

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）

女子ラクロス競技でのスポーツ傷害の
実態と予防の実践

Injury Surveillance and Injury Prevention
in Female Lacrosse

2013年7月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科
佐野村 学
SANOMURA, Manabu

研究指導教員： 福林 徹 教授

目 次

第 1 章 序論	1
第 1 節 序	2
第 2 節 本論文の構成	21
第 2 章 大学女子ラクロスの傷害調査	23
研究 1 大学女子ラクロスの 2 年間の傷害調査	24
2-1-1 緒言	24
2-1-2 対象と方法	26
2-1-3 結果	27
2-1-4 考察	42
2-1-5 結語	52
第 3 章 足趾開排が動的下肢アライメントに及ぼす影響	53
研究 2 足趾開排能および足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影 響 一片脚スクワット，片脚ドロップランディング，カッティング動作での 分析—	54
3-2-1 緒言	54
3-2-2 対象と方法	55
3-2-3 結果	63
3-2-4 考察	74
3-2-5 結語	80
第 4 章 ラクロススティックの保持や操作が動的下肢アライメントに及ぼす 影響	81
研究 3 ドロップバーティカルジャンプ時におけるラクロススティックの保 持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響.....	82
4-3-1 緒言	82
4-3-2 対象と方法	83
4-3-3 結果	86
4-3-4 考察	89

4-3-5 結語	91
研究 4 ラクロススティックの保持の有無がカッティング動作時の下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響	92
4-4-1 緒言	92
4-4-2 対象と方法	93
4-4-3 結果	96
4-4-4 考察	98
4-4-5 結語	102
第 5 章 下肢形態および下肢筋力と静的・動的バランス能力および下肢アライメントとの関連性	103
研究 5 足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性	104
5-5-1 緒言	104
5-5-2 対象と方法	105
5-5-3 結果	109
5-5-4 考察	114
5-5-5 結語	115
研究 6 静的下肢アライメントおよび股関節外転筋力とドロップバーティカルジャンプ時の下肢キネマティクス・キネティクスとの関連性	117
5-6-1 緒言	117
5-6-2 対象と方法	119
5-6-3 結果	126
5-6-4 考察	130
5-6-5 結語	136
第 6 章 下肢傷害予防トレーニング介入と効果検証	138
研究 7 下肢傷害予防トレーニング介入が足趾機能，足部形態，静的・動的バランス能力に及ぼす影響	139
6-7-1 緒言	139
6-7-2 対象と方法	140

6-7-3 結果	142
6-7-4 考察	146
6-7-5 結語	152
研究 8 大学女子ラクロス競技を対象とした下肢傷害予防トレーニング介入 が傷害発生数および傷害発生頻度に及ぼす影響	153
6-8-1 緒言	153
6-8-2 対象と方法	155
6-8-3 結果	156
6-8-4 考察	169
6-8-5 結語	174
第 7 章 総合考察	175
総合考察	176
第 8 章 まとめ	181
まとめ	182
引用文献	183
業績一覧	209
謝辞	212

第 1 章

序論

第 1 節 序

1-1. 緒言

21 世紀に入り，スポーツ医学会ではスポーツ傷害に対する予防に焦点が向けられ，世界各国において多数の研究が進められている．スポーツ傷害予防に向けた取り組みの方法はさまざまであるが，それらの確立のためには多角的なアプローチが必要であり，今後，より多くの研究と検証が必要であるが，早期の確立が期待されている．傷害予防法の実践およびその確立のために，多数の先行論文から段階的モデルが紹介されている．その一つに傷害要因の複合的モデルがある（図 1）[Meeuwisse, 1994]．これは，傷害要因を内因的・外因的要因に分けて考えられているが，内因的要因については年齢，柔軟性，受傷既往歴，体型（somatotype），その他バイメカニクス，コンディショニング，身体の成熟度（maturation stage）等が該当し，外因的要因については天候，フィールドの状態，ルール，装具等が該当する．これらの内因的および外因的要因がアスリートの傷害発生に影響を及ぼし，さらには傷害を誘発する事象，すなわち傷害機序により傷害が発生する．これらの一連の傷害モデルは内因的・外因的要因から傷害に至るまでの危険要素として捉えられているが，アスリートに内在する危険要素を早期発見し，適切に対応することが傷害予防のために重要であることが示されている[Meeuwisse, 1994]．

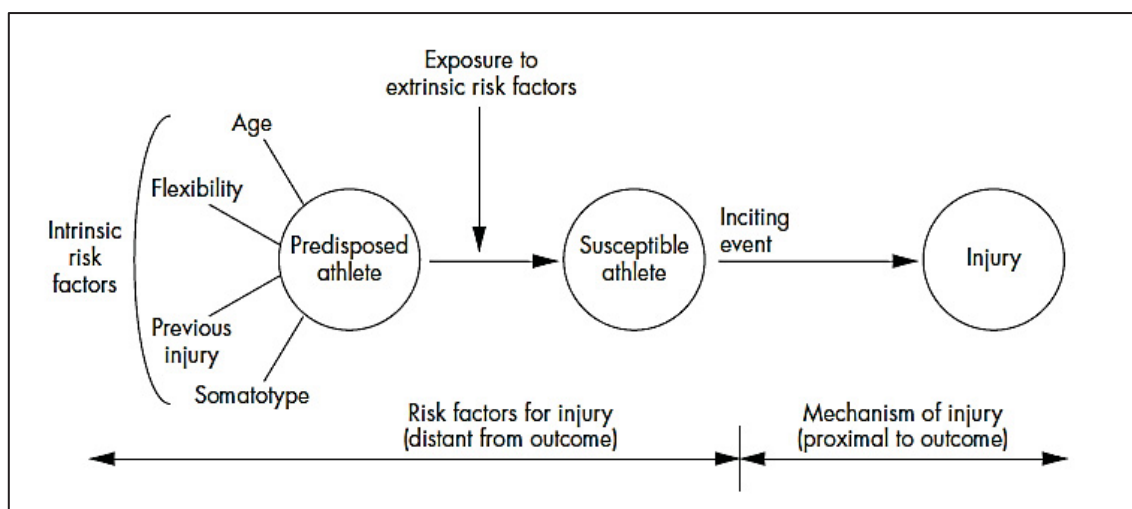


図 1 A new multifactorial model of athletic injury epidemiology [Meeuwisse, 1994]

図1で示した傷害要因モデルが Bahr と Krosshaug (2005) により改良された (図2) [Bahr and Krosshaug, 2005]. これは、スポーツ傷害発生要因となる内因的・外因的要因について、より詳細に示されており、内因的要因については年齢、性差、身体組成、健康、体力、解剖学的、技術、病理学等があげられ、外因的要因については、スポーツ要因 (コーチング、ルール、審判等)、各種防具、用具、環境等があげられている。これらの要因が傷害発生の影響を受けやすくなること、そしてこれらの要因から傷害が予測されるアスリートを見出すこと、また、傷害の実際においては、プレー状況や選手および敵選手の動き、身体力学 (運動メカニズム)、詳細な各関節の動き等が傷害発生の要因となることが示されている。

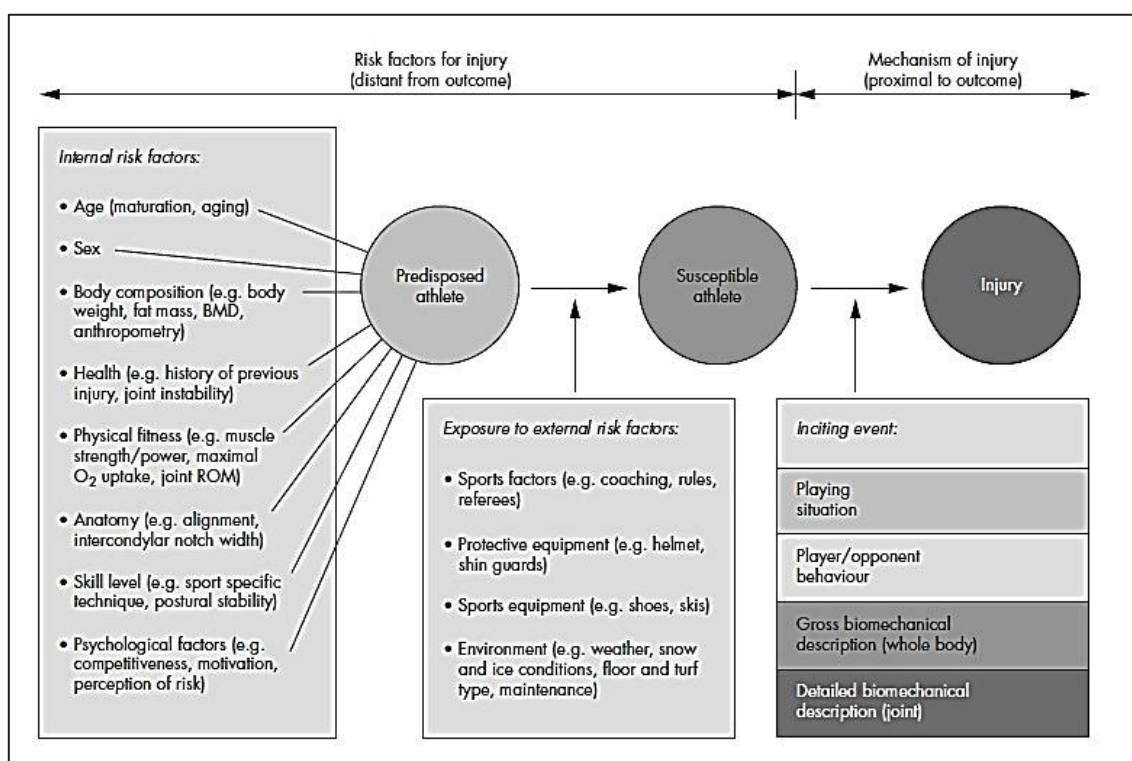


図2 Comprehensive model for injury causation [Bahr and Krosshaug, 2005]

スポーツ傷害要因を示す複合的モデルにつづいて、スポーツ傷害予防の実践モデルとして、多数引用されている van Mechelen ら (1992) が提唱した4段階モデルがある (図3)。これは、4つのステップを経てスポーツ傷害予防法を確

立させるといふ考え方を図式化したものである。それぞれのステップについて、第1ステップでは、傷害の頻度や重症度を明らかにすることとし、傷害の部位・種類・原因等を明らかにするほか、傷害発生数や傷害発生率、重症度、受傷状況等の調査により、傷害の実態および傷害の特徴をより詳細に把握する。第2ステップでは、傷害の原因、メカニズムを明らかにすることとし、特に頻発している傷害に対する傷害の原因、メカニズムを解明する。そして第3ステップでは、第1および第2ステップでの検証内容に基づいて、傷害予防プログラムを考案し、スポーツ現場での介入を行う。最後に第4ステップで、第3ステップで実施された介入効果検証と、第1ステップから第3ステップまで行われた内容および検証結果に対する再検討を行い、総合判定等を行う。そしてまた第1ステップへ戻り、各段階を経ながら検証を繰り返していく。この継続的な実施により、スポーツ傷害予防法が確立されていくというものである。この4段階モデルから、スポーツ傷害予防に向けた取り組みとして、初めにスポーツ傷害の実態を明らかにすること、すなわちスポーツ傷害調査から始めるということである。

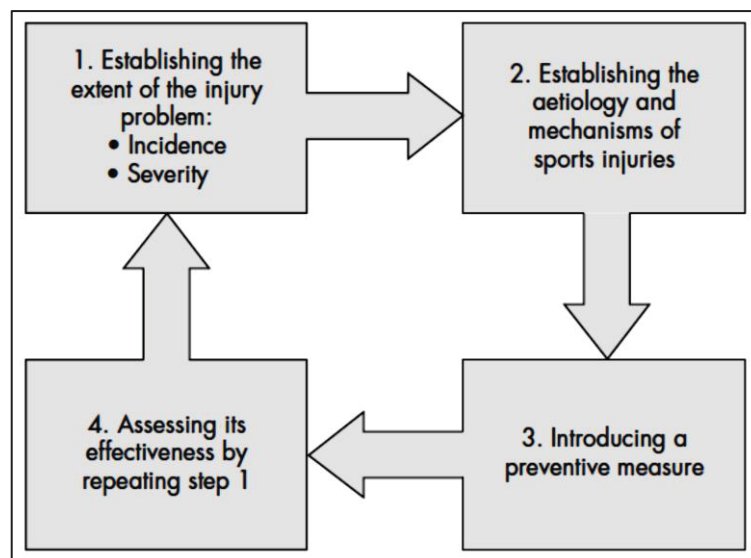


図3 Four step sequence of injury prevention research [van Mechelen, 1992].

1-2. スポーツ傷害調査法

今日、スポーツ傷害調査は国内、海外において多数の競技で実施されているが、それらの調査方法は、各競技団体が競技特殊性を考慮して、独自の調査法が考案され実施されている。これらの調査から得られた結果は、同競技での大会レベル、年齢、性別等による対象者別の比較検討が可能であるが、他の競技との比較が困難である場合が多い。それは、傷害の部位や種類、原因、重症度等の項目が統一されていない為である。また、傷害の定義についても異なる場合がある。そこで近年、国際オリンピック委員会（International Olympic Committee：以下、IOC）が主となり、初めて全競技を対象とした統一した調査方法が確立された[Junge et al., 2006]。この調査方法は、団体競技、個人競技いずれにおいても対応出来ること、そしてオリンピックのように複合的に競技が開催される大会においても同一調査方法での調査が可能であり、各競技間における傷害の比較検証が可能になっている。現在、このような世界統一基準の傷害調査方法が確立され、各国の競技団体においても同一基準での傷害調査が実施されることが期待されている。世界レベルでの傷害調査の取り組みについては、国際大会レベルでの傷害調査が実施されており、FIFA ワールドカップ[Dvorak et al., 2011; Dvorak et al., 2007; Junge et al., 2004-1; Junge et al., 2004-2; Junge and Dvorak, 2007]、IAAF 世界陸上競技選手権大会[Alonso et al., 2009]、IHF 世界ハンドボール選手権大会[Langevoort et al., 2007]、FINA 世界水泳競技選手権大会[Mountjoy et al., 2010]が、また、アジア地域での国際サッカー大会[Yoon et al., 2004]の報告もみられる。オリンピック競技大会の傷害調査においては、IOC が作成した統一基準での傷害調査が 2004 年アテネオリンピック競技大会から実施され（アテネオリンピックでは 8 つの団体競技で実施）[Junge et al., 2007]、さらに 2008 年北京オリンピックにおいて、初めて個人競技と団体競技を含めた全競技を対象とした同一基準での傷害調査が実施された[Junge et al., 2009]。北京オリンピック競技大会で実際に行われた傷害調査を例に、その概要を説明する。競技期間中に発生した傷害は、傷害調査用紙[Junge et al., 2006]に、選手の登録番号、競技種目、受傷日時、受傷時の状況、傷害の部位、傷害の種類、傷害の原因、通常のトレーニングもしくは試合に参加出来ないと推定される日数

等を記入する。傷害の部位は 24 ヶ所，傷害の種類 19，傷害の原因 12 が各リストに挙げられ（表 1），それぞれに付けられたコード番号を記入し報告するシステムになっている。

表 1 傷害の部位・種類・原因の各項目とコード番号

傷害の部位（24）		
頭部と体幹（8） 1.顔（目，耳，鼻を含む） 2.頭部 3.頸部/頸椎 4.胸椎/上背部 5.胸骨/肋骨 6.腰椎/下背部 7.腹部 8.骨盤/仙骨/殿部	上肢（8） 11.肩部/鎖骨 12.上腕 13.肘 14.前腕 15.手関節 16.手 17.四指 18.母指	下肢（8） 21.股関節 22.鼠径部 23.大腿 24.膝 25.下腿 26.アキレス腱 27.足関節 28.足部/足趾
傷害の種類（19）		
1.脳震盪（意識喪失を認めないもの） 2.骨折（外傷性） 3.疲労骨折（オーバーユース） 4.他の骨傷害 5.脱臼，亜脱臼 6.腱断裂 7.靭帯断裂不安定性あり 8.靭帯断裂不安定性なし 9.捻挫（関節 and/or 靭帯傷害） 10.半月板 or 軟骨傷害	11.捻挫/肉離れ/筋断裂 12.打撲/血腫/挫傷 13.腱炎/腱周囲炎 14.滑液包炎 15.裂創/皮膚傷害 16.歯の傷害 17.神経傷害/脊椎傷害 18.筋肉痛 or スパズム 19.その他	
傷害の原因（12）		
1.オーバーユース（徐々に発症） 2.オーバーユース（急に発症） 3.非接触型傷害 4.以前の傷害部位の再発 11.接触型傷害（他の選手） 12.接触傷害（動いている物）（例，ボール） 13.接触傷害（動いていない物）（例，ネット） 14.ルール違反（反則行為） 21.フィールドの状態 22.天候 23.用具欠陥 24.その他		

IOC Injury Surveillance System によって実際に行われた 2008 年北京オリンピックの傷害調査結果について一部説明する[Junge et al., 2009]. 対象競技数 32 競技, 選手登録者総数 10977 名で, 総傷害発生数は 1055 例であった. 傷害発生率は, 96.1 例/1000 選手登録者数であった. 総傷害発生数 1055 例のうち, 試合中に発生した傷害数は 633 例 (73.8%) (データ不足が確認された 197 例は除外), トレーニング中に発生した傷害数は 225 例 (26.2%) (データ不足が確認された 7 例は除外) 報告されている. 競技別にみると, 最も傷害発生割合が高い競技はサッカーで, 登録選手数 496 名中 156 名 (31.5%), 次にテコンドーで 126 名中 34 名 (27.0%), 陸上ホッケー 382 名中 78 名 (20.4%), ハンドボール 334 名中 58 名 (17.4%), ウエイトリフティング 255 名中 43 名 (16.9%), ボクシング 281 名中 42 名 (14.9%), ソフトボール 119 名中 16 名 (13.4%), 野球 189 名中 21 名 (11.1%) の順であった. 全傷害の中で, 最も多くつけられた診断名は「足関節の捻挫」で 81 例 (報告された全傷害名, 1108 例の 7.3% を占める), つづいて「大腿部の筋挫傷」75 例 (6.8%) であった. 部位別でみると, 最も多い傷害の部位は大腿 (13.3%) と膝 (12.1%), つづいて下腿, 足関節であり, 頭部傷害 (9.4%) もまた, 上位に位置した傷害部位の一つであった. 傷害の部位を上肢・下肢・体幹・頭頸部の 4 つに分けて比較すると, 下肢の傷害が最も多く 600 例 (54.2%), 次に上肢 218 例 (19.7%), 体幹 149 例 (13.4%), 頭頸部 133 例 (12.0%) の順であった. 傷害の原因別でみると, 最も多い傷害の原因は, 他の選手との接触による傷害が 282 例 (32.9%) で全体の約 1/3 を占めており, 非接触型傷害が 172 例 (20.0%), オーバーユース (急に痛みが発生) が 110 例 (12.8%), つづいて同様にオーバーユース (徐々に痛みが発生) が 78 例 (9.1%) であった. トレーニングや試合を中断しなければならなかった傷害例が 844 例中 419 例 (49.6%) で, 約半数をも占めていたほか, 医師により 1 週間以内の中断が推定された傷害例が 275 例 (33.0%), 1 週間から 1 ヶ月の中断が推定された傷害例が 93 例 (11.2%), さらに 4 週間以上の中断が推定された傷害例が 41 例 (4.9%) みられた. 4 週間以上の中断が推定された 41 例の傷害の内訳は, 骨折 13 例, 靭帯断裂 8 例, 筋挫傷 6 例, 脱臼 5 例, アキレス腱断裂 3 例, 捻挫 3 例ほかであった. 骨折の割合が高い競

技はテコンドーで 6 例 (4.8%) , 次にハンドボール 4 例 (3.0%) , ボクシング 5 例 (1.8%) , サッカー 6 例 (1.2%) , 陸上競技 10 例 (0.5%) であり, 脱臼/腱もしくは靭帯断裂の割合が高い競技はテコンドーで 4 例 (3.2%) , 柔道 8 例 (2.1%) , ハンドボール 7 例 (2.1%) , ウェイトリフティング 5 例 (2.0%) , レスリング 5 例 (1.5%) であった. 脳震盪についてはボクシングで 2 例 (0.7%) , サッカーで 3 例 (0.6%) , その他 1 例で野球, バasketボール, ホッケー, 柔道, テコンドー, 自転車, カヌー/カヤックほかでみられた. 男女別の傷害では男性 549 例 (54.2%) , 女性 464 例 (45.8%) の報告がみられた. これらの報告のように, 全競技において統一された調査方法による結果は, 他の競技との比較検討が可能となり, 各競技別の傷害の特徴がより明らかになる. 今日, IOC により, スポーツ傷害予防に向けた取り組みが多数行われているが, 2011 年 4 月にモナコで開催された世界スポーツ傷害・疾病予防医学会 “The 3rd World Congress on Injury Prevention, The IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport” の主催となり, 当学会において多数の傷害調査報告が行われた [IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport, 2011]. また, 世界各国の代表者によるスポーツ医学を中心としたスポーツ傷害予防に関する多数のシンポジウムやワークショップ, 研究発表等が行われていた [Abstracts from the IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport, 2011; Sanomura and Irie, 2011(abstract); 佐野村, 2012].

1-3. 下肢傷害とその要因

下肢傷害メカニズムについて, 下肢傷害に関する先行論文から, 外因的要因として, 大会レベル, 技術レベル, シューズのタイプ, サーフェイスに関する報告が多数みられ, 内因的要因に関する報告からは, 年齢, 性差, 月経周期, 傷害既往歴および適切なリハビリテーション, 有酸素的能力, 体型, 利き脚と非利き脚側への傷害発生について, 柔軟性, 筋力, バランス能力, 筋発火時間, 下肢周径囲, 姿勢制御能力, 解剖学的アライメント, 足部形態等について複数みられる [Murphy et al., 2003]. 外因的要因の一つである大会レベルについては, 練習時と試合時の傷害発生率の比較について多数の報告がみられるほか, 膝前

十字靭帯 (anterior cruciate ligament : 以下, ACL) 傷害発生率の比較についても複数報告されている。競技はサッカー, バasketボール, サッカー, バレーボール, アメリカンフットボール, アイスホッケーの報告であるが, 多くの競技において, 試合時の傷害発生率が練習時の傷害発生率に比べて高い発生率を示していた。特にハンドボールにおいては 24 倍高く [Seil et al., 1998], アイスホッケーでは 25 倍高い [Stuart and Smith, 1995] という報告もある。ACL 傷害発生率については, ハンドボールの試合時の傷害発生率が練習時に比べて 30 倍高い [Myklebust et al., 1998] という報告もみられた。そのほかラクロスにおいても練習時に比べて試合時の傷害発生率が高いという報告が複数みられている [Dick et al., 2012; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2004].

技術レベルによる傷害発生率の比較について, Peterson ら (2000) によるサッカーに関する報告によると, 技術レベルの低い群は高い群と比較して, 傷害発生頻度が 2 倍高かったことを報告し, Chomiak ら (2000) もサッカー競技の比較で, 技術レベルの低い群は高い群と比較して傷害発生頻度が 2 倍高かったことを報告している。一方, 同競技の比較において, 技術レベルの高い群は低い群と比較して, 傷害発生頻度が高かったとの報告もみられており [Hopper et al., 1995], 技術レベルと傷害発生頻度に関しては一致した見解は得られていない。

サーフェイスが下肢傷害に及ぼす影響については, 人工芝の傷害発生頻度が天然芝等のサーフェイスでの傷害発生頻度と比較して高いという報告が多数みられる。アメリカンフットボールにおいて, Powell (1992) は, 人工芝と天然芝の傷害発生頻度を比較して, 人工芝での膝関節捻挫が高かったことを報告し, 加えて ACL 傷害発生率も高かったことを報告している。Arnason ら (1996) はサッカーにおいて, 人工芝での傷害発生率は天然芝と比較して, 2 倍高い発生率を示したことを報告している。また, Olsen ら (2003) は, ハンドボールにおいて, 木製の床と人工的に作られた床での傷害発生率を報告した。特に女性において, 人工的に作られた床での傷害発生率が, 木製の床と比較して高い発生率を示していた。同じく Olsen ら (2003) の報告からも, 人工的に作られた床での傷害発生数が, 木製の床と比較して高い傾向を示していた。人工芝もし

くは人工で作られた床での傷害発生率が高いことが多数報告されているが、これは床面とシューズの接触面での摩擦抵抗が高まることで、急激なストップ、カッティング、ピボット動作時に、関節や筋肉、軟骨、腱、靭帯への伸張ストレスや捻転ストレスがかかることが要因であると考えられている[Heidt et al., 1996; Inklaar, 1994].

内因的要因については、性差と傷害に関する報告では、サッカーにおいて Backous ら (1988) は女性は男性に比べ、総傷害発生率が高かったことを報告し、バスケットボールにおいて、Hosea ら (2000) は女性は男性に比べ、足関節捻挫の傷害発生率が高かったことを報告している。一方で、Baumhauer ら (1995) は、フィールドホッケー、サッカー、ラクロスの足関節捻挫傷害発生率を比較したが、男女間に差はなかったことを報告し、Beynon ら (2001) も同競技の比較において、男女差はみられなかったことを報告している。そのほかサッカー競技において、男女の傷害調査を行ったところ、全傷害の男女の比較において差はみられなかったが、下肢の傷害については足関節靭帯傷害は男性は女性に比べ3倍高い発生率を示し、一方、膝関節靭帯傷害については女性は男性に比べて3倍高い発生率を示していた[Lindenfeld et al., 1994]. また、膝関節傷害について、総傷害発生率の男女差はみられなかったが、膝関節傷害については女性は男性に比べて60%の高い発生率を示したことが報告されたほか、ACL 傷害については3.6倍高い発生率を示したことが報告されている[Messina et al., 1994]. 多数の先行論文から、下肢の傷害について、足関節傷害発生率の男女差について結論は得られていないが、膝関節傷害、特にACL 傷害発生率の比較では女性は男性に比べて傷害発生率が極めて高いことが報告されており、2~8倍の傷害発生率の高さが示されている[Liederbach et al., 2008; Stevenson et al., 1998; Agel et al., 2005; Olsen et al., 2003; Arendt et al., 1999; Myklebust et al., 1998; Ireland, 1999; Gray et al., 1985].

傷害既往歴の有無と傷害発生との関係については、特に足関節傷害に関する報告が多数みられる。サッカー、バスケットボール、バレーボールからの報告では、足関節傷害の既往歴をもつ者は、同部位の傷害発生リスクが高いことが報告されている[McKay et al., 2001; Bahr et al., 1997; Surve et al., 1994]. そのほ

かバスケットボールの膝関節傷害の既往をもつ者と傷害発生との関係についても、同部位の既往をもつ者は傷害発生リスクが高いことが報告されている [Messina et al., 1994]. これらは、過去に発生した同部位の再傷害発生率との関係が示されているが、初回傷害後に行われる適切な治療やリハビリテーションの実施の有無が影響していると考えられ、筋力やバランス能力の低下、靭帯の不十分な回復状態での競技復帰が再傷害を発症させる要因となっている. Ekstrand と Gillquist (1983) は、サッカー選手を対象として、不適切なリハビリテーションが原因で同部位の再傷害を発症させたものが 25.8%みられたこと、Chomiak ら (2000) は、同じくサッカー選手を対象に、不適切な処置やリハビリテーションが原因で、同部位の再傷害を発症させたものが、約 24%みられたと報告している.

利き脚側もしくは非利き脚側に発症した傷害の割合に関する調査報告によると、Baumhauer ら (1995) は、サッカー、フィールドホッケー、ラクロスを対象として、右脚が利き脚である群と左脚が利き脚である群とを比較し、左脚が利き脚である群において、足関節捻挫が多く発症していたことを報告している. Ekstrand と Gillquist ら (1983) によると、同じくサッカー選手を対象とした調査で、92.3%が利き脚側に足関節傷害を発症したことを報告している. 女子エリートサッカーを対象とした調査では [Faude et al., 2006], 利き脚側に足関節傷害が多く発生したほか、膝関節傷害も利き脚側に多く発生したことを報告している. 国際レベルからレクリエーションアスリートまでを対象とした足関節捻挫に関する傷害調査によると [Yeung et al., 1994], 利き脚側に発生した割合が高いことを報告している. Orchard (2001) は、オーストラリアンフットボールにおいて、大腿四頭筋筋挫傷を発症した者が、利き脚側に多かったことを報告している. また、左脚および右脚による傷害の比較では、女子サッカーを対象とした調査では [Engström et al., 2005], 右脚に傷害が多い傾向が示されたほか、高校・大学サッカー、バスケットボール、ラクロス、フィールドホッケーを対象とした足関節捻挫の傷害調査においても [Beynon, 2005], 右脚に多く発生していたことが報告されている. 一方で、足関節捻挫および下肢傷害と利き脚・非利き脚側での傷害発生率において、その差はみられなかったとの報告も多数み

られており [Beynnon et al., 2001; Seil et al., 1998; Surve et al., 1994], 利き脚側に比較的傷害が多く発症している傾向がみられるが結論は得られていない。

関節弛緩性と傷害リスクとの関係については、その傾向は示されているが一定した見解は得られていない。Ostenberg と Roos (2000) はサッカーにおいて、関節弛緩性の高いものとそうでないものを比較し、関節弛緩性の高いものは下肢傷害発生リスクが4倍高かったことを報告している。また、Söderman ら (2001) は、同じくサッカーを対象として、関節弛緩性の高いものは下肢傷害リスクが3.1倍高かったことを報告した。また、ACL 傷害と全身弛緩性との関連性については、849名の士官学校生を対象として、ACL 傷害群と非傷害群とを比較したところ、ACL 傷害群において全身弛緩性が高かったことを報告し [Uhorchak et al., 2003], Ramesh ら (2005) は、ACL 傷害群とコントロール群を比較し、ACL 傷害群は全身弛緩性が高かったことを報告した。膝関節弛緩性と膝関節傷害との関連性については、Ekstrand と Gillquist (1983) は、サッカーを対象として、膝関節の内反・外反、前方・後方の弛緩性を検査し、それらの弛緩性が高いものは傷害リスクが高かったことを報告し、Chomiak ら (2000) は同競技を対象として、膝関節の前方・後方引き引しテスト、内反・外反ストレステスト、その他ラックマンテストを実施し、膝関節弛緩性の増加が膝関節と足関節傷害の危険因子となると述べている。

関節可動域と下肢傷害との関連性については、Söderman ら (2001) は、女子サッカーにおいて、膝関節伸展角度が 10° 以上あるものは、下肢傷害リスクが高まることを報告しているが、足関節背屈角度およびハムストリングの柔軟性と傷害リスクとの関係については有意な報告はみられていない。Beynnon ら (2001) は、同競技の女性の距骨下関節の回内方向への動きが足関節捻挫傷害のリスクとなり、Kaufman ら (1999) は、後足部の回内角度が大きい者は、アキレス腱炎のリスク要因の一つになると述べている。そのほか、関節可動域と下肢傷害に関する報告が多数みられるが [Wiesler et al., 1996; Barrett and Bilisko, 1995], 一致した見解は得られていない。

解剖学的アライメントと下肢傷害の報告については、Souryal と Freeman (1993) が、902名の高校生アスリートを対象に、大腿骨顆間窩幅指数 (notch

width index : 以下, NWI) と ACL 傷害との関連性を検証し, 男女アスリート共に ACL 傷害者の NWI が, 非傷害者と比べて小さかったことを報告し, LaPrade と Burnett (1994) は, 大学バスケットボール, サッカー, バレーボール, 体操, フットボール, アイスホッケーの計 213 名の NWI を測定し, ACL 傷害者と非傷害者と比較したところ, 男女ともに傷害者の NWI が小さかったことを報告している. しかしながら, NWI と ACL 傷害メカニズムとの関連性については更なる検討が必要とされ, NWI が小のものが ACL 傷害発生率が高いという傾向が示されているが一定の見解は得られていない.

そのほか Shambaugh ら (1991) はバスケットボールにおいて, 下肢傷害が発生した対象者の Q-angle の左右差が大きく, 傷害を負った脚側の Q-angle が大きかったことを報告し, また, 荷重位での後足部 (踵骨) の外反角度の左右差が大きく, 傷害を負った足側の角度がより大きかったことを報告している. Cowan ら (1996) は, 246 名の軍人を調査し, 過度な膝関節外反を呈する者と Q-angle が 15° 以上きい者に慢性的な下肢傷害がみられたことを報告し, Wen ら (1998) は, 255 名の慢性的な下肢障害をもつ対象者に対し, Tubercle sulcus angle (膝蓋骨中央と脛骨粗面の結んだ線と床からの垂直線とのなす角度(座位にて測定)) と膝関節内反・外反アライメント, 下肢長を測定したところ, Tubercle sulcus angle の角度が大きい者と膝関節内反アライメントを呈する者は, 下腿障害発生の主要因となることを報告している.

1-4. ACL傷害とその要因・傷害メカニズム

下肢傷害はサッカー, バスケットボール, ハンドボール, ラクロスにおいて全傷害のおおよそ 6~7 割程度を占めるが [Messina et al., 1994; Peterson et al., 2000; Chomiak et al., 2000; 佐野村ら, 2012; 佐野村ら, 2013; Dick et al., 2012; Mats and Nibbelink, 2004; Junge and Dvorak, 2007; Jørgensen, 1984; Dick et al., 2007], 特に女性アスリートの膝関節傷害発生率は男性アスリートに比べて高い [Messina et al., 1994; Zelisko et al., 1982; Lindenfeld et al., 1994; de Loës et al., 2000; Gray et al., 1985; Schmidt-Olsen et al., 1991; Miyasaka et al., 1991]. また, 女性アスリートに特異的に傷害発症率の高さを示しているのが ACL 傷害発生率であるが, バ

スケートボール，サッカー，ハンドボールからの報告が多数を占める．これらの競技に共通する動作は，ダッシュからの急激なストップや急激な方向転換，ピボットおよびカッティング，ジャンプからの着地動作が頻発して行われている点にある．また，これらの動作が共通して行われている他の競技としては，特に米国で盛んであるラクロス競技があげられるが，ラクロス競技の ACL 傷害発生率も NCAA データをみる限り決して低くはない[Hootman, 2007]．女性アスリートに ACL 傷害が多い理由は多岐にわたるが[Bahr and Krosshaug, 2005; Baker, 1998; Bing and Garrett, 2007; Faunø and Wulff Jakobsen, 2006; Flynn et al., 2005; Griffin et al., 2000; Griffin et al., 2006; Hewett et al., 2006; Hewett et al., 2007; Hutchinson et al., 1995; Hutchinson and Ireland, 1995; Ireland, 1999; Ireland et al., 1997; Ireland and Nattiv, 2004; Ireland and Ott, 2004; Joy et al., 2009; Kelly, 2008; Yu and Garrett, 2007; Quatman and Hewett, 2009; Griffin et al., 2006; Hewett et al., 2006; Renstrom et al., 2008; Shimokochi and Shultz, 2008]．ACL 傷害は，特に女性アスリートの傷害発生率が高いこと，競技復帰までに早くても 6 ヶ月程度を必要とし，重症度の高い傷害の一つであること，また，再受傷率も低くないことから，特に 2000 年以降，ACL 傷害予防に着目した取り組みが進み，今日，多数の ACL 傷害予防プログラムが考案されている．また，同時に ACL 傷害メカニズムの解明も進み，実際の ACL 傷害時のビデオ画像に骨格モデルをマッチさせて分析する技法（MBIM techniques：model-based image-matching techniques）の進歩により，その詳細が明らかになってきている[Bore et al., 2013; Koga et al., 2010; Krosshaug et al., 2007]．以後，ACL 傷害要因について述べる．

Ireland ら（2002）は ACL 傷害の危険因子を，内的因子および外的因子，複合的な因子に分類して述べており，内的因子を下肢アライメント，膝関節過伸展，大腿骨顆間窩のサイズや形状，ホルモンによる影響等とし，これらを“not controllable”と述べている．また，外的因子を筋力やコンディショニングとし，これらを“controllable”と述べている．さらに Ireland ら（2002）は，女性にみられる下肢アライメントの特徴として，大腿骨前捻角度や Q-angle，脛骨外捻角度の増大，足部回内等を示し，それらを“miserable malalignment syndrome”と称した．また，女性アスリートのジャンプからの着地時姿勢にみられる膝関節

および股関節屈曲が小で、膝関節外反角度が大きい肢位を ACL 傷害メカニズムの一つとして示されており、それらを“position of no return”と称している。ACL 傷害に影響を及ぼす解剖学的要因については、足部回内、膝関節過伸展、Q-angle、大腿骨顆間窩幅、大腿骨前捻角度、脛骨外捻角度、股関節内旋・外旋角度等の報告が多数みられるほか、全身弛緩性や膝関節弛緩性、その他 BMI (Body mass index)、ホルモンの影響についての報告も複数みられる。

女性の ACL 傷害メカニズムの解明の為に、バイメカニクス的手法が多数用いられている。実際の受傷場面を画像解析した研究論文からは、ACL 受傷肢位の多くは膝関節外反肢位であることが報告されている [Olsen et al., 2004; Krosshaug et al., 2007; Boden et al., 2009; Hewett et al., 2009; Krosshaug et al., 2007]。これらの女性アスリートが示す特徴的な肢位を、各種課題動作を行わせた時のバイメカニクス的な検証においては、Ferber ら (2003) は、ランニング動作時の下肢アライメントの男女の比較を行い、立脚相において女性は男性に比べ、膝関節外反および股関節内転角度が有意に増加したことを報告している。また、Hewett (2006) らは、片脚ホップ動作において、女性は男性に比べ、股関節内転角度が増加していたことを報告し、Yu ら (2005) はストップジャンプタスクにおいて、膝関節外反角度が増加したことを報告した。さらにスクワットやジャンプからの着地、カッティング動作時における男女の比較においては、Zeller ら (2003) は片脚スクワットにおいて、女性は男性に比べ、膝関節外反角度および股関節内転角度が増加したことを報告している。Kernozak ら (2005) はドロップランディングにおいて、膝関節外反角度が増加したことを報告し、Ford ら (2003) はドロップジャンプにおいて、同様に膝関節外反角度が増加したことを報告した。McLean ら (2004) はカッティング動作において、Malinzak ら (2001) はクロスカッティングにおいて、同様に女性の膝関節外反角度が有意に増加したことを報告している。また、Hewett ら (2007) は、サッカー、バスケットボール、バレーボール選手 205 名を対象とした前向き研究において、ドロップジャンプタスクで得られた下肢キネマティクスをベースラインとして、ACL 傷害者と非傷害者の下肢アライメントを比較したところ、ACL 傷害者は非傷害者に比べて膝関節外反角度が有意に増加していたことを報告した。これら

多数の報告からみられるように、女性が示す膝関節外反角度や股関節内転角度の増加といった特徴的な下肢アライメントが ACL 傷害要因の一つであることが多数のレビューから報告されている[Yu and Garrett, 2007; Bahr and Krosshaug, 2005; Griffin et al., 2000; Kelly, 2008; Hewett et al., 2007; Quatman and Hewett, 2009; Griffin et al., 2006; Hewett TE et al., 2006; Renstrom et al., 2008].

1-5. ACL 傷害を含めた下肢傷害予防プログラム

ACL 傷害予防プログラムは、神経筋協調性を狙いとして、スクワットやランジ動作、ホッピング、ジャンプ動作等が行われているが、特に着地動作時にみられる膝関節外反や股関節内転動作の増加といった動的な下肢アライメントに着目し、それらの過剰な動きに対し注意喚起させるものが多数みられる。それらは下肢のいわゆる“knee-in”動作の回避であり、実際の指導現場においては、スクワットやホッピング、ジャンプからの着地動作時に「つま先の上に膝が位置するように」[Olsen et al., 2005; Petersen et al., 2005; Söderman et al., 2000; Myer et al., 2005; Myer et al., 2004; Myklebust et al., 2003; Hewett et al., 2006; Hewett et al., 1996]とか、正面から見たときに「爪先、膝、股関節を結んだ線が一直線になるようにし、特に膝が内側に入らないようにする」[津田と清水, 2008]等の指導が行われている。多種ある ACL 傷害予防プログラムは、その多くは神経筋協調性の向上を狙いとして構成されたものが多いが、以下に各プログラムの内容と介入結果について示す。

1. Henning ら (Griffin et al., 2000)

女子バスケットボールを対象として、動作指導を主に行い、指導内容は、ジャンプからの着地、ピボットや急激な方向転換動作時に膝関節をしっかりと屈曲させた状態で行うことを指示している。膝関節屈曲位での動作を強調したのは“quad-cruciate interaction”（大腿四頭筋-十字靭帯作用）の考え方に基づいており、それは軽度膝関節屈曲位での大腿四頭筋の強い収縮は、脛骨前方偏位を増加させ、ACL への伸張ストレスを増加させるというものである。介入結果は、介入前の ACL 傷害発生率が 0.33 件/年であったの対し、介入後は 0.25 件/年となり、減少傾向を示した（表 2）。このプログラムは 1990 年に紹介されている

が、論文になっていないため、Griffin ら（2000）により説明された内容を参考に述べている。

2. Ettinger ら（Ettinger et al., 1995）

スキーを対象とし、主としてビデオによる予防プログラム教育である。その内容は、受傷場面を見せるとともに、ACL 傷害メカニズムの理解と傷害予防に対する認識を高めることを狙いとし、傷害予防の実際について説明している。この介入結果は（表 2）、介入前の発生率 26.6 件/年から、介入後 10 件/年に減少させた。

3. Caraffa ら（Caraffa et al., 1996）

成人男子サッカー選手 600 名（介入群 300 名、コントロール群 300 名）を対象とした、1 回 20 分、週 3 日、30 日間のプログラムであり、主としてバランスボードを使用して行われたバランストレーニングである。これは、固有感覚器に焦点をあてたトレーニング法である。介入結果は（表 2）、介入群の傷害発生率 0.15 件/チーム/シーズン、コントロール群の傷害発生率 1.15 件/チーム/シーズンで、有意に減少させた。

4. Hewett ら（Hewett et al., 1999）

高校生男女のサッカー、バスケットボール、バレーボールを対象に行われた。1 回 60～90 分、週 3 回、6 週間のプログラムであり、主として神経筋協調性の向上を狙いとしたプログラムである。内容は、プライオメトリクス、バランス、柔軟性、筋力向上の要素を含んでいる。介入群 366 名の女子とコントロール群 463 名の女子および 434 名の男子を比較した。介入結果は（表 2）、介入群の傷害発生率 0.12/1000 athlete-exposures（以下、AEs）、コントロール群 0.43/1000 AEs で、有意に減少させた。この研究で行われた予防プログラムが基礎となり、後に Mandelbaum らにより“PEP program: prevent injury and enhancement performance program”が提唱される[Mandelbaum et al., 2005; 佐野村, 2013-1]。

5. Söderman ら（Söderman et al., 2000）

211 名の女子サッカー選手（介入群 121 名、コントロール群 100 名）を対象として行われた。主として神経筋協調性の向上を狙いとしたプログラムであり、バランスボードを使用したバランストレーニングを 5 種目行わせた。1 回 10～

15分、最初の30日間は毎日実施、それ以後は週3回実施し、おおよそ30週間行われた。介入結果は(表2)、介入群の傷害発生率0.12/1000 player-hours(以下、PHs)、コントロール群1.36/1000 PHsで、有意差はみられなかった。

6. Heidt ら (Heidt et al., 2000)

300名の女子サッカー(介入群42名、コントロール群258名)を対象に行われた。内容は神経筋協調性の向上を狙いとしたプログラムであり、トレーニングは、プライオメトリクス、柔軟性、筋力、アジリティ、循環器系を行っている。1回60~90分、週3回、7週間のプログラムである。介入結果は(表2)、介入群の傷害発生割合2.4%(1例)、コントロール群3.1%(8例)であったが有意差はみられなかった。

7. Myklebust ら (Myklebust et al., 2003)

女子ハンドボールを対象に2年間の介入調査を行った。介入前942名、介入1年目855名、2年目850名が対象であった。トレーニングは神経筋協調性の向上を狙いとしたものであり、プライオメトリクス、バランス、アジリティである。このプログラムの特徴は、フロアトレーニングとワブル(wobble)ボードを使用したトレーニング、不安定なマット上でのトレーニングを取り入れた点にある。プレシーズンは1回15分、週3回、7週間、インシーズンは1回15分、週1回、41週間行わせた。介入結果は(表2)、介入前の傷害発生率0.14/1000 PHs、介入1年目の傷害発生率0.13/1000 PHs、介入2年目の傷害発生率0.09/1000 PHsとなり、減少傾向が確認されたが有意差はみられなかった。しかし、エリート群において、プログラムを完遂した群と未完遂の群を比較した場合、完遂群において有意な減少が認められた。

8. Mandelbaum ら (Mandelbaum et al., 2005)

このプログラムは、女子サッカー選手を対象とした“PEP program: prevent injury and enhancement performance program”として提唱されたものである[Mandelbaum et al., 2005]。1041名を対象に、2年間の介入調査を行った。1年目は介入群1,042名、コントロール群1,902名、2年目は介入群844名、コントロール群1,913名であった。トレーニングは神経筋協調性の向上を狙いとしたものであり、プライオメトリクス、バランス、筋力、アジリティ、柔軟性であ

り、そのほかビデオテープによる指導も含まれている。また、このプログラムの特徴は、ウォーミングアップ時に導入している点にある。1回20分、週3回をシーズン期間中に行った。介入結果は（表2）、介入1年目は介入群の傷害発生率0.05/1000 AEs、コントロール群の傷害発生率0.47/1000 AEs、介入2年目は、介入群の傷害発生率0.13/1000 AEs、コントロール群の傷害発生率0.51/1000 AEsとなり、いずれの年も有意に減少させた。また、2年間の総傷害発生率についても、介入群0.09/1000 AEs、コントロール群0.49/1000 AEsで有意に減少させた。PEP programは、MandelbaumらのグループとF-MARC（FIFA Medical Assessment and Research Centre、国際サッカー連盟 医学評価研究センター）との共同で作成されており、F-MARCから2003年に「The 11」、2006年に「The 11+」といった足関節や膝関節傷害予防プログラムが発表されている[佐野村, 2013-2]。

9. Olsen ら（Olsen et al., 2005）

男女ハンドボール選手を対象とし、介入群958名、コントロール群879名を調査した。トレーニングはプライオメトリクス、バランス、筋力である。このプログラムの特徴は、ウォーミングアップ時に取り入れていることと、バランストレーニングにおいて、ワブル（wobble）ボードや不安定なマットを使用したトレーニングを取り入れたこと、さらにランニング、カッティング、ジャンプおよび着地動作時の膝関節と足部の動きに対する意識を強調させて行わせた点にある。1回15～20分、週1回、32週間のプログラムで、介入結果は（表2）、介入群で3例、コントロール群で14例発生し（内、PCL2例、MCL1例発症）、有意に減少させた。

10. Peterson ら（Petersen et al., 2005）

女子ハンドボールを対象に、介入群134名、コントロール群142名を対象とした。トレーニングは、プライオメトリクス、バランスの要素を含んだものである。このプログラムの特徴は、バランスボードを使用したバランストレーニングとジャンプトレーニングを多種目行っている点にある。プレシーズンは1回10分で週3回を8週間、インシーズンは1回10分で週1回を32週間実施した。介入結果は（表2）、介入群で傷害発生率0.04/1000 AEs、コントロール群

0.21/1000 AEs で、有意差はみられなかった。

11. Pfeiffer ら (Pfeiffer et al., 2006)

1439 名の高校女子サッカー、バスケットボール、バレーボールを対象に、介入群 577 名、コントロール群 862 名を調査した。トレーニングはプライオメトリクス、アジリティの要素を含み、多種目のジャンプとホッピング、アジリティ動作を行わせている点に特徴をもつ。1 回 20 分で週 2 回、9 週間実施した。介入結果は (表 2) 、介入群で傷害発生率 0.167/1000 AEs、コントロール群 0.078/1000 AEs で、有意差はみられなかった。このプログラムは“Knee ligament injury prevention program”、KLIP program と称されている。

12. Gilchrist ら (Gilchrist et al., 2008)

大学女子サッカー選手 1435 名を対象に、介入群 583 名、コントロール群 852 名を調査した。トレーニング内容は、プライオメトリクス、筋力、バランス、柔軟性、アジリティの要素を含んだもの (PEP program, Mandelbaum et al., 2005) であり、特徴は、ウォーミングアップ時に導入した点である。また、これらのトレーニングに加えてビデオ学習も行われた。週 3 回、12 週間実施し、介入結果は (表 2) 、介入群で傷害発生率 0.199/1000 AEs (7 例) 、コントロール群 0.340/1000 AEs (18 例) 、非接触型傷害で介入群 0.057/1000 AEs (2 例) 、コントロール群 0.189/1000 AEs (10 例) で減少傾向を示したが、有意差はみられなかった。ただし、練習時に発生した ACL 傷害のみ、介入群 0.000/1000 AEs (0 例) 、コントロール群 0.148/1000 AEs (6 例) で有意な減少が認められた。

13. Kinai ら (Kinai et al., 2010)

女子サッカー選手 1506 名を対象に、介入群 729 名 (49 チーム) 、コントロール群 777 名 (48 チーム) を調査した。トレーニング内容は、下肢筋力、体幹、バランスの要素を含んでいる。プレシーズンである最初の 3 ヶ月間は週 2 回、1 回 20~25 分、シーズンに入ってから約 6 ヶ月間は週 1 回実施した。介入結果は (表 2) 、介入群で 0 例、コントロール群で 5 例発生した。

14. Waldén ら (Waldén et al., 2012)

12~17 歳の女子サッカー選手 4564 名 (230 チーム) を対象に、介入群 2479 名 (121 チーム) 、コントロール群 2085 名 (109 チーム) を調査した。1 回 15

分で構成されており，神経筋協調性の向上を狙いとしたウォーミングアップメニューとして行われ，体幹，バランス，下肢アライメントに着目した内容であった．シーズン期間中，週 2 回実施し，介入結果は（表 2），介入群で 7 例，コントロール群で 14 例発生し，有意に減少させた．

表2 ACL*傷害予防プログラム介入とACL傷害発生率

文献	比較内容	傷害発生率
Henning ら(2000)	介入前 vs. 介入後(発生件数/年)	0.33 vs. 0.25
Ettinger ら(1995)	介入前 vs. 介入後(発生件数/年)	26.6 vs. 10.0
Caraffa ら(1996)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/チーム/シーズン)	0.15 vs. 1.15 [†]
Hewett ら(1999)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/1000 AEs*)	0.12 vs. 0.43 [†]
Söderman ら(2000)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/1000 PHs*)	0.12 vs. 1.36
Hedit ら(2000)	介入群 vs. コントロール群(発生件数(割合))	1(2.4%) vs. 8(3.1%)
Myklebust ら(2003)	介入1年目 vs. 2年目 vs. 3年目(発生件数/1000 PHs*)	0.14 vs. 0.13 vs. 0.09
Mandelbaum ら(2005)	介入群 vs. コントロール群, 1年目(発生件数/1000 AEs*)	0.05 vs. 0.47 [†]
	介入群 vs. コントロール群, 2年目(発生件数/1000 AEs*)	0.13 vs. 0.51 [†]
	介入群 vs. コントロール群, 2年間の総計(発生件数/1000 AEs*)	0.09 vs. 0.49 [†]
Olsen ら(2005)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/シーズン)	3 vs. 14 [†]
Peterson ら(2005)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/1000 AEs*)	0.04 vs. 0.21
Priffer ら(2006)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/1000 AEs*)	0.167 vs. 0.078
Gilchrist ら(2008)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/1000 AEs*)	0.199 vs. 0.340
	介入群 vs. コントロール群, 練習時のみ(発生件数/1000 AEs*)	0.000 vs. 0.148 [†]
Kinai ら(2010)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/シーズン)	0 vs. 5
Waldénら(2012)	介入群 vs. コントロール群(発生件数/シーズン)	7 vs. 14 [†]

*ACL: anterior cruciate ligament.

