについては今後の検討が必要であると考えられる。接地後のMAにおいてB群がS群に比べて有意に高い値を示した。MAの作用によって股関節が内転し、膝外反が誘導されたと考えられる。今後は股関節の内転角度の計測を行い、MAの筋活動との関連についても検討する必要がある。また、接地前のTAにおいてB群はS群に比べて有意に高い値を示した。課題動作時、膝関節外反が大きくなると、足関節・足部の回内が大きくなり、それを制御するために回外作用を持つTAが働いたと推測できる。

【結論】

膝関節外反角度が大きいジャンプは小さいジャンプに比べて大腿二頭筋/半腱様筋比が小さく、大腿二頭筋の筋活動量が接地前、接地後ともに小さいという結果が得られた。また、膝関節外反角度が大きい場合、接地前後の前脛骨筋と接地後の大内転筋の筋活動が大きいことが示唆された。このような筋活動は、ACL損傷のリスクファクターとなりうると考えられる。

代表者所属: 帝京平成大学

背景

ハンドボール競技では、「走る」「跳ぶ」「投げる」の基本動作の中で、急激なストップ動作やターン動作、フェイント動作が頻繁に行われている。それに加えて、激しい身体接触を伴うためアンバランスな体勢になることも多く、特に下肢関節部にかかる負担が大きい。ハンドボール競技は外傷・障害発生率が高いスポーツの1つであり(Seil et al.¹²) (Langevoort et al.⁷), 特に下肢の傷害が多い。女子ハンドボール選手の外傷・障害調査を行った研究では、その外傷・障害は下肢に集中しており、膝関節が全体の 22.7%, うち靭帯損傷が 12.1%であった。また、女子ハンドボール選手は他競技の選手と比較して膝関節前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament: ACL) 損傷発生率が高いことが報告されている(森口哲史ら¹⁷)。このように、ハンドボール競技において ACL 損傷が多く発生しているにもかかわらず、日本ではサッカー(The 11+ A complete warm-up program: FIFA, 2007)やバスケットボール競技(Injury prevention program: WJBL, 2006)にあるような ACL 損傷予防プログラムは存在せず、他競技に比べ対策が遅れているのが現状である。

ACL 損傷の大半は、スポーツ活動中に起こる。その多くが再建術を必要とし、手術後少なくとも半年以上の長期的な競技離脱や競技パフォーマンスの低下、競技レベルの変更を強いられるため、スポーツ選手にとっては致命的な外傷である。ACL 損傷受傷率の性差を比べた研究では、男性よりも女性の方が2~8倍 ACL 損傷の発生率が高く、ハンドボール競技においても男性よりも女性の方が5倍も発生率が高いと報告されており(Arendt et al.¹) (Bjordal et al.²), 女子選手に対する対策は特に重要である。女性の受傷率が高い要因として、女性の ACL 周囲の骨の隙間が狭いことや関節が柔らかく筋力が弱いこと、女性ホルモンの影響などが考えられている(Ireland⁴)。中でも筋力不足はトレーニングによって改善が可能であり、受傷動作時の筋活動動態を明らかにする必要がある。

ACL 損傷の発生機序は、接触型と非接触型の2つに分類される。接触型損傷とは、他者から膝関節に直接的あるいは間接的なストレスを受けることで発生した損傷をいう。非接触型損傷は、ジャンプ着地やストップ動作、ターン動作、カッティング動作など、他者との接触がない状態で発生した損傷をいい、中でもストップ動作やジャンプ着地での受傷が多い(Teitz¹³)。この2つの ACL 損傷の主な原因となる発生型としては非接触型損傷が挙げられ、その割合は約70%であると報告されている(McNair et al.⁹) (Boden et al.³)。特に女性では非接触型損傷が大半を占め、70%に上ると報告されている(井原秀俊ら¹⁴)。ハンドボール競技においてもほとんどが非接触型損傷であり、スピードに乗ったプレー中のカッティング動作やジャンプ着地動作時に発生したと報告されている(Myklebust et al.¹⁰)。ACL 損傷を来たすジャンプ着地動作では、knee-in toe-out の下肢アライメントが誘導される。knee-in toe-out とは、膝が内側に入り爪先が外側を向く、すなわち下腿の外旋肢位のことをいう(Kennedy et al.⁶) (Olsen et al.¹¹)。下腿の回旋にはハムストリングスが関与している。下腿の外旋には外側ハムストリングスである大腿二頭筋が作用するため、これが外旋に作用する際、拮抗筋として内旋に作用する内側ハムストリングスとの筋活動比がジャンプ着地動作時の knee-in toe-out 姿勢に関係する可能性がある。秋本らは、片脚ジャンプ着地動作時の膝外反角度とハムストリングス筋活動比の関係を報告している(秋本剛ら¹⁸)。この報告によると、片脚ジャンプ着地時に内側ハムストリングスに比べて外側ハムストリングスの筋活動が大きい場合、膝関節外反角度も大きくなることが示されている。この研究では健常な女子大学生を対象としているが、ACL 損傷を多く発生する女子選手を対象とした研究はなされていない。したがって本研究では、女子ハンドボール選手におけるジャンプ着地動作時の内側・外側ハムストリングスの筋活動比と膝外反角度の関係を明らかにすることを目的とする。この研究によって、膝関節外反角度と関連する筋を明確にし、膝外反位を防ぐより有効なトレーニングが提案され、ACL 損

傷の予防につなげられることを期待する.

方法

対象

対象は、大学ハンドボール部に所属する女子選手 10 名(年齢 19.7 ± 1.0 歳, 身長 163.5 ± 5.1 cm, 体重 57.4 ± 4.8 kg)とした。なお、膝関節に外傷の既往がある者や実験の際に下肢に痛みのある者は除外した。なお本研究は、筑波大学体育系研究倫理委員会の承認を経て(課題番号第体 24-82 号), 対象者に対しては研究の趣旨を十分に説明し文書または口頭で同意を得て行った。

実験プロトコル

表面電極を対象の被験足に貼付し、随意最大収縮(Maximum Voluntary Contraction:MVC)の測定を行った。その後、マーカを貼付し課題動作を行った。

課題動作

課題動作は前方へのジャンプ着地動作(以下, 前方ジャンプ)とした。前方ジャンプは、フォースプレート(9286BA キスラー社)50cm 手前からできる限り高く両脚でジャンプし、利き足でフォースプレート上に片脚着地させた。(図1)なお、利き足はハンドボール競技中に行われるジャンプシュート時に片脚着地しやすい方の足とした。また、課題動作では上肢による代償を制限するために手を腰部にあてた状態での立位姿勢を開始姿勢とした。計測は 3 回の成功試技を得られるまで行った。着地後に姿勢を崩したり反対側の脚をついたりした場合は失敗試技とした。

筋活動計測

被験筋は大腿直筋, 大腿二頭筋, 半腱様筋, 大内転筋, 腓腹筋外側頭(腓腹筋), 長腓骨筋, 前脛骨筋とした。大腿直筋は大腿前面で膝蓋骨上縁と前上腸骨棘を結んだ中点, 大腿二頭筋は腓骨頭と坐骨結節を結んだ線分の中点, 半腱様筋は大腿骨内側上顆と坐骨結節を結んだ線分の中点, 大内転筋は大腿骨内側上顆と恥骨結節の中間部位, 腓腹筋は膝窩皮線より 5 横指遠位部で下腿三頭筋の外側, 長腓骨筋は腓骨頭より 3 横指遠位部, 前脛骨筋は脛骨粗面より 4 横指遠位部で脛骨稜より 1 横指外側の位置に表面電極(EMG アンプ SX230-1000 バイオメトリクス社)を貼付した。電極貼付前にはアルコール消毒を行った。導出した筋電位はサンプリング周波数 1000Hz で A/D 変換し, データ取り込み, 汎用解析プログラム TRIAS System (Biometrics 社)を用いてパーソナルコンピュータに保存した。筋電図信号はバンドパスフィルタ 5~500Hz を用いてフィルタ処理した。条件間の筋電位を比較するために, 標準化の指標として MVC 時の筋電位測定を行った。MVC 時の筋電位を記録するため, 抵抗に対して最大筋力を 3 秒間発揮させた。解析には, 記録された筋電図の生波形からジャンプ着地前 50msec 間と着地後の 200msec 間の二乗平均平方根(Root Mean Square:RMS)を算出し, 試技中の RMS を MVC 時の RMS で除した%MVC を求めた。(図 2)さらに, 大腿二頭筋と半腱様筋の活動比を比較するために, 大腿二頭筋の%MVC を半腱様筋の%MVC で除した値を大腿二頭筋/半腱様筋比として算出し, 比較・検討した。

動作解析

ジャンプ着地時の膝関節外反角度を算出するために、課題動作をデジタルビデオカメラで撮影し、動作分析(運動学的解析)手法を用いた。本研究では3台のデジタルビデオカメラ(EX-ZR200, Casio 社)を用いてサンプリング周波数120Hzで撮影した。この際、最低2台のカメラが対象の各マーカを撮影できるようにカメラを配置した(図3)。各映像の時間的同期には、発光ダイオード(LED)を利用した同期装置(PH-100,DKH社)からパルス光を映しこむことにより行った。なお、課題動作前には、フォープレートを中心として100cm×100cmの撮影範囲の4か所にキャリブレーションポール(高さ2mで4個の較正点を取り付けたポール)を垂直で立て、順に撮影した。

対象にはスパッツを着用させ裸足で課題動作を行わせた。マーカー貼付位置は、両側の上前腸骨棘、着地足側の大転子、外側上顆、腓骨頭、脛骨内側顆、脛骨粗面、腓骨外果、脛骨内果の計9箇所とした。上前腸骨棘、大転子にはスパッツの上からマーカーを貼付し、その他は対象の体表に貼付した。また、上前腸骨棘と脛骨粗面には平面的なマーカー(直径10mm)を貼付し、その他には立体的なマーカー(直径40mm,質量2g)を貼付した(図4)。撮影した画像は、三次元動作解析ソフト(Frame-DIAS IV, DKH社)に取り込み、DLT法(Direct Linear Transformation method)により各マーカーの三次元座標値を求めた。大見の方法(大見頼一 et al.¹⁶)を参考とし、最適遮断周波数を6Hzに決定し、ローパスフィルター(バターワース型)を用いて平滑化した。膝関節外反角度の算出では、秋本の方法(秋本剛ら¹⁸)を参考とし、まず上前腸骨棘、腓骨頭と脛骨内側顆の midpoint、脛骨粗面の3点からなる平面の法線ベクトルと、脛骨粗面、腓骨頭と脛骨内側顆の midpoint、外果と内果の midpoint の3点からなる平面の法線ベクトルを算出し膝関節外反角度とした(図5)。また、膝関節屈曲角度は、大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と腓骨頭と腓骨外果を結ぶ線のなす角度とした(図6)。なお、撮影した画像は、TRIAS(DKH社)を用いて筋電図と同期させた。