*1000 AEs: 1,000 athlete-exposures.

*1000 PHs: 1,000 player-hours.

†: 有意な減少が認められている.

以上，ACL 傷害予防プログラムに関する先行論文の一部を紹介したが，各プログラムの実施にあたっては，各競技の特殊性に対応したプログラムを作成し，介入させることが推奨されている．

第 2 節 本論文の構成

本論文は，スポーツ傷害予防モデルの一つとして van Mechelen ら(1992)が提唱する 4 段階モデルの図式を例に，大学女子ラクロスを対象として，1) 大学女子ラクロス傷害調査，2) 傷害予防トレーニング介入のための基礎的研究として，足趾動作が動的下肢アライメントに及ぼす影響についての比較検討，3) ラ

クロス競技特殊性の一つであるラクロススティックを保持した状態でのドロップバーティカルジャンプとカッティング動作時の動的下肢アライメントの比較検討, 4) 下肢傷害予防を目的としたスクリーニングテストの有用性の検証, 5) 下肢傷害予防トレーニングが足趾機能, 足部アライメント, 静的および動的下肢バランス能力に及ぼす影響, そして 6) 下肢傷害予防トレーニングが大学女子ラクロスの傷害発生率に及ぼす影響について検討・検証する内容になっている。また, 傷害については, 足関節傷害と ACL 傷害に焦点を当てて行った。

第 1 章では, スポーツ傷害予防の取り組み, 傷害発生要因, 傷害予防プログラムについて紹介し, 本章最後にて本論文の構成について述べている。第 2 章では, 傷害の部位, 種類, 原因等を明らかにするほか, 傷害発生数や傷害発生率, 重症度等の大学女子ラクロスの傷害の実態を明らかにすることを目的として, 大学女子ラクロスの 2 年間の傷害調査を行った (研究 1)。第 3 章では, 下肢傷害予防トレーニング介入検討のための基礎的研究として, 足趾開排能および足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影響 – 足趾開排指示下の片脚スクワット, 片脚ドロップランディング, カッティング動作での分析 – について比較検討した (研究 2)。第 4 章では, 特に重症度の高い女子ラクロス傷害の一つである ACL 傷害メカニズムを明らかにすることを目的として, 基礎的研究としてラクロススティックの保持や操作がドロップバーティカルジャンプ時の下肢アライメントに及ぼす影響 (研究 3) とラクロススティックの保持の有無がカッティング動作時の下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響 (研究 4) について比較検証を行った。第 5 章では, 下肢傷害予防のためのスクリーニングテストの一考察として, 足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性 (研究 5), そして下肢形態, 下肢筋力, 静的下肢アライメントや下肢関節可動域とドロップバーティカルジャンプ時の下肢アライメントとの関連性 (研究 6) について検証することとした。第 6 章では, 下肢傷害予防トレーニングの介入を行い, 下肢傷害予防トレーニングが足趾機能, 足部形態, 静的および動的バランス能力に及ぼす影響 (研究 7) と, 傷害発生頻度に及ぼす影響 (研究 8) について介入効果検証を行った。そして最終章である第 7, 8 章において本研究の総合考察, まとめとした。

第 2 章

大学女子ラクロスの傷害調査

研究 1 大学女子ラクロスの 2 年間の傷害調査

2-1-1. 緒言

ラクロス競技は現在、米国で最も盛んに行われており、近年の競技人口の増加も著しい[US Lacrosse, 2011]。本邦においては、特に大学ラクロス競技が盛んに行われており、近年その競技人口の増加も著しい。米国のラクロス競技人口は、2011 年の登録者数[US Lacrosse, 2011]が 684,730 名（男子 424,169 名、女子 260,561 名）であり、カテゴリー別でみると、ユース 361,275 名（総登録者数の 52.8%）、高校生 275,281 名（40.2%）、大学生 33,929 名（5.0%）、社会人 14,065（2.1%）、プロ 180 名（0.1%未満）である。大学生の内訳については、男子 20,397 名（大学生登録者数の 60.1%）、女子 13,532 名（39.9%）である。本邦のラクロス競技人口については、2011 年の総登録者数は大学生と社会人のカテゴリーを合わせて 14,856 名（高校生以下の登録者数は確認されていない。また、プロのカテゴリーは存在しない）であり、その内訳は男子 5,729 名（総登録者数の 38.6%）、女子 9,127 名（61.4%）である。また、総登録者数のおおよそ 8 割が大学生、2 割が社会人と推定されており、大学生登録者数は 12,000 名程度と考えられる。さらにその 45%程度が男子、55%程度が女子と推定されており、大学生女子競技人口の方がやや多い傾向にある（推定登録数は男子 5,400 名、女子 6,600 名程度）（総登録者数および男女の登録者数、各カテゴリー別の登録者数の割合の推定および大学生の男女の登録者数の割合の推定については日本ラクロス協会からの聴取による）。カテゴリー別の登録者数をみると、米国ではユースおよび高校生の競技人口が極めて多いことが伺える（ユースと高校生の登録者数を合わせて総登録者数の 93.0%を占める）が、本邦では大学生の競技人口が極めて多いことが推測されている。大学生の競技人口について比較してみると、米国 33,929 名、本邦 12,000 名（推定）であるほか、男女別で比較してみると、女子は米国 13,532 名、日本 6,600 名（推定）であり、大学生女子のカテゴリーだけで比較すると、他のカテゴリーと比べてその差は比較的小さいといえる。

ラクロスはクロス（スティック）を操作しながらボールをパス、キャッチし、

相手ゴールにシュートをして得点を競う競技であるが、ランニング、ダッシュ、カッティング、ジャンプ動作等も合わせて行われている点がラクロスの競技特殊性といえる[Dick et al., 2007]. ラクロス競技は男女のルールが異なり、男子はヘルメットやフェイスガード、ショルダーパッド、エルボーパッド、アームパッド、グローブ、マウスガード等のフル装備が義務付けられているほか、プレーについてはコンタクトプレーやスティックによる妨害が認められている[National Collegiate Athletic Association, 2012]. 一方、女子はマウスガードのみ（本邦ではアイガードの装着についてルール規定されていないが、米国では2005年からその装着が義務付けられている）で、他の装備は特に規定されていないが、プレーについてはコンタクトプレーや故意なスティックによる接触や妨害は禁止されている[Diamond and Gale., 2001; Hinton et al., 2005]. そのようなルールの違いがあるなかで、特に女子ラクロス競技に関する傷害報告が、海外から多数みられる[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Carter et al., 2010]. 先行研究によると、傷害部位については下肢の傷害が多く[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Carter et al., 2010; Matz and Nibbelink, 2007], 中でも足関節や膝関節の傷害が多いこと[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007], 傷害の種類については捻挫が多いことが報告されている[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005]. また、膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament : 以下、ACL）傷害の傷害報告も複数みられる[Mihata et al., 2006; Hootman et al., 2007]. ラクロス競技特殊性の一つであるスティックを使用したボール操作などにより、選手の身体に衝突して発生する打撲傷害[Diamond and Gale., 2001; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007; Lincoln et al., 2007], その他、頭部および顔への打撲傷害に関する報告も多数みられる[Dick et al., 2007; Diamond and Gale., 2001; Matz and Nibbelink, 2007; Lincoln et al., 2007; Caswell et al., 2012; Goldenberg and Hossler, 1995; Otago et al., 2007; Waicus and Amith, 2002; Webster et al., 1999]. そのほか脳震盪[Marar et al., 2012]の報告もみられている. しかしながら、これらの多くの報告は海外からによるものであり、国内女子ラクロス競技の傷害報告は極めて少なく、その実態は明らかにされていない. 筆者らは本研究に先立ち、大学女子ラクロスを対象とした1年間の傷害調査[佐野村ら, 2012-1]を

報告しているが、本研究においては2年間の傷害調査を行い、傷害の部位、種類、原因のほか、女子ラクロス選手の傷害の特徴を明らかにすることを目的として行った。

2-1-2. 対象と方法

1. 対象

対象は、関東大学女子ラクロスリーグ1部に所属する某大学女子ラクロス選手とし、調査期間は2010年4月から2012年3月までの2年間であった。対象人数は、1年目46名(平均年齢(±標準偏差): 20.1 ± 1.3 歳,身長: 159.1 ± 5.2 cm,体重: 53.1 ± 5.5 kg,ラクロス競技歴 22.0 ± 16.3 ヶ月),2年目55名(平均年齢 19.5 ± 1.1 歳,身長 158.7 ± 4.9 cm,体重 53.6 ± 5.4 kg,ラクロス競技歴 22.6 ± 13.2 ヶ月)であった。本調査を実施する前に、全対象者に対して既往歴調査を行った。対象者には事前に研究の目的や調査方法、倫理的配慮等に関する説明を行った。本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号2010-037)。本研究に関して、資金提供、雇用等の利益相反は存在しない。

2. 傷害調査項目と方法

傷害調査項目について、傷害の部位、傷害の種類、傷害の原因については、IOC injury surveillance system[Junge et al., 2008]に示してある各項目を基準とした(傷害の部位の顔の項のみ、目、鼻、目・鼻以外の顔の箇所)の3つの項に分類した(表2-2を参照)。その他の調査項目は、練習時・試合時の傷害、ポジション、傷害の回数、競技復帰までの期間、医療機関への受診および手術の有無である。発生した傷害に対する各項目の判断は、グラウンド上での初期評価はチーム専属の学生トレーナー(スポーツ科学部スポーツ医科学科トレーナーコースに所属)によって行われ、傷害の実態が明確に判断出来ない場合は、大学内に設置されているスポーツ医科学クリニックにおいて、整形外科医(スポーツドクター)、理学療法士、日本体育協会公認アスレティックトレーナー、NATABOC-ATCにより行われた。傷害の定義は、「ラクロスの練習および試合中に発生した外傷および障害とし、1日以上練習および試合を休まなければ

ならなかったもの」とした。競技復帰までの期間については、「傷害発生日から、ラクロスの全ての練習および試合に参加出来た日までの日数」とした。すべての傷害発生率は、1,000 athlete-hours（以下、1000 AHs）および 1,000 athlete-exposures（以下、1000 AEs）を単位として算出した。計算式は以下のとおりである。

$$1000 \text{ AHs} = (\text{総傷害発生数} / \text{total AHs}) \times 1000$$

$$1000 \text{ AEs} = (\text{総傷害発生数} / \text{total AEs}) \times 1000$$

1 AHs は、一人の選手が練習および試合に 1 時間参加したことを示し、1 AEs は、一人選手が練習および試合に 1 回参加したことを示す。なお、95%信頼区間[Jung et al., 2006]も含めて算出した。

2-1-3. 結果

1. 傷害発生率

傷害発生数および傷害発生率を表 2-1 に示す。2 年間の total AHs および total AEs は、27,621 および 13,437 であり、練習・試合別でみると、練習時 26,213 AHs および 11,791 AEs, 試合時 1,408 AHs および 1,646 AEs であった。総傷害発生数は、309 例で総傷害発生率は 11.19 (9.94 — 12.43)/1000 AHs (カッコ内は 95% 信頼区間を示す) および 23.00 (20.43 — 25.56)/1000 AEs, 練習・試合別でみると、練習時 283 例 (総傷害発生数の 91.6%) , 傷害発生率は 10.80 (9.54 — 12.05)/1000 AHs および 24.00 (21.20 — 26.80)/1000 AEs, 試合時 26 例 (8.4%) , 傷害発生率は 18.46 (11.36 — 25.55)/1000 AHs および 15.80 (9.72 — 21.87)/1000 AEs であった。天候別でみると、晴れまたは曇りの時の total AHs および total AEs は、25,113 および 12,015 であり、練習・試合別でみると、練習時 23,734 AHs および 10,441 AEs, 試合時 1,379 AHs および 1,574 AEs であった。雨または雪の時の total AHs および total AEs は、2,508 および 1,422 であり、練習・試合別でみると、練習時 2,478 AHs および 1,350 AEs, 試合時 30 AHs および 72 AEs であった。傷害発生数は、晴れまたは曇りの時で 282 例、傷害発生率は 11.23 (9.92 — 12.54)/1000 AHs および 23.47 (20.73 — 26.21)/1000 AEs, 練習・試合別でみると、練習時 257 例 (91.1%) , 傷害発生率は 10.83 (9.50 — 12.50)/1000 AHs

および 24.61 (21.61 — 27.62)/1000 AEs, 試合時 25 例 (8.9%), 傷害発生率は 18.13 (11.02 — 25.24)/1000 AHs および 15.88 (9.66 — 22.11)/1000 AEs であった。雨または雪の時の傷害発生数は 27 例, 傷害発生率は 10.77 (6.70 — 14.83)/1000 AHs および 18.99 (11.83 — 26.15)/1000 AEs, 練習・試合別でみると, 練習時 26 例 (96.3%), 傷害発生率は 10.49 (6.46 — 14.52)/1000 AHs および 20.00 (12.31 — 27.69)/1000 AEs, 試合時 1 例 (3.7%), 傷害発生率は 33.59 (-33.25 — 99.44)/1000 AHs および 13.89 (-13.33 — 41.11)/1000 AEs であった。

表2-1 Athlete-hours・athlete-exposures・傷害発生数および傷害発生率

練習/試合時	Athlete-hours		Athlete-exposures		傷害発生数		傷害発生率	
	(%)		(%)		(%)		1000 AH's* (95% CI*)	1000 AE's* (95% CI*)
練習	26,213(94.9)		11,791(87.8)		283(91.6)		10.80 (9.54 — 12.05)	24.00 (21.20 — 26.80)
試合	1,408(5.1)		1,646(12.2)		26(8.4)		18.46 (11.36 — 25.55)	15.80 (9.72 — 21.87)
合計	27,621(100.0)		13,437(100.0)		309(100.0)		11.19 (9.94 — 12.43)	23.00 (20.43 — 25.56)
.....								
(晴れまたは曇り)								
練習	23,734(94.5)		5,791(87.3)		257(91.1)		10.83 (9.50 — 12.50)	24.50 (21.50 — 27.49)
試合	1,379(5.5)		10,491(12.3)		25(8.9)		18.13 (11.02 — 25.24)	16.29 (9.90 — 22.67)
計	25,113(100.0)		12,015(100.0)		282(100.0)		11.23 (9.92 — 12.54)	23.47 (20.73 — 26.21)
.....								
(雨または雪)								
練習	2,478(98.9)		1350(94.9)		26(96.3)		10.49 (6.46 — 14.52)	20.00 (12.31 — 27.69)
試合	30(1.2)		72(5.1)		1(3.7)		33.59 (-32.25 — 99.44)	13.89 (-13.33 — 41.11)
計	2,508(100.0)		1422(100.0)		27(100.0)		10.77 (6.70 — 14.83)	18.99 (11.83 — 26.15)

* 95%CI: 95% confidence interval.

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

2. 傷害の部位別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の部位別による傷害発生数および傷害発生率を表 2-2 に示す。総傷害発生数 309 例中、最も多い傷害部位は足関節で 62 例（総傷害発生数の 20.1%）、傷害発生率は 2.24 (1.69 — 2.80)/1000 AHs および 4.61 (3.47 — 5.76)/1000 AEs であった。次に膝関節で 45 例（14.6%）、発生率は 1.63 (1.15 — 2.11)/1000 AHs および 3.35 (2.37 — 4.33)/1000 AEs であった。以下、大腿部で 33 例（10.7%）、発生率は 1.20 (0.79 — 7.04)/1000 AHs および 2.46 (1.62 — 3.29)/1000 AEs、下腿 28 例(9.1%)、発生率 1.01 (0.64 — 1.39)/1000 AHs および 2.08 (1.31 — 2.86)/1000 AEs、腰椎/下背部 27 例（8.7%）、発生率 0.98 (0.61 — 1.35)/1000 AHs および 2.01 (1.25 — 2.77)/1000 AEs の順であった。

表2-2 傷害の部位別傷害発生数および傷害発生率

傷害の部位	発生数 (%)		発生率			
			1000AH's*	95% CI*	1000AE's*	95% CI*
目	1	0.3	0.04	-0.03— 0.11	0.07	-0.07— 0.22
頭部	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
鼻	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
目・頭部・鼻以外の顔	5	1.6	0.18	0.02— 0.34	0.37	0.05— 0.70
頸部/頸椎	8	2.6	0.29	0.09— 0.49	0.60	0.18— 1.01
胸椎/上背部	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
胸骨/肋骨	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
腰椎/下背部	27	8.7	0.98	0.61— 1.35	2.01	1.25— 2.77
腹部	1	0.3	0.04	-0.03— 0.11	0.07	-0.07— 0.22
骨盤/仙骨/殿部	10	3.2	0.36	0.14— 0.59	0.74	0.28— 1.21
肩/鎖骨	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
上腕	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
肘	3	1.0	0.11	-0.01— 0.23	0.22	-0.03— 0.48
前腕	3	1.0	0.11	-0.01— 0.23	0.22	-0.03— 0.48
手関節	5	1.6	0.18	0.02— 0.34	0.37	0.05— 0.70
手	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
四指	11	3.6	0.40	0.16— 0.63	0.82	0.33— 1.30
母指	5	1.6	0.18	0.02— 0.34	0.37	0.05— 0.70
股関節	8	2.6	0.29	0.09— 0.49	0.60	0.18— 1.01
鼠径部	18	5.8	0.65	0.35— 0.95	1.34	0.72— 1.96
大腿	33	10.7	1.20	0.79— 1.70	2.46	1.62— 3.29
膝関節(膝部)	45	14.6	1.63	1.15— 2.11	3.35	2.37— 4.33
下腿	28	9.1	1.01	0.64— 1.39	2.08	1.31— 2.86
アキレス腱	9	2.9	0.33	0.11— 0.54	0.67	0.23— 1.11
足関節	62	20.1	2.24	1.69— 2.80	4.61	3.47— 5.76
足部/つま先	19	6.1	0.69	0.38— 1.00	1.41	0.78— 2.05
合計	309	100.0	11.19	9.94— 12.43	23.00	20.43— 25.56

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

3. 傷害の種類別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の種類別による傷害発生数および傷害発生率を表 2-3 に示す。最も多い傷害の種類は、捻挫で総傷害発生数 309 例中 77 例（総傷害発生数の 24.9%）で、傷害発生率は 2.79 (2.17 — 3.41)/1000 AHs および 5.73 (4.45 — 7.01)/1000 AEs であった。次に筋肉痛/スパズム 76 例（24.6%）で、発生率は 2.75 (2.13 — 3.37)/1000 AHs および 5.66 (4.38 — 6.93)/1000 AEs であった。以下、腱炎/腱周囲炎 52 例（16.8%）で、発生率 1.88 (1.37 — 2.39)/1000 AHs および 3.87 (2.82 — 4.92)/1000 AEs, 打撲/血腫/挫傷 44 例（14.2%）, 発生率 1.59 (1.12 — 2.06)/1000 AHs および 3.27 (2.31 — 4.24)/1000 AEs であった。

表2-3 傷害の種類別傷害発生数および傷害発生率(練習および試合時を含む)

傷害の種類	発生数 (%)		発生率			
			1000AH's*	95% CI*	1000AE's*	95% CI*
脳しんとう	1	0.3	0.00	-0.03— 0.11	0.07	-0.07— 0.22
骨折(外傷性)	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
疲労骨折(オーバ-ユース)	6	1.9	0.21	0.04— 0.39	0.45	0.09— 0.80
その他の骨傷害	4	1.3	0.14	0.00— 0.29	0.30	0.01— 0.59
脱臼	1	0.3	0.07	-0.03— 0.11	0.07	-0.07— 0.22
腱断裂	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
靭帯損傷不安定性あり	2	0.6	0.14	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
靭帯損傷不安定性なし	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
捻挫	77	24.9	3.24	2.17— 3.41	5.73	4.45— 7.01
半月板/軟骨損傷	14	4.5	0.41	0.24— 0.77	1.04	0.50— 1.59
筋挫傷/肉離れ/筋断裂	20	6.5	0.69	0.41— 1.04	1.49	0.84— 2.14
打撲/血腫/挫傷	44	14.2	1.72	1.12— 2.06	3.27	2.31— 4.24
腱炎/腱周囲炎	52	16.8	2.34	1.37— 2.39	3.87	2.82— 4.92
滑液包炎	4	1.3	0.14	0.00— 0.29	0.30	0.01— 0.59
裂傷/皮膚損傷	4	1.3	0.07	0.00— 0.29	0.30	0.01— 0.59
歯の損傷	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
神経損傷/脊椎損傷	2	0.6	0.07	-0.03— 0.17	0.15	-0.06— 0.36
筋肉痛/スパズム	76	24.6	3.03	2.13— 3.37	5.66	4.38— 6.93
その他	0	0.0	0.00	0.00— 0.00	0.00	0.00— 0.00
合計	309	100.0	12.33	10.53— 14.14	25.08	21.41— 28.75

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

4. 傷害の原因別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の原因別による傷害発生数および傷害発生率を表 2-4 に示す。傷害の原因別の総傷害発生数は 361 例であった（1 つの傷害に対して複数の原因が含まれていた場合、それらをすべて加算して算出した）。最も多い傷害の原因は、使いすぎ（徐々に）が 110 例（傷害の原因別にみた総傷害発生数の 30.5%）、傷害発生率は 3.98 (3.24 — 4.73)/1000 AHs および 8.19 (6.66 — 9.72)/1000 AEs であった。次に非接触型傷害が 62 例（17.2%）、発生率は 2.24 (1.69 — 2.80)/1000 AHs および 4.61 (3.47 — 5.76)/1000 AEs であった。以下、接触型傷害（他の選手）が 50 例（13.9%）、発生率 1.81 (1.31 — 2.31)/1000 AHs および 3.72 (2.69 — 4.75)/1000 AEs, 以前の傷害の再発 43 例(11.9%), 発生率 1.56 (1.09 — 2.02)/1000 AHs および 3.20 (2.24 — 4.16)/1000 AEs であった。

表2-4 傷害の原因別傷害発生数および傷害発生率

傷害の原因	発生率			
	発生数 (%)	1000AH's*	95% CI*	1000AE's* 95% CI*
使い過ぎ(徐々に)	110 30.5	3.98	3.24-4.73	8.19 6.66-9.72
使い過ぎ(急に)	31 8.6	1.12	0.73-1.52	2.31 1.49-3.12
非接触型損傷	62 17.2	2.24	1.69-2.80	4.61 3.47-5.76
以前の傷害の再発	43 11.9	1.56	1.09-2.02	3.20 2.24-4.16
接触型損傷(他の選手)	50 13.9	1.81	1.31-2.31	3.72 2.69-4.75
接触型損傷(動いている物)	36 10.0	1.30	0.88-1.73	2.68 1.80-3.55
接触型損傷(静止物)	4 1.1	0.14	0.00-0.29	0.30 0.01-0.59
ルール違反	0 0.0	0.00	0.00-0.00	0.00 0.00-0.00
フィールドの状態不良	13 3.6	0.47	0.21-0.73	0.97 0.44-1.49
悪天候	2 0.6	0.07	-0.03-0.17	0.15 -0.06-0.36
用具欠陥	1 0.3	0.04	-0.03-0.11	0.07 -0.07-0.22
その他	9 2.5	0.33	0.11-0.54	0.67 0.23-1.11
合計	361 100.0	12.33	10.53-14.14	25.08 21.41-28.75

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

5. 受傷回数による傷害発生数および傷害発生数とその割合

調査期間中に発生した傷害の発生回数別の傷害発生数とその割合を図 2-1 に示す。初回受傷が 205 例（総傷害発生数の 66.3%）で最も多く、次に 2 回目（再受傷）が 40 例（12.9%）、昨シーズン以前に発生した傷害の再傷害が 35 例（11.3%）であった。

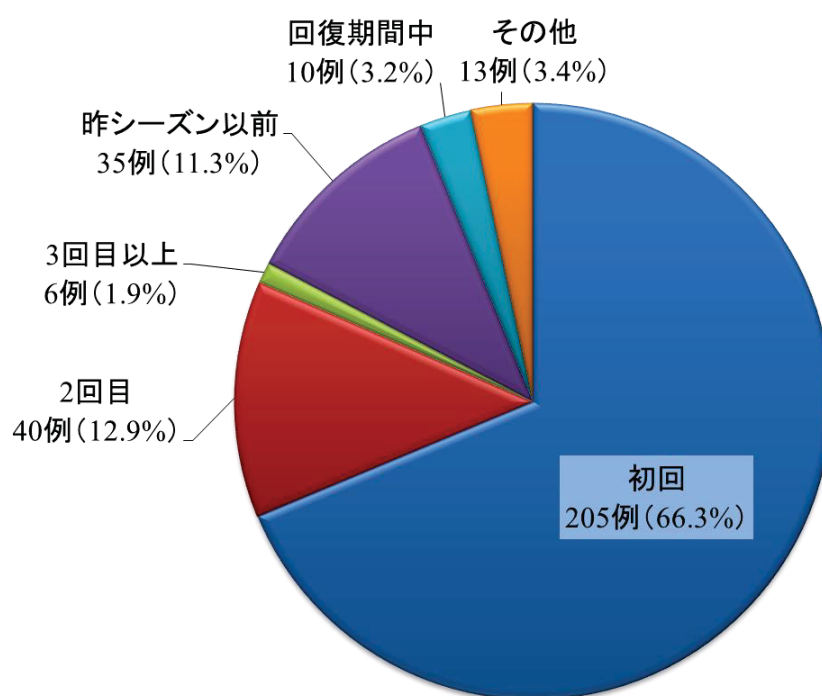


図2-1 傷害の回数と割合

6. ポジション別による傷害発生数と割合

ポジション別にみた傷害発生数とその割合を図 2-2 に示す。受傷時にポジションが確定していなかった 46 例を除外し、263 例を対象として算出した。最も傷害発生数が多いポジションは、ミッドフィルダーで 84 例（ポジション別にみた総傷害発生数の 31.9%）、次にアタッカー 81 例（30.8%）、ディフェンダー 76 例（28.9%）、ゴールキーパー 22 例（8.4%）であった。

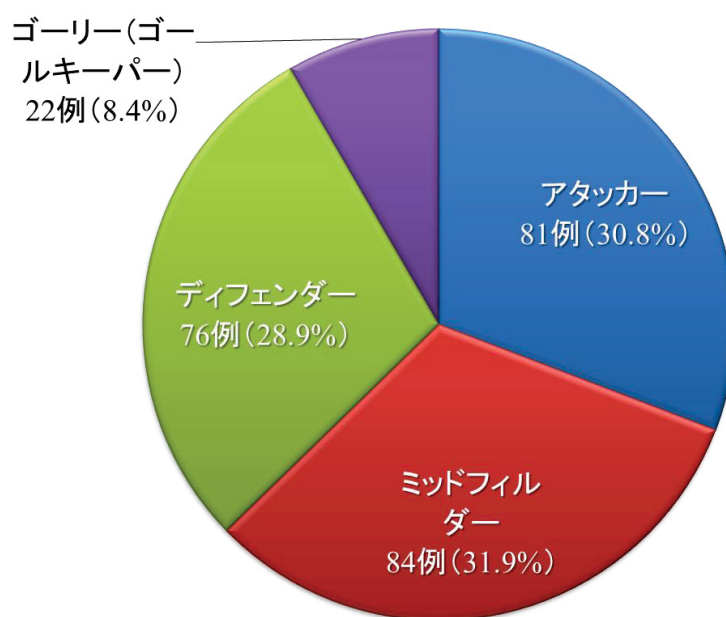


図2-2 ポジション別傷害の割合

7. 競技復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率

競技復帰までに必要とした期間と期間別傷害発生数および傷害発生率を表 2-5 に示す。傷害発生日から 3～7 日で競技復帰可能であった傷害例が 117 例(総傷害発生数の 37.9%) で最も多く、傷害発生率は 4.24 (3.47 — 5.00)/1000 AHs および 8.71 (7.13 — 10.29)/1000 AEs であった。次に 1～2 日もしくは 1～2 週の復帰期間を必要とした傷害例がそれぞれ 63 例 (20.4%) みられ、発生率はそれぞれ 2.28 (1.72 — 2.84)/1000 AHs および 4.69 (3.53 — 5.85)/1000 AEs であった。また、競技復帰までに 4 週間から 6 ヶ月かかった傷害が 30 例みられた (9.7%, 発生率 1.09 (0.70 — 1.47)/1000 AHs および 2.23 (1.43 — 3.03)/1000 AEs) 。

表2-5 復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率

期間	発生率					
	発生数	(%)	1000AH's*	95% CI*	1000AE's*	95% CI*
1～2日	63	20.4	2.28	1.72-2.84	4.69	3.53-5.85
3～7日	117	37.9	4.24	3.47-5.00	8.71	7.13-10.29
1～2週(8～14日)	63	20.4	2.28	1.72-2.84	4.69	3.53-5.85
2～3週(15～21日)	20	6.5	0.72	0.41-1.04	1.49	0.84-2.14
3～4週(22～28日)	15	4.9	0.54	0.27-0.82	1.12	0.55-1.68
4週(29日以上)～6ヶ月	30	9.7	1.09	0.70-1.47	2.23	1.43-3.03
6ヶ月以上	1	0.3	0.04	-0.03-0.11	0.07	-0.07-0.22
合計	309	100.0	11.19	9.94-12.44	23.00	20.43-25.56

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

8. 医療機関への受診および手術適応の有無

医療機関への受診の有無および手術適応の有無については、309 例中 62 例（総傷害発生数の 20.1%）の傷害に対して受診されていた。また、手術適応であった傷害は 2 例（総傷害発生数の 0.6%）であり、診断名は ACL 傷害と半月板傷害であった。

9. 四肢の左右側別の傷害発生数および傷害発生率

四肢の左右側別に発生した傷害発生数およびその割合を図 2-3 に示す。上肢の左右側に発生した傷害発生数については、右側が 21 例（58.3%）、左側が 15 例（41.7%）であった。下肢の左右側に発生した傷害発生数については、右側が 113 例（49.8%）、左側が 107 例（47.1%）であった。

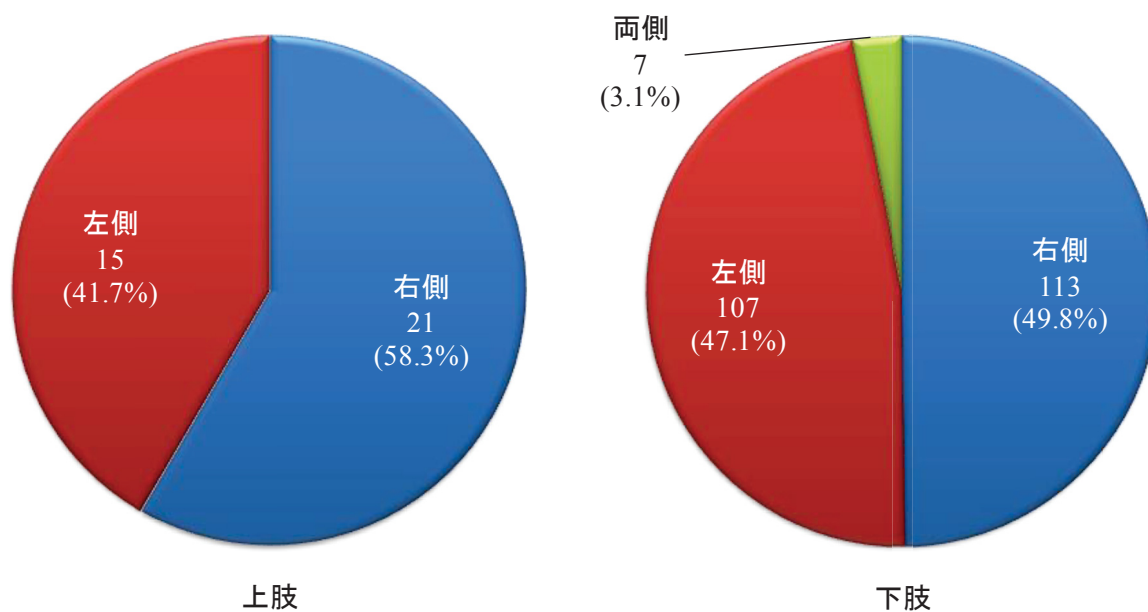


図2-3 上肢・下肢の左右別の傷害数と割合

10. 学年別の傷害発生数および傷害発生率

学年別にみた傷害発生数および傷害発生率については（図 2-4, 表 2-6）, 4年生における傷害発生数が 105 例（総傷害発生数の 34.0%）, 傷害発生率 15.69 (12.69 — 18.69)/1000 AHs および 33.08 (26.75 — 39.41)/1000 AEs であり, いずれも全学年中最も高い結果を示した. 一方, 最も少ない傷害発生数は 2 年生で 47 例（15.2%）であり, 傷害発生率については 1 年生が最も低く, 8.30 (6.42 — 10.18)/1000 AHs および 16.85 (13.04 — 20.67)/1000 AEs であった.

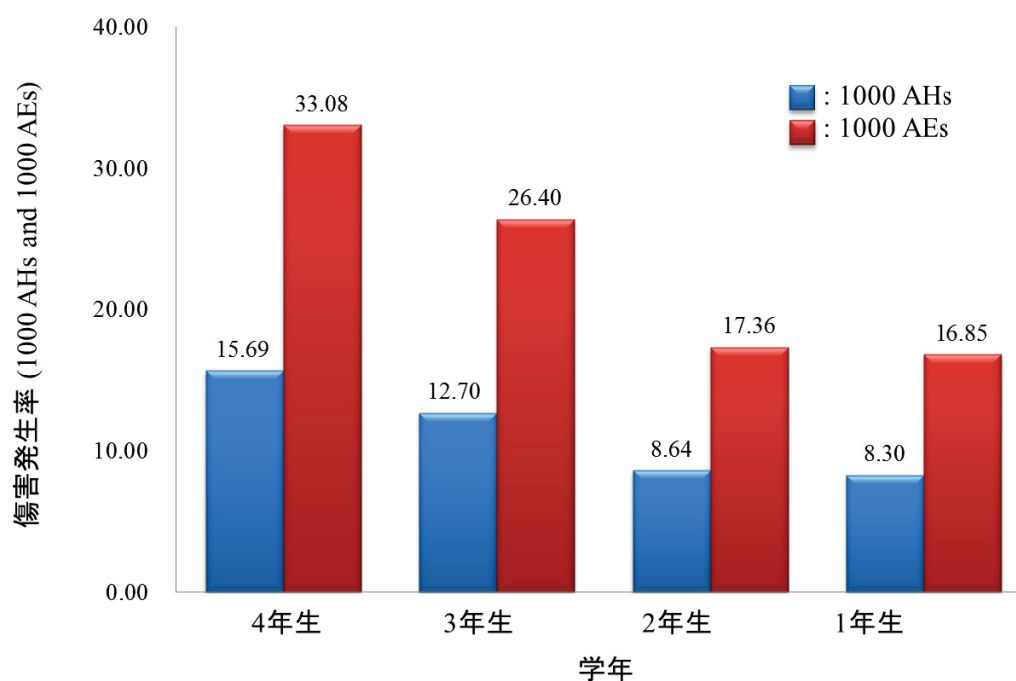


図2-4 傷害発生数および傷害発生率

表2-6 学年別傷害発生数および傷害発生率

学年	発生率					
	1000AH's* 1000AE's*	発生数	(%)	1000AH's* 1000AE's*	95% CI*	95% CI*
4	6,691	105	34.0	15.69	12.69—18.69	26.75—39.41
3	6,457	82	26.5	12.70	9.95—15.45	20.69—32.11
2	5,438	47	15.2	8.64	6.17—11.11	12.4—22.33
1	9,035	75	24.3	8.30	6.42—10.18	13.04—20.67
合計	27,621	309	100.0	11.19	9.94—12.43	20.43—25.56

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

2-1-4. 考察

本研究は、大学生女子ラクロス選手を対象として、発生した傷害の部位、種類、原因のほか、女子ラクロス選手の傷害の特徴を明らかにするために、2年間の傷害調査を行った。total AHs と total AEs それぞれの練習時と試合時の割合を比較すると（表 3-1）、total AHs については練習時 94.9%（26,213 AHs）、試合時 5.1%（1,408 AHs）、total AEs については練習時 87.8%（11,791 AEs）、試合時 12.2%（1,646 AEs）であり、いずれも練習時が 9 割程度を占めていた。これらの結果から、大学女子ラクロス選手の練習への参加時間および参加回数の割合が極めて高いことが示された。米国大学女子ラクロスの報告[Matz and Nibbelink, 2004]と比較すると（全て AEs による比較とする）、練習時の占める割合が約 82%、試合時が約 18%であること、Lincoln ら（2007）の報告によると練習時が約 83%、試合時が約 17%であることから、国内の練習時の total AEs の割合が比較的高く、試合時の total AEs の割合が小さい傾向がみられた。これは、本邦と米国（NCAA : National Collegiate Athletic Association, 以下、NCAA）の公式試合数（日本：5～9 試合、米国(NCAA)：16～23 試合[NCAA women's lacrosse, Rankings, 2012]）の違いによるものと考えられる。総傷害発生数は 309 例であった。内訳は練習時 283 例、試合時 26 例（それぞれ総傷害発生数の 91.6%、8.4%）であり、練習時の傷害発生数が試合時の 10 倍以上を示したが、傷害発生率で比較すると、1000 AHs あたりで練習時 10.80（9.54 — 12.05）、試合時 18.46（11.36 — 25.55）で試合時の方が約 1.7 倍高く、1000 AEs あたりでは練習時 24.00（21.20 — 26.80）、試合時 15.80（9.72 — 21.87）で練習時の方が約 1.5 倍高い発生率を示した。これらの傷害発生率を先行論文と比較すると（確認された先行論文は、全て 1000 AEs を単位として傷害発生率が算出されていた為、本研究との比較も 1000 AEs あたりの傷害発生率を対象とした）、米国大学女子ラクロス[Matz and Nibbelink, 2007]の報告では、練習時 2.7/1000 AEs、試合時 8.8/1000 AEs、16 年間の NCAA Injury Surveillance System（以下、ISS）のデータ[Dick et al., 2007]によると、練習時は 3.30/1000 AEs、試合時は 7.15/1000 AEs を示し、いずれも試合時の傷害発生率が練習時に比べておおよそ 2～3 倍高い発生率を示していた。また、練習時と試合時それぞれの傷害発生率を先行論文

[Dick et al., 2007; Matz et al., 2004]と比較すると、傷害の定義の違いはあるものの、練習時でおおよそ7~9倍、試合時でおおよそ2~3倍高い発生率を示していた。特に練習時の傷害発生率が高いことについては、競技開始年齢から検討すると、米国ラクロス競技人口はユース（15歳以下）が最多（361,275名、総登録者数の52.8%を占める）[US Lacrosse, 2011]であり、競技開始年齢が比較的早いことが考えられる。一方、本邦ではほとんどの選手が大学生からの競技開始であることから[佐野村ら, 2012-1]、専門的技術や専門的体力の未熟さが要因となり、傷害発生率がより高い傾向を示したのではないかと考えた。また、調査対象チームの通常の練習が早朝から行われていることで、身体が十分に適応出来ていない状態での練習開始により、傷害発生率が高くなったのではないかと推測した。天候別について、total AHs と total AEs の晴れまたは曇りの時と雨または雪の時の割合を比較すると（表 2-1）、total AHs の晴れまたは曇りの時は90.9%（25,113 AH's）であり、雨または雪の時は10.1%（2,508 AHs）、total AEs の晴れまたは曇りの時は89.4%（12,015 AEs）、雨または雪の時は11.6%（1,422 AEs）であった。いずれも90%近くが晴れまたは曇りの天候状況下で練習および試合が行われていた。傷害発生数および傷害発生率の比較では、傷害発生数については晴れまたは曇りの時で282例（全傷害発生数の91.3%）、雨または雪の時に27例（8.7%）であったが、傷害発生率については晴れまたは曇りの時で11.23（9.92 — 12.54）/1000 AHs および23.47（20.73 — 26.21）/1000 AEs、雨または雪の時に10.77（6.70 — 14.83）/1000 AHs および18.99（11.83 — 26.15）/1000 AEs であり、いずれも雨または雪の時の方がやや低い傾向を示していた。天候によるグラウンド状態が、傷害発生率に及ぼす影響について報告された複数の論文がみられるが[Andresen et al., 1989; Orchard J, 2002; Orchard and Powell, 2003]、特に下肢の傷害発生率の比較において、雨天時の傷害発生率が晴天時より低いことが示されている。これは雨天により、グラウンドが濡れているもしくは湿った状態になり、シューズと床との摩擦抵抗が軽減されることで、特に膝や足関節の捻挫による傷害が減少することがその要因であると述べられている[Andresen et al., 1989; Orchard J, 2002; Orchard and Powell, 2003; Heidt RS Jr et al., 1996].

部位別の傷害（表 2-2）については，足関節が最も多い傷害発生数，傷害発生率およびその割合を示した（傷害発生数 62 例，総傷害発生数の 20.1%）．次に膝関節（45 例，14.6%），大腿部（33 例，10.7%），下腿（28 例，9.1%），腰椎/下背部（27 例，8.7%）の順であった．先行論文の報告からも[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007]，足関節が最も多い傷害発生数およびその割合を示し，全傷害数の約 15～25%を占めていた．足関節の次に多かった膝関節についても同様な傾向が示されており[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007]，全傷害発生数の約 12～21%を占めていた．先行論文および本研究の結果を合わせて，大学女子ラクロス選手の傷害好発部位は足関節と膝関節であることが示された．その他，傷害の部位を頭頸部，体幹，上肢，下肢の 4 つに分類してそれぞれの傷害発生数および傷害発生率を集計すると（表 2-7），頭頸部は 18 例で全傷害発生数の 5.8%，傷害発生率は 0.65 (0.35 — 0.95)/1000 AHs および 1.34 (0.72 — 1.96)/1000 AEs, 体幹は 28 例で 9.1%，発生率は 1.01 (0.64 — 1.39)/1000 AHs および 2.08 (1.31 — 2.86)/1000 AEs, 上肢は 36 例で 11.7%，発生率 1.30 (0.88 — 1.73)/1000 AHs および 2.68 (1.80 — 3.55)/1000 AEs, そして下肢においては 227 例，発生率 8.22 (7.15 — 9.29)/1000 AHs および 16.89 (14.70 — 19.09)/1000 AEs で全傷害発生数の 73.5%を占めていた．下肢傷害数の割合が全傷害数の 7 割以上を占めていたが，この傾向は先行論文でも同様にみられており，全傷害数の 6 割以上を下肢傷害が占めていた [Dick et al., 2007; Matz and Nibbelink, 2007]．頭部・顔の傷害については 10 例発生し（表 2-2），総傷害数に対する割合は 3.1%であった．頭部・顔の傷害は，女子ラクロス競技で特異的に発生している傷害部位であるが[Dick et al., 2007; Diamond and Gale., 2001; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007; Lincoln et al., 2007; Caswell et al., 2012; Goldenberg and Hossler, 1995; Otago et al., 2007; Waicus and Smith, 2002; Webster et al., 1999]，先行研究からの報告では，それらの傷害の占める割合が 14.1% [Hinton et al., 2005]，18.2% [Otago et al., 2007]，28.8% [Goldenberg and Hossler, 1995]，30.1% [Diamond and Gale., 2001]，35.7% [Matz and Nibbelink, 2007]であり，すべての比較において本研究の結果は著しく低い傾向を示していた．これらの先行論文は全て米国からの報告であるが，米

国と本邦のプレースタイルを比較すると、米国ラグロスは、よりアグレッシブであることが推測され[Caswell et al., 2012], 本邦での調査対象者の頭部・顔の傷害が少ない傾向を示したのではないかと考えた。女子ラグロスの ACL 傷害に関する報告も複数みられるが[Mihata et al., 2006; Hootman et al., 2007], 本研究では ACL 傷害発生数 1 例, 発生率は 0.04 (-0.04 — 0.11)/1000 AHs および 0.07 (-0.07 — 0.22)/1000 AEs であった (表 2-8)。先行論文では (すべて 1000 AEs), Hootman ら (2007) は 0.17 (0.14 — 0.20)/1000 AEs, Mihata ら (2006) は 0.18/1000 AEs を示し, 本研究結果は半分以下の傷害発生率であった。これについても推測ではあるが, 米国ラグロスと本邦とのプレースタイルの違いにより, よりアグレッシブな米国ラグロスでの ACL 傷害発生率が高く, 本邦での調査対象者の ACL 傷害発生率が低い傾向を示したのではないかと考えた。四肢の傷害発生数を左右側別で比較すると (図 2-3), 上肢・下肢ともに比較的右側に多く発生する傾向が示された。特に上肢においてその傾向が強くみられたが, これは右利きの者は, スティックを右手を上側に, 左手を下側に位置させて保持し, スティックやボールを主に右手側で操作 (主に利き手側で操作) していることから, 接触等による傷害が比較的多く発生したのではないかと推測した。下肢の傷害もわずかであるが右側に多く発生している傾向が示された。競技の違いはあるが, サッカー競技においても右側に多く発生していることが報告されている[Beynnon et al., 2005]。そのほかハンドボール競技[Seil et al., 1998]では, 上肢は利き手側, 下肢は利き脚側に多く発生していることが報告されている。

表2-7 傷害の部位と傷害発生数および傷害発生率(練習および試合時を含む)

傷害の部位	発生数 (%)		発生率			
			1000AH's*	95% CI*	1000AE's*	95% CI*
頭頸部	18	5.8	0.65	0.35—0.95	1.34	0.72—1.96
体幹	28	9.1	1.01	0.64—1.39	2.08	1.31—2.86
上肢	36	11.7	1.30	0.88—1.73	2.68	1.80—3.55
下肢	227	73.5	8.22	7.15—9.29	16.89	14.70—19.09
合計	309	100.0	11.19	9.94—12.43	23.00	20.43—25.56

* 95%CI: 95% confidence interval.

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

表2-8 ACL*損傷発生数および傷害発生率

発生数 (%)	発生率			
	1000AH's*	95% CI*	1000AE's*	95% CI*
1 (0.3)	0.036	-0.035 — 0.107	0.074	-0.071 — 0.220

* ACL: anterior cruciate ligament.

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

傷害の種類（表 2-3）については，最も多い傷害の種類は捻挫で 309 例中 77 例（24.9%）であった．先行論文からも[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005]，ラクロス競技において捻挫が最も多い傷害の種類であることが報告されている．競技の違いはあるが，他の球技，サッカー[Nielsen and Yde, 1989; Engström et al., 1991; Faude et al., 2005; Yard et al., 2008]，バスケットボール[Borowski et al., 2008; Gomez et al., 1996; Messina et al., 1996; Zelisko et al., 1982]，ハンドボール[Lindblad et al., 1992; Seil et al., 1998]でも捻挫による傷害が最も多いことが示されていた．ラクロス競技の特異的な傷害の一つとして示されている打撲傷害[Diamond and Gale, 2001; Hinton et al., 2005; Matz and Nibbelink, 2007; Lincoln et al., 2007]は，本研究では 44 例（14.2%）発生し，4 番目に高い傷害発生数とその割合を示していた（表 2-3）．先行論文からは[Hinton et al., 2005]，全傷害発生数の 2 番目に高い割合（17.9%）を示した報告もみられている．打撲傷害を，傷害の原因の項（表 2-4）の，接触傷害（他の選手），接触傷害（動いている物（ボール，スティック等）），接触傷害（静止物），その他の 4 項に分けて集計すると，最も多いのは動いている物（ボール，スティック等）との接触傷害で 44 例中 30 例（68.2%），次に他の選手との接触傷害が 13 例（29.5%），静止物との接触傷害が 0 例，その他 1 例（2.3%）であった．また，動いている物（ボール，スティック等）との接触傷害（30 例）のなかで，最も多く発生した傷害の部位は，頭部・顔であった（8 例，26.7%）．Dick ら（2007）からは，主にボールやスティックとの接触傷害が，練習時で 26.0%，試合時で 35.9%の割合で発生していたことが報告されている．また，特に女子ラクロス選手は男子ラクロス選手と比べ，ボールとの接触による頭部・顔の打撲傷害が多いこと

が報告されているほか[Diamond and Gale, 2001], 目の傷害については, 約 86% がボールもしくはスティックとの接触によるものと報告されている[Waicus and Smith, 2002].

傷害の原因別による傷害発生数およびその割合について(表 2-4), 最も多い傷害の原因は, 使いすぎ(徐々に)が 110 例(30.5%), 次に非接触型傷害が 62 例(17.2%), 接触型傷害(他の選手) 50 例(13.9%)の順であった. 傷害の原因の各項目を, 使いすぎ(徐々に, 急にを含む), 非接触型傷害, 接触型傷害(他の選手, 動いている物, 静止物を含む)の 3 つに分類して比較すると, 使いすぎが 141 例(原因別による全傷害発生数の 39.1%, 傷害発生率 5.10 (4.26 — 5.95)/1000 AHs および 10.49 (8.76 — 12.23)/1000 AEs)となり, 最も高い傷害発生数および傷害発生率を示した. 次に接触型傷害で 90 例(24.9%, 3.26 (2.59 — 3.93)/1000 AHs および 6.70 (5.31 — 8.08)/1000 AEs), 非接触型傷害は 62 例(17.2%, 2.24 (1.69 — 2.80)/1000 AHs および 4.61 (3.47 — 5.76)/1000 AEs)であった. 以上 3 つの傷害発生数を合わせると 293 例, 原因別による全傷害発生数(361 例)の 81.1%を占め, これらの原因が女子ラクロス選手の‘傷害の 3 大原因’であるといえよう.

全ての傷害を, 傷害の部位・種類・原因別に集計し(表 2-9), 傷害の特徴をより詳細に検討すると, 足関節の捻挫で非接触型による傷害が最も多く発生していた(30 例(傷害の部位・種類・原因別にみた総傷害発生例の 8.3%), 発生率 1.09 (0.70 — 1.47)/1000 AHs および 2.23 (1.43 — 3.03)/1000 AEs), 次に腰椎/下背部の筋肉痛/スパズムで使いすぎ(徐々に)による傷害が 23 例(6.4%, 発生率 0.83 (0.49 — 1.17)/1000 AHs および 1.71 (1.01 — 2.41)/1000 AEs), 膝関節の腱炎/腱周囲炎で使いすぎ(徐々に)が 15 例(4.2%, 発生率 0.54 (0.27 — 0.82)/1000 AHs, 1.12 (0.55 — 1.68)/1000 AEs)であった. 以下, 足関節の捻挫で他の選手との接触型による傷害が 14 例(3.9%, 発生率 0.51 (0.24 — 0.77)/1000 AHs, 1.04 (0.50 — 1.59)/1000 AEs), 足関節の捻挫で以前の傷害の再発が 10 例(2.8%, 発生率 0.36 (0.14 — 0.59)/1000 AHs, 0.74 (0.28 — 1.21)/1000 AEs)であった. その他, 全ての傷害を傷害の部位・種類別で集計すると, 足関節の捻挫が 63 例(傷害の部位・種類別にみた総傷害発生例の 20.4%, 発生率 2.28 (1.72

— 2.84)/1000 AHs および 4.69 (3.53 — 5.85)/1000 AEs) , 腰椎/下背部の筋肉痛/スパズムで使いすぎ (徐々に) が 26 例 (8.4%, 発生率 0.94 (0.58 — 1.30)/1000 AHs および 1.93 (1.19 — 2.68)/1000 AEs) , 膝関節の腱炎/腱周囲炎 22 例 (7.1%, 発生率 0.80 (0.46 — 1.13)/1000 AHs および 1.64 (0.95 — 2.32)/1000 AEs) , 鼠径部の筋肉痛/スパズム 20 例 (6.5%, 発生率 0.72 (0.41 — 1.04)/1000 AHs および 1.49 (0.84 — 2.14)/1000 AEs) となり, 足関節の捻挫による傷害が, 女子ラクロス選手の主たる傷害の特徴として顕著に示された. 複数の先行論文[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005]からも, 足関節の捻挫による傷害が最も多いことが示されていたが, この傾向は他の競技, サッカー[Dvorak et al., 2011; Engström et al., 1991; Faude et al., 2006; Yard et al., 2008; Le Gall et al., 2008; Nielsen and Yde, 1989], バスケットボール[Gomez et al., 1996; Messina et al., 1996; Zelisko et al., 1982; Leanderson et al., 1993; Meeuwisse et al., 2003], ハンドボール[Lindblad et al., 1992; Jørgensen., 1984]においても同様な傾向が示されていたほか, 複数の競技を対象とするオリンピック競技大会の傷害調査報告[Junge et al., 2009] (32 競技を対象) からも, 足関節の捻挫が最も多く発生していたことが示されていた. また, 本調査結果から, 足関節捻挫といった急性外傷が顕著に示されていたが, その他, 腰椎/下背部や鼠径部の筋肉痛/スパズム, 膝関節の腱炎/腱周囲炎といった慢性障害も決して少なくないことが示された. 大学女子ラクロス選手の主たる傷害の特徴は, ‘非接触型の足関節の捻挫’であったが, 傷害の部位と種類に限定すると, ‘足関節の捻挫’が顕著に示された.

表2-9 傷害の特徴と傷害発生数および傷害発生率(練習および試合時を含む)

傷害の部位	傷害の種類	傷害の原因	発生数	発生率		
				1000AH's*	95% CI*	1000AE's*
足関節	捻挫	非接触型損傷	30	1.09	0.70-1.47	2.23
腰椎/下背部	筋肉痛/スパズム	使いすぎ(徐々に)	23	0.83	0.49-1.17	1.71
膝関節(膝部)	腱炎/腱周囲炎	使いすぎ(徐々に)	15	0.54	0.27-0.82	1.12
足関節	捻挫	接触型損傷(他の選手)	14	0.51	0.24-0.77	1.04
足関節	捻挫	以前の傷害の再発	10	0.36	0.14-0.59	0.74
鼠径部	筋肉痛/スパズム	使いすぎ(徐々に)	8	0.29	0.09-0.49	0.60
アキレス腱	腱炎/腱周囲炎	使いすぎ(徐々に)	8	0.29	0.09-0.49	0.60
大腿部	打撲/血腫/挫傷	接触型損傷(他の選手)	7	0.25	0.07-0.44	0.52
鼠径部	捻挫	使いすぎ(急に)	5	0.18	0.02-0.34	0.37
下腿	筋肉痛/スパズム	使いすぎ(徐々に)	5	0.18	0.02-0.34	0.37
大腿部	筋挫傷/肉離れ/筋断裂	使いすぎ(徐々に)	5	0.18	0.02-0.34	0.37

* 1000AH's: 1,000 athlete-hours.

* 1000AE's: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

傷害の回数とその割合について(図 2-1),再受傷となる 2 回目(40 例, 12.9%), 昨シーズン以前に発生した傷害の再傷害(35 例, 11.3%), 3 回目以上(6 例, 1.9%)を合わせると 81 例(26.1%)となり, 全体の約 1/4 を占めていた. そのなかで, 再傷害を負った最も多い傷害の部位と種類は, 足関節の捻挫(18 例, 22.2%)であった. 足関節捻挫の再傷害は, サッカー[Nielsen and Yde, 1989; Le Gall et al., 2008; Brynhildsen et al., 1990; Ekstrand and Gillquist, 1983], バスケットボール[Borowski et al., 2008; Leanderson et al., 1993; Agel et al., 2003; McKay et al., 2001]においても多発している傾向が示されており, 受傷後, 早期の適切なリハビリテーション[Mattacola and Dwyer, 2002]の実施や包括的な傷害予防プログラム[Thacker et al., 1999]の重要性が多数の論文から示されている.

ポジション別による傷害発生数とその割合について(図 2-2), 最も多い傷害発生数を示したのはミッドフィルダー(31.9%)であった. 競技スタイルが類似しているサッカーにおいても同様に, ミッドフィルダーが最も多い傷害数を示していた[Engström et al., 1991]. また, ポジション別による一人あたりの傷害発生数で比較してみると, 最も高い傷害発生数を示したのはアタッカー(3.2 例/人/ポジション)であった.

競技復帰までの期間別傷害発生数とその割合については(表 2-5), 半数以上の傷害例が 7 日以内に競技復帰しており(180 例, 58.3%), 比較的短期間で復帰が可能であった傷害が多いことが確認されたが, 2 週以上の復帰期間を必要とした傷害例が 66 例(21.4%), 4 週以上の復帰期間を必要とした傷害例が 31 例(10.0%)確認された. 2 週以上の復帰期間を必要とした 66 例の内訳は, 傷害の部位で見ると, 膝関節が 13 例(29.5%), 足関節 9 例(20.5%), 下腿 6 例(13.6%)であった. 傷害の種類で見ると, 捻挫 18 例(40.9%), 腱炎/腱周囲炎 13 例(29.5%), 筋肉痛/スパズム 7 例(15.9%)であった. また, これらを傷害の部位・種類別で集計すると, 足関節の捻挫が 9 例(20.5%), 腰椎/下背部の筋肉痛/スパズムおよび膝関節の半月板/軟骨傷害がそれぞれ 5 例(11.4%)であった. 先行論文からも, 競技復帰までに比較的長い期間を必要とした傷害の部位・種類が足関節の捻挫であることが多数報告されている[Dick et al., 2007; Hinton et al., 2005; Nielsen and Yde, 1989; Borowski et al., 2008; Junge

and Dvorak, 2007; Langevoort et al., 2007; Peterson et al., 2000]. 大学女子ラクロス選手の傷害の特徴として、足関節捻挫の傷害発生数や傷害発生率が最も高いこと、そして同傷害の再傷害の発生頻度が最も高いこと、さらに同傷害を発生後、競技復帰までに比較的長い期間を要することが示された。

医療機関への受診の有無について、受診有りが 62 例 (20.1%)、受診無しが 247 例 (79.9%) であったが、本研究の調査対象である大学には、大学施設内にスポーツ医科学クリニックが設置されており、比較的医師の診断を受けやすい環境にあった。

国内における女子ラクロス競技開始年齢について、その多くが大学生からであること[佐野村ら, 2012-1]、また、競技人口についても大学生が最多であることが推測されている。そこで、大学生女子ラクロス選手の傷害の特徴を、学年別にみた傷害発生率に着目して検討した (図 2-4, 表 2-6)。学年別による傷害発生率は、4 年生の傷害発生率が 15.69/1000 AHs および 33.08/1000 AEs (傷害発生数 105 例, 34.0%)、3 年生が 12.70/1000 AHs および 26.40/1000 AEs (82 例, 26.5%)、2 年生が 8.64/1000 AHs および 17.36/1000 AEs (47 例, 15.2%)、1 年生が 8.30/1000 AHs および 16.85/1000 AEs (75 例, 24.3%) であり、学年が上位になるほど傷害発生率が高くなっていった (図 2-4)。特に 4 年生は 1 年生と比べて、おおよそ 2 倍高い傷害発生率を示していた。これは、ラクロス競技歴が傷害発生率に影響を及ぼしているのではないかと考えた。前述したとおり、国内大学女子ラクロス選手は大学生から競技を開始する者が多数を占めていることが推測されており、入学時点でいわゆる初心者といえるレベルが多いことが推測される。ラクロス競技はスティックを操作して、パス、シュートを行うといった高い技術が必要とされ、さらにランニング、ダッシュ、カッティング、ジャンプ動作等も行われることから、それらの技術に加えて高い体力面も要求される競技である。そのため、スティック操作やアジリティ等の動作技術の習得や体力の向上には、経験と時間が必要であると考えられる。そこで練習および試合に中心となって参加する選手が、より多くの経験を積んだ上級生に比較的多いことが推測され、傷害発生率が高い傾向を示したのではないかと考えた。

本研究の限界は、調査対象が 1 チームのみであった点である。今後、より多

くのチーム・人数を対象とした調査によって、ラクロス傷害の特徴をより詳細に示すことが可能になると考える。その他、先行論文でも述べたが[佐野村ら, 2012-1]全ての傷害の部位, 種類, 原因の評価を, 整形外科医, 理学療法士, トレーナーの有資格者により行われることが望ましいと考えた。

2-1-5. 結語

大学女子ラクロス選手を対象とした2年間の傷害調査において, 以下の傷害の特徴が示された。

- 1) 最も多い傷害の部位は‘足関節’であり, 次に‘膝関節’であった。下肢の傷害の割合が全傷害数の7割程度を占めていた。
- 2) 傷害の種類は‘捻挫’が最も多く, 以下‘筋肉痛/スパズム’‘腱炎/腱周囲炎’であった。‘打撲’については‘スティックやボールとの接触傷害’によるものが7割程度を占めていた。
- 3) 傷害の原因は‘使いすぎ’‘接触型傷害’‘非接触型傷害’が3大原因として示された。
- 4) 大学女子ラクロス選手の主たる傷害の特徴は‘非接触型の足関節捻挫’であったが, 傷害の部位と種類に限定すると‘足関節捻挫’がさらに顕著に示された。
- 5) 傷害の回数について, 再傷害が全傷害の1/4程度を占めていた。また, 最も多い再傷害例は‘足関節の捻挫’であった。
- 6) 傷害発生数が最も多いポジションは‘ミッドフィルダー’であった。
- 7) 半数以上の傷害例が傷害発生日から3~7日間で競技復帰出来ていたが, 2週以上かかった傷害例が20%程度みられた。
- 8) 学年別の傷害発生率は4年生が最も高く, 1年生が最も低かった。また, 4年生は1年生に比べて, おおよそ2倍高い傷害発生率を示していた。
- 9) 傷害調査によって, 傷害の特徴をより詳細に明らかにすることは, 今日スポーツ医学会で推奨されている‘スポーツ傷害予防’の実践に向けた取り組みの一助となることが期待される。

第 3 章

足趾開排が動的下肢アライメントに及ぼす影響

研究 2 足趾開排能および足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影響 —片脚スクワット，片脚ドロップランディング，カッティング動作での分析—

3-2-1. 緒言

スポーツ活動中の膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：以下，ACL）傷害発生率は女性に高く [Agel et al., 2005; Olsen et al., 2003]，傷害時のビデオ画像調査によると，カッティングおよびジャンプからの着地時に多発し [Boden et al., 2000; Olsen et al., 2004]，その多くは膝関節外反肢位であることが報告されている [Boden et al., 2009; Krosshaug et al., 2007]。

近年，ACL 傷害を含めた下肢傷害予防プログラムの介入成果が多数報告され，傷害予防プログラムの実施が推奨されている [Grindstaff et al., 2006; Hewett et al., 1999; Hewett et al., 2006; Mandelbaum et al., 2005; Myklebust et al., 2003]。プログラム中の動作はスクワットやジャンプ，ジャンプからの着地動作等が含まれ，特に下肢アライメントに着目し，過度な膝関節外反の増加に対し注意喚起させた指導が複数みられる [Mandelbaum et al., 2005; Myer et al., 2004; Myer et al., 2005; Myklebust et al., 1998; Petersen et al., 2005; 津田と清水, 2008]。それらは下肢の“knee-in”動作の回避を狙いとし，「爪先，膝，股関節が一直線になるようにし，膝が内側に入らないようにする。」 [津田と清水, 2008]等の動作指導であり，適切なアライメントを獲得させるための神経筋協調性の向上を狙いとした指導法である。それらの多くは膝や股関節，足部の動きを意識させて行わせているが，我々はこのような指導法のほかに，足趾の動きと関連させた指導も“knee-in”動作を回避させ，適切な下肢アライメントの獲得につながるのではないかと考えた。

足趾の動作に関連させた運動指導はリハビリテーションの領域において，タオルギャザーや足趾開排運動等が行われているほか [Mattacola and Dwyer, 2002; 三木と蒲田, 2003; 中江と伊佐地, 2011; Wolfe et al., 2001]，アスレティックリハビリテーションやトレーニングにおいても同様なエクササイズが神経筋協調性トレーニングの一環として行われている [Anderson et al., 2009; Hirth, 2004; 島澤, 2008]。これらの報告から，足趾の動作は下肢の機能向上のために重要な役

割を果たしていることがうかがえるが、下肢傷害予防プログラムで行われているスクワットおよびジャンプからの着地、カッティング動作においても足趾動作を意識させた指導は、動的下肢アライメントの改善に寄与するのではないかと考えた。

本研究は、足趾開排を指示した時の足趾開排能と片脚スクワット、片脚ドロップランディング、カッティング動作時の膝関節外反等の動的下肢アライメントとの関連性および足趾開排能の大小が動的下肢アライメントに及ぼす影響について、また、足趾開排指示の有無が動的下肢アライメントに及ぼす影響について比較検討することを目的とした。仮説は、足趾開排能が高い者は片脚スクワット、片脚ドロップランディング、カッティング時の膝関節外反および股関節内転動作をより制御すること、また、足趾開排指示ありは指示なしに比べ、同課題動作時の膝関節外反および股関節内転動作をより制御するというものである。

3-2-2. 対象と方法

1. 対象

対象者は、健康な体育大学生女子 50 名(全例スポーツ活動歴 6 年以上あり)、平均年齢 (\pm 標準偏差) は 20.0 ± 1.3 歳、身長 159.6 ± 5.8 cm、体重 55.1 ± 6.3 kg であった。本研究は、日本体育大学倫理審査委員会の承認を得(承認番号 第 008-H15 号)、被験者に本研究の主旨や測定内容、倫理的配慮についての説明を文書および口頭にて行い、書面にて同意を得て行った。また、本研究で行う課題動作について、下肢等への支障がないことを確認した。

2. 足趾開排能の評価と群分け

足趾開排能の測定および評価は、服部[服部, 1996]の方法を参考に行った。図 2-1 に示すとおり、足趾開排時と足趾安静時の第 I 足趾先端から第 V 足趾先端までの距離の差を足趾安静時の同距離で除して 100 を乗じたものをスパン指数 (%) とした。足趾開排動作は、足底部および足趾を軽く床に着けた状態で行われた。対象者 50 名のスパン指数のヒストグラムは図 2-2 に示す通りで、度数には大きく 3 つのピークがえられた。度数 0 名であった階級値 6.5%までを一つ

の群として小群，2つめのピークを中心とし階級 9.0%から 29.0%までを中群，階級値 29.0%超を大群と群分けした．小群は 11 名（スパン指数 $-1.1 \pm 3.7\%$ ）（平均 \pm 標準偏差），中群 24 名（ $19.7 \pm 5.3\%$ ），大群 15 名（ $38.8 \pm 6.5\%$ ）であった．

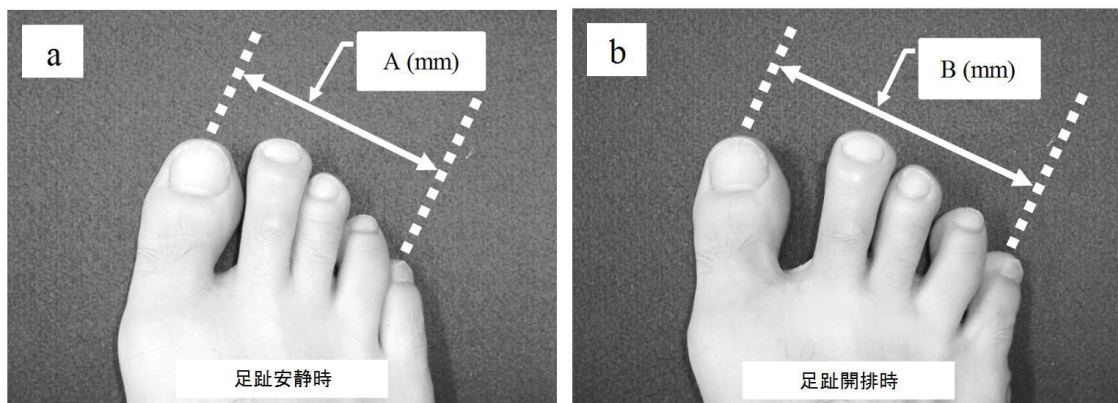


図2-1 足指開排能の評価
自然体の足趾状態(足趾安静時)(a)の第 I 足趾先端から第 V 足趾先端までの距離(A)を測定し，次に出来る限り足趾を開かせた状態(足趾開排時)(b)にて同距離(B)を測定した．次の式によりスパン指数(%)を算出した． $\{ (B - A) / A \} \times 100$ [服部, 1996].

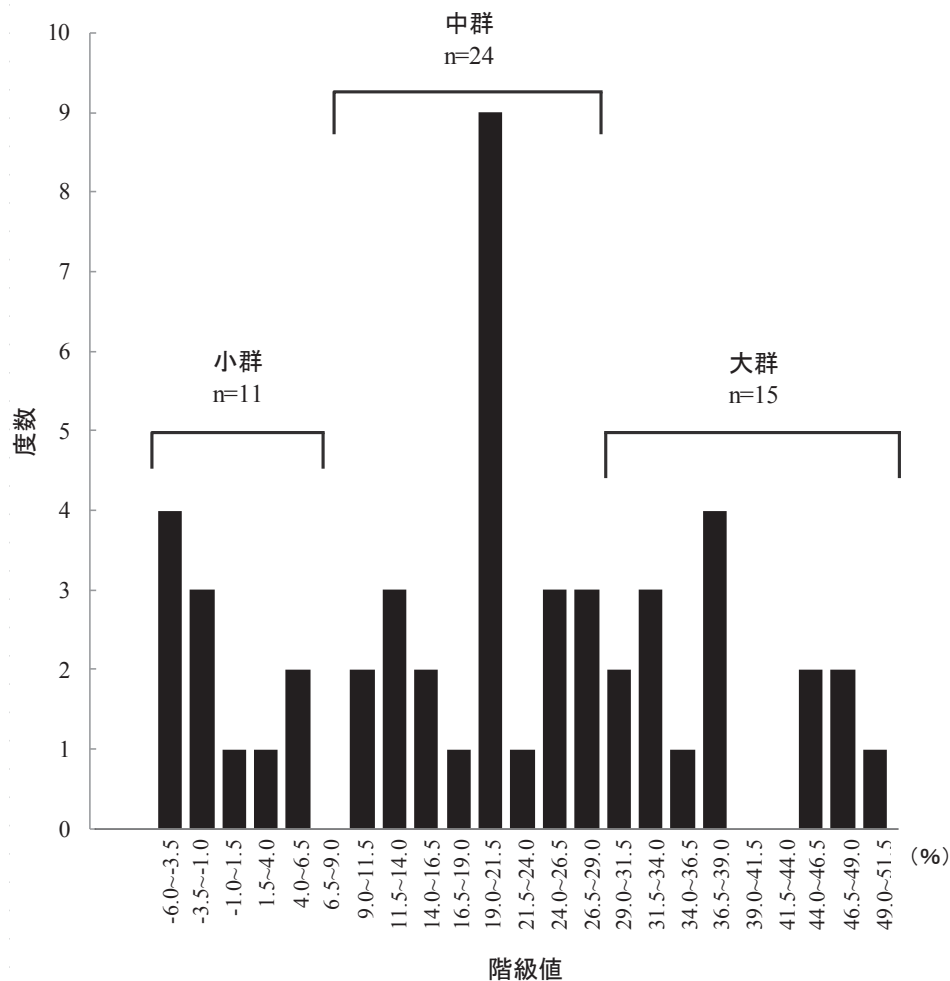


図2-2 スパン指数のヒストグラムと群分け

3. 課題動作

課題動作は片脚スクワット，片脚ドロップランディング，カッティングの 3 種類とし，それぞれ 3 回の有効試技が得られるまで行わせた．全ての課題動作は利き脚（全例，右脚）で行わせ，利き脚の定義を「ボールを可能な限り遠くに蹴ることができる側の脚」とした[Ford et al., 2003]．足趾開排時の指示は「足趾を可能な限り開いて（たとえ開かなくても開かせようとする意識を持ちながら），床を掴むように行ってください．」とし，本研究の仮説に影響を及ぼす技術的指示や意識等に関する指示は一切行わなかった．各試技を足趾開排指示なし（以下，Neutral）と指示ありの場合（以下，Open）で行わせた．以下に各課題動作の詳細を示す．

a. 片脚スクワット

片脚スクワットの方法を図 2-3 に示す。利き脚のつま先を正面に向けて立たせ、対側脚は膝関節を 90°程度屈曲し、足部を支持脚の後方に位置させた。両手の甲を軽く腰に当て、視線は正面に向けさせた。しゃがむ深さは膝関節屈曲 60°までとし、しゃがむスピードはメトロノームを用い、2 秒かけてしゃがみ、立ち上がることとした。動作中、体幹や骨盤の過度な回旋や左右への傾斜、足趾を開いて床を掴めていなかった、もしくは足趾を開いて床を掴もうとする意識ができなかった場合は無効とした。なお、1 試技終了毎に両脚で立たせ、一旦落ち着かせた状態にさせてから次の試技へと移行した。数回の練習を行わせた後に本試技へと移行した。しゃがむ前の片脚立位時点をスタンディングポジション（以下、ST），しゃがみ込み時の右上前腸骨棘が最も下方に位置した時点をスクワットポジション（以下、SQ）とした。

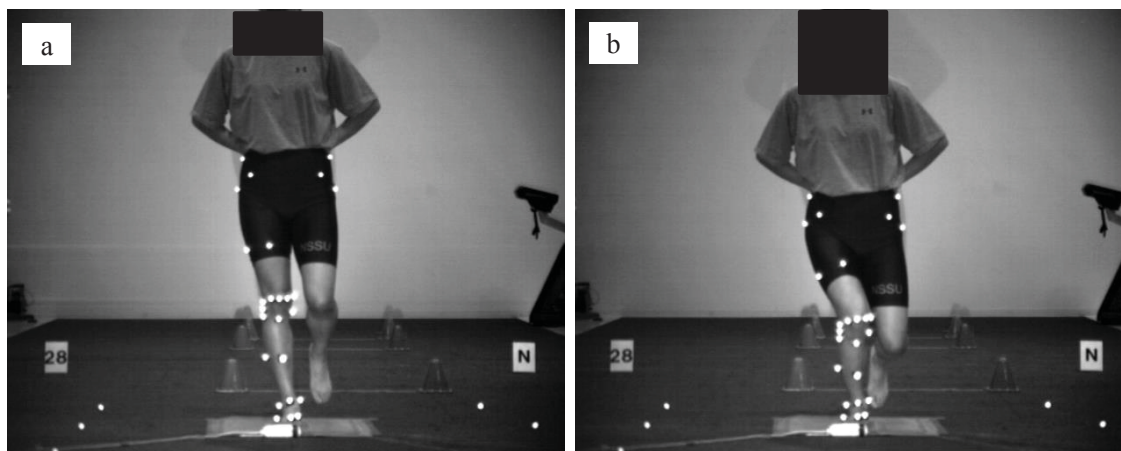


図2-3 片脚スクワット
スタンディングポジション(ST) (a)から、膝屈曲60°までしゃがんだ時点をスクワットポジション(SQ) (b)とした。

b. 片脚ドロップランディング

片脚ドロップランディングの方法を図 2-4 に示す. 30cm 高の長方形の台上から, 台前方の辺の 30cm 前方に描いた枠内に爪先を正面に向けた肢位で着地させた. スタートは利き脚の対側脚 (全例, 左脚) で立ち, 利き脚を前方に軽く出した状態から, 指定された枠内 (長さ 30cm, 幅 15cm) に利き脚で飛び降りることとした. 両手の甲を軽く腰に当て, 視線は出来る限り正面に向けさせた. 動作中, 体幹や骨盤の過度な回旋や左右への傾斜, 着地した足位置がずれる, 着地時に足趾を開いて床を掴めなかった, もしくは足趾を開いて床を掴もうとする意識ができなかった場合は無効とした. 数回の練習を行わせた後に本試技へと移行した. 飛び降りた後, 爪先が床に接地した時点をイニシャルコンタクト (以下, IC) とし, IC 後, 右上前腸骨棘が最も下方に位置した時点をランディングポジション (以下, LD) とした.

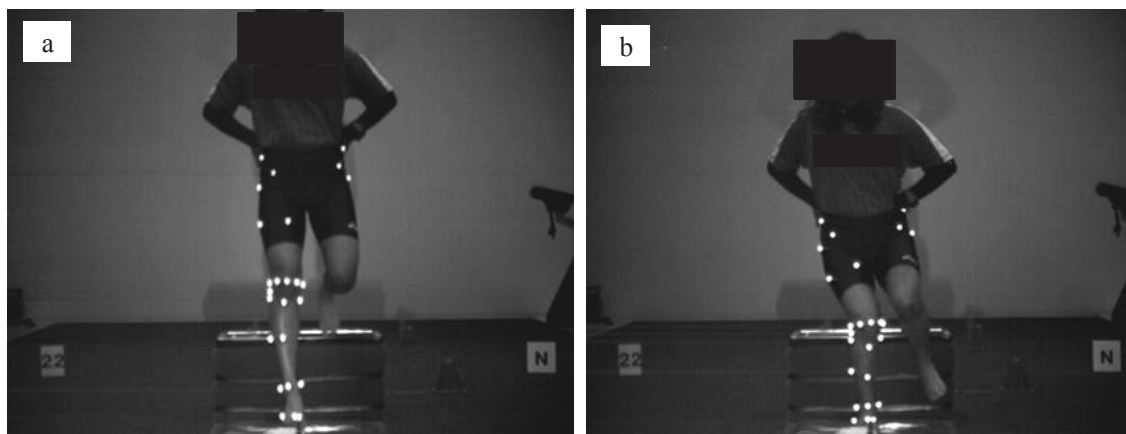


図2-4 片脚ドロップランディング
30cm高の台上から飛び降りた後, 爪先が床に接地した時点をイニシャルコンタクト(IC)(a), IC後, 右上前腸骨棘が最も下方に位置した時点をランディングポジション(LD)(b)とした.

c. カッティング

カッティングの方法を図 2-5 に示す。5m 離れた地点から助走させ、指定した枠内（長さ 45cm，幅 45cm）に利き脚（全例，右脚）で着地し、反対側（左側）45°方向（範囲 35°～55°）に方向転換して走り抜けることとした。助走スピードは 4.5～5.5m/sec とし、カッティング時には、「前方に人が立っていることを想像し、その人をフェイクして反対方向に走り抜ける。」をイメージさせた。動作中、楢岡走行等の明らかにカッティング動作になっていない場合や、指定した枠内に着地していない場合、着地時に足趾を開いて床を掴めなかった、もしくは足趾を開いて床を掴もうとする意識ができなかった場合は無効とした。数回の練習を行わせた後に本試技へと移行した。爪先あるいは踵が床に接地した時点をイニシャルコンタクト（以下、IC）とし、IC 後にみられた最大膝関節外反または最大膝関節内反時点をランディングポジション（以下、LD）とした。

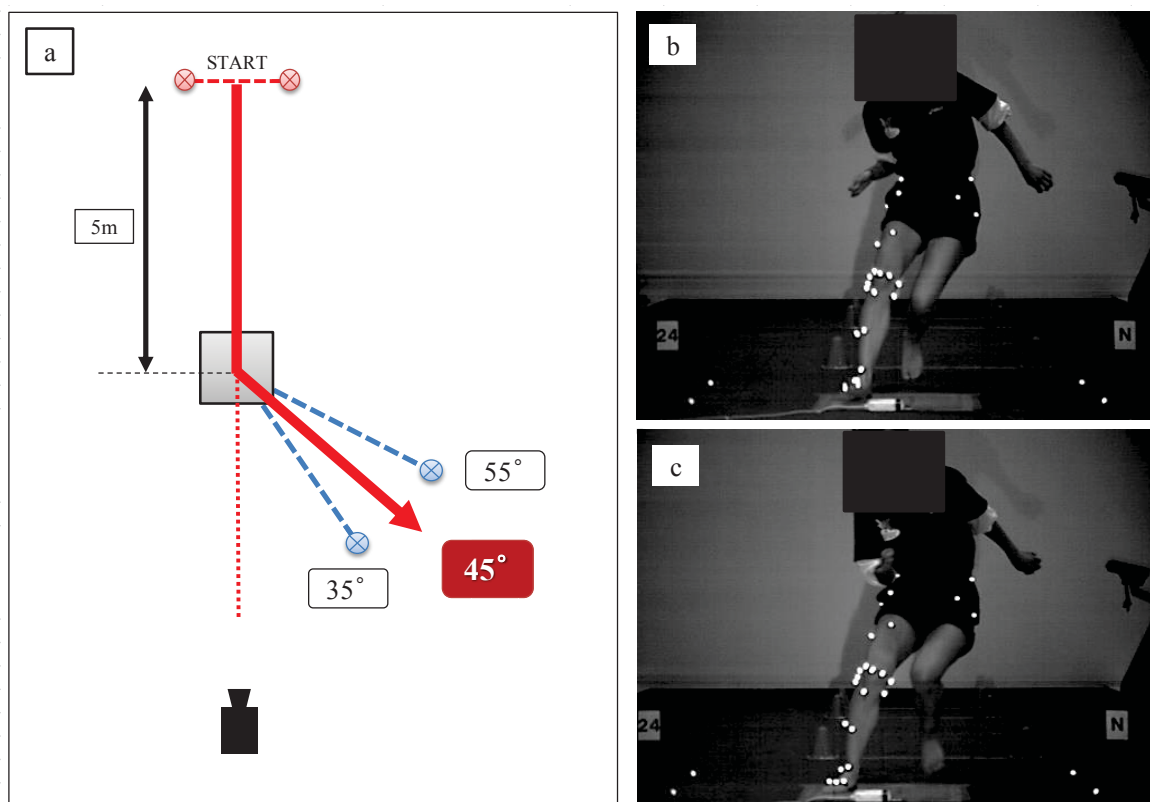


図2-5 カッティング
5m離れた地点からの助走後、指定した枠内に利き脚で着地し、反対側45°方向（範囲35°～55°）に方向転換して走り抜けることとした(a)。爪先または踵が床に接地した時点をイニシャルコンタクト(IC)(b)。IC後にみられた最大膝外反または最大膝内反時点をランディングポジション(LD)(c)とした。

4. 位置データの収集と分析項目

反射マーカー（直径 12mm）を、両腸骨稜最外側点、両上前腸骨棘、両大転子、右膝蓋骨中央と右上前腸骨棘との中点、右大転子と右大腿骨外側上顆との中点、右膝蓋骨中央、右膝蓋骨最内側・外側縁、右大腿骨内側・外側上顆、右脛骨粗面、右膝関節裂隙外側、右脛骨内側顆、右腓骨頭、右腓骨頭と右足関節外果との中点、右脛骨粗面と右足関節内果・外果中点との中点、右足関節内果・外果、右足関節内果・外果の中点、第 1 中足骨骨頭、第 2 中足骨骨頭、第 5 中足骨骨頭に貼付した。高速度カメラ（FASTCAM ultima1024, PHOTRON, Tokyo, Japan）を正面に設置し、片脚スクワットはサンプリング周波数 60Hz、片脚ドロップランディングおよびカッティングはサンプリング周波数 250Hz にて撮影した。得られた画像から、二次元解析ソフト（Frame- DIASIV, DKH, Tokyo, Japan）を用いて解析した。

今回の分析に用いたのは上記の貼付マーカーのうちの 4 点のマーカー（両上前腸骨棘、右膝蓋骨中央、足関節内果・外果中点）で、図 2-6 に示す各距離 $l1(\text{cm})$, $l2(\text{cm})$, $L(\text{cm})$ を求め、これらより以下の 2 つのパラメータを算出した。

$$\textcircled{1} \text{ 膝内方偏位率}(\%) = (l1/L) \times 100$$

$$\textcircled{2} \text{ 膝外反率}(\%) = (l1 + l2/L) \times 100 \text{ (右膝蓋骨中央, 右上前腸骨棘, 右足関節内果・外果中点の位置関係にかかわらず膝関節外反ではプラス, 膝関節内反ではマイナスとなる)}$$

また、両上前腸骨棘、右膝蓋骨中央のマーカーより次の 2 つの角度を測定した。

$$\textcircled{3} \text{ 股関節内転角}(\text{°}) : \text{両上前腸骨棘を結んだ線の垂線と, 右上前腸骨棘と右膝蓋骨中央を結んだ線のなす角度(内転方向はプラス, 外転方向はマイナス)}.$$

$$\textcircled{4} \text{ 骨盤側方傾斜角}(\text{°}) : \text{両上前腸骨棘を結んだ線と水平線との角度(左上前腸骨棘線が右側より高位の場合をプラス, 低位の場合をマイナス)}.$$

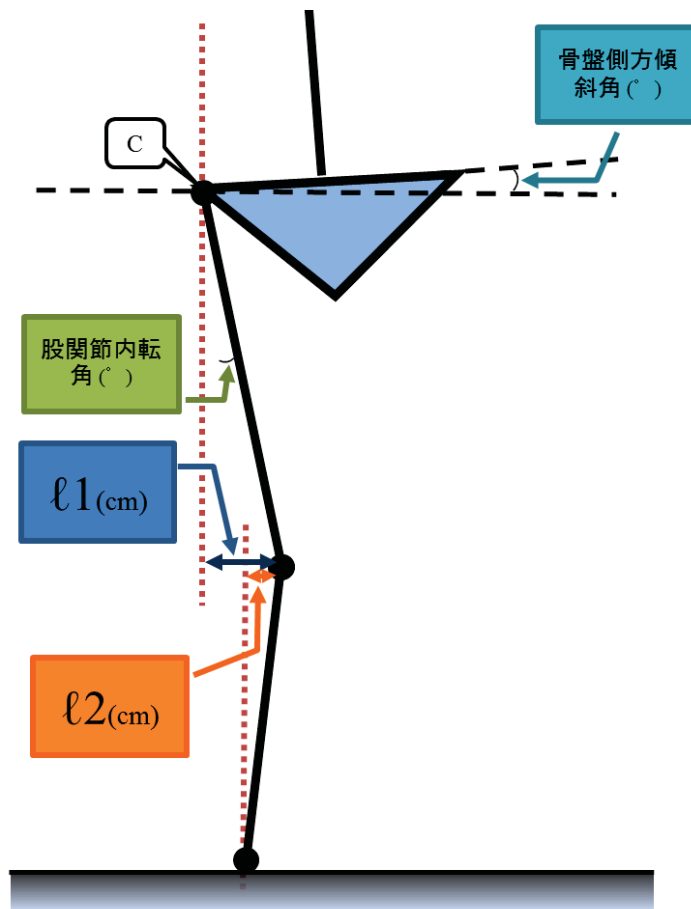


図2-6 今回の分析に用いた4点のマーカーと分析項目
 A: 足関節内果・外果中点, B: 膝蓋骨中央, C: 右上前腸骨棘, D: 左上前腸骨棘, $l1$: 右上前腸骨棘を通る鉛直線と膝蓋骨中央との距離(右膝蓋骨中央が右上前腸骨棘を通る鉛直線より内方(体幹軸より)に偏位した場合をプラス, 外方へ偏位した場合をマイナスとした), $l2$: 足関節内果・外果中点を通る鉛直線と膝蓋骨中央との距離(右膝蓋骨中央が右足関節内果・外果中点を通る鉛直線より内方(体幹軸より)に偏位した場合をプラス, 外方へ偏位した場合をマイナスとした), L: 両上前腸骨棘間距離, 股関節内転角: 両上前腸骨棘を結んだ線の垂線と, 右上前腸骨棘と右膝蓋骨中央を結んだ線のなす角度(内転方向はプラス, 外転方向はマイナスとした), 骨盤側方傾斜角: 両上前腸骨棘を結んだ線と水平線との角度(左上前腸骨棘線が右側より高位の場合をプラス, 低位の場合をマイナスとした).

5. 比較検討項目

片脚スクワット動作の解析は, SQ 時の各パラメータおよび ST 時から SQ 時までの各パラメータの変化量とした. 片脚ドロップランディングおよびカッティング動作の解析は, IC 時, LD 時の各パラメータおよび IC 時から LD 時までの各パラメータの変化量とした. 検討項目は, 足趾開排能と各課題動作の各パ

ラメータとの相関関係を、また、足趾開排能の小群、中群、大群の各群の各課題動作の各パラメータの比較を、そして足趾開排指示あり・なしの場合の各課題動作の各パラメータの比較とした。

6. 統計学的分析

足趾開排能と各課題動作の各パラメータとの相関関係をピアソンの相関係数を用いて検討した。足趾開排能の小群、中群、大群の群間において、各課題動作の各パラメータの一元配置分散分析を行い、有意差の得られた対象群に対し、Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行った。また、各課題動作における各パラメータの Neutral と Open との比較において、対応のある t 検定を用いた。全ての統計学的分析による有意水準を 5%未満とした。

3-2-3. 結果

1. 片脚スクワット

片脚スクワット時 (Open) の各パラメータを表 2-1 に示す。

表2-1 片脚スクワット時の各パラメーター (n=50) (mean±SD)

膝内方偏位率 (%)	SQ	55.7 ± 11.1
	ST→SQ	21.3 ± 10.4
膝外反率 (%)	SQ	56.7 ± 19.7
	ST→SQ	39.6 ± 18.4
股関節内転角 (°)	SQ	15.3 ± 5.8
	ST→SQ	7.2 ± 5.5
骨盤側方傾斜角 (°)	SQ	2.8 ± 3.5
	ST→SQ	0.4 ± 3.4

SQ:スクワット時.

ST:片脚立位時.

ST→SQ:ST時からSQ時までの変化量.

片脚スクワット時 (Open) の足趾開排能と各パラメータとの相関関係を表 2-2 に示す。足趾開排能と膝内方偏位率, 膝外反率, 股関節内転角と間に有意な低い負の相関が認められた (それぞれ $r = -0.307$, $p = 0.030$; $r = -0.295$, $p = 0.038$; $r = -0.331$, $p = 0.019$) (図 2-7, 図 2-8, 図 2-9)。

表2-2 片脚スクワット時の各パラメータとの相関関係 (n = 50)

	膝内方偏位率 ST → SQ	膝外反率 ST → SQ	股関節内転角 ST → SQ	骨盤側方傾斜角 ST → SQ
足趾開排能	-0.307^*	-0.295^*	-0.331^*	.208

*: $p < 0.05$

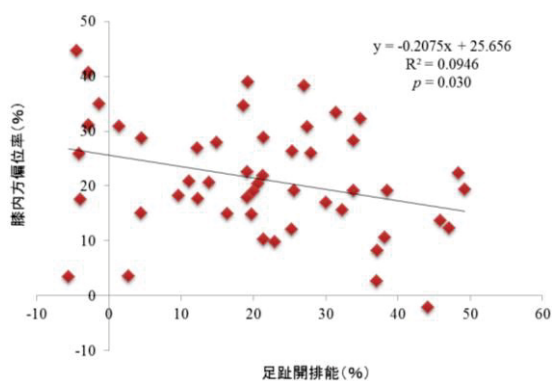


図 2-7 足趾開排能と膝内方偏位率の ST 時から SQ 時までの変化量との関係

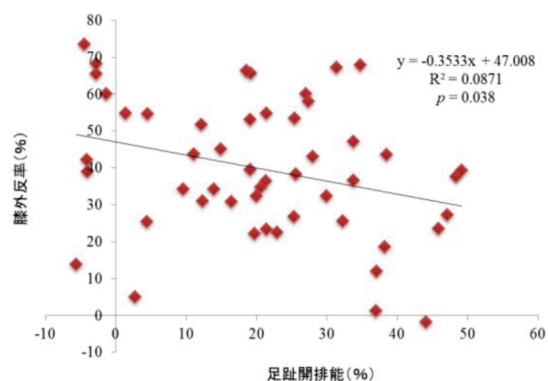


図 2-8 足趾開排能と膝外反率の ST 時から SQ 時までの変化量との関係

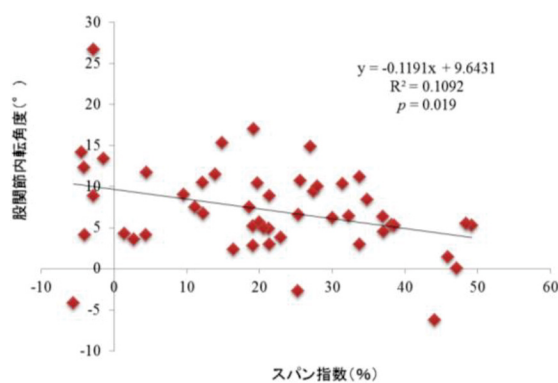


図 2-9 足趾開排能と股関節内転角の ST 時から SQ 時までの変化量との関係

片脚スクワット時（Open）の足趾開排能の各群の各パラメータを表 2-3 に示す。各群の SQ 時の各パラメータおよび ST 時から SQ 時までの各パラメータの変化量には、いずれも群間で有意な差は見られなかった。

表2-3 片脚スクワット時の足趾開排能の各群の各パラメータ

		小群 (n=11)	中群 (n=24)	大群 (n=15)
膝内方偏位率 (%)	SQ	59.3 ± 14.8	57.2 ± 8.1	50.7 ± 11.2
	ST → SQ	25.1 ± 13.8	22.4 ± 8.0	16.8 ± 10.0
膝外反率 (%)	SQ	63.2 ± 25.2	59.8 ± 12.5	46.9 ± 22.3
	ST → SQ	45.7 ± 22.8	41.7 ± 13.5	31.9 ± 20.3
股関節内転角 (°)	SQ	17.2 ± 9.1	15.7 ± 4.2	13.2 ± 4.8
	ST → SQ	9.0 ± 8.1	7.8 ± 4.5	4.9 ± 4.2
骨盤側方傾斜角 (°)	SQ	1.8 ± 4.6	3.1 ± 3.1	3.1 ± 3.2
	ST → SQ	0.2 ± 4.1	0.4 ± 3.2	1.0 ± 3.2

(mean±SD) 全てN.S.

SQ:スクワットポジション.

ST:スタンディングポジション.

ST → SQ:ST時からSQ時までの変化量.

片脚スクワット時の Open と Neutral の各パラメータを表 2-4 に示す。Open と Neutral の SQ 時および ST 時から SQ 時までの変化量において、膝外反率、骨盤側方傾斜角が有意に増加し（それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$ ），股関節内転角が有意に減少した（ $p < 0.01$ ）。

表2-4 片脚スクワット時の Neutralと Open の各パラメーター (n=50)

		Neutral	Open	P value
膝内方偏位率 (%)	SQ	54.2 ± 9.7	55.7 ± 11.1	0.087
	ST→SQ	19.8 ± 9.1	21.3 ± 10.4	0.087
膝外反率 (%)	SQ	52.9 ± 16.9	56.7 ± 19.7	0.029*
	ST→SQ	35.8 ± 16.0	39.6 ± 18.4	0.029*
股関節内転角 (°)	SQ	16.7 ± 5.2	15.3 ± 5.8	0.006**
	ST→SQ	8.6 ± 5.0	7.2 ± 5.5	0.006**
骨盤側方傾斜角 (°)	SQ	1.5 ± 3.4	2.8 ± 3.5	0.001**
	ST→SQ	-0.9 ± 3.2	0.4 ± 3.4	0.001**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (mean±SD)

Neutral: 足趾開排指示なし; Open: 足趾開排指示あり.

SQ: スクワット時.

ST: 片脚立位時.

ST→SQ: ST時からSQ時までの変化量.

2. 片脚ドロップランディング

片脚ドロップランディング時（Open）の各パラメータを表 2-5 に示す.

表2-5 片脚ドロップランディング時の各パラメーター (n=50) (mean±SD)

膝内方偏位率 (%)	IC	18.8 ± 6.2
	LD	41.5 ± 10.6
	IC→LD	22.7 ± 8.1
膝外反率 (%)	IC	11.7 ± 8.5
	LD	31.8 ± 16.7
	IC→LD	20.1 ± 12.7
股関節内転角 (°)	IC	-0.6 ± 3.1
	LD	10.0 ± 6.3
	IC→LD	10.6 ± 6.0
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	6.8 ± 2.6
	LD	4.6 ± 3.7
	IC→LD	-2.3 ± 3.1

IC: 床接地時.

LD: 右上前腸骨棘が最も下方に位置した時.

IC→LD: IC時からLD時までの変化量.

片脚ドロップランディング時 (Open) の足趾開排能と各パラメータとの相関関係を表 2-6 に示す。足趾開排能と膝内方偏位率の LD 時と IC 時から LD 時までの変化量との間にそれぞれ有意な低い負の相関が認められ (それぞれ $r = -0.356$, $p = 0.011$; $r = -0.338$, $p = 0.016$) (図 2-10, 図 2-11), 同様に膝外反率の LD 時と IC 時から LD 時までの変化量との間にそれぞれ有意な低い負の相関が認められた ($r = -0.388$, $p = 0.005$; $r = -0.299$, $p = 0.035$) (図 2-12, 図 2-13)。股関節内転角の LD 時と IC 時から LD 時までの変化量との間にそれぞれ有意な中等度の負の相関が認められた (それぞれ $r = -0.422$, $p = 0.002$; $r = -0.451$, $p = 0.001$) (図 2-14, 図 2-15)。骨盤側方傾斜角と IC 時から LD 時までの変化量との間に有意な低い正の相関が認められた ($r = 0.312$, $p = 0.028$) (図 2-16)。

表2-6 片脚ドロップランディング時の各パラメータとの相関関係 (n = 50)

	膝内方偏位率		膝外反率		股関節内転角		骨盤側方傾斜角	
	LD	IC→LD	LD	IC→LD	LD	IC→LD	LD	IC→LD
足趾開排能	-0.356*	-0.338*	-0.388**	-0.299*	-0.422**	-0.451**	.224	.312*

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$

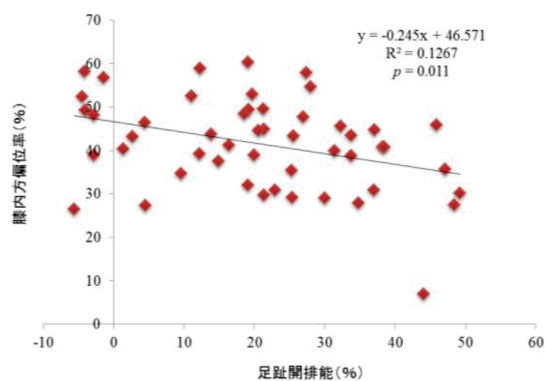


図 2-10 足趾開排能と膝内方偏位率の LD 時との関係

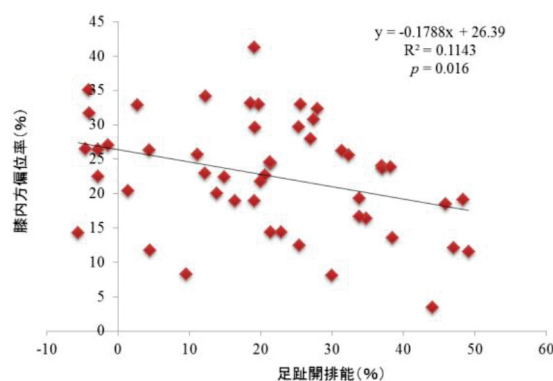


図 2-11 足趾開排能と膝内方偏位率の IC 時から LD 時までの変化量との関係

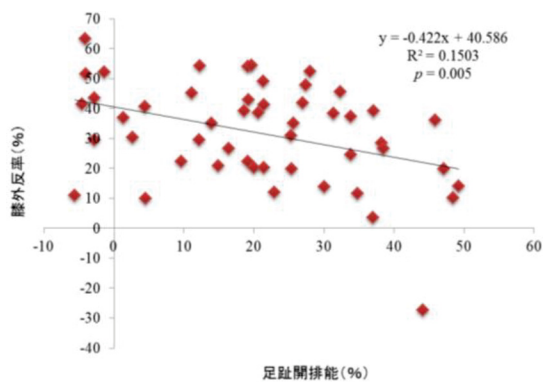


図 2-12 足趾開排能と膝外反率の LD 時との関係

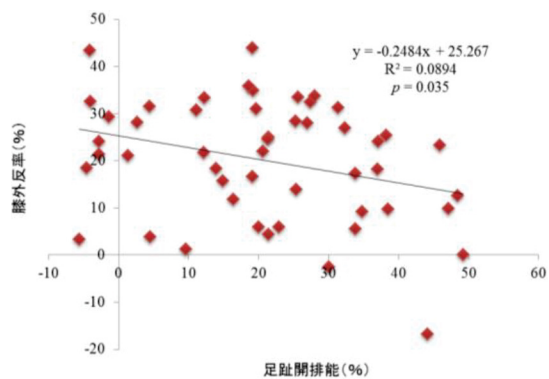


図 2-13 足趾開排能と膝外反率の IC 時から LD 時までの変化量との関係

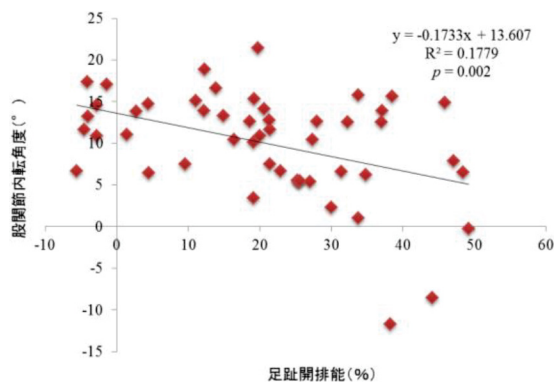


図 2-14 足趾開排能と股関節内転角の LD 時との関係

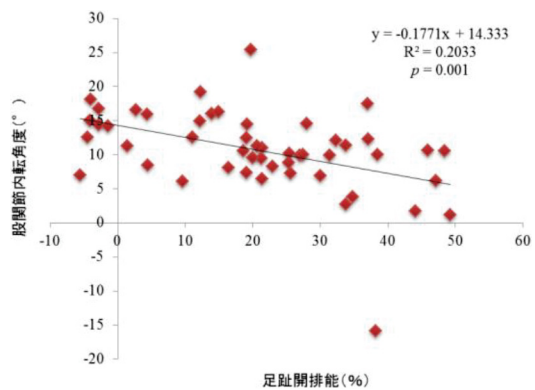


図 2-15 足趾開排能と股関節内転角の IC 時から LD 時までの変化量との関係

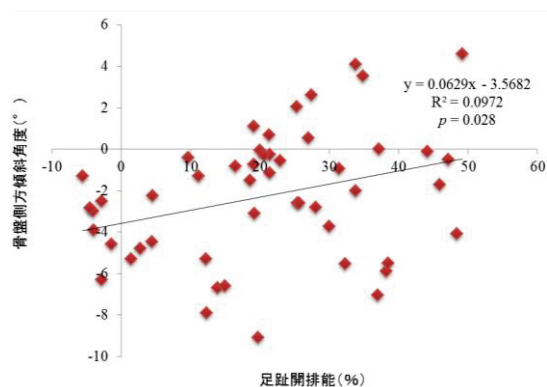


図 2-16 足趾開排能と骨盤側方傾斜角の IC 時から LD 時までの変化量との関係

片脚ドロップランディング時（Open）の足趾開排能の各群の各パラメータを表 2-7 に示す。LD 時の膝内方偏位率において、大群は中群に比べ有意に低値を示した。また、IC 時から LD 時までの膝内方偏位率の変化量は、大群は小群および中群に比べ有意に低値を示した。LD 時の膝外反率において、大群は小群および中群に比べ有意に低値を示した。また、IC 時から LD 時までの膝外反率の変化量は、大群は中群に比べ有意に低値を示した。LD 時の股関節内転角において、大群は小群および中群に比べ有意に低値を示した。また、IC 時から LD 時までの股関節内転角の変化量は、大群は小群および中群に比べ有意に低値を示した。その他の項目においては有意差は見られなかった。

表2-7 片脚ドロップランディング時の足趾開排能の各群の各パラメータ

		小群 (n=11)	中群 (n=24)	大群 (n=15)
膝内方偏位率 (%)	IC	19.4 ± 6.4	19.2 ± 5.3	17.7 ± 7.4
	LD	44.3 ± 10.5	44.1 ± 9.4 ^{a)}	35.2 ± 10.2 ^{a)}
	IC→LD	25.0 ± 7.3 ^{b)}	24.9 ± 8.0 ^{c)}	17.5 ± 6.8 ^{b)c)}
膝外反率 (%)	IC	13.9 ± 7.4	12.7 ± 6.8	8.6 ± 10.9
	LD	37.3 ± 16.5 ^{d)}	35.7 ± 13.0 ^{e)}	21.5 ± 18.5 ^{d)e)}
	IC→LD	23.4 ± 12.0	23.0 ± 11.6 ^{f)}	12.9 ± 13.0 ^{f)}
股関節内転角 (°)	IC	-1.2 ± 2.3	-0.6 ± 2.5	-0.4 ± 4.5
	LD	12.5 ± 3.6 ^{g)}	11.1 ± 4.7 ^{h)}	6.4 ± 8.5 ^{g)h)}
	IC→LD	13.7 ± 3.5 ^{j)}	11.7 ± 4.5 ⁱ⁾	6.7 ± 7.8 ^{i)j)}
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	7.2 ± 2.3	6.8 ± 2.5	6.6 ± 2.9
	LD	3.5 ± 2.1	4.9 ± 3.6	5.0 ± 4.6
	IC→LD	-3.8 ± 1.5	-2.0 ± 3.1	-1.7 ± 3.7

(mean ± SD) a) ~ i) p < 0.05, j) p < 0.01

IC: イニシャルコンタクト.