統計解析

秋本らの研究(秋本剛ら¹⁸)では、ジャンプ着地動作時における膝関節最大外反角度は $9.5 \pm 5.1^\circ$ と報告していることから、本研究では全30試技(10名×3試技)を膝関節最大外反角度が 9.5° 以上の群と 9.5° 以下の群の2群に群分けした。統計ソフト(IBM SPSS Statistics Ver.19)を用い各筋の筋活動量や筋活動比を対応のないt検定を用いて検討した。有意水準は5%未満とした。なお、膝関節最大外反角度が 9.5° 以上の群をB群、 9.5° 以下の群をS群とする。

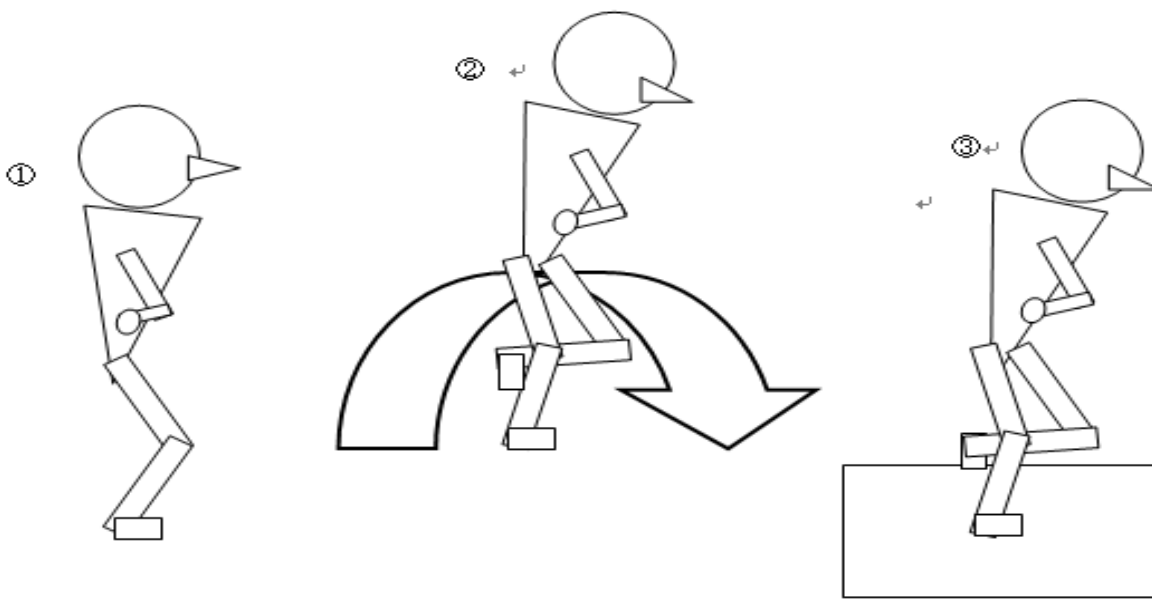


図1 課題動作

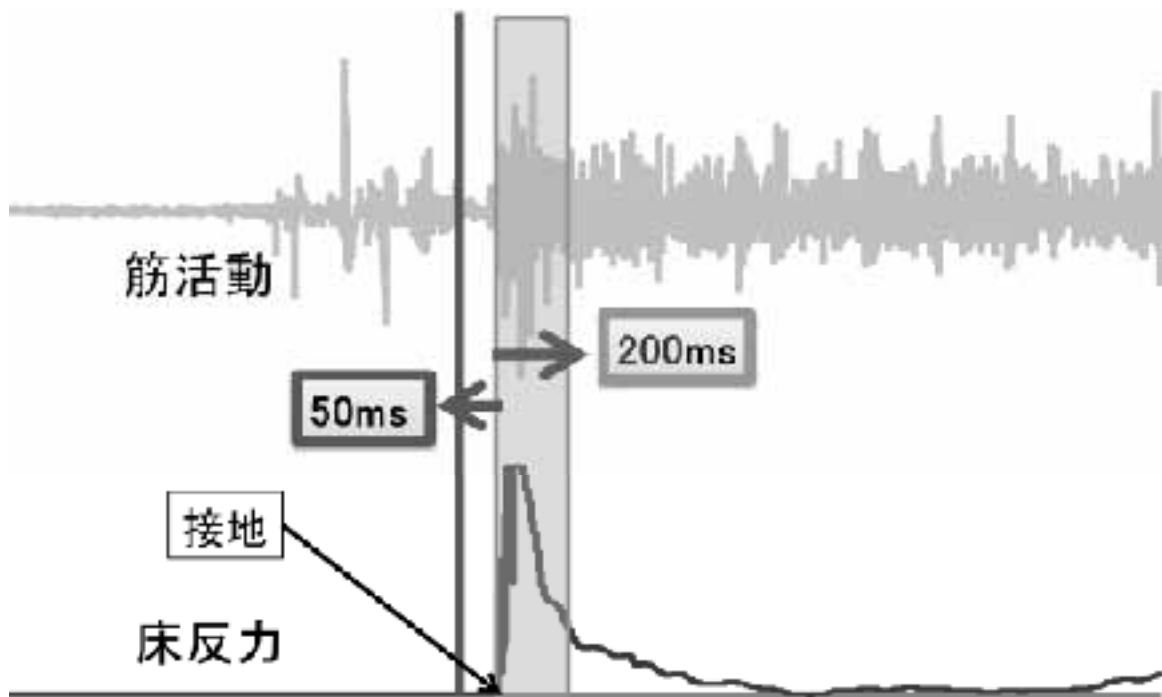


図2 筋活動量と床反力の計測

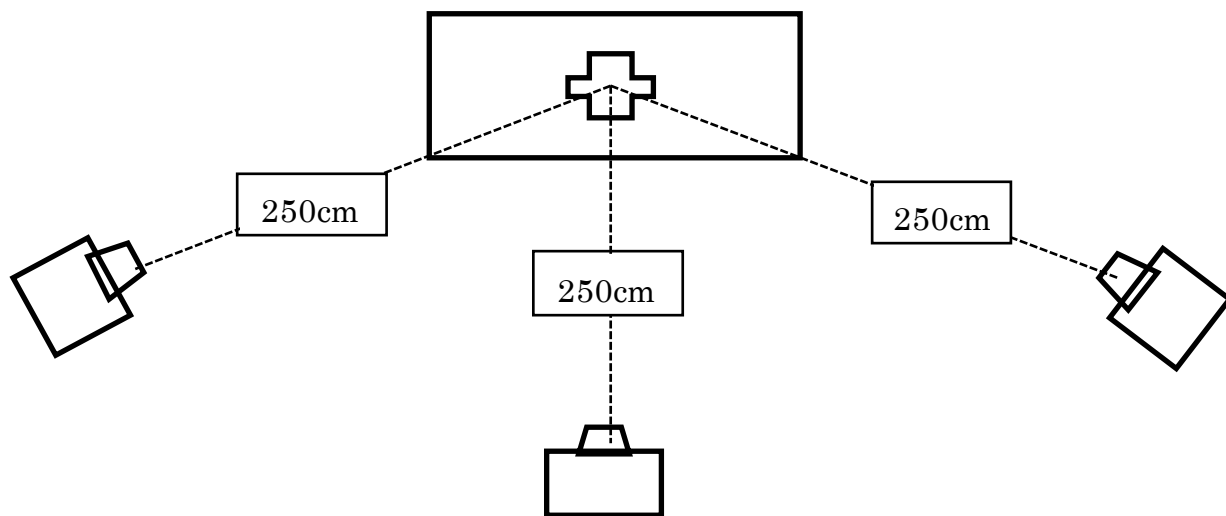


図3 フォースプレートと3台のカメラ位置



図4 マーカーの貼付位置

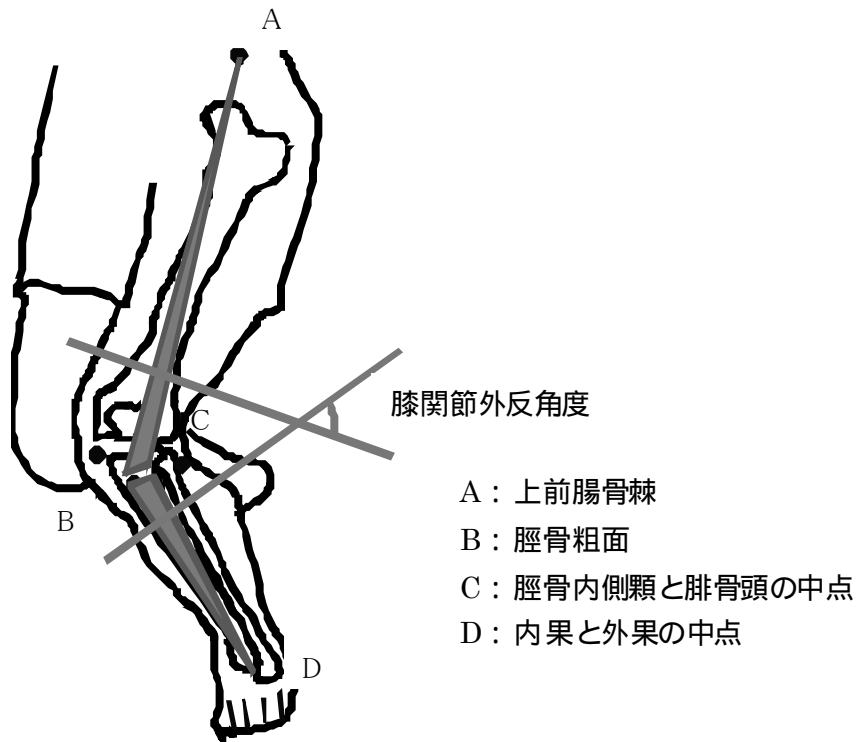


図 5 膝関節外反角度の算出方法(秋本剛ら¹⁸⁾)