LD: ランディングポジション.

IC → LD: IC時からLD時までの変化量.

片脚ドロップランディング時の Open と Neutral の各パラメータを表 2-8 に示す。Open と Neutral の変化量において、IC 時の膝内方偏位率および膝外反率が有意に増加し（それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$ ），LD 時の股関節内転角が有意に減少した（ $p < 0.05$ ）。IC 時から LD 時までの変化量においては、膝外反率、股関節内転角が有意に減少した（いずれも $p < 0.05$ ）。

表2-8 片脚ドロップランディング時の NeutralとOpen の各パラメーター (n=50)

		Neutral	Open	P value
膝内方偏位率 (%)	IC	17.4 ± 5.3	18.8 ± 6.2	0.007**
	LD	42.3 ± 11.1	41.5 ± 10.6	0.444
	IC→LD	24.9 ± 9.3	22.7 ± 8.1	0.055
膝外反率 (%)	IC	10.1 ± 7.6	11.7 ± 8.5	0.016*
	LD	34.2 ± 17.7	31.8 ± 16.7	0.187
	IC→LD	24.1 ± 13.7	20.1 ± 12.7	0.029*
股関節内転角 (°)	IC	-1.1 ± 3.0	-0.6 ± 3.1	0.132
	LD	11.3 ± 5.4	10.0 ± 6.3	0.039*
	IC→LD	12.4 ± 4.5	10.6 ± 6.0	0.016*
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	6.8 ± 2.7	6.8 ± 2.6	0.707
	LD	4.1 ± 3.7	4.6 ± 3.7	0.235
	IC→LD	-2.6 ± 2.7	-2.3 ± 3.1	0.273

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (mean±SD)

Neutral: 足趾開排指示なし; Open: 足趾開排指示あり.
 IC: 床接地時.
 LD: 右上前腸骨棘が最も下方に位置した時.
 IC→LD: IC時からLD時までの変化量.

3. カutting

カutting時 (Open) の各パラメータを表 2-9 に示す。ビデオ画像の検証から、楢田走行やフェイク動作等のカutting動作になっていない対象者を除外した結果、解析対象者は 39 名となった。

表2-9 カutting時の各パラメーター (n=39) (mean±SD)

膝内方偏位率 (%)	IC	-21.2 ± 11.8
	LD	-16.7 ± 13.4
	IC→LD	4.4 ± 8.6
膝外反率 (%)	IC	17.2 ± 15.4
	LD	27.5 ± 21.1
	IC→LD	10.3 ± 13.5
股関節内転角 (°)	IC	-5.4 ± 6.5
	LD	-1.9 ± 6.6
	IC→LD	-3.5 ± 3.5
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	-3.3 ± 4.5
	LD	-4.6 ± 5.2
	IC→LD	1.3 ± 2.8

IC:床接地時.

LD:IC時後にみられた最大膝内反または最大膝外反時.

IC→LD:IC時からLD時までの変化量.

カutting時 (Open) の足趾開排能と各パラメータとの相関関係を表 2-10 に示す。足趾開排能と全てのパラメータとの関係において有意差は認められなかった。

表2-10 カutting時の各パラメータとの相関関係 (n = 50)

	膝内方偏位率		膝外反率		股関節内転角		骨盤側方傾斜角	
	LD	IC→LD	LD	IC→LD	LD	IC→LD	LD	IC→LD
足趾開排能	.184	-.006	.158	.016	.139	-.307	.031	.257

全てN.S.

カッティング時(Open)の足趾開排能の各群の各パラメータを表 2-11 に示す。カッティング動作になっていない対象者を除外した結果,解析対象者が 39 名となり,各群において小群 10 名,中群 20 名,大群 9 名となった。各群の IC 時から LD 時までの膝外反率の変化量において,小群は中群および大群に比べ有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。その他の項目においては有意差は見られなかった。

表2-11 カッティング時の足趾開排能の各群の各パラメータ

		小群 (n=10)	中群 (n=20)	大群 (n=9)
膝内方偏位率 (%)	IC	-21.2 ± 11.2	-23.3 ± 12.4	-16.4 ± 10.9
	LD	-22.1 ± 19.1	-16.9 ± 11.4	-10.3 ± 7.2
	IC→LD	-0.9 ± 13.9	6.3 ± 4.8	6.1 ± 5.6
膝外反率 (%)	IC	18.9 ± 15.0	14.2 ± 16.7	21.9 ± 12.7
	LD	17.9 ± 28.9	27.7 ± 18.4	37.7 ± 11.8
	IC→LD	-1.0 ± 19.2 ^{a) b)}	13.5 ± 8.2 ^{b)}	15.8 ± 8.4 ^{a)}
股関節内転角 (°)	IC	-5.5 ± 7.6	-5.8 ± 6.6	-4.4 ± 5.8
	LD	-3.1 ± 7.8	-2.1 ± 6.8	-0.1 ± 4.9
	IC→LD	2.4 ± 5.3	3.7 ± 2.8	4.3 ± 2.0
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	-2.6 ± 5.0	-3.6 ± 4.2	-3.4 ± 4.9
	LD	-4.7 ± 7.2	-4.6 ± 4.5	-4.4 ± 4.8
	IC→LD	-2.1 ± 3.9	-1.0 ± 2.6	-1.1 ± 1.3

(mean±SD) a) $p < 0.05$, b) $p < 0.01$

IC: イニシャルコンタクト.

LD: ランディングポジション.

IC→LD: IC時からLD時までの変化量.

カッティング時の Open と Neutral の各パラメータを表 2-12 に示す。Open と Neutral の全てのパラメータの比較において有意差はみられなかった。

表2-12 カッティング時の Neutral と Open の各パラメーター (n=39)

		Neutral	Open	P value
膝内方偏位率 (%)	IC	-23.0 ± 11.6	-21.2 ± 11.8	0.109
	LD	-18.8 ± 13.1	-16.7 ± 13.4	0.117
	IC→LD	4.2 ± 9.4	4.4 ± 8.6	0.822
膝外反率 (%)	IC	17.4 ± 16.1	17.2 ± 15.4	0.902
	LD	28.1 ± 19.8	27.5 ± 21.1	0.733
	IC→LD	10.8 ± 14.4	10.3 ± 13.5	0.787
股関節内転角 (°)	IC	-5.7 ± 7.9	-5.4 ± 6.5	0.779
	LD	-2.9 ± 7.8	-1.9 ± 6.6	0.332
	IC→LD	-2.7 ± 3.7	-3.5 ± 3.5	0.254
骨盤側方傾斜角 (°)	IC	-3.4 ± 4.7	-3.3 ± 4.5	0.803
	LD	-4.6 ± 6.0	-4.6 ± 5.2	0.933
	IC→LD	1.2 ± 2.5	1.3 ± 2.8	0.835

全てN.S. (mean±SD)

Neutral: 足趾開排指示なし; Open: 足趾開排指示あり.

IC: 床接地時.

LD: IC時後にみられた最大膝内反または最大膝外反時.

IC→LD: IC時からLD時までの変化量.

3-2-4. 考察

本研究は、足趾開排を指示した時の足趾開排能と片脚スクワット、片脚ドロップランディング、カッティング時の動的下肢アライメントとの関連性および足趾開排能の大小、足趾開排指示の有無が動的下肢アライメントに及ぼす影響について比較検証することを目的として行い、片脚ドロップランディングにおいて、1)足趾開排能と膝内方偏位率のLD時とIC時からLD時までの変化量との間にそれぞれ有意な低い負の相関が、2)膝外反率のLD時とIC時からLD時までの変化量との間にそれぞれ有意な低い負の相関が、3)股関節内転角のLD時とIC時からLD時までの変化量との間にそれぞれ有意な中等度の負の相関が、そして4)骨盤側方傾斜角とIC時からLD時までの変化量との間に有意な低い正

の相関が認められた。また、足趾開排能の各群の比較では、1)足趾開排能に優れているもの、すなわち大群は、中等度に足趾開排のできるもの、すなわち中群に比べ、最大しゃがみこみ時の足趾開排指示下の膝内方偏位率がより小さく、2)足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいもの（小群）に比べ、足趾開排指示下の膝外反率がより小さく、3)着地時から最大しゃがみこみ時までの膝内方偏位率の変化量がより小さく、4)足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものに比べ、着地時から最大しゃがみこみ時までの足趾開排指示下の膝外反率の変化量もより小さいというものであった。これらの結果は、足趾開排能が優れる者は膝内方偏位率、膝外反率、股関節内転角度が小さく、足趾開排能が乏しい者は膝内方偏位率、膝外反率、股関節内転角度が大きくなるということを意味する。また、足趾開排能がより優れるものは、「足趾を開いて床を掴む」という指導が、ランディング時の膝外反制御により有効であることを示した結果でもある。足趾開排能による膝外反制御の違いのメカニズムを次のように推測した。足趾開排動作は足趾の外転運動を通して小趾外転筋や母趾外転筋等の足部内在筋の筋緊張を高める。この足部内在筋の筋緊張は足部アーチ剛性を高めるとされており [Kapandji, 1987]、足趾開排能が優れるものは足趾開排指示下において足部アーチ剛性をより高めることができ、その結果として足部回内の動きをより小さくすることができたと推測した。足部回内の動きが小さいと、着地時から最大しゃがみこみ時までの下腿内旋の動きも小となり、膝関節外反を制御できる。Bonci (1999) および Coplan (1989) が、足部回内の増加は脛骨内旋に導き、さらには膝関節の回旋動作を大きくさせると述べているが、これらの先行研究は、足部回内抑制が膝内方偏位を制御させたという我々の推測を支持するものである。また、着地時の股関節内転角、着地時から最大しゃがみこみ時までの股関節内転角の変化量いずれもが、足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいものに比べ、より小であるという結果も得た。先行研究によると、膝関節外反制御に股関節周囲筋の働きが重要な役割を果たしていることが複数報告されている。Lephart ほか (2002) は、片脚ドロップランディングにおいて着地後の股関節内旋角の増加は、殿部筋筋

活動の違いによると述べ、Zazulak ほか (2005) は、同動作での着地直後の殿部筋筋活動は女性が男性に比べ低値であり、股関節内旋コントロールに重要な役割を果たしている」と述べている。今回得られた結果とこれらの先行研究での報告とを合わせると、足趾開排能の大小が下肢筋群、特に殿部筋の筋活動に影響をおよぼしている可能性もあると考える。足趾開排指示あり・なしが片脚ドロップランディング時の下肢アライメントに及ぼす影響については、足趾開排指示下において膝内方偏位率および膝外反率は IC 時に増加し、IC 時から LD 時までの膝外反率の変化量は減少していた。これは足趾開排指示下では、爪先が接地した時点ですでにある程度の膝関節外反肢位であるが、その時点から LD 時までの間の膝関節外反の増加程度は抑えられたことを意味する。爪先の接地時点で既に膝関節外反肢位にある理由としては、足趾開排指示下では、足趾を開いて床を掴むように意識した着地は足趾開排指示なしに比べ、着地時姿勢に近い形を接地の段階ですでにとっていたためではないかと推測した。LD 時までの膝関節外反の増加程度が抑えられたことについては、IC 時に既に着地時姿勢に近い形をとり、しゃがみこみ時にとる姿勢の準備が着地に先行して行っていたため、IC 時後の膝関節外反があまり増加しなかったのではないかと考えた。また、もう一つの理由として、先述した内容同様に足趾開排動作により、足部の内在筋の緊張が足部アーチ剛性を高め、足部回内を抑制し、下腿内旋と膝関節外反の動きの変化をも小さくさせたのではないかと考えた。股関節内転角度についても IC 時から LD 時までの変化量を減少させたが、この結果についても先述した内容同様に足趾開排によって着地に先行して下肢全体の筋緊張が高まったこと、そして股関節周囲筋の筋緊張が股関節内転動作の制御に影響を及ぼしたと考えた [Lephart et al., 2005; Zazulak et al., 2005]。もっとも、足趾開排動作と股関節周囲筋筋活動との関係については明らかにしておらず、今後の研究課題であろう。

片脚スクワットでは、足趾開排能と膝内方偏位率、膝外反率、股関節内転角のスタンディングポジションからスクワットポジションまでの変化量との間に有意な低い負の相関が得られた。これも片脚ドロップランディング同様に、足趾開排能が優れる者は膝内方偏位率、膝外反率、股関節内転角度が小さく、足

趾開排能が乏しい者は膝内方偏位率，膝外反率，股関節内転角度が大きくなる傾向をもつことを意味する．足趾開排指示あり・なしが膝関節外反や股関節内転角度等の動的下肢アライメントに及ぼす影響について得られた結果は，片脚スクワットにおいて，足趾開排指示下の SQ 時および ST 時から SQ 時までの変化量が膝外反率，骨盤側方傾斜角度ともに増加した．我々はそのメカニズムを足趾開排という指示により，小趾外転筋や母趾外転筋等の足趾を作動させる筋肉の緊張と共に，足趾で床を強く支えようとする意識が先行する，その結果，前足部と母趾球を含めた足部内側への荷重が起りやすくなり，足部回内から膝関節外反が導かれたのではないかと推測した．さらに膝関節屈曲角度が大きくなるにつれて，足趾で床を強く支えようとする意識がより強くなり，足部内側への荷重がより起りやすくなったと推測した．ビデオ画像からも足趾開排指示下では，SQ 時の少し手前時点から膝関節外反の程度がより大きくなる傾向が多数確認された．足趾開排指示下での SQ 時の股関節内転角度および ST 時から SQ 時までの股関節内転角度変化量の減少は，骨盤側方傾斜角度の増加およびその角度変化量の増加が股関節内転角度と角度変化量の減少に反映されたものと考えた．

カッティングについては，足趾開排能の各群の比較において着地時から最大しゃがみこみ時までの膝外反率の変化量が，足趾開排能の乏しいものは中等度に足趾開排ができるものおよび足趾開排能に優れているものに比べ，低値であった．この課題動作は，カッティング時にフェイク動作，すなわち横方向へのステップを入れながら反対方向へ切り返るといった様式のため，足趾開排能が乏しいものは足趾を開いて床をしっかり踏ん張ることができず，フェイク動作に入る前の踏込み幅が小となり，膝外反率の変化量の低下につながったのではないかと考えた．足趾開排指示の有無との比較においては，全ての項目で有意差はみられなかった．これは，足趾開排とカッティングの同時タスクは技術的に難しく，験者の意図する動作が十分に行えていないことが要因の一つとして挙げられる．実際の解析にあたって 11 名を除外する結果となったのもこのた

めである。また、足趾開排能と各パラメータとの関連性についても全ての項目において有意差がみられなかったが、今回行った測定モデルでは、足趾開排指示がカッティング時の膝関節外反等に及ぼす影響について結論づけるのは困難と考えた。

先行研究から、Hewett ら（2005）は膝関節外反および股関節内転を伴った動作肢位を“Dynamic valgus”と定義し、ACL 傷害リスクと潜在的な関係があると述べ、そのほかバイオメカニクスの検証においても、膝関節外反や股関節角度の増加は ACL 傷害リスクを高めることが報告されている [Bing and William, 2007]。足趾開排指示が片脚ドロップランディング時の膝外反率および股関節内転角度の増加量を減少させたという本研究の結果は、足趾開排指示はジャンプからの片脚着地動作において、ACL 傷害予防策になりうる可能性があることを示唆している。

本研究の問題の一つとして、先述したが課題動作がやや難しい点にある。特にカッティングにおいては、今後、より正確な分析のために事前に十分な技術習得させた上での比較が必要だと考えた。また、本研究の限界として、前額面からの二次元解析であるということである。McLean ほか（2005）は、着地からのジャンプ時の膝関節外反角度を二次元解析と三次元解析とで比較し、良好な回帰関係が得られたと報告しているが、より正確な角度変化等の収集と解析には、三次元的動作解析によるデータ収集が必要であるのは言うまでもない。

本研究結果から、「足趾を開いて床を掴む」という動作指示において、片脚ドロップランディング時の足趾開排能と膝内方偏位率、膝外反率、股関節内転角のランディングポジションとイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの変化量との間にそれぞれ有意な負の相関が認められた。また、足趾開排能がより優れるものはジャンプからの着地動作において、膝関節外反をより制御させ、また、足趾開排動作指示ありは指示なしに比べ、着地後の膝外反偏位量をより減少させたことが示された。足趾開排および足趾把持動作の指示とともに、足趾開排能を高めるエクササイズは、ジャンプからの着地動作にて

多発する ACL を含めた下肢傷害予防につながるプログラムである可能性が示唆された。

3-2-5 結語

片脚スクワット，片脚ドロップランディング，カッピングを課題動作に設定し，足趾開排を指示した時の足趾開排能と動的下肢アライメントとの関連性について，また，足趾開排能の大小および足趾開排指示の有無が動的下肢アライメントに及ぼす影響について比較検証することを目的として行い，以下の結論を得た。

- 1) 片脚スクワット時の足趾開排能と膝内方偏位率，膝外反率，股関節内転角のスタンディングポジションからスクワットポジションまでの変化量との間に有意な低い負の相関が認められた。
- 2) 片脚ドロップランディング時の足趾開排能と膝内方偏位率，膝外反率のランディングポジションとイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの変化量との間にそれぞれ有意な低い負の相関が認められ，足趾開排能と股関節内転角のランディングポジションとイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの変化量との間にそれぞれ有意な中程度の負の相関が認められた。骨盤側方傾斜角とイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの変化量との間に有意な低い正の相関が認められた。
- 3) 足趾開排能の小・中・大群の比較において，片脚ドロップランディングでは，①足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものに比べ最大しゃがみこみ時，足趾開排指示下の膝内方偏位率がより小であった。②足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいものに比べ最大しゃがみこみ時，足趾開排指示下の膝外反率がより小で，着地時から最大しゃがみこみ時までの膝内方偏位率の変

化量がより小であった。③足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものに比べ着地時から最大しゃがみこみ時までの足趾開排指示下の膝外反率の変化量もより小であった。④着地時の股関節内転角，着地時から最大しゃがみこみ時までの股関節内転角の変化量いずれもが，足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいものに比べ，より小であった。

- 4) カuttingでは，着地時から最大しゃがみこみ時までの膝外反率の変化量が，足趾開排能の乏しいものは中等度および優れているものに比べ，より小であった。
- 5) 足趾開排指示あり・なしとの比較では，片脚スクワットにおいて，足趾開排指示ありは，スクワットポジションの膝外反率および骨盤側方傾斜角を増加させ，股関節内転角を有意に減少させた。また，スタンディングポジションからスクワットポジションまでの変化量においても，膝外反率および骨盤側方傾斜角を増加させ，股関節内転角を有意に減少させた。
- 6) 片脚ドロップランディングにおいて，イニシャルコンタクトの膝内方偏位率および膝外反率を有意に増加させ，ランディングポジションの股関節内転角を有意に減少させた。しかしイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの膝外反率の変化量は有意に減少した。
- 7) 足趾開排が優れるものは，足趾開排および足趾把持動作の指示とともに，特に片脚ドロップランディングにおいて膝関節外反をより制御した。足趾開排能を高めるエクササイズと「足趾を開いて床を掴む」という動作指示は，ジャンプからの着地動作にて多発する膝前十字靭帯傷害を含めた下肢傷害予防につながる可能性のある運動指導法の一つとしてその有用性が示唆された。

第 4 章

ラクロススティックの保持や操作が動的下肢
アライメントに及ぼす影響

研究3 ドロップバーティカルジャンプ時におけるラクロススティックの保持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響

4-3-1. 緒言

女子アスリートの膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：以下，ACL）傷害発生率は男性アスリートと比較し2～8倍高く[Agel et al., 2005]，特に女子バスケットボール，ハンドボール，サッカーなどの競技において，ジャンプからの着地やカッティング動作時に多発している[Boden et al., 2000]．女子ラクロス競技においてもACL傷害率は比較的高く[Hootman et al., 2007]，ラクロス競技の特殊性として，スティック（クロス）を両手で保持した状態でのジャンプおよびカッティング動作等が行われている点にある[Dick et al., 2007]．

ACL傷害時のビデオ解析によると，コントロールに比べ膝関節外反角度や股関節内転角度が大きいことが示されているほか，矢状面においては膝関節屈曲角度が小さい傾向が示されている[Boden et al., 2009]．実験室レベルでのバイメカニクス的な検証からも，ドロップバーティカル（垂直）ジャンプ（drop vertical jump：以下，DVJ）やカッティング動作時に，それらの特徴的な下肢キネマティクスが顕著に示されており，特に女子アスリートにおけるACL傷害の主要因であることが報告されている[Hewett et al. 2006]．それらの動的下肢アライメントに着目し，膝傷害リスクを検討するためのスクリーニングの一つとして，DVJテストが推奨されている[Noyes et al., 2005; Renstrom et al., 2008]．スポーツ現場において膝関節，特にACL傷害予防のためのスクリーニングとして用いられているDVJテストを，従来行われている様式に加え，競技特殊性に応じた様式で行うことが，傷害リスクの要因となる特徴的な下肢アライメントの変化をより具体的に評価出来るのではないかと考えた．本研究の目的は女子ラクロス選手を対象とし，DVJ動作におけるラクロススティックの保持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響について比較検討することである．

4-3-2. 対象と方法

1. 対象

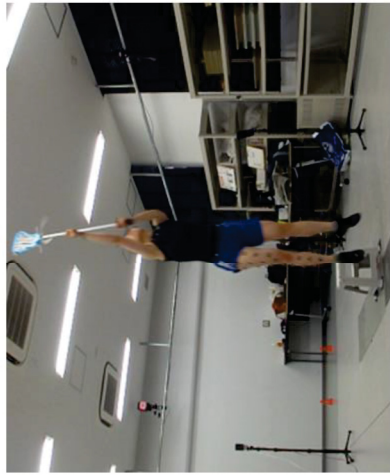
対象者は、関東大学女子ラクロスリーグ 1 部に所属する大学女子ラクロス選手 9 名（平均年齢 20.0 ± 1.3 歳，身長 159.6 ± 5.8 cm，体重 55.1 ± 6.3 kg，ラクロス競技歴 24 ± 3.4 ヶ月）であり，本研究で施行する課題動作の実施にあたり，下肢への支障をきたすような外傷のない者とした．全ての対象者に研究の目的，方法，倫理的配慮等に関する説明を行い，同意を得た．なお，本研究は早稲田大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施し（承認番号 2010-037），本研究に関する資金提供，雇用等の利益相反は存在しない．

2. 課題動作

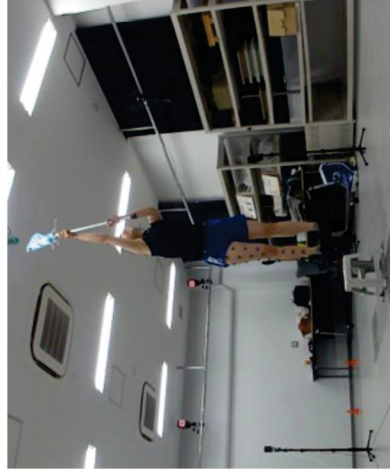
課題動作は台上からの両脚 DVJ とした．被験者に 30cm 高の台上に両脚で立たせ，合図とともに両脚にて飛び降り，着地後すぐに鉛直方向への最大努力でのジャンプを行わせた．台上から飛び降りたときの着地および鉛直方向へのジャンプした後の着地は，右脚を床反力計上に着地させるよう指示した．施行条件は，両手を自由に使用させた条件での両脚 DVJ（not holding a stick：以下，NH）（ジャンプ時に両手を天井方向に挙げさせながらジャンプさせた）（図 3-1-a），ラクロススティックを右手側に保持させた条件での両脚 DVJ（holding a stick with right hand side：以下，RH）（ジャンプ時にスティックの先端を天井方向にあげさせた．動作中は両手をスティックから離さないよう指示した）（図 3-1-b）．RH と同じ条件に加え，天井に吊るしたボールにスティックの先端をあてるよう指示した（holding a stick with right hand side with a target：以下，RHT）（実際にはスティックの先端がボールに当たらない高さに吊るした）（図 3-1-c）の 3 条件で行わせ，それぞれ 3 回の成功試技を記録した．なお，各試技において，1) 台上から着地後，鉛直方向にジャンプできなかったもの，2) 台上から飛び降りたときの着地およびジャンプ後の着地時に床反力計上に右脚が乗らなかったもの，3) DVJ 後，安定した着地が出来なかったものは無効とした．



a. NH



b. RH



c. RHT

図3-1 課題動作, (a)NH: スティック保持なし, (b) RH: スティック右手側に保持, (c) RHT: スティックを右手側に保持+目標物有り.

3. 動作計測

動作の計測には、8 台の赤外線カメラ（Motion Analysis 社製）及び床反力計（Kistler 社製）から構成される光学式三次元動作解析装置を使用し、反射マーカはサンプリング周波数 240Hz、地面反力はサンプリング周波数 2400Hz でそれぞれ計測した（図 3-2-a）。対象者の右下肢及び骨盤の皮膚上に計 36 点の反射マーカを貼付した（図 3-2-b）。反射マーカの貼付部位は、左右上前腸骨棘、左右上後腸骨棘の midpoint、以下、右脚の大転子、大腿骨外側上顆および内側上顆、外果および内果、第 2 中足骨頭の骨指標 9 点と、Point Cluster 法 [Andriacchi et al., 1998] に基づき大腿部には 10 点、下腿部には 6 点の反射マーカを貼付した（図 3-2-b）。また、シューズの踵部に足部セグメントの位置および方位を計算するための反射マーカを 3 点貼付した。

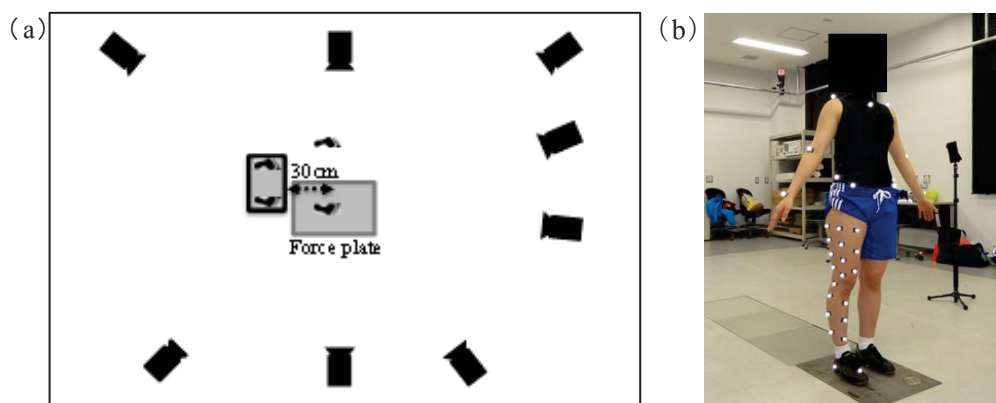


図 3-2 (a) カメラ設置位置と (b) マーカ貼付位置

4. データ解析

得られた三次元座標データから、Grood と Suntay (1983) が提唱した関節座標系を用いて膝関節屈曲角度および外転角度、股関節屈曲角度および内転角度を算出した。また、床反力データから、逆ダイナミクスを用いて膝関節外転モーメントおよび股関節内転モーメントを算出した。関節モーメントは、外的モーメントとして計算した。各関節モーメントは対象者の身長と体重の積で除し、正規化した。解析範囲は床反力計から得られたデータから、足部の一部が床に

接地した時点 (initial contact: 以下, IC) からつま先が床から離れた時点 (toe off: 以下, TO) までとし, この期間を Landing phase とした. パラメータは, キネマティクスにおいては, Landing phase の全時間を 100% とした場合の, IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節屈曲角度および最大膝関節外転角度, 最大股関節屈曲角度および最大股関節内転角度とし, キネティクスにおいては, IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節外転モーメントおよび最大股関節内転モーメントとした. 尚, IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた各項の最大値をパラメータとした理由は, 鉛直方向への最大床反力のピークが IC 時後, Landing phase の 30% 時点までにみられたこと, また, 実際の ACL 傷害が IC 時後にみられる最大床反力のピーク付近で発生していることが多数報告されている為である [Koga et al., 2010; Krosshaug et al., 2007]. 統計学的解析は各試行条件間において一元配置分散分析を用い, 有意差の得られた項目に対し, Bonferroni 法を用いて多重比較検定を行った. なお, 有意水準は 5% 未満とした.

4-3-3. 結果

NH, RH, RHT 各試行条件における IC 時の全対象者の全試技の平均膝関節屈曲角度および膝関節外転角度, 股関節屈曲角度および股関節内転角度, IC 時から Landing phase の 30% 時点までの最大膝関節屈曲角度および最大膝関節外転角度, 最大股関節屈曲角度および最大股関節内転角度, 最大膝関節外転モーメントおよび最大股関節内転モーメントを表 3-1 に示す. また, 各試行条件における Landing phase の全対象者の全試技の平均膝関節屈曲・伸展角度および平均膝関節内転・外転角度, 平均股関節屈曲・伸展角度および平均股関節内転・外転角度, 平均膝関節外転・内転モーメント, 平均股関節内転・外転モーメントの時系列変化を図 3-3 に示した. 有意差が認められた試行条件間のパラメータは, IC 時から Landing phase の 30% 時点までの最大膝関節屈曲角度において, RHT は RH と比べて有意に減少した ($p < 0.05$). その他の試行条件間における各パラメータの比較において有意差はみられなかった.

表3-1 ドロップジャンプ時の膝および股関節の関節角度と関節モーメント (mean ± SD)

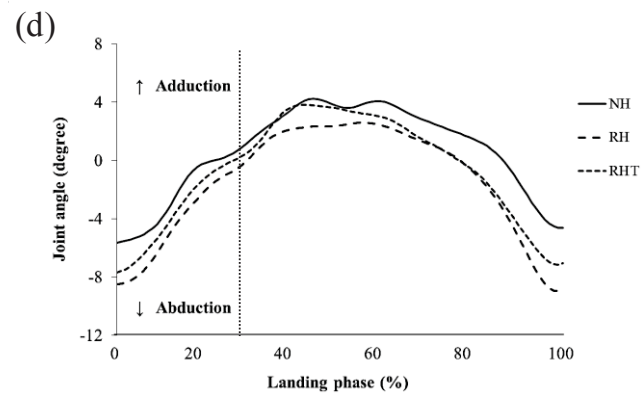
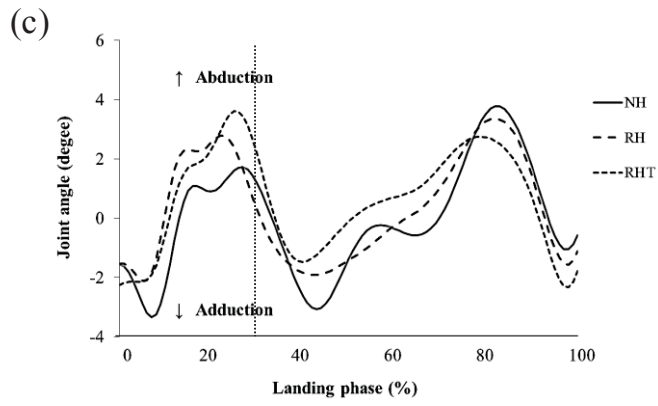
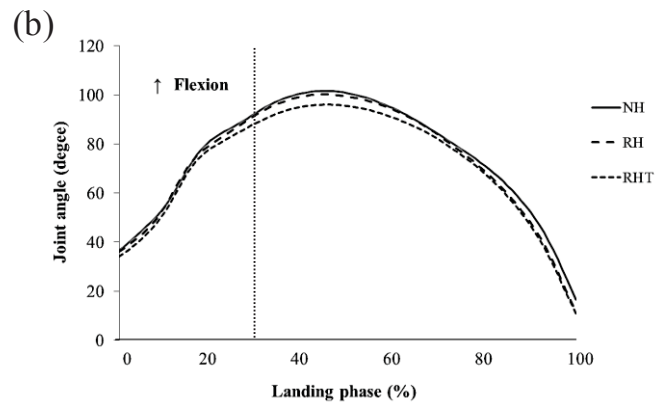
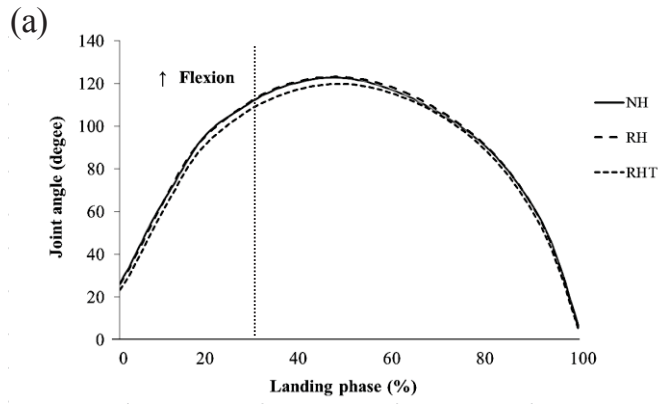
	NH	RH	RHT
Initial contact			
膝関節屈曲角度 (°)	26.7 ± 11.6	26.4 ± 8.9	23.5 ± 6.2
膝関節外転角度 (°)	1.5 ± 3.4	1.5 ± 3.7	2.3 ± 2.8
股関節屈曲角度 (°)	36.8 ± 11.5	36.3 ± 8.8	34.2 ± 6.6
股関節内転角度 (°)	-5.6 ± 3.2	-7.8 ± 4.4	-7.7 ± 4.5
Landing phase†			
最大膝関節屈曲角度 (°)*	113.0 ± 10.6	113.5 ± 9.8	109.7 ± 10.4
最大膝関節外転角度 (°)	5.1 ± 8.0	5.8 ± 7.8	6.3 ± 8.0
最大股関節屈曲角度 (°)	92.8 ± 7.4	91.9 ± 9.3	88.6 ± 8.9
最大股関節内転角度 (°)	2.0 ± 6.2	0.4 ± 7.7	0.8 ± 7.9
最大膝関節外転モーメント (Nm/(体重*身長))	0.17 ± 0.14	0.15 ± 0.12	0.14 ± 0.10
最大股関節内転モーメント (Nm/(体重*身長))	0.27 ± 0.10	0.30 ± 0.13	0.26 ± 0.11

*RH vs. RHT (p < 0.05)

†Landing phase の initial contact から 30% phase まで

マイナス(-)は外転位を示す

NH:ステイック保持なし; RH:ステイック保持有り; RHT:ステイック保持有り+目標物あり



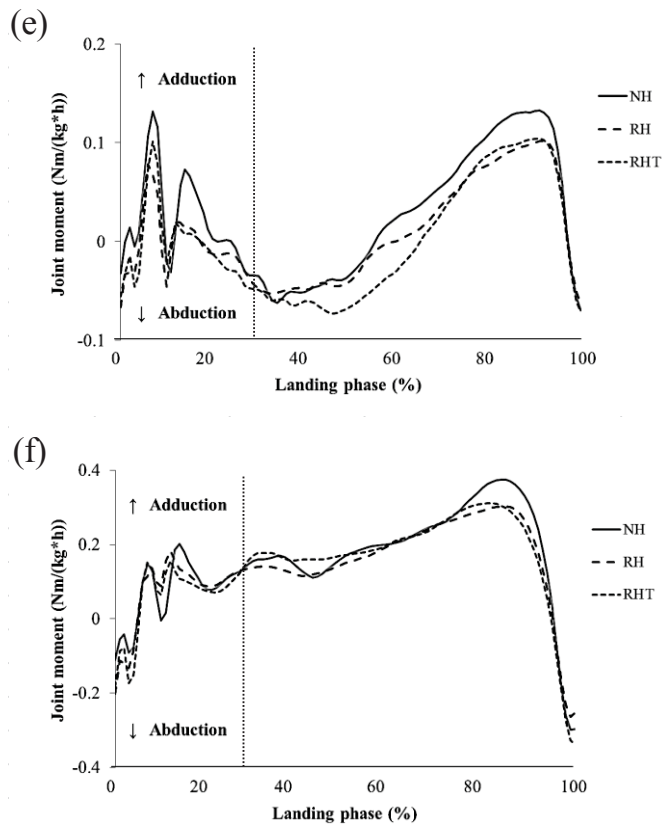


図3-3 IC時からLanding phaseの30%時点までにみられた全対象者の全試技の平均膝関節および股関節角度, 最大膝関節および股関節モーメント. (a) 膝関節屈曲/伸展角度, (b) 股関節屈曲/伸展角度, (c) 膝関節内転/外転角度, (d) 股関節内転/外転角度, (e) 膝関節外転/内転モーメント, (f) 股関節内転/外転モーメント.

4-3-4. 考察

本研究は、女子ラクロス選手を対象として、ラクロスの競技特殊性の1つであるスティックや目標物の有無での条件下でDVJを行わせたと時の下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響について比較検討することを目的として行い、得られた結果は最大膝関節屈曲角度において、スティック保持ありに目標物を加えた条件は、目標物が無い場合の条件と比較し有意に減少した。先行研究から、女性アスリートは男性アスリートに比べ、DVJ動作時の膝関節外転角度および股関節内転角度が大きく、膝関節屈曲角度が小さいといった下肢アライメントを示し、それらの特徴的な動的下肢アライメントが女性アスリートのACL傷害要因の一つであることが複数報告されている[Hewett et al., 2006; Renstrom et al., 2008]。そのほかDeckerら(2003)は、ドロップランディング

において女性は男性に比べ、膝関節屈曲角度が有意に減少していたことを報告し、Yuら(2005)は、ストップジャンプタスクにおいて女性の最大膝関節屈曲角度が有意に減少したことを報告している。DVJテストで得られた膝関節キネマティクスおよびキネティクスのデータをベースラインとして用い、ACL傷害群と比傷害群を比較検証した前向き研究[Hewett et al., 2005]からは、ACL傷害群は非傷害群に比べ有意に膝関節外反角度が大きかったほか、矢状面からみた最大膝関節屈曲角度が有意に小さかったことが示された[Hewett et al., 2005]。またNunleyら(2003)は、X線を用いた解剖学的観点から男女のACL傷害リスクを検証したところ、同じ膝関節屈曲角度での大腿四頭筋収縮による脛骨前方剪断力は、女性は男性に比べて大きく、ACLへの伸張ストレスがより高まることを報告している。

スティック保持ありで目標物あり・なしの条件下の動作比較において、スティック保持ありで目標物なしの動作は、着地からジャンプといった比較的単純な動作を遂行しようとする意識のみで行えるが、スティック保持ありで目標物ありの動作は、着地からジャンプにかけて目標物があることにより、その目標物に向かってより高く飛ぼうとする意識および視線をより高く保持させようとする意識が強く働き、下肢、特に膝関節の屈曲角度をより大きくさせて高く飛ぶといった意識が弱くなることで、結果膝関節屈曲角度の減少につながったのではないかと考えた。有意差はみられなかったが、股関節屈曲角度においてもRHTはRHおよびNHと比べ小さい傾向を示していた(図3-3(b), 表3-1)。先行研究から、実際の競技中に発生したACL傷害時のビデオ画像を連続して解析したデータによると、膝関節軽度屈曲位が連続してみられていたことが報告されている[Boden et al., 2009]。これらの先行研究からもACL傷害要因の一つに着地動作中の膝関節屈曲角度が小さいことが示されているが、本研究においてもIC時から最大膝関節屈曲角度に達するまでの平均膝関節屈曲角度は、RHTはRHおよびNHに比べ低値の傾向を示していた(図3-3(a))。本研究で算出された値について、RHTとRHの最大平均膝関節屈曲角度の差は 3.8° であったが、いずれの先行論文からもACL傷害群とコントロール群とを比較した場合のランディング時の膝関節屈曲角度の小がACL傷害リスクとなることが多数

報告されており、現場指導においては ACL 傷害予防の為に膝関節屈曲角度に着目した指導が重要であると考えられる。高く上がったボールをスティックを両手で保持した状態でジャンプしてキャッチに行くといった局面は、実際の競技場面でも多くみられ、今回の実験で行った天井に吊したボールを目標物として設定し、スティックを保持させた状態でその目標物に向かってより高くジャンプさせるといった動作様式は、競技特殊性を考慮した下肢アライメントを評価するための課題動作の一つになりうる可能性が示唆された。今回の実験において、スティック保持ありで目標物あり・なしの条件間から、矢状面における膝関節への影響が認められた。ACL 傷害予防のためのスクリーニングとして通常用いられている DVJ テストに加え、ラクロスの競技特殊性に応じた動作様式で行わせること、すなわちスティックを両手で保持させた条件に加え、目標物を加えた条件で行わせることが動的下肢アライメントを評価する一つの指標となり、ACL を含めた下肢傷害リスクを検討する一助となる可能性が示された。本研究の限界は、比較対象者数が少ないことにある。先行論文からも報告されているように[Pollard et al., 1994]、下肢関節角度の偏位は個人差が大きく、平均化された値からそれらの傾向を立証するには、さらに対象者数を増やして検討する必要がある。

4-3-5. 結語

大学女子ラクロス選手を対象とし、ラクロススティックの保持や操作がドロップバーティカルジャンプ動作時の下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響について比較検討し、着地時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節屈曲角度において、スティック保持ありに目標物を加えた条件は、目標物がない場合の条件と比較し有意に減少させた。女子ラクロス選手を対象とした ACL 傷害予防のためのスクリーニングとして、スティックを保持させ、さらには目標物を加えた条件下でのドロップバーティカルジャンプテストは、ACL を含めた下肢傷害リスクを検討するための一助となる可能性が示唆された。

研究 4 ラクロススティックの保持の有無がカッティング動作時の下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響

4-4-1. 緒言

女子ラクロスの膝前十字靭帯 (anterior cruciate ligament : 以下, ACL) 傷害発生率は, NCAA (National Collegiate Athletic Association, 全米大学体育協会) の報告によると, 比較的高いことがうかがえる [Hootman et al., 2007]. ラクロスは, スティック (クロス) を両手で保持した状態でカッティングやジャンプ動作を行う点が競技特殊性として挙げられる.

ACL 傷害の主な発生機転であるカッティング動作について, その傷害メカニズムを解明するための手法の一つに, 動作中にみられる下肢キネマティクス・キネティクスを分析するといったバイオメカニクスの手法が用いられている. 例えば実験室内で行われている数メートルの助走からの方向転換走等である. 今日, それらの課題動作を行わせた時の膝や股関節の関節角度や関節モーメントを男女で比較したところ, 男性に比べて女性の膝関節外転角度や股関節内転角度が大きいこと, 膝関節外転モーメントや股関節内転モーメントが大きいことが報告されており, それらが ACL 傷害メカニズムの一つであるという見解で一致している [Quatman and Hewett, 2009; Hewett et al., 2006]. カッティング動作を課題動作に設定して行わせた時の男女の下肢キネマティクス・キネティクスの比較について, 膝関節に関しては, Malinzak ら (2001), McLean ら (2004), Ford ら (2003) によると, 女性は男性に比べて膝関節外転角度が大きく, McLean ら (2005) によると女性は男性に比べて膝関節外転モーメントが大きいことが報告されている. また, 股関節に関しては, Pollard ら (2007) によると, 女性は男性に比べて股関節内旋角度が大きかったことを示したほか, Pollard ら (2004) は, 男女ともに股関節外転肢位を示したが, 女性は男性に比べてより内転方向への動きを示していたことを報告した. また, Pollard ら (2007) は, 女性は男性に比べて股関節内転モーメントが大きかったことを報告している. これらの報告から女性は男性に比べ, カッティング動作時の膝関節外転角度や股関節内旋角度, 膝関節外転モーメントや股関節内転モーメントが大きいほか,

股関節内転方向への動作傾向を示すといった特徴がみられている。しかしながら今日まで行われてきた動作実験は、性差の違いを検討する目的で、比較的単純な課題動作を行わせた上での比較検証が行われている。そこで筆者らは女性に焦点をあて、ACL 傷害頻度が高い競技を対象として、競技特殊性が考慮された動作様式を用いた検証が必要であると考えた。各競技で行われているカッティングやジャンプ動作を、競技特殊性が考慮された動作様式に設定して行わせた時の動作分析により、競技別にみた傷害発生メカニズムが解明できるのではないかというものである。本研究に先立ち、筆者らは大学生女子ラクロスを対象に、ドロップバーティカルジャンプ時におけるラクロススティックの保持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響について報告し[佐野村ら, 2012-2], ラクロススティックを保持させた状態でのドロップバーティカルジャンプ動作で、目標物を加えて行わせた時は目標物のない時と比べ、膝関節屈曲角度が有意に減少したと結論づけている。本研究は、女子ラクロスの ACL 傷害メカニズムについて検証することを目的として、大学女子ラクロス選手を対象として、カッティング動作を課題動作に設定し、競技特殊性の一つであるラクロススティックを保持させてカッティング動作を行わせた時とそうでない時の下肢キネマティクス、キネティクスについて比較検証することとした。仮説は、スティックを保持させて行わせた時のカッティング動作は保持なしの時と比べ、膝関節外転角度や膝関節外転モーメント、股関節内転角度や股関節内転モーメントが増加するというものである。

4-4-2. 対象と方法

1. 対象

大学女子ラクロス選手 10 名(年齢(平均±標準偏差): 19.4 ± 1.0 歳, 身長 158.6 ± 5.3 cm, 体重 55.7 ± 5.6 kg, ラクロス競技歴 24 ± 11.8 ヶ月)を対象とした。課題動作を行うにあたり、下肢の傷害等により支障をきたさない者とした。事前に研究の目的, 方法, 倫理的配慮等に関する説明を行い, 同意を得て行った。本研究は, 早稲田大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号 2010-037)。

2. 課題動作

課題動作はカッティング動作で、スタート地点から合図とともに、5mの助走をつけて、床反力計上に利き脚（全例、右脚）を着地させ、左方向45°方向に方向転換して走り抜ける様式とした（図4-1）。なお、カッティング動作は前方に人（敵チームの選手）が立っているが、いることを想像させたカッティング動作とした。課題動作を以下の3条件で行わせた。1.スティック保持なし（not holding a stick：以下、NH）（図4-2-a）、2.利き手側に両手でスティックを保持（全例、右手）（holding a stick with right hand side:以下、RH）（図4-2-b）、3.非利き手側に両手でスティックを保持（全例、左手）（holding a stick with left hand side：以下、LH）（図4-2-c）。各条件での課題動作について、5本の成功試技を記録した。以下に成功試技の条件を示す。1)助走時のスピードが4-4.5m/s内であること、2)カッティング動作時に右脚が床反力計上に踏み込まれていること、3)楕円走行になっていないこと（カッティング動作になっていること）、4)方向転換後、設置してあるコーン内を走り抜けていること（図4-1）、5)動作中、常にスティックを両手で保持していることとし、以上の条件が満たされていない場合は無効として再試技を行わせた。

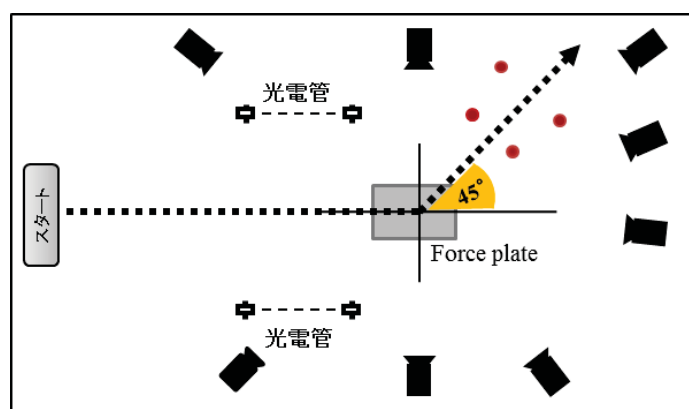


図 4-1 カメラセッティングと走行図

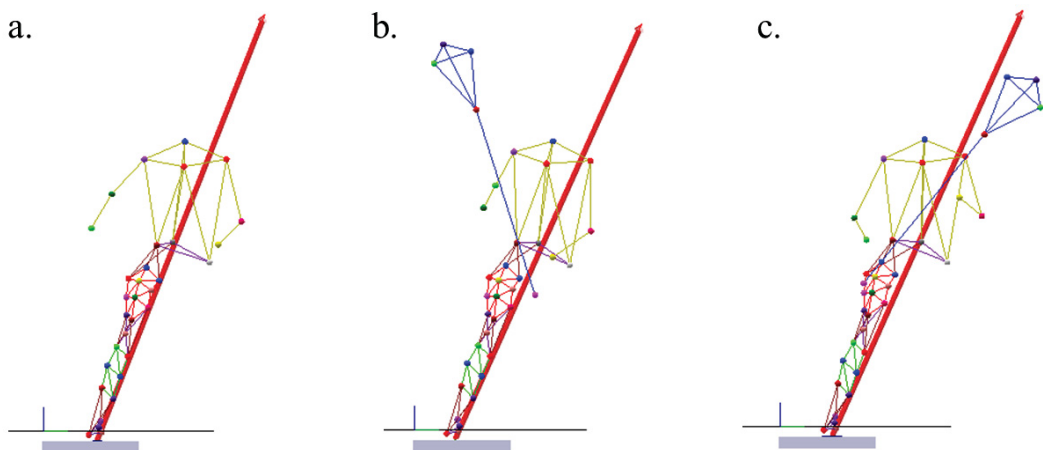


図 4-2 試行条件 (a) スティック保持なし (NH), (b) スティックを両手で右手側に保持 (RH), (c) スティックを両手で左手側に保持 (LH)

3. 動作計測

動作の計測は、研究 3[佐野村ら, 2012-3]同様に 8 台の赤外線カメラ (Motion Analysis 社製) と床反力計 (Kistler 社製) を使用した。反射マーカはサンプリング周波数 240Hz, 地面反力はサンプリング周波数 2400Hz でそれぞれ計測した。対象者へのマーカ貼付も研究 3 [佐野村ら, 2012-3] 同様に、右下肢及び骨盤の皮膚上, その他シューズに計 36 点貼付した。

4. データ解析

データ解析および算出方法も研究 3 [佐野村ら, 2012-3] 同様である。解析範囲は足部の一部が床に接地した時点 (initial contact, 以下 IC) からつま先が床から離れた時点 (toe off, 以下 TO) までを Landing phase として, IC 時から Landing phase の 30% 時点までのデータを算出した。パラメータは, IC 時の膝関節屈曲角度, 膝関節外転角度, 股関節屈曲角度, 股関節内転角度, IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節屈曲角度, 最大膝関節外転角度, 最大膝関節内旋角度, 最大股関節屈曲角度, 最大股関節内転角度, 最大股関節内旋角度, 最大膝関節外転モーメント, 最大膝関節内旋モーメント, 最大股関節内転モーメント, 最大股関節内旋モーメントとした。IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた各項の最大値をパラメータとした理由は, 研究 4 同様に鉛直方向への最大床反力のピークが IC 時後, Landing phase の 30% 時点ま

でにみられたこと、また、実際の ACL 傷害が IC 時後にみられる最大床反力のピーク付近で発生していることが多数報告されている為である [Koga et al., 2010; Krosshaug et al., 2007]. 統計学的解析は、各試行条件間において一元配置分散分析を用い、有意差の得られた項目に対し、Bonferroni 法を用いて多重比較検定を行った。全てのパラメータの比較において、有意水準を 5%未満とした。

4-4-3. 結果

NH, RH, LH の各試行条件での IC 時の膝関節屈曲角度、膝関節外転角度、股関節屈曲角度、股関節内転角度、IC 時から Landing phase の 30%時点までにみられた最大膝関節屈曲角度、最大膝関節外転角度、最大膝関節内旋角度、最大股関節屈曲角度、最大股関節内転角度、最大股関節内旋角度、最大膝関節外転モーメント、最大膝関節内旋モーメント、最大股関節内転モーメント、最大股関節内旋モーメントの結果を表 4-1 に示す。IC 時の股関節内転角度において、LH は NH に比べて有意に大きく (LH vs. NH: $4.2 \pm 8.8^\circ$ vs. $-0.2 \pm 7.8^\circ$, $p = 0.031$) (図 4-3)、IC 時から Landing phase の 30%時点までにみられた最大股関節屈曲角度において、RH は NH に比べて有意に大きく (RH vs. NH: $48.6 \pm 6.4^\circ$ vs. $45.4 \pm 6.7^\circ$, $p = 0.036$) (図 4-4)、最大股関節内転角度については、RH および LH は NH に比べて有意に大きかった (RH vs. NH: $5.4 \pm 5.9^\circ$ vs. $1.1 \pm 7.7^\circ$, $p = 0.007$; LH vs. NH: $5.4 \pm 8.1^\circ$ vs. $1.1 \pm 7.7^\circ$, $p = 0.015$) (図 4-5)。その他の試行条件間における各パラメータの比較において有意差はみられなかった。

表4-1 カットイング動作時の膝および股関節の関節角度と関節モーメント (mean ± SD)

	NH	RH	LH
Initial contact			
膝関節屈曲角度 (°)	28.5 ± 8.5	29.3 ± 7.0	28.8 ± 7.9
膝関節外転角度 (°)	3.7 ± 7.7	4.0 ± 7.6	5.3 ± 8.4
股関節屈曲角度 (°)	53.4 ± 4.7	57.4 ± 5.7	56.8 ± 4.9
股関節内転角度 (°)*	-0.2 ± 7.8	3.7 ± 7.2	4.2 ± 8.8
Landing phase†			
最大膝関節屈曲角度 (°)	53.2 ± 7.3	54.3 ± 6.6	54.9 ± 6.5
最大膝関節外転角度 (°)	10.1 ± 7.1	10.5 ± 6.8	6.0 ± 8.5
最大膝関節内旋角度 (°)	5.7 ± 6.1	6.2 ± 5.8	6.5 ± 5.8
最大股関節屈曲角度 (°)**	45.4 ± 6.7	48.6 ± 6.4	48.1 ± 5.5
最大股関節内転角度 (°)***	1.1 ± 7.7	5.4 ± 5.9	5.4 ± 8.1
最大股関節内旋角度 (°)	10.1 ± 6.4	9.1 ± 6.4	9.8 ± 6.2
最大膝関節外転モーメント (Nm/(体重*身長))	0.51 ± 0.31	0.57 ± 0.32	0.54 ± 0.29
最大膝関節内旋モーメント (Nm/(体重*身長))	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.04	0.06 ± 0.05
最大股関節内転モーメント (Nm/(体重*身長))	1.07 ± 0.49	0.95 ± 0.43	1.07 ± 0.49
最大股関節内旋モーメント (Nm/(体重*身長))	0.37 ± 0.06	0.41 ± 0.09	0.40 ± 0.09

*NH vs. LH (p < 0.05)

**NH vs. RH (p < 0.05)

***NH vs. RH (p < 0.01), NH vs. LH (p < 0.05)

† Landing phase の initial contact から 30% phase まで.

マイナス(-)は外転を示す.

NH: ステイック保持なし, RH: ステイックを右手側に保持, LH: ステイックを左手側に保持.

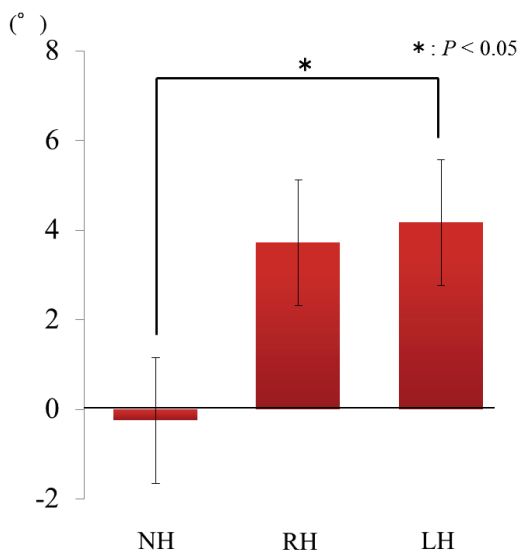


図4-3 イニシャルコンタクト時の最大股関節内転角度

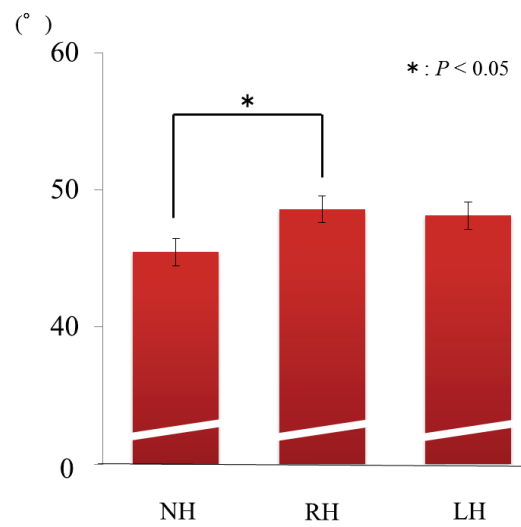


図4-4 イニシャルコンタクトから Landing phase の30% 時点までにみられた最大股関節屈曲角度

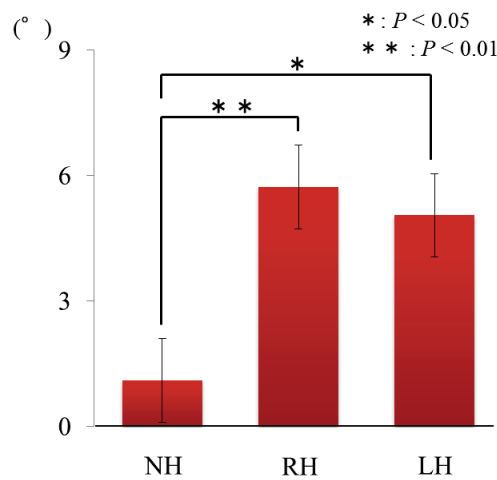


図4-5 イニシャルコンタクトから Landing phase の30% 時点までにみられた最大股関節内転角度

4-4-4. 考察

本研究は、女子ラクロス選手を対象として、ラクロスの競技特殊性の1つであるスティックを保持させた条件下でカッティング動作を行わせたときの下肢キネマティクス・キネティクスの変化について比較検討することを目的として行った。結果はIC時の股関節内転角度においてLHはNHに比べて大きく、IC

時から Landing phase の 30%時点までにおいて、最大股関節屈曲角度が RH は NH に比べて大きく、最大股関節内転角度が RH および LH は NH に比べて有意に大きかった。これらの結果から、股関節内転角度に着目すると、スティックを保持した状態でのカッティング動作は、スティックを保持しない時と比べて股関節内転動作をより増加させるというものであった。これは、スティックを保持した状態でのカッティング動作は、スティックを保持しない時と比べ、方向転換時に前方に人（敵チームの選手）がいることを想像させたカッティング動作により、着地した脚側（全例、右脚側）に、スティック操作と同時に体幹を右脚側に傾斜させたフェイク動作（フェイント動作）をとると同時に、体幹のバランス保持の為に着地した脚と反対側の骨盤を下げることで、姿勢保持に寄与させたと考え、その代償作用の結果、着地脚側の股関節内転角度が大きくなったのではないかと推測した。すなわち、スティックと同時に体幹が右脚側へ傾斜することで重心が右側へ移動する。そのバランス保持の為に反対側の骨盤を下げて適応させたと考えた。また、方向転換動作に、着地脚側と反対の骨盤を下げることで、繰り返し動作をより行いやすくさせたのではないかと考えた。両手を自由に使用させたカッティング動作は、身体のバランス保持のために、両手を操作して身体のバランス保持に寄与させることが出来るが、両手でスティックを保持した状態のカッティング動作は、両手の使用が制限されるために、体幹を操作した（側方傾斜させた）フェイク動作（フェイント動作）が求められ、そしてまた、その後すぐに方向転換動作も求められる。これらの動作が瞬時に行われる過程において、体幹側方傾斜による対応、また、素早い繰り返し動作の対応の為に、反対側の骨盤を下げるといった骨盤操作が行われたことで、股関節内転角度が増加したのではないかと推測した。そしてその動作の準備が着地前から行われており、IC 時の股関節内転角度をも増加させたのではないかと考えた。

先行論文において[Chaudhari et al., 2005], カッティング動作を両手を自由に使用させた時とボールやラクロススティックを保持させて行わせた時の膝関節外反モーメントに及ぼす影響について研究された報告では、ラクロススティックを保持させて行わせた時は、両手を自由に使用させた時と比べ、有意に膝関

節外反モーメントを増加させた。この結果を検証するにあたり、膝関節外反モーメントの増加量と、カッピング動作時の右手側の手（方向転換する方向と反対側の手）の位置関係について検討された。これは、方向転換時に、方向転換する方向とは反対側の手（右手）が、スティックを保持させた時は身体の中心側に位置し、両手を自由に使用させたときは身体の中心からより側方へ離れた場所に位置していることが確認され、身体の中心から右手までの距離と膝関節外反モーメントの関連性を検証したところ、身体の中心から右手までの距離が短いほど膝関節外反モーメントが大きくなる傾向が示された。この要因は、カッピング時の体幹の安定化を保持させるために、両手が自由に使える時は、特に右手を伸ばした状態（肘関節を伸展させた状態）を作ることによって体幹の安定化に寄与させていると述べ、両手（右手）が伸ばせない状態（スティックやボールを保持した状態）の時は体幹（筋群）を利用してその動作を代償させていると述べている。そしてその代償作用が膝関節外反モーメントの増加に影響を及ぼしたと述べている。

これらの報告は、カッピング動作時の両手の制限が膝関節外反モーメントに及ぼす影響に関するものであるが、両手の制限が、膝や股関節のキネマティクスやキネティクスへの影響を及ぼす可能性も示唆されている。そのほか体幹側方傾斜と ACL 傷害メカニズムに関する報告によると [Hewett and Myer, 2011], 側方への体幹傾斜は膝関節外転負荷を増加させる要因となることを述べている。これは、カッピングやジャンプからの片脚着地時に、体幹が着地脚側へ傾斜した時に、重心が同側方向へ移動することで、膝関節を中心として体幹および大腿の体節がより大きなレバーアームとして作用し、膝関節外転負荷を増大させると述べている。また、体幹側方傾斜と膝関節外転負荷の増加に伴い姿勢保持の為に股関節内転トルクが増加し、それらもまた膝関節外転モーメントを増加させる要因であると述べている。これらの報告からも、体幹側方傾斜が ACL 傷害メカニズムの一つに股関節内転方向への動きが関与していることが示されている。

本研究結果から、スティックを保持させた状態、すなわち両手の制限を加えた時のカッピング動作が、股関節内転角度に影響を及ぼすという新たな知見

を得ることが出来た。先行論文から、実験室レベルでの各種課題動作を行わせたと時の下肢アライメントの特徴として、ランニング動作においては、女性は男性に比べて Landing phase の 60% までの期間において、股関節内転角度が有意に大きかったことが報告され (Ferber, 2004) , 股関節内転角度の増加が膝関節外転動作の増加に寄与させると述べている。また, 股関節内転角度の増加は, 股関節周囲筋の弱さと関連があると述べている。カッティング動作においては, Pollard ら (2004) は, 女性は男性に比べて股関節外転角度が小であり, より内転方向への動きを示していたことを報告し, Mclean ら (2004) は, 女性は男性に比べて股関節外転角度が小さかったことを報告している。本研究結果において有意差は得られなかったが, 最大股関節内旋モーメントについて, RH は NH に比べて大きい傾向を示していた (RH vs. NH: $0.41 \pm 0.86 \text{Nm}/(\text{身長} * \text{体重})$ vs. $0.37 \pm 0.06 \text{Nm}/(\text{身長} * \text{体重})$, $p = 0.070$)。ACL 傷害時の膝関節や股関節の動作特徴を示した Hewett ら (2005) の報告によると, 着地動作時にみられる特徴的な膝関節外転動作や股関節内転動作を “Dynamic valgus” と称し, ACL 傷害要因となる動作肢位であると述べている (図 4-3)。また, Quatman と Hewett (2009) は, 着地動作時に女性が示す下肢アライメントの特徴として, 膝関節外転や股関節内転・内旋動作を挙げ, それらの複合的な関節動作により, 膝関節および膝関節靭帯への負荷を増大させると述べている (図 4-4)。

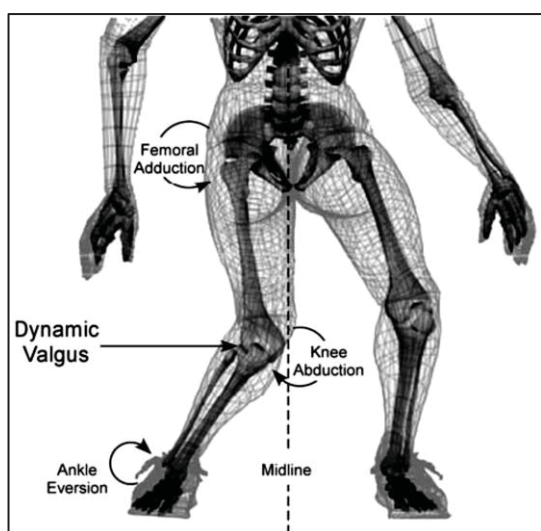


図 4-3 Dynamic valgus [Hewett, 2005]

Multi-planar loading in women	
Body position	
Back	Forward flexed, rotated opposite side
Hips	Adduction internal rotation
Knee	Less flexed, valgus
Tibial rotation	Internal or external
Landing pattern	One foot out of control unbalanced

図 4-4 Multiplanar loading mechanism in women [Quatman and Hewett, 2005]

本研究結果において、主な ACL 傷害メカニズムである膝関節外転角度や膝関節外転モーメントの有意な増加はみられなかったが、股関節内転角度の有意な増加がみられた。これらの結果から、女子ラクロスの ACL 傷害メカニズムの一つとして、ラクロス競技特殊性であるスティックを保持した状態でのカッティング動作は、股関節内転動作をより増加させるという結果から、女子ラクロスの ACL 傷害メカニズムの一つの知見となる可能性が示唆された。

本研究の課題動作は、スティック保持あり・なしの条件下でのカッティング動作であったが、今後、目標物を設定した状況下でのカッティング動作を行わせたときの比較により、より特徴的な下肢アライメントの変化をみることができるのではないかと考えた。また、オフENSIVEな動作の比較という点では、ボールを保持させた状態で、スティックを操作させながらカッティングを行わせた時の検討も必要であると考えた。

4-4-5. 結語

女子ラクロス選手を対象として、ラクロススティックを保持させてカッティング動作を行わせたときの下肢キネマティクス・キネティクスの変化について比較検討することを目的として行い、スティック保持ありは保持なしに比べて、Initial contact 時の股関節内転角度を有意に増加させ、Initial contact 時から Landing phase の 30%時点までの最大股関節内転角度を有意に増加させた。女子ラクロスの競技特殊性の一つであるスティックを保持した状態でのカッティング動作は、保持なしに比べて股関節内転角度を増加させるという結果から、女子ラクロスの ACL 傷害メカニズムの一つとして新たな知見となる可能性が示唆された。

第 5 章

下肢形態および下肢筋力と静的・動的バランス

能力および下肢アライメントとの関連性

研究 5. 足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性

5-5-1. 緒言

アスリートの下肢傷害要因の一つに下肢の神経・筋機能や姿勢制御能力の低下がある。また、姿勢制御能力の評価方法として、立位姿勢での静的バランスもしくは動的バランス保持能力テストが用いられている。姿勢制御能力に寄与させる因子の一つに足趾把握力が挙げられる。足趾把握力は、足趾で地面を掴む力のことであり、短母趾屈筋、長母趾屈筋、虫様筋、短趾屈筋、長趾屈筋などの作用により起こる多関節運動であるが[Oatis, 2009]、足趾把握力と姿勢制御能力との関連性に関する先行研究において、それらが高齢者の転倒防止に寄与させていることが多数報告されている。小林ら（1999）は高齢者を対象に足趾把握力向上トレーニングを行い、トレーニング群はコントロール群と比較し、有意に重心動揺の減少が認められ、足趾把握力トレーニングが転倒予防につながることを示唆している。木藤ら（2000）は、対象者の転倒既往歴の有無を調査し、転倒群および非転倒群に分けて足趾把握力を比較したところ、転倒群の足趾把握力が有意に弱かったことを報告している。これらの報告から、高齢者の転倒予防策の一つに、足趾把握力の向上が有用であることがうかがえる。また、若年者を対象とした足趾把握力と姿勢制御能力との関連性についても、足趾把握力が高いものは姿勢制御能力が高いという報告も複数みられており[加辺ら, 2002; 村田, 2004; 村田ら, 2002]、高齢者および若年者ともに足趾把握力の向上が姿勢制御能力に寄与させていることが示されている。

動的バランス保持能力は、運動スキル、パフォーマンスの基礎となり、動的バランスの欠如は運動スキルが低いことが報告されている[Burton et al., 1998]。動的バランス能力の評価方法の一つに、Time Up and Go Test, Functional Reach Testなどが用いられているが、近年、アスリートを対象とした動的バランス能力の評価方法として、Star Excursion Balance Test（以下、SEBT）による報告が多数みられている[Plisky et al., 2006; Gray, 1995; Hertel et al., 2002; Kinzey et al., 1998; Olmsted et al., 2002; 佐々木ら, 2009]。SEBTは片脚立位姿勢を保持させながら反対側の脚でのリーチ長を評価するテスト法であるが、リーチ方向は、前

後および内外方向といった様々な方向へ行うことから、動的下肢バランス能力の評価法として推奨されている（佐々木ら，2009）。また，測定方法が簡便であることも含めて，スポーツ現場での利用価値が高いことも複数報告されている[Plisky et al., 2006]。その他，下肢傷害リスクの予測としての有用性についても評価されており，アスリートや若年者を対象としたテスト法として広く用いられている[Gray, 1995; Hertel et al., 2002; Kinzey et al., 1998; Olmsted et al., 2002]。

本論文研究 2 において，片脚スクワット，片脚ドロップランディング，カッピング動作を足趾開排および足趾把持の指示下で行わせた時の動的下肢アライメントに及ぼす影響について報告したが，研究 5 では，足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性および足趾把握力の大小が静的および動的バランス能力に及ぼす影響について検証することとした。本研究の目的は，大学女子アスリートを対象として，足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性について，また足趾把握力の大小が静的および動的バランス能力に及ぼす影響について比較検証することである。

5-5-2. 対象と方法

1. 対象

対象者は，大学女子ラクロス選手 33 名とした。対象者の平均年齢（±標準偏差）は 19.4 ± 1.2 歳，身長 160.0 ± 6.2 cm，体重 54.7 ± 5.4 kg，BMI 21.4 ± 1.4 kg/m²であった。事前に本研究で行う測定内容，倫理的配慮について文書および口頭にて説明を行い，書面にて同意を得て行った。本研究は，早稲田大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施している（承認番号 2013-015）。

2. 方法

a. 足趾把握力

足趾把握力は図 5-1 に示す足趾把握力測定器（竹井機器工業株式会社製，足趾筋力測定器）を用いて行った．測定方法は裸足にて，足趾の趾節間関節が足趾把持バーにかかるように踵部および踵部に密着させる後部プレートの位置を調節した．足趾把持バーにかかる足趾の本数は，対象者が最も力を入れやすい時の足趾数とし，特に制限はしていない．測定は座位および立位で行い，それぞれ左右 2 回ずつ測定した．パラメータは，2 回の測定値の平均値とした．なお，左右の測定の順番はランダムに行った．



図 5-1 足趾把握力測定器

b. 重心動揺性

重心動揺性の測定は，図 5-2 に示す重心動揺計（アニマ株式会社製，グラビコーダ GP-7）を用いて測定した．測定は，日本平衡神経科学会で定められた重心動揺検査の基準[日本平衡神経科学会，2005]および先行研究[村田，2004]を参考に以下の方法で行った．被験者に，裸足でプレート中央に片脚でつま先を正面に向けて膝関節を伸展させた状態で立たせた．立脚側の反対側の脚は，膝関節 90 度で股関節は伸展 0 度に保持させた．両腕を胸の前で交差し，両手を肩の上に当てさせた．合図とともに，2m 前方の壁に示した×印を 30 秒間注視させた．測定は，左脚および右脚の片脚立位肢位でそれぞれ 1 回ずつ行わせた．左

脚および右脚の測定の順番は，ランダムに行った．重心動揺測定から得られた結果から，今回の実験で用いたパラメータは，重心総軌跡長，重心単位軌跡長，重心単位面積軌跡長，重心外周面積，重心矩形面積とした．

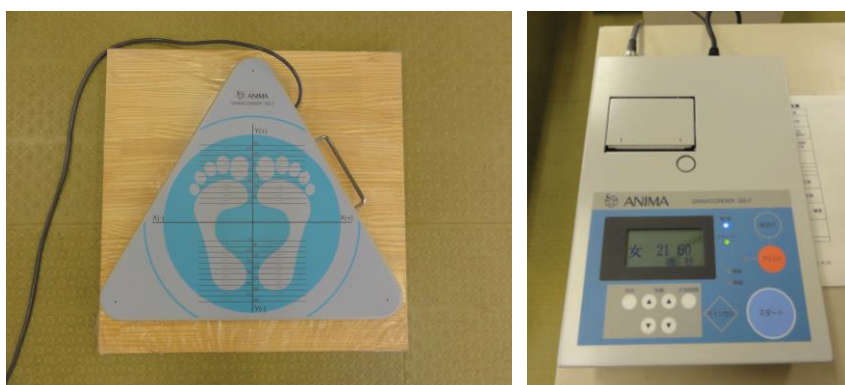


図 5-2 重心動揺計

c. SEBT (Star Excursion Balance Test)

SEBTは，図5-3に示した測定器具(Y Balance Test, Move2Perform, Evansville, IN)を用いた．測定方法は，被験者に測定器の中央BOX上に支持脚（測定脚側）の足を置いて立たせ，両手は腰に当てさせた．支持脚の反対脚の足部のつま先で，前方（anterior：以下，A），後内方（posteromedial：以下，PM），後外方（posterolateral：以下，PL）に伸びたポールに設置されているスライドBOXを，可能な限りつま先で遠方へ押した後，スタート肢位に戻ることとした．測定前に，Hertelら（2000）が推奨しているように安定した値を得るため，各方向に6回の練習を行わせた．測定中に以下の試技がみられた場合は無効とし，再試技を行わせた．1)支持脚の反対側の足が地面に着いた場合．2)支持脚の足部がスタート位置から動いた場合（踵部が浮いた場合も無効）．3)最長リーチ後，リーチした側の脚をスタート位置まで戻すことが出来なかった場合．4)片手および両手が腰から離れた場合とした．測定は，左脚，右脚別にA，PM，PL方向にそれぞれ3回行った．また左脚および右脚の測定の順番はランダムに行った．3回の得られた値の平均値を被験者の脚長（上前腸骨棘から足関節内果までの長

さ) で除した値に100を乗じて正規化した値をパラメータとした[Gribble and Hertel, 2003].

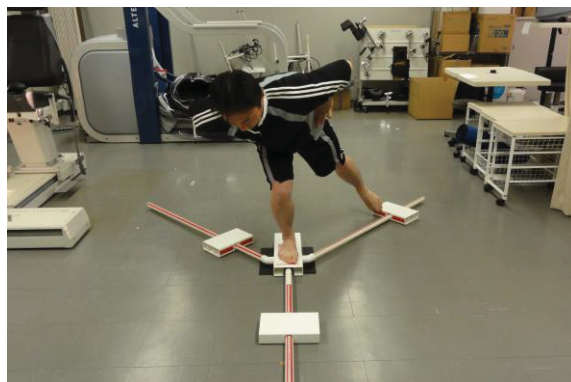


図 5-3 SEBT (Star Excursion Balance Test)

3. 比較検討項目

足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長, 重心単位軌跡長, 重心単位面積軌跡長, 重心外周面積, 重心矩形面積, SEBT の A, PM, PL との相関関係を, また, 足趾把握力を小群, 大群の 2 群に分け, 各群の重心動揺性および SEBT の各パラメータを比較した.

4. 統計学的手法

足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長, 重心単位軌跡長, 重心単位面積軌跡長, 重心外周面積, 重心矩形面積, SEBT の A, PM, PL との相関関係についてはピアソンの相関係数を用いて検討し, また, 足趾把握力の小群, 大群の比較については対応のない t 検定を用いた. なお, 全ての統計処理には統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics Student Version 19.0) を用い, 有意確率を 5%未満とした.

5-5-3. 結果

左右の足趾把握力，SEBT，重心動揺性の各パラメータを表 5-1 に示す。

表5-1 足趾把握力・SEBT・重心動揺性 (平均 ± 標準偏差)

	右	左
足趾把握力(kg)	15.0 ± 3.8	14.9 ± 4.0
重心動揺性		
重心総軌跡長(cm)	91.3 ± 25.6	88.9 ± 23.8
重心単位軌跡長(cm/秒)	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.8
重心単位面積軌跡長(cm/cm ²)	29.8 ± 18.0	29.3 ± 16.7
重心外周面積(cm ²)	4.0 ± 2.0	3.8 ± 1.5
重心矩形面積(cm ²)	9.8 ± 4.8	9.2 ± 3.7
SEBT*		
A	0.66 ± 0.66	0.66 ± 0.06
PM	1.14 ± 0.05	1.14 ± 0.06
PL	1.10 ± 0.06	1.10 ± 0.08
A, PM, PLの平均	0.96 ± 0.05	0.97 ± 0.06

全てN.S.

*SEBT: Star excursion balance test, A: 前方, PM: 後内方, PL: 後外方. SEBTの全てのパラメータはリーチ長を下肢長で除して100を乗じて正規化した。

右足趾把握力と重心動揺性，SEBT との相関関係を表 5-2 に示す．右足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長，重心単位軌跡長との関係に有意な低い負の相関を示した（いずれも $r = -0.354$ ， $p = 0.043$ ）（図 5-4，図 5-5）．その他の各項目との関係については有意差はみられなかった．

表5-2 右足趾把握力と重心動揺性・SEBT* との相関関係

	重心総軌跡長	重心単位軌跡長	重心単位面積軌跡長	重心外周面積	重心矩形面積
右足趾把握力	-0.354^*	-0.354^*	-0.054	-0.070	-0.063

	SEBT A	SEBT PM	SEBT PL	SEBT A, PM, PL の平均
右足趾把握力	.272	.320	.002	.252

*: $p < 0.05$

*SEBT: Star excursion balance test, A: 前方, PM: 後内方, PL: 後外方. SEBTの全てのパラメータはリーチ長を下肢長で除して100を乗じて正規化した.

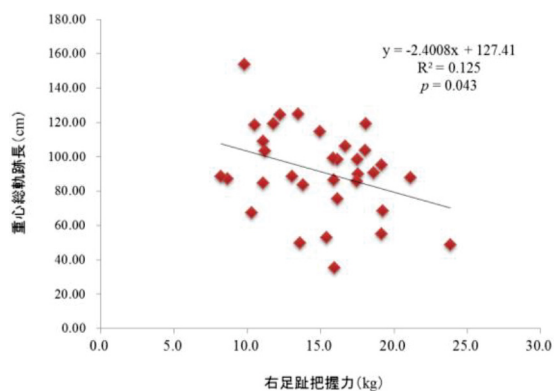


図 5-4 右足趾把握力と重心総軌跡長との関係

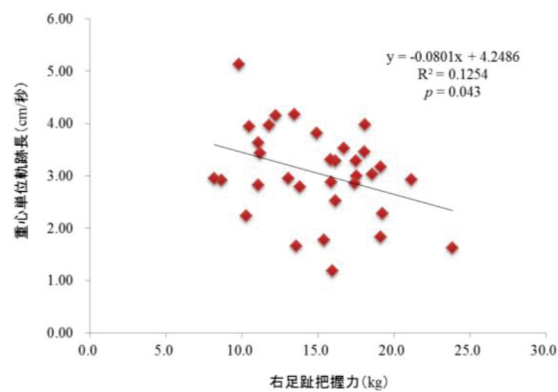


図 5-5 右足趾把握力と重心単位軌跡長との関係

右足趾把握力の小群および大群の平均値（±標準偏差）を表 5-3 に、右足趾把握力の小群、大群の SEBT、重心動揺性の各パラメータを表 5-4 に示す。右足趾把握力の小群、大群の重心総軌跡長と重心単位軌跡長の比較において、大群は小群に比べ、有意に軌跡長が短かった（いずれも $p = 0.043$ ）。他の群間比較においては有意差はみられなかった。

表5-3 右足趾把握力の小群と大群 (平均 ± 標準偏差)

	小群(n=15)	大群(n=18)
足趾把握力(kg)	11.6 ± 2.0*	17.9 ± 2.1*

*: 小群 vs. 大群, $p < 0.01$

表5-4 右足趾把握力の小群・大群の各パラメータの比較 (平均 ± 標準偏差)

	小群(n=15)	大群(n=18)
SEBT*		
A	0.63 ± 0.07	0.68 ± 0.06
PM	1.13 ± 0.06	1.15 ± 0.04
PL	1.10 ± 0.05	1.09 ± 0.07
A, PM, PLの平均	0.95 ± 0.05	0.97 ± 0.04
重心動揺性		
重心総軌跡長(cm)	101.1 ± 26.3 ^{a)}	83.2 ± 22.7 ^{a)}
重心単位軌跡長(cm/秒)	3.4 ± 0.9 ^{b)}	2.8 ± 0.8 ^{b)}
重心単位面積軌跡長(cm/cm ²)	30.6 ± 17.1	29.2 ± 19.3
重心外周面積(cm ²)	4.1 ± 1.7	3.9 ± 2.3
重心矩形面積(cm ²)	10.0 ± 4.0	9.6 ± 5.5

*SEBT: Star excursion balance test, A: 前方, PM: 後内方, PL: 後外方. SEBTの全てのパラメータはリーチ長を下肢長で除して100を乗じて正規化した。

a), b): 小群 vs. 大群, $p < 0.05$.

左足趾把握力と重心動揺性，SEBT との相関関係を表 5-5 に示す．左足趾把握力と重心動揺性，SEBT との関係について，全ての項目間において有意差はみられなかった．

表5-5 左足趾把握力と重心動揺性・SEBT* との相関関係

	重心総 軌跡長	重心単位 軌跡長	重心単位 面積軌跡長	重心外周 面積	重心矩形 面積
左足趾把握力	-.257	-.256	.173	-.307	-.300
	SEBT A	SEBT PM	SEBT PL	SEBT A, PM, PLの 平均	
左足趾把握力	.305	.208	.040	.209	
	全てN.S.				

*SEBT: Star excursion balance test, A: 前方, PM: 後内方, PL: 後外方. SEBTの全てのパラメータはリーチ長を下肢長で除して100を乗じて正規化した.

左足趾把握力の小群および大群の平均値（±標準偏差）を表 5-6 に、左足趾把握力の小群、大群の SEBT、重心動揺性の各パラメータを表 5-7 に示す。左足趾把握力の小群、大群の各パラメータの比較において、SEBT の A において大群は小群に比べ、有意にリーチ長が長かった（ $p = 0.020$ ）。他の群間比較においては有意差はみられなかった。

表5-6 左足趾把握力の小群と大群 (平均 ± 標準偏差)

	小群(n=17)	大群(n=16)
足趾把握力(kg)	11.6 ± 1.5*	18.3 ± 2.6*

*: 小群 vs. 大群, $p < 0.01$

表5-7 左足趾把握力の小群・大群の各パラメータの比較 (平均 ± 標準偏差)

	小群(n=17)	大群(n=16)
SEBT*		
A	0.64 ± 0.05 ^{a)}	0.69 ± 0.06 ^{a)}
PM	1.13 ± 0.06	1.16 ± 0.07
PL	1.09 ± 0.06	1.11 ± 0.09
A, PM, PLの平均	0.95 ± 0.04	0.98 ± 0.06
重心動揺性		
重心総軌跡長(cm)	93.8 ± 15.8	83.6 ± 29.7
重心単位軌跡長(cm/秒)	3.1 ± 0.5	2.8 ± 1.0
重心単位面積軌跡長(cm/cm ²)	26.1 ± 13.3	32.7 ± 19.6
重心外周面積(cm ²)	4.1 ± 1.2	3.4 ± 1.8
重心矩形面積(cm ²)	10.1 ± 2.9	8.2 ± 4.2

*SEBT: Star excursion balance test, A: 前方, PM: 後内方, PL: 後外方. SEBTの全てのパラメータはリーチ長を下肢長で除して100を乗じて正規化した。

a): 小群 vs. 大群, $p < 0.05$.

5-5-4. 考察

本研究は、大学女子アスリートを対象として、足趾把握力と静的バランスおよび動的バランス能力との関連性について、また、足趾把握力の大小が静的バランスおよび動的バランス能力に及ぼす影響について比較検討することを目的として行った。得られた結果は、右足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長、重心単位軌跡長との関係に有意な負の低い相関を示し（いずれも $r = -0.354$, $p = 0.043$ ），右足趾把握力の大群は小群に比べて、重心総軌跡長と重心単位軌跡長において有意に軌跡長が短かった（いずれも $p = 0.043$ ）。これは足趾把握力が高い者は重心動揺性の重心総軌跡長、重心単位軌跡長が短く、足趾把握力が低い者は重心動揺性の重心総軌跡長、重心単位軌跡長が長い関係にあることを意味する。足趾把握動作は足趾屈曲動作が伴い、その動作に作用する筋は、足部内在筋である短母趾屈筋、長母趾屈筋、母趾内転筋、短趾屈筋、短小趾屈筋、背側骨間筋、底側骨間筋、虫様筋[Oatis, 2009]である。先行論文から、荷重位での母趾外転筋による足趾屈曲作用が足部内側縦アーチの支持に重要な役割を果たしていることが多数報告されているほか[Fiolkowski et al., 2003; Headlee et al., 2008; Jung et al., 2012; Mann and Inman, 1964; Wong, 2007], 内側縦アーチ剛性に足底腱膜や足底筋膜もアーチサポートに寄与していることが複数報告されている[Carlson et al., 2000; Franco, 1987; Thordarson et al., 1997]。足趾把握力の優れている者は、片脚立位時の足趾による床の把持力も高く、内側縦アーチの支持性が高まること、また、母趾外転筋や小趾外転筋といった足部内在筋の筋緊張により足部アーチ剛性が高まることも報告されており[Kapandji, 1987], それらの足趾運動が片脚立位時の足部の安定性を高め、その結果下肢全体のバランス保持能力向上に寄与させたのではないかと推測した。

左足趾把握力の比較においては、SEBTのAにおいて大群が小群に比べ、有意にリーチ長が長かった。先行研究から、山口ら（1989）は、足趾屈曲筋力と足圧中心動揺との関連性を検証した結果、足趾屈曲筋力が前後方向への安定性に寄与させていると述べている。また、加辺ら（2002）は、全足趾（第1趾～第5趾）の足趾把持力、母趾（第1趾）もしくは第2趾～第5趾の足趾把持力と前方リーチ動作時の足圧中心移動距離との関連性について検証

した結果，全足趾の把持力が最も前方へのバランス保持に関係し，次に母趾，そして第2趾～第5趾の順であったことが報告され，中でも母趾（第1趾）の把持力が前方へのバランス保持に寄与させ，重心前方位置時の「支持作用」を持つと考察している．辻野と田中（2007）は，母趾（第1趾）と第2趾～第5趾の足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置との関連性について検証した結果，第2趾～第5趾の足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置との関係において有意な正の相関を認めたが，特に母趾圧迫力と前方への足圧中心位置との関連性が高かったことを報告している．

これらの報告を合わせて検討すると，足趾把握力の優れる者は足部アーチ剛性が高まることで足部の安定性が向上し，静的下肢バランス保持能力に寄与させること，また，足趾把握力の優れる者は，前方への動的バランス保持能力に寄与させる可能性が示唆された．本研究結果から，スポーツ傷害予防という観点から着目すると，足趾把握力を向上させること，そして片脚立位時および片脚着地動作時に足趾で床を把持する動作指示を行うことが静的および動的バランス能力向上に寄与させ，さらには下肢傷害，特に足関節や膝関節傷害の予防に寄与させるのではないかと考えた．

足趾把握力と静的バランス保持能力との関連性および足趾把握力の大小が静的バランス保持能力に及ぼす影響，また，足趾把握力の大小が前方への動的バランス保持能力に及ぼす影響について一部において認められた．足趾把握力の向上は，前足部を含めた足部の安定性に寄与させ，静的および動的下肢バランス保持能力を向上させる可能性が示唆された．

5-5-5. 結語

大学女子アスリートを対象として，足趾把握力と静的バランスおよび動的バランス能力との関連性，および足趾把握力の大小が静的バランスおよび動的バランス能力に及ぼす影響について検証することを目的として行い，以下の結論を得た．

- 1) 右足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長，重心単位軌跡長との関係に有意な負の低い相関が認められた．

- 2) 右足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，重心動揺性の重心総軌跡長と重心単位軌跡長において，有意に軌跡長が短かった．
- 3) 左足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，Star Excursion Balance Testの前方リーチ長において，有意にリーチ長が長かった．
- 4) 足趾把握力は，静的バランス保持能力との関連性を示したこと，また，足趾把握力の大小が静的および動的バランス保持能力の一部に影響を及ぼし，足趾把握動作および足趾把握力向上エクササイズが，静的および動的バランス能力向上につながる可能性が示唆された．

研究6 静的下肢アライメントおよび股関節外転筋力とドロップバーティカルジャンプ時の下肢キネマティクス・キネティクスとの関連性

5-6-1. 緒言

今日、スポーツ医学分野では‘スポーツ傷害予防’に焦点があてられ、近年、膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：以下、ACL）傷害予防プログラムに関する研究報告が多数みられる。また、ACL 傷害予防を目的としたスクリーニングテストの一つとして、ドロップバーティカル（垂直）ジャンプ（drop vertical jump：以下、DVJ）テストが推奨されている[Hewett et al., 2006; Noyes et al., 2005]。これは着地動作時にみられる過剰な膝関節外反肢位等に着目し、特徴的な下肢アライメントを呈する者をスクリーニングして、ACL 傷害リスクを判別することを目的としたテスト法である。実験室内で行われた DVJ 動作や台上からの着地動作時の下肢アライメントを分析した報告によると、特に女性アスリートは男性アスリートに比べ、膝関節外反角度、股関節内転角度や股関節内旋角度が大きいことや[Borotikar et al., 2008; Ford et al., 2003; Ford et al., 2006; Hewett et al., 2006; Hughes et al., 2009; Kernozak et al., 2006; Pappas et al., 2007; Russell et al., 2006; Schmitz et al., 2009; Zeller et al., 2003]、床反力が有意に高いことが多数報告されている[Pappas et al., 2007; Salci et al., 2004; Schmitz et al., 2007]。今日、女性アスリートが示す特徴的な動的な下肢アライメントが女性アスリートの ACL 傷害が多い要因の一つとされ、着地動作時の過剰な膝関節外反肢位や股関節内転および内旋動作、そして高い床反力が傷害リスクとなることでコンセンサスが得られている[Renstrom et al., 2008]。

ACL 傷害の内的要因の一つである身体的特性との関連性に関する先行報告は、多くは後ろ向き研究によるものであるが、ACL 傷害群と非傷害群との静的な下肢アライメントや関節可動域等の比較検証に関するものが散見される[Beckett et al., 1992; Bonci, 1999; Hertel et al., 2004; Loudon et al., 1996; Moul, 1998; Myer et al., 2008; Ramesh et al., 2005; Shelbourne et al., 1998; Swanik et al., 2007; Uhorchak et al., 2003; Woodford-Rogers et al., 1994]。それらは Q-angle[Bonci, 1999; Hertel et al., 2004; Loudon et al., 1996]、舟状骨沈降度テスト（Navicular drop

test score : 以下, NDTs) [Allen and Glasoe, 2000; Beckett et al., 1992; Bonci, 1999; Hertel et al., 2004; Loudon et al., 1996; Smith et al., 1997; Woodford-Rogers et al., 1994], 全身弛緩性テスト (General joint laxity test : 以下, GJLT) [Ramesh et al., 2005; Uhorchak et al., 2003], 脛骨捻転角度 (Thigh-transmalleolar angle : 以下, TMA) [Bonci, 1999], 股関節内旋角度 (Hip internal rotation : 以下, HIR) [Hertel et al., 2004]等である. また, 実験室レベルでのバイオメカニクス的に検証された動作実験において, 股関節外転筋力と動的下肢アライメントとの関連性について多数報告されているほか[Zazulak et al., 2005; Zeller et al., 2003], ジャンプからの着地時に生じる床反力の大小と ACL 傷害との関連性についても複数報告されている[Pappas et al., 2007; Salci et al., 2004; Schmitz et al., 2007]. そのほか着地時にみられる矢状面からみた膝関節, 股関節, 足関節の関節可動域や着地衝撃吸収へ及ぼす影響に関する報告も複数みられる[Decker et al., 2006; Devita and Skelly, 1992; Kernozak et al., 2005; Schot et al., 1994; Zhang, 2000]. 足部, 下腿, 膝関節および股関節の静的および動的下肢アライメントと ACL 傷害メカニズムとの関連性については, 関節運動連鎖として, 過度な足部回内動作が脛骨内旋に導き[Anderson et al., 2009], さらに膝関節外反(膝関節内旋)および股関節内転・内旋動作に導くといった運動連鎖が示されている[Powers, 2003; Schamberger, 2002; Tiberio, 1987]. これらの多数の報告から, 身体特性と ACL 傷害との関連性や ACL 傷害リスクとなる着地動作時の膝関節外反や股関節内転動作について示されているが, 本研究では, 身体特性が ACL 傷害リスクとなる着地動作時の膝関節外反や股関節内転動作との関連性について検証することを目的として, 足部, 下腿, 膝関節, 股関節の静的アライメント, 関節可動域, 下肢筋力等の身体的特性とスクリーニングテストとして推奨されている DVJ 動作時の下肢アライメントとの関連性について検証することを目的として行った.

5-6-2. 対象と方法

1. 対象

対象は、大学女子アスリート 12 名であり、平均年齢 (\pm 標準偏差) は 19.3 ± 0.9 歳、身長 $159.2 \pm 5.4\text{cm}$ 、体重 $55.3 \pm 5.1\text{kg}$ であった。事前に本実験で行う課題動作の実施にあたり、下肢への支障がないことを確認した。また、対象者に研究の目的や方法、倫理的配慮等に関する説明を行い、同意を得た。尚、本研究で行った実験対象者は、研究 3 で行った実験対象者が一部含まれている。本研究は、早稲田大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 2010-037)。

2. 測定方法

a. 静的下肢アライメント

以下に各測定項目および測定方法を示す。なお、全ての測定は右脚を対象に行った。

1) Leg-heel angle (以下, LHA)

両脚立位でつま先を正面に向けて、両脚に均等に体重をかけさせて立たせた状態で、下腿部遠位 3 分の 1 と踵骨を二等分する線のなす角度を測定した [Haight, 2005] (図 6-1)。

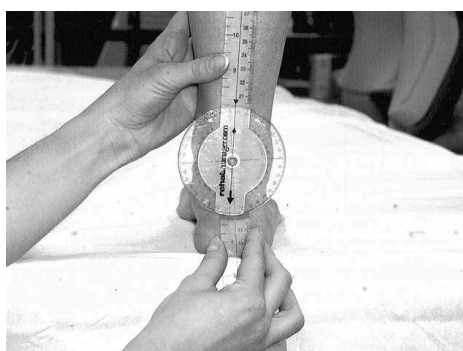


図 6-1 Leg-heel angle 測定 [Haight, 2005]

2) NDTS (Navicular drop test score, 舟状骨沈降度テスト)

Brody (1982) の方法を参考に行った。最初に端座位で足関節をニュートラルポジションに保持させた状態で[Brody, 1982], 床から舟状骨結節まで高さ (mm) を測定し, 次に立位姿勢をとらせ, 両脚に均等に体重をかけさせた状態で, 同じく床から舟状骨結節まで高さ (mm) を測定した (図 6-2) . 端座位姿勢時に得られた値 (mm) を立位姿勢時に得られた値 (mm) で減じた値を NDTS とした.



図 6-2 Navicular drop test 測定[Beckett, 1992]

3) アーチ高率 (Arch index : 以下, AI)

先行論文[McCrary et al., 1997]を参考に, 両脚立位でつま先を正面に向けて, 両脚に均等に体重をかけさせて立たせた状態で, 床から舟状骨結節までの高さ (mm) を測定した. 次に足長 (mm) を測定した. 足長は, 踵骨後端から足趾先端 (最長部) までの距離とした. 両脚立位時の床から舟状骨結節の高さ (mm) を足長 (mm) で除した値に 100 を乗じた値を AI とした.