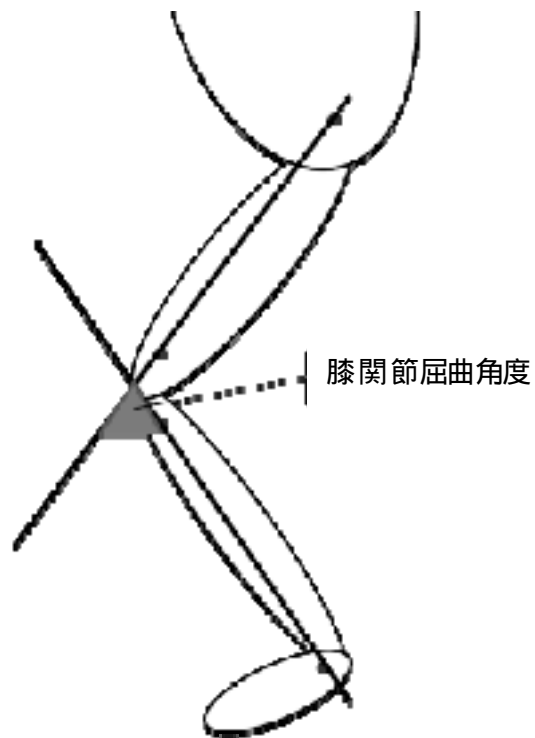


図 6 膝関節屈曲角度の算出方法

結果

最大外反角度は、S群では $5.2 \pm 2.2^\circ$ (n=15), B群は $15.5 \pm 5.1^\circ$ (n=13) であった。また、最大屈曲角度はS群 $33.2 \pm 6.7^\circ$, B群は $39.4 \pm 5.2^\circ$ であった。

B群およびS群における前方ジャンプ着地時の足尖接地の前 50msec 間および足尖接地から 200msec 間の各筋の%MVCと筋活動比を図5に示す。接地前 50msec 間の大腿二頭筋において、S群 $29.7 \pm 11.0\%$ はB群 $19.8 \pm 8.1\%$ に比べ有意に高値を示し、半腱様筋(S群 $15.3 \pm 10.3\%$, B群 $23.0 \pm 8.3\%$)と前脛骨筋(S群 $25.7 \pm 11.7\%$, B群 $44.9 \pm 19.6\%$)ではS群がB群に比べ有意に低値を示した。また大腿直筋(S群 $46.9 \pm 27.4\%$, B群 $58.3 \pm 39.6\%$), 大内転筋(S群 $37.5 \pm 11.3\%$, B群 $37.5 \pm 13.6\%$), 腓腹筋(S群 $75.5 \pm 32.9\%$, B群 $74.8 \pm 53.5\%$), 長腓骨筋(S群 $76.1 \pm 19.6\%$, B群 $63.5 \pm 37.2\%$)において群間に有意な差を認めなかった。(図 7)

接地後 200ms 間において、大腿二頭筋ではS群($23.1 \pm 13.7\%$)はB群($13.0 \pm 5.5\%$)に比べ有意に高値を示し、大内転筋(S群 $33.0 \pm 9.1\%$, B群 $43.6 \pm 9.4\%$), 前脛骨筋(S群 $42.6 \pm 19.5\%$, B群 $64.7 \pm 20.6\%$)ではS群がB群に比べ有意に低値を示した。大腿直筋(S群 $86.1 \pm 50.2\%$, B群 $88.3 \pm 32.4\%$), 半腱様筋(S群 $15.9 \pm 9.0\%$, B群 $18.8 \pm 6.6\%$), 長腓骨筋(S群 $62.7 \pm 31.5\%$, B群 $68.9 \pm 26.1\%$), 腓腹筋(S群 $42.9 \pm 15.1\%$, B群 $52.8 \pm 22.9\%$)において群間に有意な差は認めなかった。(図 8)

また、筋活動比では、接地前、接地後ともに大腿二頭筋/半腱様筋比において接地前(S群 2.72 ± 1.54 , B群 0.96 ± 0.46), 接地後(S群 1.84 ± 1.52 , B群 0.82 ± 0.51)ともにS群がB群に比べ高値を示した。半腱様筋/大腿直筋比(接地前:S群 0.35 ± 0.21 B群 1.08 ± 1.71 , 接地後:S群 0.58 ± 0.98 , B群 0.23 ± 0.09), 大腿二頭筋/大腿直筋比(接地前:S群 0.81 ± 0.43 , B群 0.91 ± 1.40 , 接地後:S群 0.90 ± 1.60 , B群 0.17 ± 0.09)については、接地前、接地後ともに群間に有意な差は認めなかった。(図 9, 10)

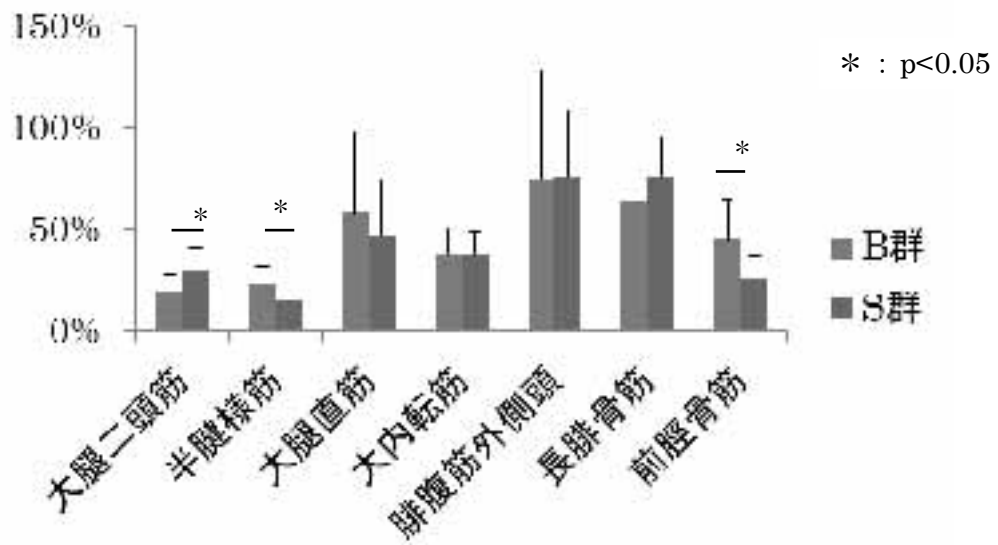


図 7 ジャンプ着地前 50msec の各筋群の筋活動量(%MVC)