4) Q-angle

両脚立位でつま先を正面に向けて，両脚に均等に体重をかけて立たせた状態で測定した．上前腸骨棘と膝蓋骨中央および膝蓋骨中央と脛骨粗面を結んだ線のなす角度を測定した[Loudon et al., 1996]（図 6-3）．

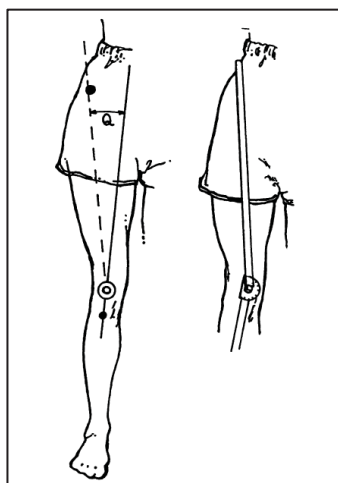


図 6-3 Q-angle 測定[Bonci, 1999]

5) TMA (Thigh-transmalleolar angle, 脛骨捻転角度)

先行論文[Staheli et al., 1985]を参考に，腹臥位にて膝関節 90°屈曲位，足関節中間位に保持させた状態で測定した．内果と外果を結んだ線と大腿部の長軸のなす角度を測定した（図 6-4）．

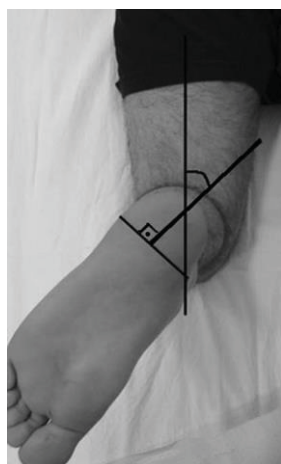


図 6-4 Thigh-transmalleolar angle 測定[Güven, 2009]

6) Thigh-foot angle (以下, TFA)

先行論文[Stuberg et al., 1991]を参考に、腹臥位にて膝関節 90°屈曲位、足関節中間位に保持させた状態で測定した。足部長軸と大腿部の長軸のなす角度を測定した (図 6-5)。

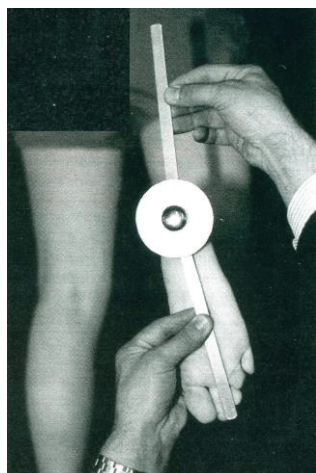


図 6-5 Thigh-foot angle 測定[Stuberg, 1991]

7) 大腿骨頸部前捻角度 (Femoral anteversion angle) (Craig's test) (以下, FAA)

先行研究[Cibulka, 2004]を参考に、腹臥位にて膝関節 90°屈曲位で、大腿骨大転子が最も外側に位置した時の脛骨と鉛直線のなす角度を測定した (図 6-6)。

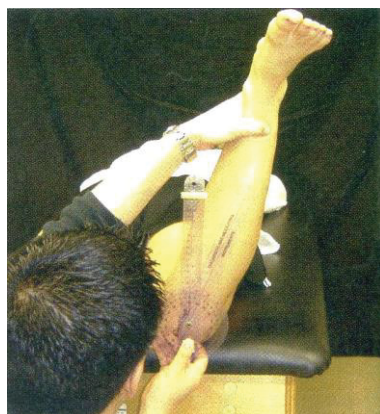


図 6-6 Femoral anteversion angle[Nguyen and Shultz, 2007]

b. 関節角度

1) HIR (Hip internal rotation, 股関節内旋角度)

日本整形外科学会およびリハビリテーション医学会の関節可動域表示ならびに測定法を参考に行った[関節可動域表示ならびに測定法, 1995]. 端座位肢位にて股関節内旋角度を測定した.

2) 足関節背屈角度 (膝関節伸展, 荷重位) (Ankle dorsiflexion with knee extension : 以下, ADKE)

HIR 同様に関節可動域表示ならびに測定法を参考に行った[関節可動域表示ならびに測定法, 1995]. 立位で膝関節を伸展位にさせて, 踵を浮かせないで足関節を可能な限り背屈させた時の関節角度を測定した.

3) 足関節背屈角度 (膝関節屈曲, 荷重位) (Ankle dorsiflexion with knee flexion : 以下, ADKF)

ADKE 同様, 関節可動域表示ならびに測定法を参考に行った[関節可動域表示ならびに測定法, 1995]. 立位で膝関節を屈曲位にさせて, 踵を浮かせないで足関節を可能な限り背屈させた時の関節角度を測定した.

c. 全身弛緩性

1) GJLT (General joint laxity test)

測定項目は, 国内で多数引用されている東大式全身弛緩性テスト[中嶋ら, 1984]で実施されている 7 項目 (手首, 肘, 肩, 脊柱, 股関節, 膝, 足関節) とした. 総計 7 点として陽性点数を算出した.

d. 股関節筋力

1) HAS (hip abduction strength, 股関節外転筋力)

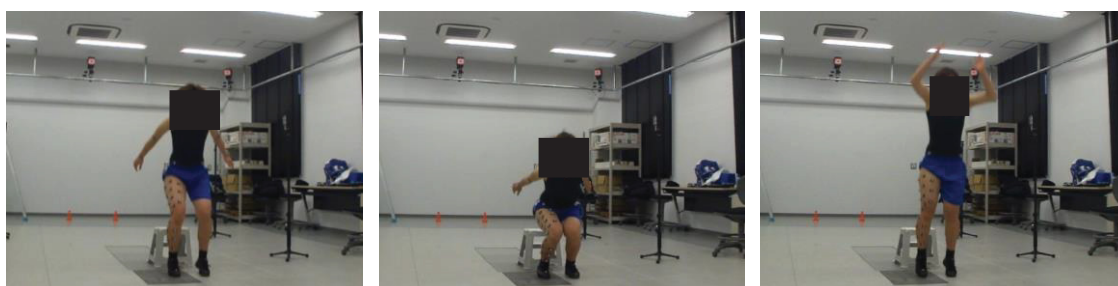
徒手筋力測定法[Kendall et al., 2005]を参考に, 側臥位, 膝関節伸展位とし, 股関節外転 30° 肢位をとらせた状態で, 大腿骨外側上顆にハンドヘルドダイナモメーター (MicroFET, Hogan Health Industries Inc.) をあて, 5 秒間最大努力での股関節外転運動を行わせた (図 6-7). 得られた値を身長と体重を乗じたもので除して ($N/(身長 \times 体重)$) 正規化した.



図 6-7 股関節外転筋力[Krause, 2007]

3. 課題動作

課題動作は 30cm 高の台上からの両脚 DVJ とした。最初に被験者に台上に両脚で立たせ、合図とともに両脚にて飛び降り、着地後すぐに最大努力で鉛直方向へのジャンプを行わせた。台上からの着地時およびジャンプした後の着地は、右脚を床反力計上に着地させるよう指示した。また、ジャンプ時に両手を天井方向に挙げさせながら（バスケットボールのリバウンド動作をとるように）ジャンプさせた（図 6-8）。3 回の成功試技を記録した。尚、以下の試技がみられた場合は無効とし、一旦落ち着かせた後に再試技を行わせた。1) 台上からの着地および鉛直方向へのジャンプ後の着地時に右脚が床反力計上に乗らなかった場合、2) ジャンプ後の着地動作で、安定した着地が出来なかった場合とした。



a. initial contact

b. landing

c. take off

図 6-8 ドロップバーティカルジャンプ：(a) 足部の一部が床に接地した時、(b) 最大しゃがみこみ時、(c) 床からつま先が離れた時

4. 動作計測

動作の計測方法およびカメラセッティング，反射マーカの貼付位置等については研究 5[佐野村ら, 2012-3]および研究 6 に示した通りである。

5. データ解析

データ解析方法も研究 5[佐野村ら, 2012-3]および研究 6 同様であり，解析範囲は足部の一部が床に接地した時点（initial contact, 以下 IC）からつま先が床から離れた時点（toe off, 以下 TO）までを Landing phase として，Landing phase の IC 時から 30% 時点までとした。IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた各項の最大値をパラメータとした理由は，研究 3, 4 同様に鉛直方向への最大床反力のピークが IC 時後，Landing phase の 30% 時点までにみられたこと，実際の ACL 傷害が IC 時後にみられる最大床反力のピーク付近で発生していることが多数報告されている為である。床反力データは逆ダイナミクスを用いて膝関節外転モーメントと股関節内転モーメントを算出した。関節モーメントは外的モーメントとして計算し，各関節モーメントは対象者の身長と体重の積で除することで正規化した。パラメータは最大膝関節外転角度，最大股関節内転角度および最大股関節内旋角度，最大膝関節外転モーメント，最大股関節内転モーメントおよび最大股関節内旋モーメント，鉛直方向（z 軸）への最大床反力とした。また，IC 時から 30% 時点までの膝関節外転角度偏位量，股関節内転角度偏位量，股関節内旋角度偏位量とした。

統計学的解析は LHA, NDTS, AI, Q-angle, TMA, TFA, FAA, HIR, ADKE, ADKF, GJLT, HAS と DVJ 動作時の Landing phase の IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節外転角度，最大股関節内転および内旋角度，最大膝関節外転モーメント，最大股関節内転および内旋モーメント，IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた膝関節外転角度偏位量，股関節内転および内旋角度偏位量，鉛直方向への最大床反力との相関関係を，ピアソンの相関係数を用いて検討した。尚，有意水準は 5% 未満とした。

5-6-3. 結果

LHA, NDTS, AI, Q-angle, TMA, TFA, FAA, HIR, ADKE, ADKF, GJLT, HAS の平均値 (±標準偏差) を表 6-1 に示す.

表6-1 下肢アライメント, 関節可動域, 全身弛緩性,
股関節外転筋力 (平均±標準偏差)

LHA (°)	3.3 ± 3.2
NDTS (mm)	4.3 ± 2.9
AI (%)	18.5 ± 2.9
Q-angle (°)	17.0 ± 6.0
TMA (°)	17.7 ± 11.0
TFA (°)	10.8 ± 9.5
FAA (°)	19.3 ± 9.7
HIR (°)	44.3 ± 8.3
ADKE (°)	37.0 ± 5.0
ADKF (°)	41.6 ± 5.6
GJLT (point)	2.3 ± 1.5
HAS (N/(体重*身長))	0.029 ± 0.006

LHA: leg heel angle, NDTS: navicular drop test score, AI arch index, TMA: thigh-transmalleolar angle, TFA: thigh-foot angle, FAA: femoral anteversion angle, HIR: hip internal rotation, ADKE: ankle dorsiflexion with knee extension, ADKF: ankle dorsiflexion with knee flexion, GJLT: general joint laxity test, HAS: hip abduction strength.

Landing phase の IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた最大膝関節外転角度，最大股関節内転および内旋角度，最大膝関節外転モーメント，最大股関節内転および内旋モーメント，IC 時から Landing phase の 30% 時点までにみられた膝関節外転角度偏位量，股関節内転および内旋角度偏位量，鉛直方向（z 軸）への最大床反力を表 6-2 に示す。

表6-2 膝関節および股関節のキネマティクス, キネティクス* (平均±標準偏差)

関節角度	
最大膝関節外転角度 (°)	5.5 ± 9.3
最大股関節内転角度 (°)	0.9 ± 6.2
最大股関節内旋角度 (°)	4.6 ± 6.3
膝関節外転角度偏位量 (°)	6.7 ± 7.2
股関節内転角度偏位量 (°)	6.9 ± 5.1
股関節内旋角度偏位量 (°)	5.6 ± 4.6
関節モーメント	
最大膝関節外転モーメント (Nm/(体重*身長))	0.1363 ± 0.1351
最大股関節内転モーメント (Nm/(体重*身長))	0.2200 ± 0.1040
最大股関節内旋モーメント (Nm/(体重*身長))	0.1093 ± 0.1077
床反力	
最大床反力 (Nm/(体重*身長))	0.1049 ± 0.0331

*Landing phase における IC時から30% 時点までの値を示す。

各パラメータ間の相関関係を表 6-3 に示す。NDTS と鉛直方向への最大床反力との間に有意な中程度の負の相関を示した ($r = -0.633$, $p = 0.027$)。AI と最大股関節内旋角度，股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示し (それぞれ $r = -0.689$, $p = 0.013$; $r = -0.671$, $p = 0.017$)，鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い正の相関を示した ($r = 0.892$, $p < 0.001$)。Q-angle と最大膝関節外転角度，膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示し (それぞれ $r = 0.654$, $p = 0.021$; $r = 0.590$, $p = 0.044$)，最大股関節内旋角度との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.744$, $p = 0.005$)。また，最大膝関節外転モーメントとの間に有意な中程度の負の相関を示した ($r = 0.608$, $p = 0.036$)。TMA と最大股関節内旋角度，股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示した (それぞれ $r = -0.609$, $p = 0.036$; $r = -0.637$, $p = 0.026$)。TFA と最大股関節内旋角度との間に有意な高い負の相関を示し (それぞれ $r = -0.736$, $p = 0.006$)，膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示した ($r = 0.589$, $p = 0.044$)。FAA と最大膝関節外転角度，膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示した (それぞれ $r = 0.584$, $p = 0.046$; $r = 0.589$, $p = 0.045$)。ADKE と最大股関節内転角度との間に有意な中程度の正の相関を示し ($r = 0.596$, $p = 0.041$)，鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.713$, $p = 0.009$)。ADKF と鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.729$, $p = 0.007$)。HAS と最大膝関節外転角度，最大股関節内転角度，膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示し (それぞれ $r = -0.681$, $p = 0.015$; $r = -0.635$, $p = 0.023$; $r = -0.697$, $p = 0.012$)，股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示した ($r = 0.611$, $p = 0.035$)。また，鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い正の相関を示した ($r = 0.703$, $p = 0.011$)。LHA および HIR, GJLT と各パラメータとの関係においては有意差は認められなかった。

表6-3 各パラメータ間の相関関係

	最大膝関節 外転角度 (°)	最大膝関節 内転角度 (°)	最大股関節 内旋角度 (°)	最大股関節 外旋角度 (°)	最大股関節 内旋角度 (°)	最大股関節 外旋角度 (°)	最大股関節 内旋角度 (°)	最大股関節 外旋角度 (°)	最大膝関節外 転モメント (Nm/(体重* 身長))	最大膝関節内 旋モメント (Nm/(体重* 身長))	最大膝関節外 転モメント (Nm/(体重* 身長))	最大膝関節内 旋モメント (Nm/(体重* 身長))	最大床反力 (Nm/(体重* 身長))
LHA (°)	-.075	-.011	.336	-.244	.041	.283	-.182	.372	-.323	-.004			
NDTS (mm)	.362	.387	-.144	.291	.352	.072	-.332	-.027	-.449	-.633*			
AI (%)	-.003	-.689*	-.025	.060	-.671*	-.043	.156	.187	.396	.892**			
Q-angle (°)	.654*	-.125	-.744**	.590*	-.319	-.441	-.608*	.499	-.201	.048			
TMA (°)	.339	-.486	-.609*	.363	-.637*	-.321	-.366	.468	.032	.397			
TFA (°)	.568	-.155	-.736**	.589*	-.364	-.498	-.490	.472	-.231	.101			
FAA (°)	.584*	-.190	-.520	.589*	-.298	-.479	-.540	.312	-.097	.085			
HIR (°)	.425	-.022	-.390	.476	-.272	-.320	-.244	-.272	.030	-.226			
ADKE (°)	.229	.596*	-.122	.190	.534	-.041	-.060	-.381	-.119	-.713**			
ADKF (°)	-.011	.539	.036	.017	.562	-.043	.024	-.462	-.195	-.729**			
GJLT (point)	.531	.409	-.310	.555	.331	-.294	-.182	-.223	-.130	-.468			
HAS (N/(体重*身長))	-.681*	-.635*	.466	-.697*	-.472	.611*	.370	.329	.189	.703*			

All data were analyzed by Pearson's correlation coefficient test.

*: p < 0.05, **: p < 0.01

5-6-4. 考察

本研究は、ACL 傷害を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングテストとして用いられている DVJ 動作時の下肢キネマティクス・キネティクスと下肢アライメント、関節可動域、全身弛緩性、股関節外転筋力との関連性について検証することを目的として行った。DVJ 動作でみられる膝関節外転や股関節内転・内旋動作および関節モーメントと身体的特性との関連性を検証することで、スクリーニングを目的とした DVJ テストの実施において、下肢傷害リスクにつながる可能性のある身体測定項目を選択的に測定もしくは提示できるのではないかとこのものである。

先行研究から、静的下肢アライメントと下肢傷害、特に膝関節傷害との関連性に関する多数の報告がみられるが、下肢関節のマルアライメントにより生じる過度な関節の動きが膝関節の外転や回旋ストレスに及ぼす影響について検証されており、機能解剖学およびバイメカニクスの観点から、足部、下腿、股関節等の運動から生じる関節運動連鎖のメカニズムについて示した報告が複数みられる [Levangie and Norkin, 2001; Neumann, 2002; Schamberger, 2002; Subotnick, 1989; Oatis, 2009]。足部のアライメントから生じる下肢関節運動連鎖に関する報告によると、過剰な足部回内が下腿内旋運動に導き、さらには膝関節外転運動に導くことが報告されており、また股関節については、股関節内転および内旋運動が膝関節外転および内旋運動に導くことが報告されている。足部回内が膝関節に及ぼす影響については、Beckett ら (1992) は、過剰な足部回内運動は脛骨内旋運動に導き、さらには膝関節外転運動に導くことで ACL のストレスが増大すると述べ、Tiberio (1987) は、距骨下関節の過度な回内は脛骨内旋運動を生じ、さらには大腿骨の回旋運動を生じさせることで、膝蓋大腿関節疼痛症候群の発生要因となることを報告している。Coplan (1989) も過剰な足部回内は脛骨回旋運動を生じさせ、さらには膝関節回旋運動に導くことを報告している。これらの報告から、足部回内、すなわち距骨下関節の過剰な回内運動が脛骨内旋運動に導き、さらには関節運動連鎖により膝関節への回旋ストレスを生じさせ、結果 ACL や膝蓋大腿関節へのストレスを増加させることが示されている。

本研究から得られた結果について、NDTS と鉛直方向への最大床反力との間に有意な中程度の負の相関を示した ($r = -0.633$, $p = 0.027$)。NDTS の評価は、足部回内運動の大小とともに、内側縦アーチ剛性の高低と関連づけて評価されるが、これは NDTS が小さいほど(荷重位での内側縦アーチ下降が小さいほど)内側縦アーチ剛性が高く、着地時の足部アーチを利用した衝撃吸収が内側縦アーチ剛性が低い者に比べて劣ることが推測される。一方、NDTS が大きいほど(荷重位での内側縦アーチ下降が大きいほど)アーチ剛性が低く、足部アーチを利用した衝撃吸収が内側縦アーチ剛性が高い者より優れていることが推測される。本研究結果から、NDTS が小さいほど床反力が大きく、NDTS が大きいほど着地時の床反力が小さいとい関連性が認められ、足部アーチ剛性の大小と衝撃吸収能との関連性が示唆された。

AI と最大股関節内旋角度、股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示し(それぞれ $r = -0.689$, $p = 0.013$; $r = -0.671$, $p = 0.017$)、鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い正の相関を示した ($r = 0.892$, $p < 0.001$)。AI の高低も、前述した内側縦アーチ剛性の高低と関連づけて評価されるが、アーチ高率が高いほど内側アーチ剛性が高いことが推測され、着地時および着地後にみられる足部回内の動きが抑えられると考える。さらに関節連鎖運動により、下腿から膝関節にかけての過度な回旋運動が抑制され、股関節内旋運動をも抑制させたのではないかと考えた。また、過剰な AI の高値は、足部回外傾向がみられ、膝関節アライメントにおいては内反膝を示す可能性が考えられる。そこでそれらの傾向をもつ者が、着地時および着地後の股関節外旋方向への運動に導いたのではないかと考えた。AI と鉛直方向への最大床反力との関係において、有意な高い正の相関を示したが、上述した NDTS と最大床反力との関係同様に、AI が高いほど内側縦アーチ剛性が高いことが考えられ、着地時の足部アーチを利用した衝撃吸収能力が劣ることで床反力が大きくなり、AI が低いほど衝撃吸収能力が優れることで床反力が小さくなったのではないかと推測した。

Q-angle と最大膝関節外転角度、膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示し(それぞれ $r = 0.654$, $p = 0.021$; $r = 0.590$, $p = 0.044$)、最大股関節内旋角度との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.744$, $p = 0.005$)。

また、最大膝関節外転モーメントとの間に有意な中程度の負の相関を示した ($r = 0.608$, $p = 0.036$) . Q-angle は女性は男性に比べ、比較的大きいことが報告されている[Moul, 1998; Medina McKeon and Hertel, 2009; Horton and Hall, 1989; Livingston, 1998; Emami et al., 2007; Smith et al., 2008]. Q-angle と下肢傷害に関する報告については、Q-angle の大きい群は小さい群に比べ、有意に下肢傷害リスクが高いことや[Cowan et al., 1996], Q-angle の左右差が大きいほど下肢傷害発生リスクが高まることが報告されている[Shambaugh et al., 1991]. また、Q-angle の増大と膝蓋大腿疼痛症候群との間に有意な関連性が認められたという報告も複数みられる[Powers, 2003]. これらの多くは Q-angle の大小が、膝関節へかかるストレスの大小との関係を示している. 本研究結果において、特に Q-angle の大きさと最大膝関節外転角度, 膝関節外転角度偏位量との関係に正の相関 (Q-angle が大きいほど、膝関節外転方向への動きが大きいことを示す) が得られたことは、先行論文から多数報告されている Q-angle の大小と膝関節へかかるストレスの大小および膝関節傷害発生に導く可能性を支持する結果でもある. 一方で Q-angle と最大股関節内旋角度, 最大膝関節外転モーメントについては有意な負の相関を示したが、これらの関連性について詳細に検討するには更なる検証が必要であると考ええる.

TFA が ACL 傷害に及ぼす影響について、先行論文によると ACL 傷害群はコントロール群に比べ、TFA が有意に大きかったことを示し、それは足部外転肢位での着地により、膝関節内旋運動を生じさせ、ACL へのストレスを増大させることが報告されている[Trimble et al., 2002]. TMA についても脛骨外捻角度の増加は足部を外転方向に導くことが推測され、膝関節回旋動作を生じさせる可能性が考えられる. 本研究結果から、TFA と最大股関節内旋角度との関係において有意な高い負の相関を示し ($r = -0.736$, $p = 0.006$) , 膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示した ($r = 0.589$, $p = 0.044$) . また、TMA と最大股関節内旋角度, 股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示した (それぞれ $r = -0.609$, $p = 0.036$; $r = -0.637$, $p = 0.026$) . 先述した先行研究の報告から、TFA や TMA が脛骨および膝関節回旋へ及ぼす影響について、本研究結果からは、TFA の大小と膝関節外転角度偏位量の大小との

関係において正の相関が認められた一方で、TMA の大小と最大股関節内旋角度および股関節内旋角度偏位量の大小との関係および TFA の大小と最大股関節内旋角度の大小との関係については負の相関が認められた。これは、今回の課題動作の指示において、着地時の足部の方向について、つま先を正面に向けて着地させる等の具体的な指示を与えなかったことが、股関節の動作に反映しなかったのではないかと考えた。大腿骨に対する足部の外転および脛骨の外捻の程度が、つま先を正面に向けて着地させた時の脛骨内旋、そして膝関節内旋運動、さらには股関節内旋運動へと関節運動連鎖を生じさせる可能性が考えられるが、TMA および TFA が大きいものは無意識に足部外転肢位で着地した可能性が考えられ、着地後の脛骨回旋や膝関節回旋等の過剰な関節運動が生じなかったのではないかと考えた。

FAA と最大膝関節外転角度、膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関を示した（それぞれ $r = 0.584$, $p = 0.046$; $r = 0.589$, $p = 0.045$ ）。FAA は、大腿骨頸部前捻角度を示すものであるが、先行論文において、大腿骨頸部前捻角度が大きいものは、歩行時に“toe-in”傾向を示すことが報告されているほか[Cranell, 1959], 着地後の膝の“knee-in”動作にも影響を及ぼすことから、本研究課題動作においても FAA の大きい者は着地時の膝の“knee-in”動作を増加させたことで、膝関節外転角度の増加につながったのではないかと考えた。

ADKE と最大股関節内転角度との間に有意な中程度の正の相関を示し ($r = 0.596$, $p = 0.041$) , 鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.713$, $p = 0.009$) . また, ADKF と鉛直方向への最大床反力との間に有意な高い負の相関を示した ($r = -0.729$, $p = 0.007$) . 床反力の大きさと下肢傷害との関連について, Hewett ら (2005) は DVJ タスクによる下肢キネマティクスをベースラインに用いて ACL 傷害群と非傷害群を比較したところ, ACL 傷害群は非傷害群に比べて 20% 高い床反力を示し, ACL 傷害リスクの主要因であると述べている. また, McNair と Marshall (1994) は, 着地時にみられる床反力と, 大腿骨に対する脛骨前方偏位量との関連性を示し, 着地時の床反力を減少させることは ACL 傷害リスクを減じさせると述べている. また, Kernozek (2005) らはドロップランディングの男女の比較において, 女性は男性に比べ,

最大床反力および最大足関節背屈角度が有意に大きかったことを示し（最大膝関節屈曲角度，最大股関節屈曲角度の比較については有意差なし），Deckerら（2006）は，実験室レベルでの男女の着地時の下肢の各関節における衝撃吸収について検証したところ，女性は男性に比べ着地時の足関節可動域が大きく，足関節底屈筋群を有効に利用して衝撃吸収が行われていると述べた．本研究の結果から，足関節背屈角度と床反力との関係において有意な負の相関を示し，前述した先行論文からの報告も含めて[Kernozak et al., 2005; Decker et al., 2006], ACL 傷害を含めた下肢傷害の観点から検討すると，足関節背屈角度が小さいものは，着地時の足関節背屈運動を有効に利用した衝撃吸収が困難であることが考えられ，床反力が大きくなる傾向が示されたことを通じて，下肢傷害リスク要因の一つになる可能性が示唆された．他の先行論文からも，女性は男性に比べて，着地時の衝撃緩衝方法について，足関節が有意に作用していることが報告されている[Schmitz et al., 2007; Zhang et al., 2000; Devita and Skelly, 1992; Schot et al., 1994].

着地時の膝関節安定性に下肢筋肉の作用の重要性が多数報告されているが[Zeller et al., 2003; Kiriya et al., 2009; Hewett et al., 1996; Salci et al., 2004; Nagano et al., 2007; Fagenbaum and Darling, 2003; Lephart et al., 2002; Pappas et al., 2007; Zazulak et al., 2005; Jacobs et al., 2007], 前額面からみたときの膝関節へ及ぼす影響において，Zazulakら（2005）の報告では，片脚着地動作時の男女の比較で女性は男性に比べて大殿筋の筋活動が有意に低く，また中殿筋の筋活動も有意に低い傾向を示し，股関節内転および内旋動作の制御が困難となり，膝関節外転に導く可能性を示唆している．また，Zeller（2003）らは，片脚スクワット時の男女の下肢関節角度の比較において，女性は男性に比べて股関節内転角度が大きく，中殿筋による股関節のコントロールに及ぼす影響について述べている．これらの報告から，中殿筋筋力が股関節内転および内旋動作，膝関節外転動作の制御に寄与させていることがうかがえるが，本研究において，最大膝関節外転角度，最大股関節内転角度，膝関節外転角度偏位量との間に有意な中程度の負の相関を示し（それぞれ $r = 0.681$, $p = 0.015$; $r = -0.635$, $p = 0.023$; $r = -0.697$, $p = 0.012$ ），股関節内旋角度偏位量との間に有意な中程度の正の相関

を示した ($r = 0.611$, $p = 0.035$)。また、最大床反力との間に有意な高い正の相関を示した ($r = 0.703$, $p = 0.011$)。これは中殿筋の筋力が低い者ほど膝関節外転および股関節内転動作に導き、中殿筋の筋力が高い者ほど膝関節内転および股関節外転動作に導くという傾向を示すものである。先行研究同様に [Zazulak et al., 2005; Zeller et al., 2003], 本研究結果からも中殿筋筋力が膝関節や股関節の動的下肢アライメントのコントロールに寄与させる可能性が示され、中殿筋が下肢関節のコントロールに重要な役割を持つ可能性が示唆された。一方で、中殿筋筋力と股関節内旋角度偏位量との間には有意な負の関係が示され、前述した下肢傷害リスクを回避させる特徴的な動的下肢アライメントの傾向は示さなかった。

股関節内旋角度と ACL 傷害との関連性については、Hertel ら (2004) により報告されているが、後ろ向き調査による ACL 傷害群と非傷害群との比較において有意差は見られなかった。本研究における DVJ 動作との関連性について、股関節内旋角度と各項目間において有意な関連性は認められなかった。GJLT は女性は男性と比較して、高いスコアを持つことが多数報告されているが [Decoster et al., 1991; Quatman et al., 2008], ACL 傷害群と非傷害群を比較した先行論文について、Uhorchak ら (2003) は、GJLT の平均値から $1 \pm$ 標準偏差より大きなスコアをもつ者は ACL 傷害リスクが増大すると報告し、Ramesh ら (2005) は、ACL 傷害群でかつ GJLT の高いスコアを有し、中でも膝関節弛緩性の高い者は有意に ACL 傷害リスクが高いことを報告したが、本研究結果で行った課題動作からみられる下肢キネマティクス・キネティクスとの関連性については有意な関係は認められなかった。

本研究は、ACL 傷害を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングテストの有用性を検証することを目的として、DVJ 動作時の下肢キネマティクス・キネティクスと下肢アライメント、関節可動域、全身弛緩性、股関節外転筋力との関連性について比較検討し、ACL を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングテストの実際において、傷害に起因する可能性がある項目を選択的に測定もしくは提示できるのではないかというものであった。結果は膝関節外転運動および股関節内転運動や関節モーメントに着目して評価する場合、Q-angle,

Femoral anteversion angle, 股関節外転筋力の項目を含めた評価の有用性が示され、着地時の衝撃緩衝能の評価としては、アーチ高率と足関節背屈角度の項目を含めた評価の有用性が示された。

5-6-5. 結語

本研究は、ACLを含めた下肢傷害予防の為のスクリーニングテストとして推奨されているドロップバーティカルジャンプを課題動作に設定して、静的下肢アライメントや下肢関節可動域、全身関節弛緩性、股関節外転筋力と着地動作時にみられる下肢キネティクス・キネマティクスとの関連性を比較検討することを目的として行い、以下の関連性が示された。

- 1) Navicular drop test score と鉛直方向への最大床反力との関係に有意な中程度の負の相関を示した。
- 2) アーチ高率と最大股関節内旋角度、股関節内旋角度偏位量との関係に有意な中程度の負の相関を示し、鉛直方向への最大床反力との関係に有意な高い正の相関を示した。
- 3) Q-angle と最大膝関節外転角度、膝関節外転角度偏位量との関係に有意な中程度の正の相関を示し、最大股関節内旋角度との関係に有意な高い負の相関を示した。また、最大膝関節外転モーメントとの関係に有意な中程度の負の相関を示した。
- 4) Thgh-transmalleolar angle と最大股関節内旋角度、股関節内旋角度偏位量との関係に有意な中程度の負の相関を示した。
- 5) Thigh-foot angle と最大股関節内旋角度との関係に有意な高い負の相関を示し、膝関節内転角度偏位量との関係に有意な中程度の正の相関を示した。
- 6) 大腿骨頸部前捻角度と最大膝関節外転角度、膝関節外転角度偏位量との関係に有意な中程度の正の相関を示した。
- 7) 足関節背屈角度（膝関節伸展および荷重位）と最大股関節内転角度との関係に有意な中程度の正の相関を示し、鉛直方向への最大床反力との関係に有意な高い負の相関を示した。また、足関節背屈角度（膝関節屈曲および荷重位）と鉛直方向への最大床反力との関係に有意な高い負の相関を示し

た.

- 8) 股関節外転筋力と最大膝関節外転角度，最大股関節内転角度，膝関節外転角度偏位量との関係に有意な中程度の負の相関を示し，股関節内旋角度偏位量との関係に有意な中程度の正の相関を示した．また，鉛直方向への最大床反力との関係に有意な高い正の相関を示した．
- 9) ACL を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングを目的としてドロップバーティカルジャンプを行わせたとときの膝関節外転動作および股関節内転動作や関節モーメントに着目して評価する場合，Q-angle, Femoral ante-
version angle, 股関節外転筋力の測定項目を含めた評価の有用性が示された．また，着地時の衝撃緩衝能の評価項目として，アーチ高率と足関節背屈角度を含めた評価の有用性が示された．

第 6 章

下肢傷害予防トレーニング介入と効果検証

研究7 下肢傷害予防トレーニング介入が足趾機能，足部形態，静的・動的バランス能力に及ぼす影響

6-7-1. 緒言

21世紀に入り，スポーツ医学会においてスポーツ傷害予防に向けた取り組みが積極的に行われているが，中でも膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：以下，ACL）傷害予防プログラムや足関節傷害予防プログラムの介入報告が多数みられる．スポーツ現場における下肢傷害予防トレーニングの指導法として，スクワットやジャンプからの着地動作時にみられる過剰な膝関節外反肢位の回避に焦点を当てた指導が複数みられ，多くは膝関節や股関節の動きを意識させた指導法であるが，筆者らはこのような指導のほかに，足趾の動きと関連させた指導が過剰な膝関節外反肢位や股関節内転動作を回避させることが出来るのではないかと考え，研究2において足趾開排能および足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影響[佐野村と入江，2012；佐野村と入江，2013]について研究を行い，得られた結果から，特に片脚ドロップランディングタスクにおいて，足趾開排能が高い者，また足趾開排指示をした場合はそうでない時と比べて有意に膝関節外転動作を減じさせるという示唆を得た．また，研究5においては足趾把握力と静的および動的バランス保持能力との関連性について研究を行い，右足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長，重心単位軌跡長との関係に有意な負の相関を示し，右足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，重心動揺性の重心総軌跡長と重心単位軌跡長が有意に短かった．また，左足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，Star Excursion Balance Test（以下，SEBT）の前方リーチ長が有意に長かったことから，足趾把握動作および足趾把握力向上エクササイズが，静的および動的バランス能力向上につながる可能性を示唆した．そこで本章においては，下肢傷害予防トレーニングの介入効果検証を行うこととして，研究7では大学女子ラクロス競技を対象として，通常行われているウォーミングアップの中のフォワードランジやジャンプからの着地動作，サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”動作を指示する指導法が足趾開排能，足趾把握力，足部形態，静的および動的バランス能力に及

ぼす影響について比較検証することを目的として行った。仮説は、ウォーミングアップで行われている各種動作時に“足趾を開いて床を掴む”という動作指導法は、足趾開排能、足趾把握力、静的および動的バランス能力を向上させるほか、舟状骨沈降度テスト（navicular drop test score：以下、NDTS）を減少させ、アーチ高率は増加させるというものである。

6-7-2. 対象と方法

1. 対象

対象者は、関東大学女子ラクロスリーグ1部に所属する大学女子ラクロス選手20名（平均年齢（±標準偏差）：19.4±1.2歳，身長：160.0±5.0cm，体重：54.7±5.4kg，BMI：21.4±1.4kg/m²）であった。対象者に、本研究を行う前に研究の目的，調査方法，倫理的配慮等に関する説明を行い，同意を得た。なお，本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て行った（承認番号2010-037）。

2. 方法

練習前に行われているウォーミングアップ（20分）で実施されている各種動作において（表 7-1），着地動作時に可能な限り，足趾開排および足趾把持を意識させて行わせた．特にジョギング，ストレッチング，体幹トレーニング後に行われた Line to line（ライン間距離 10m）でのウォーミングアップ時に足趾開排および足趾把持動作を指示した．実際の指導については筆者の指示のもと，常に現場に帯同している専属トレーナーによってそれらの指示が行われた．介入期間は 2011 年 6 月～2012 年 3 月までとし，介入期間前後に測定した各項目を比較した．各測定項目と測定方法を以下に示す．

表7-1 ウォーミングアップメニュー

1. 前方へのランジ
2. バックランジ
3. スキップ
4. その場ステップを行いながら合図により身体の向きを変えてすぐに戻る →ダッシュ
5. その場ステップを行いながら合図によりサイド方向へ1歩出てすぐに戻る →ダッシュ
6. 切りかえし内回り, 外回り
7. ジグザグ走
8. クロスオーバー
9. もも上げ → ダッシュ・バックラン・ダッシュ
10. サイドステップ→ダッシュ(左右)
11. 脚ふり
12. ダッシュ→ストップ→ダッシュ

a. 足趾開排能

足趾開排能の測定方法の詳細およびパラメータは研究 2[佐野村学と入江一憲, 2012]に示した通りである．

b. 足趾把握力

足趾把握力の測定方法の詳細およびパラメータは研究 5 に示した通りである．

c. NDTs

NDTs の測定方法の詳細およびパラメータは研究 6 に示した通りである．

d. アーチ高率

アーチ高率の測定方法の詳細およびパラメータは研究 6 に示した通りである。

e. 重心動揺性

重心動揺性の測定方法の詳細およびパラメータは研究 5 に示した通りである。

f. SEBT

SEBT の測定方法の詳細およびパラメータは研究 5 に示した通りである。

3. 統計学的手法

介入前後の足趾開排能，足趾把握力，NDTS，アーチ高率，重心動揺性，SEBT で得られた各パラメータの比較とし，統計学的検定は，対応のある t 検定を用いた．全ての統計処理には統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics Student Version 19.0) を用い，有意確率を 5%未満とした．

6-7-3. 結果

1. 足趾開排能

足趾開排能の介入前後の結果を表 7-2 に示す．足趾開排能の介入前後の比較において，右足の足趾開排能は介入前 $21.4 \pm 13.8\%$ (平均 \pm 標準偏差) から介入後 $26.5 \pm 13.5\%$ へと有意に増加した ($p = 0.042$) ．また，左足の足趾開排能も介入前 $18.7 \pm 16.0\%$ から介入後 $28.9 \pm 17.7\%$ へと有意に増加した ($p = 0.012$)

表7-2 足趾開排能の傷害予防トレーニング介入前後の比較

		介入前	介入後	P値
足趾開排能*(%)	右	21.4 \pm 13.8	26.5 \pm 13.5	0.042
	左	18.7 \pm 16.0	28.9 \pm 17.7	0.012

*足趾開排能: 最大足趾開排時の母趾から小趾までの距離から自然体の足趾の状態の同距離を除いた値を足趾自然体の母趾から小趾までの距離で乗じた値。

2. 足趾把握力

足趾把握力の介入前後の結果を表 7-3 に示す。足趾把握力の介入前後の比較において、座位姿勢での右足の足趾把握力は、介入前 $10.7 \pm 3.0\text{kg}$ （平均±標準偏差）から介入後 $13.0 \pm 3.1\text{kg}$ へと有意に増加した（ $p < 0.001$ ）。また、左足の足趾把握力も介入前 $10.7 \pm 3.3\text{kg}$ から介入後 $12.6 \pm 2.7\text{kg}$ へと有意に増加した（ $p < 0.001$ ）。立位姿勢での右足の足趾把握力は介入前 $14.0 \pm 2.9\text{kg}$ から介入後 $16.8 \pm 3.8\text{kg}$ へと有意に増加した（ $p = 0.001$ ）。また、左足の足趾把握力も介入前 $14.1 \pm 3.5\text{kg}$ から介入後 $16.6 \pm 4.2\text{kg}$ へと有意に増加した（ $p = 0.001$ ）。

表7-3 足趾把握力の傷害予防トレーニング介入前後の比較

		介入前	介入後	P値
座位(kg)	右	10.7 ± 3.0	13.0 ± 3.1	<0.001
	左	10.7 ± 3.3	12.6 ± 2.7	<0.001
立位(kg)	右	14.0 ± 2.9	16.7 ± 3.8	0.001
	左	14.1 ± 3.5	16.6 ± 4.2	0.001

3. NDTs

NDTS の介入前後の結果を表 7-4 に示す。NDTS の介入前後の比較において、右足の NDTs は介入前 4.7 ± 2.7 （平均±標準偏差）から介入後 3.7 ± 2.4 へと減少傾向を示したが、有意差はみられなかった（ $p = 0.166$ ）。また、左足の NDTs も介入前 4.3 ± 2.5 から介入後 3.5 ± 2.1 へと減少傾向を示したが、有意差はみられなかった（ $p = 0.111$ ）。

表7-4 NDTs*傷害予防トレーニング介入前後の比較

	介入前	介入後	P値
右(mm)	4.7 ± 2.7	3.7 ± 2.4	0.166
左(mm)	4.3 ± 2.5	3.5 ± 2.1	0.111

*Navicular drop test score.

4. アーチ高率

アーチ高率の介入前後の結果を表 7-5 に示す。アーチ高率の介入前後の比較において、右足のアーチ高率は介入前 $18.3 \pm 2.6\%$ （平均±標準偏差）から介入後 $19.0 \pm 2.3\%$ に有意に増加した（ $p = 0.047$ ）。また、左足のアーチ高率も介入前 $17.7 \pm 2.7\%$ から介入後 $18.8 \pm 2.5\%$ へ有意に増加した（ $p = 0.032$ ）。

表7-5 アーチ高率の傷害予防トレーニング介入前後の比較

	介入前	介入後	P値
右(%)	18.3 ± 2.6	19.0 ± 2.3	0.047
左(%)	17.7 ± 2.7	18.8 ± 2.5	0.032

* All data were normalized to foot length.

5. 重心動揺性

重心動揺性の介入前後の結果を表 7-6 に示す。重心動揺性の介入前後の比較において、右脚立位時の重心総軌跡長は介入前 $86.78 \pm 27.66 \text{mm}$ (平均±標準偏差) から介入後 $99.46 \pm 21.66 \text{mm}$ へ、左脚立位時の重心総軌跡長は介入前 85.86 ± 26.28 から介入後 $100.62 \pm 26.50 \text{mm}$ へ増加傾向を示したが、有意差はみられなかった (それぞれ $p = 0.120, 0.072$)。重心単位軌跡長については、右脚立位時は介入前 $2.89 \pm 0.92 \text{mm/秒}$ から介入後 $3.32 \pm 0.73 \text{mm/秒}$ へ増加傾向を示したが、有意差はみられなかった ($p = 0.108$)。左脚立位時は介入前 $2.86 \pm 0.88 \text{mm/秒}$ から介入後 $3.46 \pm 0.91 \text{mm/秒}$ へ有意に増加した ($p = 0.031$)。重心単位面積軌跡長については、右脚立位時の介入前 $34.89 \pm 21.52 \text{mm/cm}^2$ から介入後 $29.14 \pm 11.22 \text{mm/cm}^2$ へ、左脚立位時の介入前 $32.23 \pm 19.75 \text{mm/cm}^2$ から介入後 $30.54 \pm 8.45 \text{mm/cm}^2$ へ減少傾向を示したが、有意差はみられなかった (それぞれ $p = 0.262, p = 0.738$)。そのほか重心外周面積についても右脚立位時の介入前 $3.32 \pm 1.91 \text{cm}^2$ から介入後 $4.01 \pm 2.03 \text{cm}^2$ へ、左脚立位時の介入前 $3.47 \pm 1.65 \text{cm}^2$ から介入後 $3.71 \pm 1.48 \text{cm}^2$ へ、重心矩形面積についても右脚立位時の介入前 $8.32 \pm 4.50 \text{cm}^2$ から介入後 $13.25 \pm 15.65 \text{cm}^2$ へ、左脚立位時の介入前 $8.45 \pm 3.90 \text{cm}^2$ から介入後 $8.82 \pm 3.31 \text{cm}^2$ へ増加傾向を示したが、いずれにおいても有意差はみられなかった (それぞれ $p = 0.328, p = 0.648 ; p = 0.214, p = 0.747$)。

表7-6 重心動揺性の傷害予防トレーニング介入前後の比較

		介入前	介入後	P値
重心総軌跡長(mm)	右	86.78 ± 27.66	99.46 ± 21.66	0.120
	左	85.86 ± 26.28	100.62 ± 26.50	0.072
重心単位軌跡長(mm/秒)	右	2.89 ± 0.92	3.32 ± 0.73	0.108
	左	2.86 ± 0.88	3.46 ± 0.91	0.031
重心単位面積軌跡長(mm/cm ²)	右	34.89 ± 21.52	29.14 ± 11.22	0.262
	左	32.23 ± 19.75	30.54 ± 8.45	0.738
重心外周面積(cm ²)	右	3.32 ± 1.91	4.01 ± 2.03	0.328
	左	3.47 ± 1.65	3.71 ± 1.48	0.648
重心矩形面積(cm ²)	右	8.32 ± 4.50	13.25 ± 15.65	0.214
	左	8.45 ± 3.90	8.82 ± 3.31	0.747

6. SEBT

SEBT の介入前後の結果を表 7-7 に示す。SEBT の介入前後の比較において、A (anterior : 前方) については、左右いずれにおいても有意差はみられなかった (左 : $p = 0.699$, 右 : $p = 0.722$)。PM (posteromedial : 後内方) については、右は介入前 114.2 ± 6.0 (平均 \pm 標準偏差) から介入後 117.5 ± 4.7 で有意に増加させ ($p = 0.006$)、左についても 114.6 ± 7.0 から 117.6 ± 5.2 へと有意に増加させた ($p = 0.018$)。PL (posterolateral : 後外方) については、右は介入前 110.1 ± 5.3 から介入後 113.2 ± 5.3 で有意に増加させ ($p = 0.005$)、左の PL についても 110.1 ± 8.2 から 112.8 ± 6.2 へと有意に増加させた ($p = 0.042$)。

表7-7 SEBT*の傷害予防トレーニング介入前後の比較

		介入前	介入後	P値
A	右	65.0 ± 6.6	65.4 ± 5.8	0.722
	左	65.3 ± 6.9	65.6 ± 6.7	0.699
PM	右	114.2 ± 6.0	117.5 ± 4.7	0.006
	左	114.6 ± 7.0	117.6 ± 5.2	0.018
PL	右	110.1 ± 5.3	113.2 ± 5.3	0.005
	左	110.1 ± 8.2	112.8 ± 6.2	0.042

All data were normalized to leg length (reach distance were divided by leg length and multiplied by 100).

*SEBT: Star excursion balance test, A: anterior, PM: posteromedial, PL: posterolateral.

6-7-4. 考察

本研究は、下肢傷害予防トレーニングの介入効果検証として、大学女子ラグロス選手を対象とし、通常行われているウォーミングアップメニューで行われているランジやジャンプからの着地動作、サイドステップや繰り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”を指示した指導法が、足趾開排能、足趾把握力、足部形態、静的および動的のバランス能力に及ぼす影響を比較検証することを目的として行った。

足趾開排能について、介入後で左右ともに足趾を開排させる割合を有意に増加させた (表 7-2)。特に介入前において、右足趾に比べて左足趾の開排能が

低い傾向がみられたが ($p = 0.178$) , 介入後においては左足趾の開排能が増加傾向を示した ($p = 0.391$) . また, そのほか最大足趾開排と最大足趾開排度を比較した (表 7-8) . 最大足趾開排は, 可能な限り足趾開排を行わせたときの母趾から小趾までの距離を示し, 足趾開排度は, 最大足趾開排時の値から, 安静時の同足趾間距離の差を示す. この結果から, 最大足趾開排について, 介入前は左足趾に比べ右足趾がよく開く傾向が見られたが, トレーニング後では, 左右の足趾ともに同程度開排可能になっていた. また, 足趾開排度については, 介入前は左足趾に比べ右足趾の安静時から最大開排時の差が大きかったが, トレーニング後では, 左足趾の開排の差の方が大きく, より開排度が増加していた.

表7-8 最大足趾開排と足趾開排度の傷害予防トレーニング介入前後の比較

		介入前	介入後	P値
最大足趾開排*(mm)	右	90.9 ± 11.3	94.9 ± 11.4	0.046
	左	87.8 ± 11.5	95.0 ± 12.6	0.006
足趾開排度*(mm)	右	16.0 ± 10.3	19.9 ± 10.2	0.034
	左	13.7 ± 11.5	21.1 ± 12.7	0.008

* 最大足趾開排: 最大努力での足趾開排時の母趾から小趾までの距離を示す.

* 足趾開排度: 足趾最大開排時の母趾から小趾までの距離から足趾自然体の同距離を除いた値を示す.

足趾開排動作は, 足部内在筋である母趾外転筋, 小趾外転筋, 背側骨間筋で行われるほか [Oatis, 2009], 短趾伸筋および長母趾伸筋によっても行われている. 今回行ったウォーミングアップ時の指導法の一つとして取り入れた “足趾を開いて床を掴む” の動作指示が, 同作用筋を強く緊張させたことと, さらにそれを長期間にわたり繰り返し継続して指示を与えたことで足趾開排能力の向上につながったのではないかと推測した (表 7-2, 表 7-8) .

足趾把握力については (表 7-3) , 座位および立位姿勢での測定値ともに介入後において有意に増加した. 介入前後の足趾把握力の左右差については, いずれも有意な差はみられなかった. 今回の研究で行った足趾把握力の測定方法は, 通常行われている座位での測定に加え, 立位での測定も行うこととした.

これは、本研究で行った足趾開排動作や足趾把握動作が、ウォーミングアップで行われているランジやステップ動作、ジャンプからの着地動作等すべて立位姿勢で行われている為である。結果、座位と立位時の足趾把握力平均値の差について比較してみると（表 7-3），介入前の右足趾で 3.3kg，左足趾 3.4kg，介入後の右足趾で 3.7kg，左足趾 4.0kg の差がみられた。これらを平均化すると，右足趾で平均 3.5kg，左足趾で 3.7kg，左右合わせて平均 3.6kg の座位と立位時の足趾把握力の差がみられた。足趾把握動作に作用する筋は，足部内在筋である短母趾屈筋、長母趾屈筋、母趾内転筋，短趾屈筋，短小趾屈筋，背側骨間筋，底側骨間筋，虫様筋であるが[Oatis, 2009]，足趾開排能同様に，ウォーミングアップ時に行わせた“足趾を開いて床を掴む”の動作指示が同作用筋を強く収縮させ，さらにはそれを長期間にわたり繰り返し継続して動作指示を与えたことでトレーニング効果を有意に得ることが出来たのではないかと考えた。

NDTS については（表 7-4），介入前後の比較において，左右いずれも 0.8～1mm 程度の減少傾向を示したが，有意差はみられなかった（右： $p = 0.166$ ，左： $p = 0.111$ ）。先行研究から，荷重位での母趾外転筋による足趾屈曲作用が足部内側縦アーチの支持に重要な役割を果たしていることが多数報告されているが[Fiolkowski et al., 2003; Headlee et al., 2008; Jung et al., 2012; Mann and Inman, 1964; Wong, 2007]，足趾開排動作や足趾把握動作により，母趾外転筋や長・短母趾屈筋等の筋作用が内側縦アーチ剛性を高め，介入前に比べ介入後は NDTS が小さくなると予測したが，平均値で低値を示したものの有意差は認められなかった。

アーチ高率の介入前後の比較（表 7-5）についても NDTS 同様に，足趾開排や足趾把握動作により，母趾外転筋や長・短母趾屈筋等の筋作用が内側縦アーチ剛性を高めることでアーチ高率の向上に寄与させるのではないかと推測したが，得られた結果は介入後は左右足ともにアーチ高率を増加させた。母趾外転筋の作用が足部内側縦アーチの支持・挙上に寄与させていることが多数報告されているが，Jung（2012）は，toe-curl エクササイズや short-foot エクササイズを行わせたところ，特に立位での short-foot エクササイズ後に有意に表面筋電図において高値を示し，内側縦アーチを有意に挙上させたと報告している。ま

た、Wong (2007) は、In-vitro で母趾外転筋を収縮させた時に内側縦アーチを拳上させ、母趾外転筋は静的な内側縦アーチ支持作用だけでなく、歩行時における動的な内側縦アーチ支持作用をもつことを示唆している。そのほか足部内在筋以外にも足底腱膜や足底筋膜が足部アーチサポートに寄与していることが複数報告されており [Thordarson et al, 1997; Carlson et al., 2000; Franco, 1987], 本研究における“足趾を開いて床を掴む”の動作指示が足部アーチ剛性の向上に寄与させたことが示唆された。

重心動揺性については、介入前後の比較について (表 7-6) , 重心単位軌跡長の左脚立位時のみ有意差が認められ (介入前 2.86 ± 0.88 mm/秒から介入後 3.46 ± 0.91 mm/秒, $p = 0.031$) , その他全ての項目の有意差は認められなかった。重心動揺性テストは、固有感覚器や神経筋協調性の評価の一つとして用いられており、それらはバランス保持能力の評価の一つとして用いられている [時田, 1995; 斯ら, 2006; 水澤と対馬, 2009; 望月と峯島, 2000; Guskiewicz and Perrin., 1996]. 今回の研究で行った方法は、開眼での片脚立位姿勢でのバランス保持能力の評価とした。重心動揺性テストは、アスリートを対象とした足関節傷害に対する評価法の一つとして多数用いられている [Wikstrom, 2006; Zech, 2010; Beynon, 2002]. 本研究で用いたパラメータについて、重心総軌跡長は重心点の総移動距離を示しており、身体動揺の安定性を評価する代表的な値である。重心単位面積軌跡長は重心動揺面積の 1cm^2 当たりの移動距離を示し、重心外周面積は動揺の外周を囲む面積を示す。重心矩形面積は重心動揺の前後最大を縦軸、左右最大を横軸とした四角形の面積のことを示す。重心矩形面積は、偶然大きな動揺が生じた際に計測される異常に大きな値を含み、身体動揺が最も大きくなった面積となる。本研究で行った“足趾開排および足趾把握”指導の介入は、静的バランス保持能力に一部において影響が認められ、多くは影響が認められなかった。これは、本研究で行われた対象者が若年アスリートであり、運動能力が高いことが推測される対象者の場合は、開眼での片脚立位姿勢といった簡単な課題動作ではなく、閉眼での片脚立位姿勢をとらせたいうえでの比較、また開眼片脚立位姿勢であっても姿勢保持時間を長くする等、課題条件を高くして比較するのが望ましいと考えた。

SEBT は、動的下肢バランス能力の評価に用いられるテスト法であるが、多くは下肢傷害[Plisky et al., 2006; Filipa et al., 2010; Bressel et al., 2007; Robinson et al., 2008], 足関節傷害[Olmsted et al., 2002; Hertel et al., 2006; Hertel et al., 2008; Chaiwanichsiri et al., 2005; Gribble et al., 2004; Gribble et al., 2007; Sefton et al., 2009; de Noronha et al., 2012; O'Driscoll et al., 2011], 膝関節傷害[Herrington et al., 2009]の評価について報告している先行論文が多数を占める。なお、本研究で行った SEBT 評価方法は、Hertel ら (2006) が推奨している方法を参考に、通常 8 方向 (A (前方), 前内方, 内方, PM (後内方), 後方, PL (後外方), 外方, 前外方) のリーチ距離での評価が行われるが、本研究では A, PM, PL の 3 方向でのリーチ距離で比較検証を行うこととした。以下に示す先行論文の報告は、多くは 8 方向から評価された内容であり、本研究で行ったリーチ方向と一部異なっている。SEBT を用いた評価において、特に足関節傷害と SEBT に関する報告が多いが、Gribble ら (2004) は慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability : 以下, CAI) をもつ者の傷害脚側と非傷害脚側を比較 (8 方向で評価) したところ、傷害脚側は非傷害脚側に比べてリーチ距離の割合が、A, 内方, 後方において有意に小さかったことを報告し、Hertel ら (2006) は、CAI をもつ傷害脚側と非傷害脚側の比較において、傷害脚側は非傷害脚側に比べ (8 方向で評価)、前内方, 内方, PL にリーチ距離の割合が有意に小さかったことを報告し、特に PL と CAI との強い関連性を示したことを報告している。また、CAI をもつ傷害脚側とコントロール群の同側脚の比較において、Olmsted ら (2002) は、傷害脚側と非傷害脚側の比較において、傷害脚側は非傷害脚側に比べ、全方向の平均値の比較においてリーチ距離の割合が有意に小さかったことを報告し、Hertel ら (2006) は、CAI をもつ傷害脚側とコントロール群の同側脚の比較 (8 方向で評価) において、前内方, 内方, PL でリーチ距離の割合が有意に小さかったことを報告した。そのほか、膝関節傷害と SEBT との関係性を報告した先行論文については、Herrington ら (2009) は、ACL 不全群とコントロール群との比較 (8 方向で評価) において、ACL 不全群はコントロール群に比べ、A, 外方, PM のリーチ距離の割合が有意に小さかったことを報告している。これらの報告から、足関節および膝関節傷害を有するものと SEBT との

関係において、特に A、内方、PL のリーチ距離の割合が小さいことがうかがえる。本研究の結果を介入前後で検証してみると（表 7-7）、A については左右脚いずれも有意差が認められなかったが（左： $p = 0.699$ ，右： $p = 0.722$ ）、PM については左右脚共に有意に増加させ（それぞれ $p = 0.006$ ， 0.018 ）、PL についても左右脚共に有意に増加させた（それぞれ $p = 0.005$ ， 0.042 ）。先行論文からは、神経筋トレーニング[Filipa et al., 2010; Lindblom et al., 2012; O'Driscoll et al., 2011]やバランストレーニング[McKeon et al., 2008]、CAI に対するリハビリテーションプログラムの介入が SEBT のリーチ距離に及ぼす影響[Hale et al., 2007]について多数報告されているが、Filipa ら（2010）は神経筋トレーニング後に A、PM、PL の 3 方向のリーチ距離総計の割合が有意に増加したことを報告し、Lindblom ら（2012）は、A、PM、PL の 3 方向の全てのリーチ距離が向上していたことを報告した。また、McKeon ら（2008）はバランストレーニングプログラム終了後において、3 方向のうち PM、PL で有意な向上を示したことを報告し、Hale ら（2007）は、リハビリテーションプログラム終了後に 8 方向の評価を行い、PM、PL、L で有意な増加がみられたと報告している。先行研究結果と本研究結果を合わせて検証すると、特に A、PM、PL 方向への改善が顕著であることが示された。本研究結果から、A に対する介入効果が認められなかったのは、A のリーチ距離は足関節背屈角度[Hoch et al., 2010]、膝関節屈曲角度や股関節内転および内旋角度[Robinson et al., 2008]、そのほか大腿四頭筋活動の影響[Earl and Hertel, 2001]を受けていることが先行論文から多数報告されており、それらを含めた検討も必要であると考えた。

本研究結果から、研究 5 の考察同様に、スポーツ傷害予防に着目して検討すると、ランジやジャンプからの着地動作、サイドステップや切り返し動作時に足趾を開いて床を把持する動作指示は、足趾把筋力や足趾開排能を向上させるとともに、動的下肢バランス能力を向上させることから、下肢傷害、特に足関節や膝関節傷害の予防に寄与させるのではないかと考えた。

本研究の限界点として、コントロール群が設定されていないところにある。トレーニング群と非トレーニング群を設定した比較により、介入の有用性の検証およびその評価がより可能になると考え、今後の検討課題とする。

6-7-5. 結語

大学女子ラクロス競技を対象として、通常行われているウォーミングアップの中で行われているランジやジャンプからの着地動作、サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”を指示した指導法が、足部機能や足部形態、静的および動的バランス能力に及ぼす影響を比較検証することを目的とし、以下の結論を得た。

- 1) 足趾開排能について、左右足趾いずれも有意に増加させた。
- 2) 足趾把握力について、座位および立位姿勢での左右の足趾把握力いずれも有意に増加させた。
- 3) アーチ高率については、左右足いずれも有意に増加させた。
- 4) 重心動揺性については、重心単位軌跡長の左脚立位時のみ有意に増加させたが、他の全ての項目には影響を及ぼさなかった。
- 5) SEBTについては、後内方および後外方のリーチ距離の割合において左右脚いずれも有意な増加が認められた。
- 6) ウォーミングアップ時に行われているランジやジャンプからの着地動作、サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”を指示する指導法は、足趾機能および動的バランス能力を向上させるという結果を通して、下肢傷害予防を目的とした指導方法になる可能性が示唆された。

研究 8 大学女子ラクロス競技を対象とした下肢傷害予防トレーニング介入が傷害発生数および傷害発生頻度に及ぼす影響

6-8-1. 緒言

今日、スポーツ傷害予防の実践とその効果検証について多数の報告がみられるが、特に下肢傷害予防プログラムに関する報告が多数みられ、それらの介入が有用であるとの見解が示されている[Alentorn-Geli et al., 2009; Griffin et al., 2006]. 下肢傷害予防トレーニングの一つである膝前十字靭帯 (anterior cruciate ligament: 以下, ACL) 傷害予防トレーニングを例にとると、バスケットボール、サッカー、ハンドボール等で、介入期間は 6 週間から 12 週間が多く、頻度は週 2~3 回程度、時間は一回につき 10~30 分程度実施されている。また、介入方法の特徴として、練習前に行われるウォーミングアップの中で行われている点にある。トレーニング時間は、通常のウォーミングアップ時間に合わせて 15 分~20 分程度である。これは、傷害予防を目的としたトレーニングの為だけに時間をかけることが困難であるとの現場の意見を反映させ、ウォーミングアップ時に各種トレーニングを取り入れるという方法がとられている。下肢傷害予防トレーニングの内容については、最初に適切な姿勢や下肢アライメントを獲得させることを目標にして、トレーニング初期においては適切なアスレチックポジションの獲得を目標に指導されている。それは、「膝をしっかり曲げ、肩を後ろに引いて胸を張り、視線を下げないように。」「足幅を肩幅程度に開いて体重を母趾球に乗せる。」というものである[Myer et al., 2004; Myer et al., 2005]. トレーニング種目や負荷を漸進的に増加させていくが、スクワット、ジャンプからの着地動作、ランジ、ホッピング動作等、多くのトレーニング種目においてこの姿勢を基本姿勢として習得させ、特にスタート時およびフィニッシュ時において、適切なアスレチックポジションをとらせることを意識させて行わせている[Myer et al., 2004]. また、基本姿勢をとる時に、「膝が常につま先の上に位置するようにする」という指導も含まれており、いわゆる“knee-in”動作にならないように注意喚起させている。本論文の研究 2, 5, 7において、足趾開排動作指示および足趾把握力が動的な下肢アライメントやバランス保持能

力に及ぼす影響について検証したが，研究 8 では，研究 7 に続き大学女子ラクロスを対象とした通常のウォーミングアップメニューで行われているランジやジャンプからの着地動作，サイドステップや切り返し動作時に，“足趾を開いて床を掴む”を指示する指導法が，下肢傷害発生率等に及ぼす影響について比較検証することを目的とした．仮説は総傷害発生率を低下させ，傷害の部位については，足関節，膝関節を含めた下肢傷害発生率を低下させるというものである．

6-8-2. 対象と方法

1. 対象と方法

対象者は研究7同様、関東大学女子ラクロスリーグ1部に所属する大学女子ラクロス選手であり、1年目46名（平均年齢（±標準偏差）：20.1±1.3歳，身長：159.1±5.2cm，体重：53.1±5.5kg，ラクロス競技歴22.0±16.3ヶ月），2年目55名（平均年齢19.5±1.1歳，身長158.7±4.9cm，体重53.6±5.4kg，ラクロス競技歴22.6±13.2ヶ月）とした。介入方法は，練習前に行われているウォーミングアップで行われている各動作時に，足部の着地動作時に可能な限り，足趾開排および足趾把持を意識させて行わせた。特にジョギング，ストレッチング，体幹トレーニング後に行われたLine to Lineでの動作時に強調して指示を出した（表8-1）。介入期間は2011年6月～2012年3月までとし，傷害発生率等の比較期間は2010年6月～2011年3月と2011年6月～2012年3月とした。尚，本研究を行うにあたり，対象者に方法や倫理的配慮等の説明を行い，同意を得た。早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号2010-037）。

表8-1 ウォーミングアップメニュー

1. 前方へのランジ
2. バックランジ
3. スキップ
4. その場ステップを行いながら合図により身体の向きを変えてすぐに戻る →ダッシュ
5. その場ステップを行いながら合図によりサイド方向へ1歩出てすぐに戻る →ダッシュ
6. 切りかえし内回り，外回り
7. ジグザグ走
8. クロスオーバー
9. もも上げ → ダッシュ・バックラン・ダッシュ
10. サイドステップ → ダッシュ(左右)
11. 脚ふり
12. ダッシュ → ストップ → ダッシュ

2. 傷害調査内容

傷害調査内容および方法については、研究 1[佐野村ら, 2012]同様である。その他練習・試合時の傷害、傷害の回数、競技復帰までの期間について収集した。傷害の定義および競技復帰までの期間についても研究 1 同様であり、傷害発生率については ‘1,000 athlete-hours (以下 1000AHs)’ および ‘1,000 athlete-exposures (以下 1000AEs)’ の単位を用いて算出した。介入前後の比較項目は、傷害の部位、傷害の種類、傷害の原因、傷害の回数、競技復帰までの期間の各項目の傷害発生率とした。

6-8-3. 結果

傷害予防トレーニングの介入期間は、2011 年 6 月～2012 年 3 月までの 10 ヶ月間、介入日数は 304 日間であった。介入前後の練習および試合が行われた回数は、介入前 183 回、介入後 190 回であり、1 週間あたりの練習および試合回数は、介入前 4.2 回/週、介入後 4.4 回/週であった。

1. 傷害発生率

介入前後の傷害発生数および傷害発生率を表 8-2 に示す。介入前後の総 AHs および総 AEs は、介入前 11,916.8AHs および 5,593AEs、介入後 11,417.6AHs および 5,371AEs であった。練習時の AHs および AEs については、介入前 11,447.8AHs および 5,065AEs、介入後 10,721.0AHs および 4,508AEs であった。試合時の AHs および AEs については、介入前 469.0AHs および 528AEs、介入後 696.6AHs および 863AEs であった。介入前後の AHs を合計すると、練習時 22,168.8AHs (Total AHs の 95%)、試合時 1165.6AHs (5.0%) で練習時がほとんどを占めていた。また介入前後の AEs を合計すると、練習時 9,573AEs (Total AEs の 87.3%)、試合時 1,391 (12.7%) でおおよそ 9 割を練習時が占めていた。介入前後の傷害発生数については、介入前 143 例 (傷害発生率は 12.00 (10.03 — 13.97)/1000AHs (カッコ内は 95% 信頼区間を示す) および 25.57 (21.38 — 29.76)/1000AEs) で、介入後 102 例 (傷害発生率 8.93 (7.20 — 10.67)/1000AHs および 18.99 (15.31 — 22.68)/1000AEs) であった。練習・試合時で比較すると、練習時の介入前傷害発生数 135 例 (傷害発生率 11.79 (9.80 — 13.78)/1000AHs

および 26.65 (22.16 — 31.15)/1000AEs) , 介入後 92 例 (傷害発生率 8.58 (6.83 — 10.33)/1000AHs および 20.41 (16.24 — 24.58)/1000AEs) , 試合時の介入前傷害発生数 8 例 (17.06 (5.24 — 28.88)/1000AHs および 15.15 (4.65 — 25.65)/1000AEs) , 介入後 10 例 (傷害発生率 14.36 (5.46 — 23.25)/1000AHs および 11.59 (4.41 — 18.77)/1000AEs) であった. 練習・試合時の介入前後の傷害発生数を合わせると, 練習時 227 例, 試合時 18 例で, 練習時に発生した傷害が全体の 9 割以上を占めていた.

表8-2 介入前後の Total athlete-hours ▪ Total athlete-exposures ▪ 傷害発生数および傷害発生率

介入前/後	Athlete-hours		Athlete-exposures		発生率	
	練習/試合	(%)	(%)	発生数	1000 AEs* (95% CI*)	1000 AEs* (95% CI*)
介入前	練習	11,447.8(96.1)	5,065(90.6)	135(94.4)	11.79(9.80—13.78)	26.65(22.16—31.15)
	試合	469.0(3.9)	528(9.4)	8(5.6)	17.06(5.24—28.88)	15.15(4.65—25.65)
	計	11,916.8(100.0)	5,593(100.0)	143(100.0)	12.00(10.03—13.97)	25.57(21.38—29.76)
介入後	練習	10,721.0(93.9)	4,508(83.9)	92(90.2)	8.58(6.83—10.33)	20.41(16.24—24.58)
	試合	696.6(6.1)	863(16.1)	10(9.8)	14.36(5.46—23.25)	11.59(4.41—18.77)
	計	11,417.6(100.0)	5,371(100.0)	102(100.0)	8.93(7.20—10.67)	18.99(15.31—22.68)
計	練習	22,168.8(95.0)	9,573(87.3)	227(92.7)	10.24(8.91—11.57)	23.71(20.63—26.80)
	試合	1,165.6(5.0)	1,391(12.7)	18(7.3)	15.44(8.31—22.58)	12.94(6.96—18.92)
	合計	23,334.3(100.0)	10,964(100.0)	245(100.0)	10.50(9.18—11.81)	22.35(19.55—25.14)

* 1000AEs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

* 95%CI: 95% confidence interval.

2. 傷害の部位別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の部位別による介入前後の傷害発生数および傷害発生率を表 8-3, 表 8-4, 図 8-1 に示す. 介入前後で最も傷害発生率が低下した部位は, 足部/つま先で 0.92/1000AHs から 0.35/1000AHs および 1.97/1000AEs から 0.74/1000AEs であった (傷害発生数 11 例から 4 例へ減少). 次に下腿で 1.17/1000AHs から 0.79/1000AHs および 2.50/1000AEs から 1.68/1000AEs であった (傷害発生数 14 例から 9 例へ減少). 以下, 股関節 0.42/1000AHs から 0.09/1000AHs および 0.89/1000AEs から 0.19/1000AEs (傷害発生数 5 例から 1 例へ減少), 鼠径部 0.67/1000AHs から 0.35/1000AHs および 1.43/1000AEs から 0.74/1000AEs (傷害発生数 8 例から 4 例へ減少), 腰椎/下背部 1.09/1000AHs から 0.79/1000AHs および 2.32/1000AEs から 1.68/1000AEs (傷害発生数 13 例から 9 例へ減少) であった.

表8-3 介入前後の傷害の部位別傷害発生数および傷害発生率

傷害の部位	介入前				介入後			
	発生数(%)		1000AHs*	1000AEs*	発生数(%)		1000AHs*	1000AEs*
目	1	0.7	0.08	0.18	0	0.0	0.00	0.00
頭部	0	0.0	0.00	0.00	1	1.0	0.09	0.19
鼻	1	0.7	0.08	0.18	0	0.0	0.00	0.00
目・頭部・鼻以外の顔	1	0.7	0.08	0.18	3	2.9	0.26	0.56
頸部/頸椎	5	3.5	0.42	0.89	3	2.9	0.26	0.56
胸椎/上背部	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
胸骨/肋骨	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
腰椎/下背部	13	9.1	1.09	2.32	9	8.8	0.79	1.68
腹部	1	0.7	0.01	0.18	0	0.0	0.00	0.00
骨盤/仙骨/殿部	5	3.5	0.42	0.89	2	2.0	0.18	0.37
肩/鎖骨	2	1.4	0.17	0.36	0	0.0	0.00	0.00
上腕	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
肘	3	2.1	0.25	0.54	0	0.0	0.00	0.00
前腕	1	0.7	0.08	0.18	1	1.0	0.09	0.19
手関節	2	1.4	0.17	0.36	2	2.0	0.18	0.37
手	1	0.7	0.08	0.18	1	1.0	0.09	0.19
四指	6	4.2	0.50	1.07	3	2.9	0.26	0.56
母指	3	2.1	0.25	0.54	1	1.0	0.09	0.19
股関節	5	3.5	0.42	0.89	1	1.0	0.09	0.19
鼠径部	8	5.6	0.67	1.43	4	3.9	0.35	0.74
大腿	16	11.2	1.34	2.86	13	12.7	1.14	2.42
膝関節(膝部)	16	11.2	1.34	2.86	22	21.6	1.93	4.10
下腿	14	9.8	1.17	2.50	9	8.8	0.79	1.68
アキレス腱	4	2.8	0.34	0.72	1	1.0	0.09	0.19
足関節	24	16.8	2.01	4.29	22	21.6	1.93	4.10
足部/つま先	11	7.7	0.92	1.97	4	3.9	0.35	0.74
合計	143	100.1	12.00	25.57	102	100.0	8.93	18.99

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

表8-4 介入前後の傷害の部位別傷害発生数および傷害発生率

傷害の部位	介入前				介入後			
	発生数(%)		1000AHs*	1000AEs*	発生数(%)		1000AHs*	1000AEs*
頭頸部	8	5.6	0.67	1.43	7	6.9	0.61	1.30
体幹	14	9.8	1.17	2.50	10	9.8	0.88	1.86
上肢	18	12.6	1.51	3.22	13	12.7	1.14	2.42
下肢	103	72.0	8.64	18.42	72	70.6	6.31	13.41
合計	143	100.0	12.00	25.57	102	100.0	8.93	18.99

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

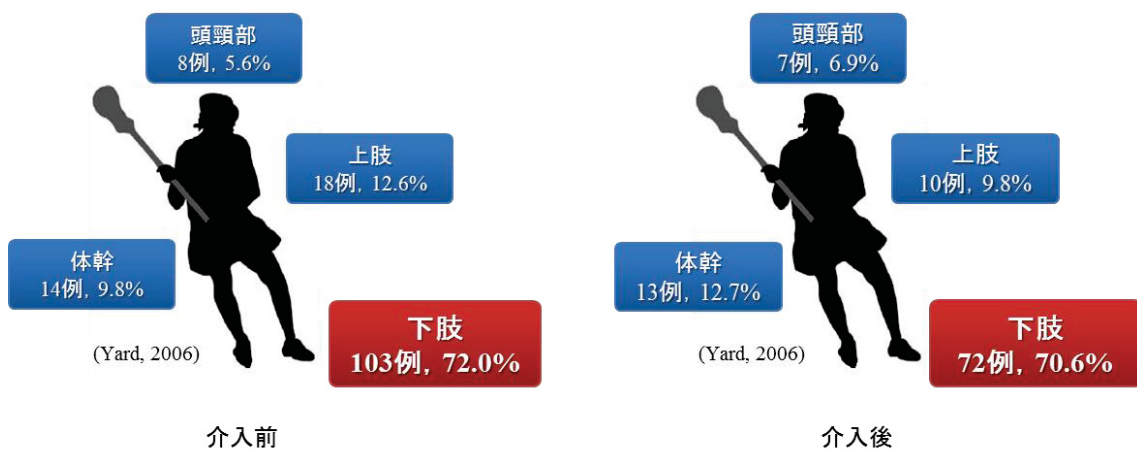


図 8-1 介入前後の傷害の部位別傷害発生数とその割合

3. 傷害の種類別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の種類別による介入前後の傷害発生数および傷害発生率を表 8-5 に示す。介入前後で最も発生率が低下した傷害の種類は、腱炎/腱周囲炎で 2.43/1000AHs から 1.31/1000AHs および 5.19/1000AEs から 2.79/1000AEs であった（傷害発生数 29 例から 15 例に減少）。次に打撲/血腫/挫傷で 2.01/1000AHs から 1.14/1000AHs および 4.29/1000AEs から 2.42/1000AEs であった（傷害発生数 24 例から 13 例に減少）。以下、捻挫 2.77/1000AHs から 1.93/1000AHs および 5.90/1000AEs から 4.10/1000AEs（傷害発生数 33 例から 22 例に減少）、筋肉痛/スパズム 2.60/1000AHs から 2.10/1000AHs および 5.54/1000AEs から 4.47/1000AEs（傷害発生数 31 例から 24 例に減少）であった。

表8-5 介入前後の傷害の種類別傷害発生数および傷害発生率

傷害の種類	介入前				介入後			
	発生数 (%)		1000AHs*	1000AEs*	発生数 (%)		1000AHs*	1000AEs*
脳しんとう	0	0.0	0.00	0.00	1	1.0	0.09	0.19
骨折(外傷性)	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
疲労骨折(オーバークース)	2	1.4	0.16	0.36	3	2.9	0.26	0.56
その他の骨傷害	1	0.7	0.08	0.18	1	1.0	0.09	0.19
脱臼	1	0.7	0.08	0.18	0	0.0	0.00	0.00
腱断裂	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
靭帯損傷不安定性あり	2	1.4	0.17	0.36	0	0.0	0.00	0.00
靭帯損傷不安定性なし	1	0.7	0.08	0.18	1	1.0	0.09	0.19
捻挫	33	23.1	2.77	5.90	22	21.6	1.93	4.10
半月板/軟骨損傷	5	3.5	0.42	0.89	7	6.9	0.61	1.30
筋挫傷/肉離れ/筋断裂	10	7.0	0.84	1.79	10	9.8	0.88	1.86
打撲/血腫/挫傷	24	16.8	2.01	4.29	13	12.7	1.14	2.42
腱炎/腱周囲炎	29	20.3	2.43	5.19	15	14.7	1.31	2.79
滑液包炎	2	1.4	0.17	0.36	2	2.0	0.18	0.37
裂傷/皮膚損傷	1	0.7	0.08	0.18	2	2.0	0.18	0.37
歯の損傷	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
神経損傷/脊椎損傷	1	0.7	0.08	0.18	1	1.0	0.09	0.19
筋肉痛/スパズム	31	21.7	2.60	5.54	24	23.5	2.10	4.47
その他	0	0.0	0.00	0.00	0	0.0	0.00	0.00
合計	143	100.0	12.00	25.57	102	100.0	8.93	18.99

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

4. 傷害の原因別による傷害発生数および傷害発生率

傷害の原因別による介入前後の傷害発生数および傷害発生率を表 8-6 に示す。介入前後で最も発生率が低下した傷害の原因は、接触型傷害（他の選手）で 2.27/1000AHs から 1.40/1000AHs および 4.83/1000AEs から 2.98/1000AEs であった（傷害発生数 27 例から 16 例に減少）。次に非接触型傷害で 2.35/1000AHs から 1.66/1000AHs および 5.01/1000AEs から 3.54/1000AEs であった（傷害発生数 28 例から 19 例に減少）。以下、使いすぎ（徐々に）3.94/1000AHs から 3.33/1000AHs および 8.40/1000AEs から 7.08/1000AEs（傷害発生数 47 例から 38 例に減少），使いすぎ（急に）1.34/1000AHs から 0.88/1000AHs および 2.86/1000AEs から 1.86/1000AEs（傷害発生数 16 例から 10 例に減少），接触型傷害（動いている物）で 1.43/1000AHs から 1.05/1000AHs および 3.04/1000AEs から 2.23/1000AEs であった（傷害発生数 17 例から 12 例に減少）であった。

表8-6 介入前後の傷害の原因別傷害発生数および傷害発生率

傷害の原因	介入前		介入後	
	発生数 (%)	1000AHs*	発生数 (%)	1000AHs*
使い過ぎ(徐々に)	47 28.8	3.94	38 31.7	3.33
使い過ぎ(急に)	16 9.8	1.34	10 8.3	0.88
非接触型損傷	28 17.2	2.35	19 15.8	1.66
以前の傷害の再発	18 11.0	1.51	14 11.7	1.23
接触型損傷(他の選手)	27 16.6	2.27	16 13.3	1.40
接触型損傷(動いている物)	17 10.4	1.43	12 10.0	1.05
接触型損傷(静止物)	0 0.0	0.00	3 2.5	0.26
ルール違反	0 0.0	0.00	0 0.0	0.00
フィールドの状態不良	4 2.5	0.34	6 5.0	0.53
悪天候	0 0.0	0.00	1 0.8	0.09
用具欠陥	1 0.6	0.08	0 0.0	0.00
その他	5 3.1	0.42	1 0.8	0.09
合計	163 100.0	13.68	120 100.0	10.51

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

5. 受傷回数による傷害発生数および傷害発生率

調査期間中に発生した介入前後の傷害の回数および傷害発生率を表 8-7 に示す。介入前後で最も発生率が低下した傷害の回数は、初回受傷で発生数 101 例から 60 例へと低下し、傷害発生率は 8.48/1000AHs から 5.26/1000AHs および 18.06/1000AEs から 11.17/1000AEs に低下した。次に 2 回目（再受傷）で 19 例から 14 例、発生率は 1.59/1000AHs から 1.23/1000AHs および 3.40/1000AEs から 2.61/1000AEs に低下した。

表8-7 介入前後の傷害回数別傷害発生数および傷害発生率

受傷回数	介入前		介入後					
	発生数 (%)	1000AHs*	1000AEs*	発生数 (%)	1000AHs*	1000AEs*		
初回	101	70.6	8.48	18.06	60	58.8	5.26	11.17
2回目	19	13.3	1.59	3.40	14	13.7	1.23	2.61
3回目以上	2	1.4	0.17	0.36	4	3.9	0.35	0.74
昨シーズン以前	14	9.8	1.17	2.50	13	12.7	1.14	2.42
回復期間中	2	1.4	0.17	0.36	4	3.9	0.35	0.74
その他	5	3.5	0.42	0.89	7	6.9	0.61	1.30
合計	143	100.0	12.00	25.57	102	100.0	8.93	18.99

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

6. 競技復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率

調査期間中に発生した介入前後の競技復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率を表 8-8 に示す。介入前後で最も低下した復帰までの期間は、1～2 日で 2.85/1000AHs から 1.84/1000AHs および 6.08/1000AEs から 3.91/1000AEs であった（傷害発生数 34 例から 21 例に減少）。次に 3～7 日で 4.20/1000AHs から 3.59/1000AHs および 8.94/1000AEs から 7.63/1000AEs（傷害発生数 50 例から 41 例に減少），以後、4 週～6 ヶ月で 1.34/1000AHs から 0.61/1000AHs および 2.86/1000AEs から 1.30/1000AEs（傷害発生数 16 例から 7 例に減少），1～2 週で 2.35/1000AHs から 1.75/1000AHs および 5.01/1000AEs から 3.72/1000AEs（傷害発生数 16 例から 7 例に減少）であった。

表8-8 介入前後の復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率

期間	介入前		介入後	
	発生数 (%)	1000AHs*	発生数 (%)	1000AHs*
1～2日	34	23.8	21	20.6
3～7日	50	35.0	41	40.2
1～2週(8～14日)	28	19.6	20	19.6
2～3週(15～21日)	7	4.9	7	6.9
3～4週(22～28日)	7	4.9	6	5.9
4週(29日以上)～6ヶ月	16	11.2	7	6.9
6ヶ月以上	1	0.7	0	0.0
合計	143	100.0	102	100.0
				10.51
				22.34

* 1000AHs: 1,000 athlete-hours.

* 1000AEs: 1,000 athlete-exposures.

6-8-4. 考察

本研究は、下肢傷害予防トレーニングの介入効果検証を行うこととし、大学女子ラクロス競技を対象に、通常行われているウォーミングアップメニューで行われているランジやジャンプからの着地動作、サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”を指示する動作指導法が、下肢傷害発生率等へ及ぼす影響について比較検証することを目的として行った。

介入前後それぞれ 10 ヶ月間の Total AHs と Total AEs は、介入前 11,916.8AHs および 5,593AEs、介入後 11,417.6AHs および 5,371AEs で、ほぼ同数であった。また、介入前後を合わせた練習時と試合時の Total AHs と Total AEs との比較では、研究 1 の結果と同様に、練習時に占める割合がおおよそ 9 割以上であった。総傷害発生数に関しては、介入前 143 例、介入後 102 例であった。総傷害発生率で比較すると、介入前 12.00 (10.03 — 13.97)/1000AHs および 25.57 (21.38 — 29.76)/1000AEs、介入後 8.93 (7.20 — 10.67)/1000AHs および 18.99 (15.31 — 22.68)/1000AEs であり、総傷害発生率を減少させた。練習・試合時の総傷害発生数は、練習時の介入前 135 例、介入後で 92 例であり、傷害発生率は介入前 11.79 (9.80 — 13.78)/1000AHs および 26.65 (22.16 — 31.15)/1000AEs、介入後 8.58 (6.83 — 10.33)/1000AHs および 20.41 (16.24 — 24.58)/1000AEs であった。試合時の介入前 8 例、介入後 10 例であり、傷害発生率は介入前 17.06 (5.24 — 28.88)/1000AHs および 15.15 (4.65 — 25.65)/1000AEs、介入後 14.36 (5.46 — 23.25)/1000AHs および 11.59 (4.41 — 18.77)/1000AEs であった。練習・試合時いずれにおいても傷害発生率を減少させた。これらの結果から、練習・試合時、その合計いずれにおいても介入による傷害発生率の減少が確認された。傷害の部位別でみると、特に傷害発生率の減少がみられたのが足部/つま先、下腿、股関節であった。今回の下肢傷害予防トレーニングは、足関節や膝関節傷害の予防を狙いとしたものであったが、それらの傷害発生率をみると、足関節は 2.01/1000AHs から 1.93/1000AHs、4.29/1000AEs から 4.10/1000AEs へと減少し（傷害発生数は 24 例から 22 例へ減少）、膝関節は 1.34/1000AHs から 1.93/1000AHs、2.86/1000AEs から 4.10/1000AEs へと増加した（傷害発生数は 16 例から 22 例へ増加）。膝関節の傷害発生率の減少はみられなかったが、足関節

の傷害発生率がわずかではあるが減少した。足関節傷害発生率の減少について考察すると、立位姿勢では足部のみが床と接触した状態となり、足底および足部からの情報が姿勢調整や運動を行う際に重要な情報源となる。その情報は筋肉、腱、靭帯、半月、関節包、滑膜等に存在する固有受容器からの情報であるが、これらの情報が中枢神経系を介して運動制御に関する必要な情報が筋肉や関節に送られる[Hervéou and Messéan, 1995]。これらの感覚情報は、その受容器であるメカノレセプター (mechanoreceptor, 機械受容器) が床からの力学的な情報を受けて行われている[宮島ら, 2012]。また、足趾にはメカノレセプターの分布密度が高く、足趾トレーニングはメカノレセプターを賦活させ、神経運動器協調を改善させるとともに、足底筋群から腓腹筋、ハムストリングへの筋連鎖反応を誘発させること、そして足関節周囲筋の筋反応を誘発させると述べられている[井原, 1996; Hervéou and Messéan, 1995]。これらの報告からみられるように、足趾開排や足趾把持等のトレーニングによる足趾機能向上は、立位動作時の足趾運動により、足趾で得られる感覚受容器の水準が高まり、筋肉への適切な情報がより早く送られることで外力に対する反応制御、すなわちフィードバック制御により足部の機能的安定性に寄与させたのではないかと考えた。ステップ動作やジャンプからの着地時等に足趾開排および足趾把持を意識させて行わせることが、足趾把握力や足趾開排能の向上とともに、特に足部の神経筋協調性がより向上すること、そして足部からの情報が中枢神経系を介して筋肉等への命令伝達が素早く行われことで、足部の安定性がより向上し、足関節傷害の減少につながったのではないかと推測した。また、本論文研究5の足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性で検証した、足趾把握力の優れる者は足部アーチ剛性が高まるとして足部の安定性が向上し、静的下肢バランス保持能力に寄与させたこと、そして前方への動的バランス保持能力にも優れ、足趾を含めた前足部での姿勢保持能力に寄与させたことで着地動作時の足趾把持動作が動的下肢バランス保持能力に影響を及ぼしたという結論からも足関節傷害の減少に寄与させたのではないかと考えた。研究7の下肢傷害予防トレーニング介入が足趾機能、足部形態、静的・動的バランス能力に及ぼす影響についての検証では、足趾開排や足趾把持動作を意識させたトレーニングは、小趾

外転筋や母趾外転筋の足部内在筋の筋緊張により、足部アーチ剛性を高めること、そして足部外在筋の筋張によっても足部アーチ剛性を高めることから、足趾把握力や足趾開排能の向上とともに足部の安定性に寄与させ、足関節傷害の減少に寄与させたのではないかと推測した。本研究結果から、膝関節傷害に対する介入効果はみられなかった。先行研究である足趾開排および足趾把持動作が動的下肢アライメントに及ぼす影響（研究 2）や足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性（研究 5）、下肢傷害予防トレーニング介入が足趾機能や静的および動的バランス能力に及ぼす影響（研究 7）から、足趾把握力および足趾開排能の向上が動的下肢アライメントの矯正や動的バランス能力を向上させることで、膝関節傷害の減少に寄与させると推測したが、足趾把握筋力や足趾開排運動が膝関節に及ぼす影響について結論づけるには、それらのメカニズムを詳細に検証する必要がある、今後の研究課題とされる。最も傷害発生率の減少がみられた足部/つま先について、同傷害部位の介入前の傷害の種類が多くが腱炎であった。腱炎は慢性障害の一つであるが、足趾トレーニングによる足部のアーチ剛性が高まることで足部の安定性を向上させ、さらには足部アライメントの矯正につながったことで慢性障害の減少に寄与させたものと推測する。

傷害の種類について、介入後の傷害発生数および傷害発生率を最も低下させたのは、腱炎/腱周囲炎、次に打撲/血腫/挫傷、捻挫の順であった。特に関節傷害に及ぼす影響について考察すると、捻挫による傷害の減少が顕著であった。下肢関節傷害予防に固有感覚器と神経筋協調性の向上を狙いとしたトレーニングが多数行われているが、先述した足趾トレーニングがメカノレセプターを賦活させ、神経運動器強調を改善させる[井原, 1996]といった報告からも、足趾開排および足趾把持動作が神経筋協調性を向上させたことが捻挫傷害の減少に寄与させたのではないかと考えた。また、先行研究（研究 5, 7）での検証で、足趾把握力と下肢バランス保持能力とに有意な関連性を示したことで、足趾把握力の優れる者はそうでない者と比べて、前方のみではあったが動的バランス保持能力に優れていたこと、足趾内在筋および足部外在筋の筋緊張がアーチ剛性を高め、足部安定性に寄与させるといった考察からも、それらが捻挫傷害の減少

に寄与させたと推測する。

傷害の原因別による介入後の傷害発生数および傷害発生率の変化については、最も低下させた傷害の原因は接触型傷害（他の選手）、次に非接触型傷害、使いすぎであった。これについても研究 2, 5, 7 で検証された足趾開排能や足趾把握力が下肢アライメント矯正や静的および動的バランス能力向上に寄与させ、傷害発生率減少につながった可能性が考えられるが、接触型傷害は主に外的要因によって発生する傷害であり、本研究で得られた結果から考察するのは困難であると考えた。

傷害の回数および傷害発生率について、特に傷害発生率が低下したのは初回受傷であったが、研究 1 および先行論文[佐野村ら, 2012]の結果で示された 2 回目以上の再傷害の割合が全傷害の 1/4 を占めることが大学女子ラクロス傷害の特徴であり、初回受傷の減少は、それ以後に発症する同部位の傷害の減少に寄与させると考える。

介入前後の競技復帰までの期間と傷害発生数および傷害発生率について、最も減じさせた復帰までの期間の発生率は 1~2 日であり、次に 3~7 日、4 週~6 ヶ月であった。これらの結果から、7 日以内の比較的短期間での競技復帰可能な傷害の減少と、4 週~6 ヶ月という中・長期間での競技復帰可能な傷害の減少がみられた。これは、傷害の種類の中で傷害発生率の低下が顕著であった打撲/血腫/挫傷および筋肉痛/スパズムといった比較的短期間での復帰が予測される傷害の減少が影響したのではないかと考えた。また、中・長期の競技復帰期間の減少については、慢性傷害の一つである腱炎/腱周囲炎の顕著な減少が、傷害発生率の減少に寄与したのではないかと考えた。

本研究で行った下肢傷害予防トレーニングは、介入期間約 43 週間(304 日間)、トレーニング頻度は週あたり約 4 回、1 回に行った時間は 20 分程度である。多数の先行論文からみられる予防トレーニングは、介入期間約 6 週から 12 週間、頻度は週 2~3 回、時間は 1 回につき 10 分から 30 分程度であった。本研究と先行論文ともに、介入のタイミングについては、練習前に行われているウォーミングアップの中で実施されている。先行論文との違いは、本研究は介入期間が長い点と、週あたりのトレーニング回数が多い点である。トレーニング内容に

については、先行研究ではプライメトリック要素を取り入れたトレーニングが多くを占め、バランス能力向上を狙いとしたトレーニングも複数みられる。ジャンプトレーニングやバランストレーニングは、神経筋コントロールや固有感覚器の向上に焦点を当てたトレーニングである。本研究で行ったトレーニングは、ジャンプトレーニングやバランストレーニングではなく、通常行われているウォーミングアップの種目として行われているランジ、方向転換走、切りかえし動作、サイドステップ、ダッシュからのストップ等の動作時に“足趾を開いて床を掴む”動作を行わせるといった指導法を用いた点に大きな特徴を持つが、本論文研究2で、足趾開排指示が、特にランディング動作時の“knee-in”等の動的下肢アライメントを制御せるという結論から、また、研究5で足趾把握力の優れる者は足部アーチ剛性が高まることで足部を安定させ、静的下肢バランス保持能力向上に寄与させること、足趾把握力の優れる者は前方への動的バランス保持能力が優れ、片脚および両脚着地動作時の足趾把持動作指示が足関節や膝関節傷害の減少に寄与させる可能性を示唆したこと、研究7で、足趾開排動作や足趾把持動作指示は、小趾外転筋や母趾外転筋の足部内在筋や足部外在筋の筋緊張により、足部アーチの剛性が高まることで、足部の安定性に寄与させたこと、そして足趾トレーニングが足趾のメカノレセプターを活性化させ、外力に対するフィードバック制御により足部の機能的安定性に寄与させるという先行論文からの報告を含めて、足関節傷害を含めた下肢全体の傷害発生率の減少に寄与させた可能性が示唆された。

本研究の問題点として、研究7同様、コントロール群を設定しておらず、介入群とコントロール群の比較検証が必要であると考え。また、対象者数とトレーニング介入期間について、トレーニング介入効果検証には、数百人以上を対象とした研究が、さらにはより長い介入期間が必要であると考え、本研究で行った対象者数と介入期間により得られた結果から結論を出すのは限界があると考え。

6-8-5. 結語

大学女子ラクロス競技を対象とした，下肢傷害予防トレーニング介入が下肢傷害発生率等へ及ぼす影響について比較検証することを目的とし，通常行われているウォーミングアップメニューの中のランジやジャンプからの着地動作，サイドステップ等の動作時に“足趾を開いて床を掴む”を指示する動作指導法の介入により得られた結果は，介入後は介入前と比較して，

- 1) 総傷害発生数および総傷害発生率を減少させた．
- 2) 傷害の部位については，主に足部/つま先，下腿，股関節傷害発生率を減少させた．また，わずかではあるが足関節傷害発生率を減少させた．下肢全体の傷害発生率の減少が顕著であった．傷害の種類については，腱炎/腱周囲炎，打撲/血腫/挫傷，捻挫傷害発生率を減少させた．傷害の原因については，接触型傷害（他の選手），非接触型傷害，使いすぎ（徐々に）による傷害発生率を減少させた．
- 3) 傷害の回数については，特に初回受傷発生率を減少させ，競技復帰までの期間については，1～2日と3～7日で競技復帰可能であった傷害発生率を減少させた．
- 4) ウォーミングアップメニューで行われているジャンプからの着地動作，サイドステップ，ランジ等の動作時に足趾開排および足趾把持を指示する指導法は，足趾把握力や足趾開排能を向上させ，静的および動的下肢バランス能力を向上させるという先行結果を通して，下肢傷害発生率の減少が顕著に示されたことから，下肢傷害予防トレーニングの指導法の一つになる可能性が示唆された．

第 7 章

総合考察

総合考察

本研究は、スポーツ傷害予防の取り組みとして、van Mechelen らが示した 4 段階モデルを例に大学女子ラクロス競技を対象に、スポーツ傷害の実態の把握と傷害予防の実践をテーマに、足関節と膝前十字靭帯傷害に焦点を当てて研究および検証を行った。本研究で得られた結果と結論を以下に示す。

I. 大学女子ラクロス競技を対象に、傷害の部位・種類・原因等の傷害の特徴を明らかにすることを目的に、2 年間の傷害調査を行い、得られた主な結果を以下に示す（研究 1）。

- 1) 全傷害の 9 割以上が練習時に発生し、試合時に発生した傷害は 1 割程度であった。
- 2) 最も多く発生した傷害部位は‘足関節’，次に‘膝関節’で、下肢の傷害については全傷害の 7 割程度を占めていた。傷害の種類で最も多いのは‘捻挫’で、傷害の原因については‘使いすぎ’によるものが最多であった。
- 3) 大学女子ラクロスの主たる傷害の特徴は‘非接触型の足関節捻挫’であった。
- 4) 全傷害の 3 割程度が、同部位の再受傷を負っていた。
- 5) 学年別傷害発生率については、4 年生の傷害発生率が最も高く、1 年生と比べておおよそ 2 倍高い発生率を示した。
- 6) ポジション別にみた傷害発生数は、ミッドフィルダーが最も多かった。
- 7) 大学からラクロス競技を開始したものが全体の 95% 程度みられた。

II. 研究 2 では、下肢傷害予防トレーニング介入検討のための基礎的研究として、足趾機能と動的下肢アライメントとの関連性や足趾機能が動的下肢アライメントに及ぼす影響について検討することを目的とし、片脚スクワット、片脚ドロップランディング、カッティングを課題動作に設定して行い、以下の結論を得た。

- 1) 片脚スクワット時と片脚ドロップランディング時の足趾開排能と膝内方偏位率，膝外反率，股関節内転角のスタンディングポジションからスクワットポジションまでの変化量との間に有意な負の相関が認められた。

- 2) 足趾開排能の小・中・大群の比較において，片脚ドロップランディングでは，足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるもの比べて最大しゃがみこみ時の膝内方偏位率がより小であった．足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいものに比べ最大しゃがみこみ時の膝外反率がより小で，着地時から最大しゃがみこみ時までの膝内方偏位率の変化量がより小であった．足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものに着地時から最大しゃがみこみ時までの膝外反率の変化量もより小であった．着地時の股関節内転角，着地時から最大しゃがみこみ時までの股関節内転角の変化量いずれもが，足趾開排能に優れているものは中等度に足趾開排のできるものおよび足趾開排能に乏しいものに比べ，より小であった．
- 3) 足趾開排指示の有無の比較では，片脚ドロップランディングにおいて，イニシャルコンタクトの膝内方偏位率および膝外反率を有意に増加させ，ランディングポジションの股関節内転角を有意に減少させた．しかしイニシャルコンタクトからランディングポジションまでの膝外反率の変化量は有意に減少した．
- 4) 足趾開排が優れるものは，足趾開排および足趾把持動作の指示とともに，特に片脚ドロップランディングにおいて膝関節外反をより制御した．足趾開排能を高めるエクササイズと「足趾を開いて床を掴む」という動作指示は，ジャンプからの着地動作にて多発する膝前十字靭帯傷害を含めた下肢傷害予防につながる可能性のある運動指導法の一つとしてその有用性が示唆された．

Ⅲ．女子ラクロス傷害発生の原因，傷害メカニズムを明らかにすることを目的とし，特に傷害重症度の高い膝前十字靭帯傷害発生メカニズムに着目して動作分析を行った．課題動作はドロップバーティカルジャンプとカッティング動作で

あり、ラクロススティックの保持あり・なしで行わせたときの動的下肢アライメントの変化を比較検証し（研究3, 4），得られた結果は，

- 1) ラクロススティックを保持させて行わせたドロップバーティカルジャンプ動作は，保持なしの時と比べて，膝関節屈曲角度が有意に減少した．
- 2) ラクロススティックを保持させて行わせたカッティング動作は，保持なしの時と比べて，股関節内転角度が有意に増加した．
- 3) ラクロス競技特殊性の一つであるスティックを保持した状態でのジャンプからの着地やカッティング動作は，膝前十靭帯傷害要因の一つである，膝関節屈曲角度の減少および股関節内転角度の増加を生じさせ，女子ラクロスで発生する膝前十靭帯傷害メカニズムの一つとして新たな知見となる可能性が示唆された．

IV. 研究5, 研究6では膝前十靭帯傷害を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングテストの一考察として行い，研究5 足趾把握力と静的および動的バランス能力との関連性，および足趾把握力の大小が静的および動的バランス能力に及ぼす影響について以下の結論を得た．

- 1) 右足趾把握力と重心動揺性の重心総軌跡長，重心単位軌跡長との間に有意な負の相関関係を示した．
- 2) 右足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，重心動揺性の重心総軌跡長と重心単位軌跡長において，有意に軌跡長が短かった．
- 3) 左足趾把握力の大きい群は小さい群と比較し，Star Excursion Balance Testの前方リーチ長において，有意にリーチ長が長かった．
- 4) 足趾把握力は，静的バランス保持能力に関連性を示したことで，また，足趾把握力の大小が静的および動的バランス保持能力の一部に影響を及ぼし，足趾把握動作および足趾把握力向上エクササイズが，静的および動的バランス能力向上につながる可能性が示唆された．

静的下肢アライメントや下肢関節可動域，全身関節弛緩性，股関節外転筋力とドロップバーティカルジャンプ動作時の下肢キネマティクス・キネティクスとの関連性（研究6）については，以下の結論を得た．

- 1) Q-angle, Femoral anteversion angle の大小と，最大膝関節外転角度および膝関節外転角度偏位量の大小との関連性が認められ，股関節外転筋力の大小と，最大膝関節外転角度および膝関節外転角度偏位量の大小との関連性が認められた。
- 2) アーチ高率および足関節背屈角度と床反力との関係において，アーチ高率の高低と，床反力の大小との関連性が認められ，足関節背屈角度の大小と，床反力の大小との関連性が認められた。
- 3) 膝前十靭帯傷害を含めた下肢傷害予防のためのスクリーニングを目的として，ドロップバーティカルジャンプを行わせたとときの膝関節外転動作および股関節内転動作や関節モーメントに着目して評価する場合，Q-angle, Femoral anteversion angle, 股関節外転筋力の測定項目を含めた評価の有用性が示された。また，着地時の衝撃緩衝能の評価項目として，アーチ高率と足関節背屈角度を含めた評価の有用性が示された。

V. 通常行われているウォーミングアップメニューの中で実施されているランジやジャンプからの着地動作，サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”の動作指導法を下肢傷害予防トレーニングとして介入させ，研究7においては足趾把握力，足部形態，静的および動的バランス能力に及ぼす影響を，研究8においては傷害発生率等に及ぼす影響について介入効果検証を行った。結論は以下の通りである。

- 1) 足趾開排能，足趾把握力，アーチ高率について，介入後は介入前と比較して，左右足いずれにおいても有意に増加した。
- 2) Star excursion balance test については，後内方および後外方について，左右脚いずれも介入後に有意に向上した。
- 3) ランジやジャンプからの着地動作，サイドステップや切り返し動作時に“足趾を開いて床を掴む”動作を指示する指導法は，足趾機能および動的バランス能力を向上させるという結果から，下肢傷害予防を目的とした指導方法になる可能性が示唆された。
- 4) 傷害発生率については，総傷害発生率を減少させた。傷害の部位については，特に足部/つま先，下腿，股関節傷害発生率を減少させた。また，

わずかではあるが足関節傷害発生率を減少させた。

- 5) 傷害の種類については、腱炎/腱周囲炎、打撲/血腫/挫傷、捻挫の傷害発生率を減少させ、傷害の原因については、接触型傷害（他の選手）、非接触型傷害、使いすぎ（徐々に）による傷害発生率を減少させた。
- 6) 傷害の回数については、特に初回受傷となる傷害発生率を減少させた。
- 7) 競技復帰までの期間については、1～2日と3～7日で競技復帰可能である比較的短期間で復帰可能な傷害発生率を低下させた。
- 8) ウォーミングアップメニューで行われているジャンプからの着地動作、サイドステップ、ランジ等の動作時に足趾開排および足趾把持を指示する指導法は、研究7で得られた足趾把握力や足趾開排能、動的下肢バランス能力を向上させるという結果を通して、特に下肢傷害発生率を減じさせ、下肢傷害予防トレーニングの指導法の一つとなる可能性が示唆された。

本研究は、女子ラクロス競技を対象として、傷害の実態調査、下肢傷害の中で重症度の高い膝前十字靭帯傷害メカニズムの解明、下肢傷害予防トレーニングの介入、下肢傷害予防のためのスクリーニングテストの有用性について、足関節傷害と膝前十字靭帯傷害に着目して検討・検証を行った。足趾開排および足趾把持動作を指示する指導法による下肢傷害予防トレーニング介入は、総傷害発生率を減少させ、特に下肢傷害発生率を減少させた。膝関節傷害発生率の減少はみられなかったが、足関節傷害発生率をわずかではあるが減少させた。また、捻挫による傷害発生率が減少した。これは、着地動作時に足趾開排と足趾把持を指示した指導により、足趾開排能と足趾把握力が向上し、足部アーチ剛性が高まることで足部安定性に寄与させ、静的および動的下肢バランス保持能力を向上させること、また、足趾トレーニングが神経筋協調性を向上させることで、特に足部の機能的安定性向上に寄与させたことが足関節傷害の減少や下肢傷害発生率の減少につながった可能性を示唆した。

第 8 章

まとめ

まとめ

本論文は、スポーツ傷害予防に向けた取り組みに関して多数の論文で引用されている van Mechelen の 4 段階モデルを参考に、「女子ラクロスをモデルとしてのスポーツ傷害の実態と予防の実践」として、足関節と膝前十字靭帯傷害に焦点を当て、大学女子ラクロスを対象に研究と検証を行った。本研究により、女子ラクロス傷害の実態の把握、傷害メカニズムの理解、傷害予防トレーニングの介入および傷害予防トレーニングの介入効果検証、また、下肢傷害予防のためのスクリーニングテスト法が検証されたことは、この一連のモデルが他のスポーツの傷害予防と実践に向けた取り組みを行う際の一助となり、今日スポーツ医学会が推奨しているスポーツ傷害予防の確立に向けた研究のさらなる発展に寄与するものと考えている。

引用文献

Abstracts from the IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport. *Br. J. Sports Med* 45: 310-384, 2011.