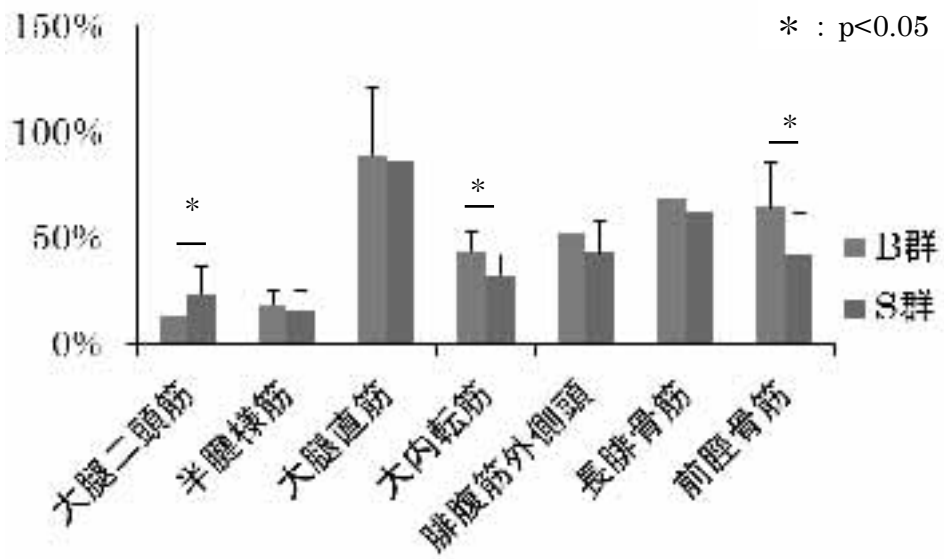


図 8 前方ジャンプ着地後 200msec の各筋群の筋活動量(%MVC)

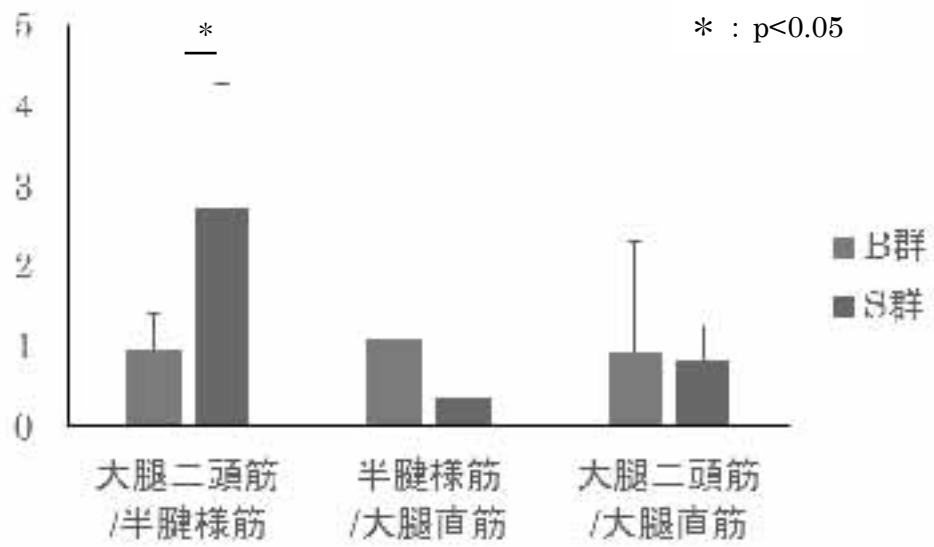


図9 ジャンプ着地前 50msec の各筋群の筋活動比

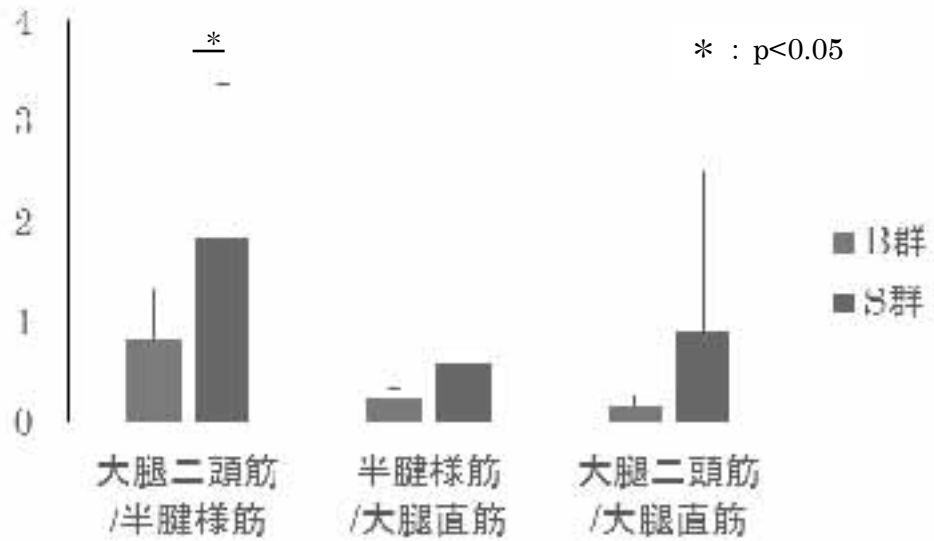


図10 ジャンプ着地後 200msec の各筋群の筋活動比

考察

本研究は、ACL 損傷の受傷機転であるジャンプ着地動作時の膝関節外反の分析を行うことで、ACL 損傷の予防に役立てることを目的とした。今回は、前方ジャンプ着地時の下腿、下肢の筋活動に注目し、膝外反角度との関係を調べた。