Agel, J. et al.: Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am. J. Sports Med* 33: 524-530, 2005.

Agel, J. et al.: Descriptive epidemiology of collegiate women's basketball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *J. Athl. Train* 42: 202-210, 2007.

Alentorn-Geli, E. et al.: Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee. Surg. Sports Traumatol Arthrosc* 17: 859-79, 2009.

Allen, M.K., Glasoe, W.M.: Metrecom measurement of navicular drop in subjects with anterior cruciate ligament injury. *J. Athl. Train* 35: 403-406, 2000.

Alonso, J.M. et al.: Sports injuries surveillance during the 2007 IAAF World Athletics Championships. *Clin. J. Sport Med* 19: 26-32, 2009.

Andresen, B.L. et al.: High school football injuries: field conditions and other factors. *Wis. Med. J* 88: 28-31, 1989.

Anderson, M.K. et al.: Foundation of athletic training. Prevention, assessment, and management. *Lippincott Williams & Wilkins*, Philadelphia, Fourth ed, 638-697, 2009.

Andriacchi, T.P. et al.: A point cluster method for in vivo motion analysis: applied to a study of knee kinematics. *J. Biomech. Eng* 120: 743-749, 1998.

Arendt, E.A., Dick, R.: Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am. J. Sports Med* 23: 694-701, 1995.

Arendt, E.A. et al.: Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *J. Athl. Train* 34: 86-92, 1999.

- Arnason, A. et al.:** Soccer injuries in Iceland. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 6: 40-45, 1996.
- Backous, D.D. et al.:** Soccer injuries and their relation to physical maturity. *Am. J. Dis. Child* 142: 839-842, 1988.
- Bahr, R. et al.:** A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 7: 172-177, 1997.
- Bahr, R., Krosshaug, T.:** Understanding injury mechanism: a key component of preventing injuries in sport. *Br. J. Sports Med* 39: 324-329, 2005.
- Baker, M.M.:** Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. *J. Women's Health (Larchmt)* 7: 343-349, 1998.
- Barrett, J., Bilisko, T.:** The role of shoes in the prevention of ankle sprains. *Sports Med* 20: 277-280, 1995.
- Baumhauer, J.F. et al.:** A prospective study of ankle injury risk factors. *Am. J. Sports Med* 23: 564-570, 1995.
- Beckett, M.E. et al.:** Incidence of hyperpronation in the ACL injured knee: a clinical perspective. *J. Athl. Train* 27: 58-62, 1992.
- Bernier, J.N., Perrin, D.H.:** Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 27: 264-275, 1998.
- Beynnon, B.D. et al.:** Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes. *J. Orthop. Res* 19: 213-220, 2001.
- Beynnon, B.D. et al.:** First-time inversion ankle ligament trauma: the effects of sex, level of competition, and sport on the incidence of injury. *Am. J. Sports Med* 10: 1485-1491, 2005.
- Beynnon, B.D. et al.:** Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *J. Athl. Train* 37: 376-380, 2002.
- Bing, Yu., Garrett, W.E.:** Mechanism of non-contact ACL injuries. *Br. J. Sports Med* 41: 47-51, 2007.
- Boden, B.P. et al.:** Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 23:

573-578, 2000.

Boden, B.P. et al.: Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am. J. Sports Med* 37: 252-259, 2009.

Bonci, C.M.: Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury. *J. Athl. Train* 34: 155-164, 1999.

Bere, T. et al.: Kinematics of anterior cruciate ligament ruptures in World Cup alpine skiing: 2 case reports of the slip-catch mechanism. *Am. J. Sports Med* 41: 1067-1073, 2013.

Borotikar, B.S. et al.: Combined effects of fatigue and decision making on female lower limb landing postures: central and peripheral contributions to ACL injury risk. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 23: 81-92, 2008.

Borowski, L.A. et al.: Yard EE, Fields SK, Comstock RD. The epidemiology of US high school basketball injuries, 2005-2007. *Am. J. Sports Med* 36: 2328-2335, 2008.

Bressel, E. et al.: Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J. Athl. Train* 42: 42-46, 2007.

Brody, D.M.: Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop. Clin. North. Am* 13: 541-58, 1982.

Brynhildsen, J. et al.: Previous injuries and persisting symptoms in female soccer players. *Int. J. Sports Med* 11: 489-492, 1990.

Burton A.W., Miller, D.E.: Movement skill assessment, *Human Kinetics*, 41-60, 1988.

Caraffa, A. et al.: Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc* 4: 19-21, 1996.

Carlson, R.E. et al.: The biomechanical relationship between the tendoachilles, plantar fascia and metatarsophalangeal joint dorsiflexion angle. *Foot Ankle Int* 21: 18-25, 2000.

Carter, E.A. et al.: Common game injury scenarios in men's and women's lacrosse.

- Int. J. Inj. Contr. Saf. Promot* 17: 111-118, 2010.
- Caswell, S.V. et al.:** Video incident analysis of head injuries in high school girls' lacrosse. *Am. J. Sports Med* 40: 756-762, 2012.
- Chaiwanichsiri, D. et al.:** Star excursion balance training: effects on ankle functional stability after ankle sprain. *J. Med. Assoc. Thai* 88: 90-94, 2005.
- Chappell, J.D., Limpisvasti, O.:** Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *Am. J. Sports Med* 36: 1081-1086, 2008.
- Chaudhari, A.M.:** Sport-dependent variations in arm position during single-limb landing influence knee loading: implications for anterior cruciate ligament injury. *Am. J. Sports Med* 33: 824-830, 2005.
- Chomiak, J. et al.:** Severe injuries in football players. Influencing factors. *Am. J. Sports Med* 28(5 Suppl): S58-68, 2000.
- Cibulka, M.T.:** Determination and significance of femoral neck anteversion. *Phys. Ther* 84: 550-558. 2004.
- Hervéou, C, Messéan, L (著); 井原秀俊,中山彰一 (訳):** 膝・足関節・足部の新しい神経－運動器協調訓練, Proprioceptive exercise の実際, 医歯薬出版, 東京, 第4版, 2-29, 1995.
- Coplan, J.A.:** Rotational motion of the knee: a comparison of normal and pronating subjects. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 10: 366-369, 1989.
- Cowan, D.N. et al.:** Lower limb morphology and risk of overuse injury among male infantry trainees. *Med. Sci. Sports Exerc* 28: 945-52, 1996.
- Cranell, L.:** Femoral torsion and its relation to toeing-in and toeing-out. *J. Bone Joint Surg. Am* 41: 421-428, 1959.
- Decker, M.J. et al.:** Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 21: 297-305, 2006.
- Decoster, L.C. et al.:** Generalized joint hypermobility and its relationship to injury patterns among NCAA lacrosse players. *J. Athl. Train* 34: 99-105, 1999.
- de Loës, M. et al.:** A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and

female youth participants in 12 sports. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10: 90-97, 2000.

de Noronha, M. et al.: Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10: 1-7, 2012.

Devita, P., Skelly, W.A.: Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med. Sci. Sports Exerc* 24: 108-115, 1992.

Diamond, P.T., Gale, S.D.: Head injuries in men's and women's lacrosse: a 10-year analysis of the NEISS database. *Brain Inj* 15: 537-544, 2001.

Dick, R. et al.: Descriptive epidemiology of collegiate women's lacrosse injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. *J. Athl. Train* 42: 262-269, 2007.

Dvorak, J. et al.: D: Medical report from the 2006 FIFA World Cup Germany. *Br. J. Sports Med* 41: 578-581, 2007.

Dvorak, J. et al.: Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br. J. Sports Med* 45: 626-630, 2011.

Earl, J.E., Hertel, J.: Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. *J. Sport Rehabil* 10: 93-104, 2001.

Emami, M.J. et al.: Q-angle: an invaluable parameter for evaluation of anterior knee pain. *Arch. Iran. Med* 10: 24-26, 2007.

Emery, C.A. et al.: Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *CMAJ* 172: 749-754, 2005.

Engström, B. et al.: Soccer injuries among elite female players. *Am. J. Sports Med* 19: 372-375, 1991.

Ettlinger, C.F. et al.: A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. *Am. J. Sports Med* 23: 531-537, 1995.

Ekstrand, J. et al.: Prevention of soccer injuries. Supervision by doctor and physiotherapist. *Am. J. Sports Med* 11: 116-120, 1983.

Ekstrand, J., Gillquist, J.: Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study.

Med. Sci. Sports Exerc 15: 267-270, 1983.

Fagenbaum, R., Darling, W.G.: Jump landing strategies in male and female college athletes and the implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. *Am. J. Sports Med* 31: 233-240, 2003.

Faude, O. et al.: Injuries in female soccer players: a prospective study in the German national league. *Am. J. Sports Med* 33: 1694-1700, 2005.

Faude, O. et al.: Risk factors for injuries in elite female soccer players. *Br. J. Sports Med* 40: 785-790, 2006.

Faunø, P., Wulff Jakobsen, B.: Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int. J. Sports Med* 27: 75-79, 2006.

Ferber, R. et al.: Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin. Biomech* 18: 350-357, 2003.

Fiolkowski, P. et al.: Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: an electromyography study. *J. Foot Ankle Surg* 42: 327-333, 2003.

Filipa, A. et al.: Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 40: 551-558, 2010.

Flynn, R.K. et al.: The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament. A case control study. *Am. J. Sports Med* 33: 23-28, 2005.

Ford, K.R. et al.: A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings. *Clin. Biomech* 21: 33-40, 2006.

Ford, K.R. et al.: Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med. Sci. Sports Exerc* 35: 1745-1750, 2003.

Franco, A.H.: Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. *Phys Ther* 67: 688-694, 1987.

Gilchrist, J. et al.: A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am. J. Sports Med* 36:

1476-1483, 2008.

Goldenberg, M.S., Hossler, P.H.: Head and facial injuries in interscholastic women's lacrosse. *J. Athl. Train* 30: 37-39, 1995.

Gomez, E. et al.: Incidence of injury in Texas girls' high school basketball. *Am. J. Sports Med* 24: 684-687, 1996.

Gray, J. et al.: A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *Int. J. Sports Med* 6: 314-316, 1985.

Gribble, P.A. et al.: Chronic ankle instability and fatigue create proximal joint alterations during performance of the star excursion balance test. *Int. J. Sports Med* 28: 236-242, 2007.

Gribble, P.A. et al.: The Effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J. Athl. Train* 39: 321-329, 2004.

Gribble, P.A., Hertel, J.: Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci* 7: 89-100, 2003.

Griffin, L.Y. et al.: Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J. Am. Acad. Orthop. Surg* 8: 141-150, 2000.

Griffin, L.Y. et al.: Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am. J. Sports Med* 34: 1512-1532, 2006.

Grindstaff, T.L. et al.: Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis. *J. Athl. Train* 41: 450-456, 2006.

Good, E.S., Suntay, W.J.: A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J. Biomech. Eng* 105: 136-144, 1983.

Guskiewicz, K.M., Perrin, D.H.: Research and Clinical Applications of Assessing Balance. *J. Sport Rehabil* 5: 45-63, 1996.

Güven, M. et al.: A new radiographic measurement method for evaluation of tibial

torsion: a pilot study in adults. *Clin. Orthop. Relat. Res* 467: 1807-1812, 2009.

Haight, H.J. et al.: Measuring standing hindfoot alignment: reliability of goniometric and visual measurements. *Arch. Phys. Med. Rehabil* 86: 571-575, 2005.

Hale, S.A. et al.: The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 37: 303-311, 2007.

服部恒明 : ヒトのかたちと運動. 大修館書店, 東京, 初版, 109-111, 1996.

Headlee, D.L. et al.: Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *J. Electromyogr. Kinesiol* 18: 420-425, 2008.

Heidt, R.S. Jr. et al.: Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am. J. Sports Med* 28: 659-662, 2000.

Heidt, R.S. Jr. et al.: Differences in friction and torsional resistance in athletic shoe-turf surface interfaces. *Am. J. Sports Med* 24: 834-842, 1996.

Herrington, L. et al.: A comparison of star excursion balance test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee* 16: 149-152, 2009.

Hertel, J. et al.: Differences in postural control during single leg stance among healthy individuals with different foot types. *J. Athl. Train* 37: 129-132, 2002.

Hertel, J. et al.: Intratester and intertester reliability during the star excursion balance tests. *J. Sport Rehabil* 9: 104-116, 2000.

Hertel, J. et al.: Lower extremity malalignments and anterior cruciate ligament injury history. *J. Sports Sci. Med* 3: 220-225, 2004.

Hertel, J. et al.: Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 36: 131-137, 2006.

Hertel, J.: Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin. Sports Med* 27: 353-370, 2008.

Hewett, T.E. et al.: Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part 1, mechanisms and risk factors. *Am. J. Sports Med* 34: 299-311, 2006.

Hewett, T.E. et al.: Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part 2, a

meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am. J. Sports Med* 34: 490-498, 2006.

Hewett, T.E. et al.: Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am. J. Sports Med* 33: 492-501, 2005.

Hewett, T.E. et al.: Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. *J. Orthop. Res* 24: 416-421, 2006.

Hewett, T.E. et al.: Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am. J. Sports Med* 24: 765-773, 1996.

Hewett, T.E. et al.: Preparticipation physical examination using a box drop vertical jump test in young athletes: the effects of puberty and sex. *Clin. J. Sport Med* 16: 298-304, 2006.

Hewett, T.E. et al.: Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Curr. Womens Health Rep* 1: 218-224, 2001.

Hewett, T.E. et al.: Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin. Orthop. Relat. Res* 402: 76-94, 2002.

Hewett, T.E. et al.: The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am. J. Sports Med* 27: 699-706, 1999.

Hewett, T.E. et al.: Understanding and preventing noncontact ACL injuries. 1st ed., ACL injury prevention program, *Human kinetics*, Champaign, 57-129, 2007.

Hewett, T.E. et al.: Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br. J. Sports. Med* 43: 417-422, 2009.

Hewett, T.E., Myer, G.D.: The mechanistic connection between the trunk, hip, knee, and anterior cruciate ligament injury. *Exerc. Sport Sci. Rev* 39: 161-166, 2011.

Hinton, R.Y. et al.: Epidemiology of lacrosse injuries in high school-aged girls and boys: a 3-year prospective study. *Am. J. Sports Med* 33: 1305-1314, 2005.

- Hirth, C.J.:** Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training, Prentice, W.E., *The McGraw-Hill companies*, New York, Fourth ed, 579-607, 2004.
- Hoch, M.C. et al.:** Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J. Sci. Med. Sport* 14: 90-92, 2011.
- Hootman, J.M. et al.:** Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J. Athl. Train* 42: 311-319, 2007.
- Hopper, D.M. et al.:** Do selected kinanthropometric and performance variables predict injuries in female netball players? *J. Sports Sci* 13: 213-222, 1995.
- Horton, M.G., Hall, T.L.:** Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Physical Therapy* 69: 897-901, 1989.
- Hosea, T.M. et al.:** The gender issue: Epidemiology of ankle injuries in athletes who participate in basketball. *Clin. Orthop. Relat. Res* 372: 45-49, 2000.
- Hughesa, G. et al.:** Differences between the sexes in knee kinetics during landing from volleyball block jumps. *Eur. J. Sport Sci* 30: 1-11, 2009.
- Hupperets, M.D.W. et al.:** Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ* 339: b2684, 2009.
- Hutchinson, M.R., Ireland, M.L.:** Knee injuries in female athletes. *Sports Med* 19: 288-302, 1995.
- 井原秀俊 : 関節トレーニング, 神経運動器協調訓練, 協同医書出版, 東京, 改訂第2版, 89-107, 1996.
- Inklaar, H.:** Soccer injuries. II: Aetiology and prevention. *Sports Med* 18: 81-93, 1994.
- IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport**, Available at : <http://www.ioc-preventionconference.org/files/CIOFINAL72.pdf>, accessed May 5, 2012.

- Ireland, M.L. et al.:** ACL injuries in the female athlete. *J. Sport Rehabil* 6: 97-110, 1997.
- Ireland, M.L.:** Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *J. Athl. Train* 34: 150-154, 1999.
- Ireland, M.L., Nattiv, A.:** The female athlete. 1st ed., Knee injuries, *Saunders*, Philadelphia, 387-419, 2002.
- Ireland, M.L., Ott, S.M.:** Special concerns of the female athlete. *Clin. Sports Med* 23: 281-298, 2004.
- Jacobs, C.A. et al.:** Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *J. Athl. Train* 42: 76-83, 2007.
- Jørgensen, U.:** Epidemiology of injuries in typical Scandinavian team sports. *Br. J. Sports Med* 18: 59-63, 1984.
- Joy, E.A. et al.:** Health-related concerns of the female athlete a lifespan approach. *Am. Fam. Physician* 79: 489-495, 2009.
- Jung, D.Y. et al.:** A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Phys Ther Sport* 12: 30-35, 2012.
- Junge, A., Dvorak J.:** Injuries in female football players in top-level international tournaments. *Br. J. Sports Med* 41: 3-7, 2007.
- Junge, A. et al.:** Football injuries during the World Cup 2002. *Am. J. Sports Med* 32(1 Suppl): S23-27, 2004-1.
- Junge, A. et al.:** Football injuries during FIFA tournaments and the Olympic Games, 1998-2001: development and implementation of an injury-reporting system. *Am. J. Sports Med* 32(1 Suppl): S80-99, 2004-2.
- Junge, A. et al.:** Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. *Br. J. Sports Med* 42: 413-421, 2008.
- Junge, A. et al.:** Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am. J. Sports Med* 34: 565-576, 2006.
- Junge, A. et al.:** Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am. J.*

Sports Med 37: 2165-2172, 2009.

加辺憲人ら : 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. *理学療法科学* 17: 199-204, 2002.

関節可動域測定法. リハビリテーション医学会. 関節可動域の表示ならびに測定法. *リハ医学* 32: 207-217. 1995.

Kapandji, I.A.: The physiology of the joints. vol.2, lower limb, *Churchill Livingstone*, Edinburgh, Fifth ed, 216-241, 1987.

Kaufman, K.R. et al.: The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am. J. Sports Med* 27: 585-593, 1999.

Kelly, A.K.: Anterior cruciate ligament injury prevention. *Curr. Sports Med. Rep* 7: 255-262, 2008.

Kendall, F.P. et al.: Muscles: testing and function with posture and pain. *Lippincott Williams and Williams*, Fifth ed, 359-464, 2005.

Kernozak, T.W. et al.: Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. *Med. Sci. Sports Exerc* 37: 1003-1012, 2005.

Kiani, A. et al.: Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch Intern Med* 170: 43-49, 2010.

Kinzey, S.J., Armstrong, C.W.: The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance, *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 27: 356-360, 1998.

Kiriyama, S. et al.: Gender differences in rotation of the shank during single-legged drop landing and its relation to rotational muscle strength of the knee. *Am. J. Sports Med* 37: 168-174, 2009.

木藤伸宏ら : 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. *理学療法科学* 28: 313-319, 2001.

Klingenstein, G.G., Martin, R.R.: Hip injuries in the overhead athlete. *Clin. Orthop. Relat. Res* 470: 1579-1585, 2012.

小林隆司ら : 高齢者の足趾把握訓練が静的重心動揺に及ぼす影響. *日災医学会誌* 47: 633-636, 1999.

- Koga, H. et al.:** Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am. J. Sports Med* 38: 2218-2225, 2010.
- Krause, D.A. et al.:** Influence of lever arm and stabilization on measures of hip abduction and adduction torque obtained by hand-held dynamometry. *Arch. Phys. Med. Rehabil* 88: 37-42, 2007.
- Krosshaug, T. et al.:** Biomechanical analysis of anterior cruciate ligament injury mechanism: three-dimensional motion reconstruction from video sequences. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 17: 508-519, 2007.
- Krosshaug, T. et al.:** Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am. J. Sports Med* 35: 359-367, 2007.
- Langevoort, G. et al.:** Handball injuries during major international tournaments. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 17: 400-407, 2007.
- LaPrade, R.F., Burnett, Q.M. 2nd.:** Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries: a prospective study. *Am. J. Sports Med* 22: 198-203, 1994.
- Leanderson, J. et al.:** Ankle injuries in basketball players. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc* 1: 200-202, 1993.
- Le Gall, F. et al.:** Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. *Am. J. Sports Med* 36: 276-284, 2008.
- Lephart, S.M. et al.:** Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin. Orthop. Relat. Res* 401: 162-169, 2002.
- Levangie, P.K., Norkin, C.C.:** Joint structure and function. A comprehensive analysis. *F. A. Davis Company*, 3rd Ed, 437-477, 2001.
- Liederbach, M. et al.:** Incidence of anterior cruciate ligament injuries among elite ballet and modern dancers: a 5-year prospective study. *Am. J. Sports Med* 36, 1779-1788, 2008.
- Livingston, L.A.:** The quadriceps angle: a review of the literature. *J. Orthop. Sports*

Phys. Ther 28: 105-109, 1998.

Lincoln, A.E. et al.: Head, face, and eye injuries in scholastic and collegiate lacrosse: a 4-year prospective study. *Am. J. Sports Med* 35: 207-215, 2007.

Lindblad, B.E. et al.: Handball injuries. An epidemiologic and socioeconomic study. *Am. J. Sports Med* 20: 441-444, 1992.

Lindblom, H. et al. : No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc* 20: 2112-2119, 2012.

Lindenfeld, T.N. et al.: Incidence of injury in indoor soccer. *Am. J. Sports Med* 22: 364-371, 1994.

Loudon, J.K. et al.: Relationship between static posture and ACL injury in female athlete. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 24: 91-97, 1996.

Malinzak, R.A. et al.: A comparison of knee Joint motion patterns between men and women in select athletic tasks. *Clin. Biomech* 16: 438-445, 2001.

Mann, R., Inman, V.T.: Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J. Bone Joint Surg. Am* 46: 469-481, 1964.

Mandelbaum, B.R. et al.: Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. 2-year follow-up. *Am. J. Sports Med* 33: 1003-1010, 2005.

Marar, M. et al.: Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. *Am. J. Sports Med* 40: 747-755, 2012.

増本項, 小山亜希子 : 大学女子ラクロス競技における傷害調査, *臨床スポーツ医学* 16: 1089-1092, 1999.

Mattacola, C.G., Dwyer, M.K.: Rehabilitation of the ankle after acute sprain or chronic instability. *J. Athl. Train* 37: 413-429, 2002.

Matz, S.O., Nibbelink, G.: Injuries in intercollegiate women's lacrosse. *Am. J. Sports Med* 32: 608-611, 2004.

McCrorry, J.L. et al.: Arch index as a predictor of arch height. *The Foot* 7: 79-81.

1997.

McGuine, T.A., Keene, J.S. : The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am. J. Sports Med* 34: 1103-1111, 2006.

McHugh, M.P. et al.: The effectiveness of a balance training intervention in reducing the incidence of noncontact ankle sprains in high school football players. *Am. J. Sports Med* 35: 1289-1294, 2007.

McKay, G.D. et al.: Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br. J. Sports Med* 35: 103-108, 2001.

McKeon, P.O. et al.: Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med. Sci. Sports Exerc* 40: 1810-1819, 2008.

McMullen, K.L. et al.: Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise. *J. Athl. Train* 46: 607-614, 2011.

McLean, S.G. et al.: Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. *Clin. biomech* 20: 863-870, 2005.

McLean, S.G. et al.: Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Med. Sci. Sports Exerc* 36: 1008-1016, 2004.

McLean, S.G. et al.: Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Br. J. Sports Med* 39: 355-362, 2005.

McNair, P.J., Marshall, R.N.: Landing characteristics in subjects with normal and anterior cruciate ligament deficient knee joints. *Arch. Phys. Med. Rehabil* 75: 584-589, 1994.

Medina McKeon, J.M., Hertel, J.: Sex differences and representative values for 6 lower extremity alignment measures. *J. Athl. Train* 44: 249-255, 2009.

Meeuwisse, W.H.: Assessing causation in sports injury: a multifactorial model. *Clin. J. Sports Med* 4: 166-170, 1994.

Meeuwisse, W.H. et al.: Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *Am. J. Sports Med* 31: 379-385, 2003.

- Messina, D.F. et al.:** The incidence of injury in Texas high school basketball. A prospective study among male and female athletes. *Am. J. Sports Med* 27: 294-299, 1994.
- Mihata, L.C. et al.:** Comparing the incidence of anterior cruciate ligament injury in collegiate lacrosse, soccer, and basketball players. *Am. J. Sports Med* 34: 899-904, 2006.
- 三木英之, 蒲田和芳 : スポーツ外傷・障害の理学診断・理学療法ガイド. 臨床スポーツ医学編集委員会, 文光堂, 東京, 第1版, 353-365, 2003.
- 水澤一樹, 対馬栄輝 : 静的姿勢保持に共通する足圧中心動揺パラメーターについて. *理学療法科学* 24: 1-5, 2009.
- 宮島恵樹ら : モノフィラメント圧痛計による若年者足底感覚測定性の性と部位による差の検討. *理学療法科学* 27: 161-164: 2012.
- Miyasaka, K.C. et al.:** The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am. J. Knee Surg* 4: 3-8, 1991.
- Moul, J.L.:** Differences in selected predictors of anterior cruciate ligament tears between male and female NCAA division I collegiate basketball players. *J. Athl. Train* 33: 118-121, 1998.
- Mountjoy, M. et al.:** Sports injuries and illnesses in the 2009 FINA World Championships (Aquatics). *Br. J. Sports Med* 44: 522-527, 2010.
- Murphy, D.F. et al.:** Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br. J. Sports Med* 37: 13-29, 2003.
- 望月久, 峰島孝雄 : 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. *理学療法科学* 29: 199-203, 2000.
- 村田伸 : 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連 — 健康女性を対象とした検討 —. *理学療法科学* 19: 245-249: 2004.
- 村田伸, 忽那龍雄 : 足把持力測定を試み — 測定器の作成と測定値の再現性の検討 —. *理学療法科学* 17: 243-247, 2002.
- Myklebust, G. et al.:** A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries

in elite Norwegian team handball. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 8: 49-153, 1998.

Myklebust, G. et al.: Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin. J. Sport Med* 13: 71-78, 2003.

Nagano, Y. et al.: Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *Knee* 14: 218-223, 2007.

中江徳彦, 伊佐地弘基 : 下肢スポーツ外傷のリハビリテーションとリコンディショニング – リスクマネージメントに基づいたアプローチ. 文光堂, 東京, 第1版, 188-204, 2011.

中嶋寛之ら : 女子体操選手における前十字靭帯損傷. *整形・災害外科* 27: 609-613, 1984.

National Collegiate Athletic Association, Men's Lacrosse Rules of the Game, Available at: <http://www.ncaa.org/wps/wcm/connect/public/NCAA/Playing+Rules+Administration/NCAA+Rules+Sports/Lacrosse/Mens/Playing+Rules/Mens+Lacrosse+Index>, accessed February 3, 2013.

NCAA women's lacrosse, Rankings, Available at: <http://www.ncaa.com/sports/lacrosse-women/d1>, accessed January 12, 2013.

Neumann, D.A.: Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for physical rehabilitation. *Mosby*, 477-521, 2002.

Nguyen, A.D., Shultz, S.J.: Sex difference in clinical measures of lower extremity alignment. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 37: 389-98, 2007.

Nielsen, A.B., Yde, J.: Epidemiology and traumatology of injuries in soccer. *Am. J. Sports Med* 17: 803-807. 1989.

日本平衡神経科学会 : 重心動揺検査の基準. *Equilibrium Res* 42: 367-369, 1983.

Noyes, F.R. et al.: Drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am. J. Sports Med* 33: 197-207, 2005.

- Nunley, R.M. et al.:** Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing. *Res. in Sports Med* 11: 173-185, 2003.
- Oatis, C.A.:** Kinesiology. The mechanism & pathomechanics of human movement, 2nd, Ed., Knee unit, *Lippincott Williams & Wilkins*, Baltimore, 807-837, 2009.
- O'Driscoll, J. et al.:** Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: a Case report. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol* 3, 13, 2011.
- Olmsted, L.C. et al.:** Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J. Athl. Train* 37: 501-506, 2002.
- Olsen, O.E. et al.:** Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330: 449-452, 2005.
- Olsen, O.E. et al.:** Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am. J. Sports Med* 32: 1002-1012, 2004.
- Olsen, O.E. et al.:** Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 13: 299-304, 2003.
- Orchard, J.:** Is there a relationship between ground and climatic conditions and injuries in football? *Sports Med* 32: 419-432, 2002.
- Orchard, J.W.:** Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am. J. Sports Med* 29: 300-3003, 2001.
- Orchard, J.W, Powell, J.W.:** Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football. *Med. Sci. Sports. Exerc* 35: 1118-1123, 2003.
- Ortiz, A. et al.:** Landing mechanics between noninjured women and women with anterior cruciate ligament reconstruction during 2 jump tasks. *Am. J. Sports Med* 36: 149-157, 2008.
- Osborne, M.D., Rizzo, T.D. Jr.:** Prevention and treatment of ankle sprain in athletes. *Sports Med* 33: 1145-1150, 2003.
- Ostenberg, A., Roos, H.:** Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10:

279-285, 2000.

Otago, L. et al.: The epidemiology of head, face and eye injuries to female lacrosse players in Australia. *Int. J. Inj. Contr. Saf. Promot* 14: 259-261, 2007.

Pappas, E. et al.: Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. *Clin. J. Sport Med* 17: 263-268, 2007.

Petersen, W. et al.: A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch. Orthop. Trauma Surg* 125: 614-621, 2005.

Peterson, L. et al.: Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am. J. Sports Med* 28(5 Suppl): S51-57, 2000.

Pfeiffer, R.P. et al.: Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J. Bone Joint Surg. Am* 88: 1769-1774, 2006.

Plisky, P.J. et al.: Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 36: 911-919, 2006.

Pollard, C.D. et al.: Influence of gender on hip and knee mechanics during a randomly cued cutting maneuver. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 19: 1022-1031, 2004.

Powers, C.M.: The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 33: 639-646, 2003.

Powell, J.W.: A multivariate risk analysis of selected playing surfaces in the National Football League: 1980 to 1989. An epidemiologic study of knee injuries. *Am. J. Sports Med* 20: 686-694, 1992.

Quatman, C.E. et al.: The Effects of Gender and Maturation Status on Generalized Joint Laxity in Young Athletes. *J. Sci. Med. Sport* 11: 257-263, 2008.

Quatman, C.E., Hewett, T.E.: The anterior cruciate ligament injury controversy: is "valgus collapse" a sex-specific mechanism? *Br. J. Sports Med* 43: 328-335, 2009.

Ramesh, R. et al.: The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalized joint laxity. *J. Bone Joint Surg. Br* 87: 800-803, 2005.

Renstrom, R. et al.: Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br. J. Sports Med* 42: 394-412, 2008.

Robinson, R.H., Gribble, P.A.: Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test. *Arch. Phys. Med. Rehabil* 89: 364-370, 2008.

Russell, K.A. et al.: Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. *J. Athl. Train* 41: 166-171, 2006.

Sanomura, M., Irie, K.: Relationship between leg and foot alignment and dynamic knee valgus during single-leg squat, single-leg drop landing and cutting tasks, IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport (abstract), *Br. J. Sports Med* 45: 371, 2011.

佐野村学, 入江一憲 : 足趾開排指示下における動的下肢アライメントの変化 —片脚スクワット・片脚ドロップランディング・カッティング動作を課題として—, 第64回日本体力医学会大会抄録集, 322, 2009.

佐野村学, 入江一憲 : 足趾開排能が動的下肢アライメントに及ぼす影響 —足趾開排指示下の片脚スクワット, 片脚ドロップランディング, カッティング動作の分析—. *日本臨床スポーツ医学会誌* 20: 112-121, 2012.

佐野村学, 入江一憲 : 足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影響 —片脚スクワット, 片脚ドロップランディング, カッティング動作の分析—, *日本臨床スポーツ医学会誌* 21: 157-164, 2013.

佐野村学 : 国際オリンピック委員会によるスポーツ傷害に向けた取り組み. 北京オリンピック競技大会の傷害調査報告. *JATI EXPRESS* 30: 20-21, 2012.

佐野村学 : 下肢傷害予防プログラムの実際とその効果. 第1回 膝前十字靭帯損傷予防プログラム 1. *JATI EXPRESS* 34: 22-23, 2013-1.

佐野村学 : 下肢傷害予防プログラムの実際とその効果. 第2回 膝前十字靭帯損傷予防プログラム 2. *JATI EXPRESS* 35: 16-18, 2013-2.

- 佐野村学ら : 大学女子ラクロスにおける前向き傷害調査. *日本臨床スポーツ医学会誌* 20: 460-468, 2012-1.
- 佐野村学ら : ドロップジャンプ時におけるラクロススティックの保持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響. *臨床バイオメカニクス* 33, 383-388, 2012-2.
- 佐野村学ら : 大学女子ラクロス傷害 —2年間の前向き傷害調査—, *体力科学* 62: 2013. (accepted)
- Salci, Y. et al.: Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 19: 622-628, 2004.
- 佐々木理恵子, 浦辺幸夫 : Star excursion balance test を用いた中高齢者のバランス能力評価, *理学療法科学* 24: 827-831, 2009.
- Shambaugh, J.P. et al.: Structural measures as predictors of injury basketball players. *Med. Sci. Sports Exerc* 23: 522-527, 1991.
- Schamberger, W.: The malalignment syndrome. Implications for medicine and sports, *Churchill livingstone*, 87-195, 2002.
- Schmidt-Olsen, S. et al.: Injuries among young soccer players. *Am. J. Sports Med* 19: 273-275, 1991.
- Schmitz, R.J. et al.: Dynamic valgus alignment and functional strength in male and females maturation. *J. Athl. Train* 44: 26-32, 2009.
- Schmitz, R.J. et al.: Sex differences in lower extremity biomechanics during single leg landings. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 22: 681-688, 2007.
- Schot, P.K. et al.: Bilateral performance symmetry during drop landing: a kinetic analysis. *Med. Sci. Sports Exerc* 26: 1153-1159, 1994.
- Sefton, J.M. et al.: Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 24: 451-458, 2009.
- Seil, R. et al.: Sports injuries in team handball. A one-year prospective study of sixteen men's senior teams of a superior nonprofessional level. *Am. J. Sports Med* 26:

681-687, 1998.

Shambaugh, J.P. et al.: Structural measures as predictors of injury basketball players. *Med. Sci. Sports Exerc* 23: 522-527, 1991.

Shelbourne, K.D. et al.: The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. A prospective study. *Am. J. Sports Med* 26: 402-408, 1998.

島澤真一 : アスレティックリハビリテーションガイド 競技復帰・再発予防のための実践的アプローチ, 福林徹. 文光堂, 東京, 第1版, 136-148, 2008.

Shimokochi, Y., Shultz, S.J.: Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J. Athl. Train* 43: 396-408, 2008.

斯琴ら : 立位姿勢時の身体動揺制御および視覚の影響について. *体力科学* 55: 469-476, 2006.

Smith, J. et al.: Role of hyperpronation as a possible risk factor for anterior cruciate ligament injuries. *J. Athl. Train* 32: 25-28, 1997.

Smith, T.O. et al.: The reliability and validity of the Q-angle: a systematic review. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc* 16: 1068-1079, 2008.

Söderman, K. et al.: Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc* 8: 356-363, 2000.

Souryal, T.O., Freeman, T.R.: Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes. A prospective study. *Am. J. Sports Med* 21: 535-539, 1993.

Souza, R.B., Powers, C.M.: Predictors of hip internal rotation during running. An evaluation of hip strength and femoral structure in women with and without patellofemoral pain. *Am. J. Sports Med* 37: 579-587, 2009.

Sports medicine, Lacrosse injuries, Available at :
http://www.sportsmed.org/uploadedFiles/Content/Medical_Professionals/Professional_Educational_Resources/Publications_and_Resources/Sports_Medicine_Update/SMU

_2009/SMU%20Mar%20Apr%2009.pdf, accessed June 17, 2012.

Staheli, L.T. et al.: Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J. Bone. Joint Surg. Am* 67: 39-47, 1985.

Stasinopoulos, D.: Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players. *Br. J. Sports Med* 38: 182-185, 2004.

Steffen, K. et al.: Preventing injuries in female youth football. A cluster-randomized controlled trial. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 18: 605-614, 2008.

Stevenson, H. et al.: Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *Iowa Orthop. J* 18: 64-66, 1998.

Stuart, M.J., Smith, A.: Injuries in Junior A ice hockey. A three-year prospective study. *Am. J. Sports Med* 23: 458-461, 1995.

Stuberg, W. et al.: Measurement of tibial torsion and thigh-foot angle using goniometry and computed tomography. *Clin. Orthop. Relat. Res* 272: 208-212, 1991.

Subotnick, S.T.: Sports medicine of the lower extremity. *Churchill livingstone*, 129-158, 1989.

Surve, I. et al.: A fivefold reduction in the incidence of recurrent ankle sprains in soccer players using the Sport-Stirrup orthosis. *Am. J. Sports Med* 22: 601-606, 1994.

鈴木哲ら : 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係. *理学療法科学* 24: 103-107, 2009.

Swanik, C.B. et al.: The relationship between neurocognitive function and noncontact ACL injuries. *Am. J. Sports Med* 35: 943-948, 2007.

Swenson, D.M. et al.: Epidemiology of United States high school sports-related fractures, 2008-09 to 2010-11. *Am. J. Sports Med* 40: 2078-2084, 2012.

Tamari, K. et al.: Ethnic-, gender-, and age-related differences in femorotibial angle, femoral antetorsion, and tibiofibular torsion: cross-sectional study among healthy Japanese and Australian caucasians. *Clin. Anat* 19: 59-67, 2006.

Thacker, S.B. et al.: The prevention of ankle sprains in sports. A systematic review

- of the literature. *Am. J. Sports Med* 27: 753-760, 1999.
- Thordarson, D.B. et al.:** Effect of partial versus complete plantar fasciotomy on the windlass mechanism. *Foot Ankle Int* 18: 16-20, 1997.
- Tiberio, D.:** The Effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 9: 160-165, 1987.
- 時田喬 : 重心動揺検査 —病巣診断を目標として—. *Equilibrium Res* 54: 172-179, 1995.
- Trimble, M.H. et al.:** The relationship between clinical measurements of lower extremity posture and tibial translation. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)* 17: 286-290, 2002.
- Tropp, H. et al.:** Prevention of ankle sprains. *Am. J. Sports Med* 13: 259-262, 1985.
- 辻野綾子, 田中則子 : 足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置の関係. *理学療法学* 22: 245-248, 2007.
- 津田清美, 清水結 : 予防としてのスポーツ医学 スポーツ外傷・障害とその予防・再発予防. 臨床スポーツ医学編集委員会, 文光堂, 東京, 25 (臨時増刊号) : 120-126, 2008.
- Uhorchak, J.M. et al.:** Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am. J. Sports Med* 31: 831-842, 2003.
- US Lacrosse, 2011 US lacrosse participation survey,** Available at: <http://www.uslacrosse.org/LinkClick.aspx?fileticket=tIqhe4P9DsM%3d&tabid=14645>, accessed January 10, 2013.
- van Mechelen, W. et al.:** Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* 14: 82-99, 1992.
- Verhagen, E. et al.:** An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br. J. Sports Med* 39: 111-115, 2005.
- Waicus, K.M. et al.:** Eye injuries in women's lacrosse players. *Clin. J. Sport Med* 12:

24-29, 2002.

Waldén M. et al.: Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 344: e3042, 2012.

Webster, D.A. et al.: Head and face injuries in scholastic women's lacrosse with and without eyewear. *Med. Sci. Sports Exerc* 31: 938-941, 1999.

Wedderkopp, N. et al.: Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 9: 41-47, 1999.

Wen, D.Y. et al.: Injuries in runners: a prospective study of alignment. *Clin. J. Sport Med* 8: 187-194, 1998.

Wiesler, E.R. et al.: Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *Am. J. Sports Med* 24: 754-757, 1996.

Wikstrom, E.A. et al.: Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports Med* 36: 393-410, 2006.

Wolfe, M.W. et al.: Management of ankle sprains. *Am. Fam. Physician* 63: 93-104, 2001.

Wong, Y.S.: Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: a kinematic and anatomical cadaver study. *Foot Ankle Int* 28: 617-620, 2007.

Woodford-Rogers, B. et al.: Risk factors for anterior cruciate ligament injury in high school and college athletes. *J. Athl. Train* 29: 343-346, 1994.

山口光国ら : 片脚起立時での足趾屈筋群の役割について. *運動生理* 4: 65 -69, 1989.

Yard, E.E. et al.: The epidemiology of United States high school soccer injuries, 2005-2007. *Am. J. Sports Med* 36: 1930-1937, 2008.

Yeung, M.S. et al.: An epidemiological survey on ankle sprain. *Br. J. Sports Med* 28: 112-116, 1994.

Yoo, J.H. et al.: A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc* 18: 824-830, 2010.

- Yoon, Y.S. et al.:** Football injuries at Asian tournaments. *Am. J. Sports Med* 32(1 Suppl): S36-42, 2004.
- Yu, B. et al.:** Age and gender effects on lower extremity kinematics of youth soccer players in a stop-jump task. *Am. J. Sports Med* 33: 1356-1364, 2005.
- Yu, B. et al.:** Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clin. Biomech* 21: 297-305, 2005.
- Yu, B., Garrett, W.E.:** Mechanism of non-contact ACL injuries. *Br. J. Sports Med* 41: 47-51, 2007.
- Zazulak, B.T. et al.:** Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J. Orthop. Sports Phys. Ther* 35: 292-299, 2005.
- Zech, A. et al.:** Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *J. Athl. Train* 45: 392-403, 2010.
- Zelisko, J.A. et al.:** A comparison of men's and women's professional basketball injuries. *Am. J. Sports Med* 10: 297-299, 1982.
- Zeller, B.L. et al.:** Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *Am. J. Sports Med* 31: 449-456, 2003.
- Zhang, S.N. et al.:** Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. *Med. Sci. Sports Exerc* 32: 812-819, 2000.

業績一覧

本論文の内容の一部は、以下の論文に掲載されている。

1. 佐野村学, 入江一憲：足趾開排能が動的下肢アライメントに及ぼす影響—足趾開排指示下の片脚スクワット, 片脚ドロップランディング, カutting動作の分析—。日本臨床スポーツ医学会誌. 20(1). 112-121. 2012.
2. 佐野村学, 細川由梨, 中村千秋, 福林徹：大学女子ラクロスにおける前向き傷害調査。日本臨床スポーツ医学会誌. 20(3). 460-468. 2012.
3. 佐野村学, 阪口正律, 佐保泰明, 福林徹：ドロップジャンプ時におけるラクロススティックの保持や操作が下肢キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響。臨床バイオメカニクス. 33. 383-388. 2012.
4. 佐野村学, 入江一憲：足趾開排指示が動的下肢アライメントに及ぼす影響—片脚スクワット, 片脚ドロップランディング, カutting動作の分析—。日本臨床スポーツ医学会誌. 21(1). 157-164. 2013. 21(1). 2013.
5. 佐野村学, 細川由梨, 中村千秋, 福林徹：大学女子ラクロス傷害—2年間の前向き傷害調査—。体力科学. 62(5). 2013. (accepted)

本論文の内容の一部は、以下の学会において発表されている

1. 佐野村学, 入江一憲：足趾開排指示においての下肢動的アライメントの変化。第64回日本体力医学会大会, 2009.
2. 佐野村学, 入江一憲：足趾開排が動的下肢アライメントに及ぼす影響—足趾開排能と膝外反率の比較—。第20回日本臨床スポーツ医学会学術集会, 2009.
3. Manabu, Sanomura. Toru, Fukubayashi. : Lacrosse injuries in female collegiate athletes: A prospective study. The 3rd International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. Global COE Program “Sport Sciences for the Promotion of Active Life”, Tokyo, Japan, 2010.
4. Manabu, Sanomura. Toru, Fukubayashi. : Effect of the dominant leg and pivot leg and foot posture on the star excursion balance test. The 4th International

Sport Sciences Symposium on “Active Life”. Global COE Program “Sport Sciences for the Promotion of Active Life”, Tokyo, Japan, 2010.

5. Manabu, Sanomura. Kazunori, Irie. : Relationship between leg and foot alignment and dynamic knee valgus during single-leg squat, single-leg drop landing and cutting tasks. The 3rd IOC World Conference on Prevention of Injury and Illness in Sport, Monaco, 2011.
6. Manabu, Sanomura. Masanori, Sakaguchi, Yasuaki, Saho, Toru, Fukubayashi. : Difference in knee joint mechanics during cutting with and without a lacrosse stick. The 5th International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. Global COE Program “Sport Sciences for the Promotion of Active Life”, Tokyo, Japan, 2011.
7. 佐野村学, 細川由梨, 中村千秋, 福林徹 : 大学女子ラクロス競技における前向き傷害調査. 第 22 回 日本臨床スポーツ医学学術集会, 2011.
8. 佐野村学, 阪口正律, 佐保泰明, 福林徹 : ラクロススティック保持の有無がカッティング動作時の膝キネマティクスに及ぼす影響. 第 38 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2011.
9. Manabu, Sanomura. Masanori, Sakaguchi. Yasuaki, Saho. Toru, Fukubayashi. : Lower extremity joint kinematics and kinetics during a drop jump task with and without a lacrosse stick. The 6th International Sport Sciences Symposium on “Active Life”. Global COE Program “Sport Sciences for the Promotion of Active Life”, Tokyo, Japan, 2012.
10. Manabu, Sanomura. Masanori, Sakaguchi. Yasuaki, Saho. Toru, Fukubayashi. : Hip and knee joint mechanics during cutting maneuver with and without a lacrosse stick. The 59th ACSM Annual Meeting and 3rd World Congress on Exercise is Medicine, San Francisco, California, 2012.
11. Manabu, Sanomura. Masanori, Sakaguchi. Yasuaki, Saho. Toru, Fukubayashi. : Differences in lower extremity joint kinematics and kinetics during drop vertical jumps with and without a lacrosse stick. The 17th Annual congress of the ECSS, Bruges, Belgium, 2012.

Manabu, Sanomura. Yuri, Hosokawa. Takuma, Hoshiba. Yasuaki, Saho. Tsukasa, Miyamura. Chiaki, Nakamura. Toru, Fukubayashishi. : Prospective injury surveillance of women's lacrosse: a 2-year study. The 18th Annual congress of the ECSS, Barcelona, Spain, 2013.

本論文の内容の一部は、以下の著書において発表されている

1. 佐野村学：国際オリンピック委員会によるスポーツ傷害に向けた取り組み、北京オリンピック競技大会の傷害調査報告。JATI EXPRESS（日本トレーニング指導者協会機関誌）30，20-21，2012.
2. 佐野村学：下肢傷害予防プログラムの実際とその効果 第1回 膝前十字靭帯損傷予防プログラム1. JATI EXPRESS（日本トレーニング指導者協会機関誌）34，22-23，2013.
3. 佐野村学：下肢傷害予防プログラムの実際とその効果 第2回 膝前十字靭帯損傷予防プログラム2. JATI EXPRESS（日本トレーニング指導者協会機関誌）35，16-18，2013.

謝辞

本論文は早稲田大学スポーツ科学学術院 福林徹教授の指導のもとに行われたものであり、稿を終えるにあたり、適時助言、指導していただいた先生に深く感謝の意を表す。さらに早稲田大学スポーツ科学学術院 金岡恒治教授、広瀬統一准教授にはご多忙の中、審査員として親身なご指導、ご指摘を賜り心より感謝する。日本体育大学大学院 入江一憲教授には大学院博士前期課程に続きご多忙の中、ご指導を賜り心から感謝する。早稲田大学大学院スポーツ科学研究科生体ダイナミクス研究室 阪口正律さんには動作実験や動作解析、また、学会発表等においてに多大なるお力添えを賜り深く感謝する。そして公私共に支えて頂いた早稲田大学大学院スポーツ科学研究科スポーツ外科学研究室に所属する皆様、被験者を快諾していただいた早稲田大学女子ラクロス部員および関係者の皆様に心から感謝する。これまでの長い人生生活および大学院生活を支えていただいた両親に深く感謝する。最後に、大学院博士前期課程に続き早稲田大学大学院博士後期課程への進学への理解、そして研究および論文執筆に対する激励等、全てにおいて最後まで温かく見守っていただいた私の妻に心より感謝致します。