大腿二頭筋、半腱様筋の筋活動について

接地前では、大腿二頭筋において S 群が B 群に比べて有意に高い値を示した。半腱様筋において S 群は B 群に比べ有意に低い値を示した。接地後は大腿二頭筋において S 群が B 群に比べ有意に高い値を示し、半腱様筋において群間に有意な差は認められなかった。大西らのハムストリングスの筋活動についての先行研究(大西秀明ら¹⁵⁾によると、膝関節屈曲において、主動作筋であるハムストリングスに含まれる 4 つの筋(大腿二頭筋短頭、大腿二頭筋長頭、半腱様筋、半膜様筋)の筋活動は関節角度に影響され変化することや、膝関節屈曲運動に関与する活動様式に違いがあることが報告されている。その報告によると、大腿二頭筋の筋活動量は下腿回旋肢位に関わらず 90° 屈曲位に比べて 60° 屈曲位の方が有意に高い。また、半腱様筋は下腿中間位および外旋位において 90° 屈曲位に比べて 60° 屈曲位のほうが有意に低いことが示されている。つまり、膝関節屈曲角度が小さい時には膝関節屈曲に対して大腿二頭筋が優位に働き、屈曲角度が大きい時は半腱様筋が優位に働くとしている。本研究でのジャンプ着地動作では半腱様筋に比べ大腿二頭筋が優位に働いたと考えられる。また数々の先行研究から、大腿四頭筋に対するハムストリングスの筋力低下が ACL 損傷のリスクファクターとして述べられている。また McWilliams によると、ハムストリングスの収縮により脛骨の内旋や前方偏位が減少させ ACL の張力を減弱させると報告している(McWilliams et al.⁸⁾。これらの先行研究のように、ACL 損傷の予防にあたりハムストリングスの筋活動の重要性が唱えられている。したがって、本研究において S 群が B 群に比べて大腿二頭筋の筋活動が有意に高値を示したことは、膝関節外反角度の小さなジャンプにおいて大きなジャンプに比べるとハムストリングスの筋活動が大きかったこと示唆すると考えられる。

大内転筋の筋活動について

接地前の大内転筋は B 群と S 群に有意な差を認めなかったが、接地後においては B 群が S 群に比べて有意に高い値を示した。小笠原らによると、ACL に直接ストレスを与える関節肢位は膝関節外反であるが、その膝関節外反には股関節内転が関与すると報告されている(Issei et al.⁵⁾。この先行研究より、大内転筋の作用によって股関節が内転し、膝外反が誘導されたと考えられる。今回、股関節の内転角度については、測定をしていないため明らかにすることができなかったが、股関節の内転角度と大内転筋の筋活動との関連については今後検討を加える必要があると考える。

前脛骨筋の筋活動について

前脛骨筋において接地前の B 群は S 群に比べ、有意に高い値を示した。接地前の前脛骨筋の活動は足関節背屈角度の増加(底屈角度の低下)につながると考えられる。本研究では、足関節の関節角度を測定していないため、推測の域をでないが、接地時の底屈角度が少ないことで、足関節で緩衝できる床反力が少なくなり、膝関節での衝撃緩衝が増加すると考えられる。その結果、膝の外反角度が増加した可能性がある。小笠原らはカッティング動作時における膝関節トルクの検討を行っている。これによると、後足部接荷重によるカッティングは、前足部荷重によるカッティングに比べて、膝関節にかかる外反トルクと内旋トルクが大きかったとしている。外反トルクと内旋トルクの出現は ACL に対して緊張を高める作用を持つと考えられることから、後足部荷重によるカッティングが ACL 損傷の発生リスクを高めると推測している。本研究においても、接地前の前脛骨筋の筋活動が大きいことは接地時の後足部過重につながる可能性が考えられることから、前脛骨筋の筋活動が膝関節の外反角度に影響を与える可能性がある。

また、接地後においても B 群が S 群に比べ有意に高い値を示した。前方ジャンプ着地動作時、膝関節外反角度が大きくなることで、足関節・足部には回内トルクがかかると考えられる。足関節・足部の回内トルクが大きくなる着地後の負荷に対して、回外作用を持つ前脛骨筋が活動する必要があると考えられ、B 群でのより強い回内トルクに対抗するために前脛骨筋がより大きな作用を働かせるために筋活動が高い値を示したと推測できる。

筋活動比について

秋本らの先行研究(秋本剛ら¹⁸⁾では、一般女性を対象者として片脚ジャンプ着地動作を行わせたところ、膝関節外反角度が大きい場合、大腿二頭筋/半腱様筋比が大きくなったと報告されていた。このことから、本研究でも同様に女青アスリートにおいても同様の結果になると仮説を立てていたが、本研究の結果では接地前、接地後ともに膝関節外反角度が小さい試技である S 群の方が B 群に比べて大腿二頭筋/半腱様筋比は、大きい値を示し、先行研究や本研究の仮説に反する結果となった。大腿二頭筋、半腱様筋の筋活動についての考察で述べたように、本研究において接地後の半腱様筋の筋活動量が両群で同等な筋活動量であったこと、また B 群の大腿二頭筋の筋活動量が低かったことの 2 点から、B 群の大腿二頭筋/半腱様筋比が小さくなったと考える。膝関節屈曲角度の浅さから大腿二頭筋が優位に働いたことが考えられるため、膝関節の屈曲角度がさらに大きくなるような着地時に半腱様筋の筋活動とともに大腿二頭筋/半腱様筋比がどのように変化するかについては今後の検討が必要であると考ええる。

また、半腱様筋/大腿直筋比、大腿二頭筋/大腿直筋比においては有意な差は認めなかった。最大筋力におけるハムSTRING/大腿四頭筋比(H/Q比)の低下はACL損傷のリスクとしてあげられている。最大筋力に併せて、内側広筋、外側広筋といった他の膝関節周囲筋の筋活動量についても検討していくことで、より詳細なH/Q比とACL損傷の関連性が検討できる可能性があると考ええる。

今後の展望

ACL 損傷の受傷率は男女で異なり、それは男女のアライメントの違いが関与していると考えられているが、一致した見解は得られていない。本研究では、対象の下肢アライメントを測定しなかった。今後は、下肢アライメントが膝関節外反角度や下腿の筋活動とどのような関連があるのかを比較・検討する必要があると考ええる。また、最大筋力と関節トルクや他の関節筋についても併せて検討することが必要である。

結論

膝関節外反角度が大きいジャンプほど大腿二頭筋/半腱様筋比が大きいという仮説を立てていたが、膝関節外反角度が大きいジャンプは小さいジャンプに比べて大腿二頭筋/半腱様筋比が小さく、大腿二頭筋の筋活動量が接地前、接地後ともに小さいという結果が得られた。また、膝関節外反角度が大きい場合、接地前後の前脛骨筋と接地後の大内転筋の筋活動が大きいことが示唆された。このような筋活動は、ACL損傷のリスクファクターとなりうると考えられる。

参考文献

1. Arendt E., Agel J., Dick R. (1999) Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *J Athl Train* 34:86-92.
2. Bjordal J., Arnly F., Hannestad B., Strand T. (1997) Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Am J Sports Med.* 25:341-345.
3. Boden B.P., Dean G.S., Feagin J., Garrett W. (2000) Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 23:573-578.
4. Ireland M. (1999) Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *J Athl Train.* 34:150-154.
5. Issei O., Yutaka M., Hitoshi S., Naoki M., Masahiro T., Takashi Y., Shumpei M. (2006) Gender differences of lower extremity kinematics during single leg landing. *The Japanese Society of Physical Fitness and Sport Medicine* 55:403-412.
6. Kennedy J.C., Weinberg H.W., Wilson A.S. (1974) The anatomy and function of the anterior cruciate ligament as determined by clinical and morphological studies. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 56:223-235.
7. Langevoort G., Myklebust G., Dvorak J., Junge A. (2006) Handball injuries during major international tournaments. *Scand J Med Sci Sports* 12:400-407.
8. MacWilliams B., Wilson D., DesJardins J., Romero J., Chao E. (1999) Hamstrings cocontraction reduces internal rotation, anterior translation, and anterior cruciate ligament load in weight-bearing flexion. *J Orthop Res.* 17:817-822.
9. McNair P., Marshall R., Matheson J. (1990) Important features associated with acute anterior cruciate ligament injury. *The New Zealand Medical Journal* 103:537-539.
10. Myklebust G., Maehlum S., Holm I., Bahr R. (1998) A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 8:149-153.
11. Olsen O.-E., Myklebust G., Engebretsen L., Bahr R. (2004) Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball a systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine* 32:1002-1012.
12. Seil R., Rupp S., Tempelhof S., Kohn D. (1997) Injuries during handball. A comparative, retrospective study between regional and upper league teams. *Sportverletz Sportschaden.* 11:58-62.
13. Teitz C. (2001) Video analysis of ACL injuries. *Prevention of noncontact ACL injuries.* Rosemont, IL: American Association of Orthopaedic Surgeons:87-92.
14. 井原秀俊, 高山正伸, 福本貴彦, 下沖典子. (2005) 非接触性 ACL 損傷における性差・左右差. *整形外科と災害外科* 54:241-246.
15. 大西秀明, 池田知純, 八木了, 赤坂清和, 大山峰生, 百瀬公人, 伊橋光二, 半田康延. (1999) 最大等尺性膝屈曲運動時のハムストリングスの筋活動について. *理学療法学* 26:62-67.

16. 大見頼一, 尹成祚, 長妻香織, 川島達宏, 栗原智久, 小林朋美, 栗山節朗, 宮本謙司, 齋藤千津子, 加藤宗規. (2012) 膝前十字靭帯損傷予防プログラムのトレーニング効果～三次元動作解析による片脚着地動作と下肢筋力評価～. 日本臨床スポーツ医学会誌 20:56-65.
17. 森口哲史, 岡本研二, 川合武司. (1999) スポーツ選手の傷害について--女子ハンドボール選手の傷害調査から. 茨城大学教育学部紀要 教育科学, 教育科学:107-120.
18. 秋本剛, 浦辺幸夫, 市木育敏, 井手一茂. (2009) 片脚ジャンプ着地時の膝関節外反角度とハムストリング筋活動比との関係. 理学療法科学 24:137-141.