

2013年度 修士論文

男子ラクロスにおける
前十字靱帯損傷発生率とその発生要因の検討

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 スポーツ医科学研究領域

5012CA040-9

西川 亜夢子

研究指導教員： 金岡 恒治 教授

目次

I . 緒言	1
II . 目的	5
III . 課題 1	
III -1. 方法	6
III -2. 結果	8
III -3. 考察	11
IV . 課題 2	
IV -1. 方法	14
IV -2. 結果	19
IV -3. 考察	22
V . 課題 3	
V -1. 方法	24
V -2. 結果	34
V -3. 考察	47
VI . 総合考察	49
VII . 結論	52
VIII . 文献	53
IX . 謝辞	60

I．緒言

【男子ラクロスの特性及び障害】

近年,アメリカにおいて男子ラクロスの競技人口は年々増加しており,2012年で722,205人と報告されている³⁴⁾.本邦においても,1987年に日本ラクロス協会が設立した後,男子ラクロスは全国に広く普及し,2013年では97大学が全国7地区で実施されるリーグ戦に参加するまでに成長した³⁹⁾.

男子ラクロスは上半身に防具を着用し,クロスと呼ばれるスティックでボールを扱う競技である⁴⁷⁾(図1).男子ラクロスの障害に関する研究は,主に海外において行われている⁷⁾⁹⁾²⁴⁾.先行研究によると,下肢の外傷の発生頻度が高く⁷⁾⁹⁾,ACL損傷の発生率が高いことが報告されている²⁴⁾.これらの報告により,男子ラクロスの障害の特徴は示されているが,本邦の選手を対象とした研究は少なく,その実態は明らかでない.



図1 男子ラクロスの競技の様子

【ACL 損傷の疫学及び危険因子】

ACL 損傷の発生率については,さまざまな競技を対象に調査が行われており,発生率の高い競技として,サッカー,バスケットボール,ハンドボール,ラクロス等が挙げられる¹⁾³⁾¹⁹⁾²⁴⁾.また,女性は男性に比べて ACL 損傷の発生率が高いことが報告されている¹⁾³⁾.

ACL 損傷の危険因子は内的要因と外的要因があり,内的要因として解剖学的因子,ホルモン因子,神経筋因子,バイオメカニクスの因子がある.ここでは,解剖学的因子とバイオメカニクスの因子について述べる.

解剖学的因子のうち,本研究では下肢アライメントの **Q-angle** 及び足部回内,関節弛緩性に着目した.**Q-angle** は上前腸骨棘と膝蓋骨中心を結んだ線と膝蓋骨中心と脛骨粗面を結んだ線がなす角である¹⁸⁾.女性は男性に比べて **Q-angle** が大きいことが報告されており¹⁰⁾³⁶⁾,このことから ACL 損傷の危険因子として考えられている.膝関節受傷群と非受傷群で **Q-angle** を比較した研究では,受傷群は非受傷群に比べ大きいことが示された³¹⁾.足部回内の指標としては **navicular drop test**(以下,**NDT**)⁵⁾を用いることが多い.**NDT** 値と ACL 損傷の関係性について検討した研究によると,ACL 損傷受傷群は対照群に比べ高い³⁵⁾という報告と,ACL 損傷受傷側と健側,及び ACL 損傷受傷群と対照群では差がなかったという報告があり³²⁾,一定の知見は得られていない.いずれも後ろ向き調査であり,今後前向き調査による検討が求められる.全身関節弛緩性は性差が認められ,女性は男性に比べて弛緩性が高いことが報告されている¹³⁾.更に,ACL 損傷受傷群と対照群を比較した後ろ向き研究²⁸⁾,ACL 損傷受傷群と非受傷群を比較した前向き研究³³⁾の結果から,ACL 損傷受傷群は非受傷群に比べて関節弛緩性が高く,ACL 損傷の危険因子と考えられている.

バイオメカニクスの因子の 1 つとして,ACL 損傷の受傷機転の検討がなされている.質問紙とビデオを用いて ACL 損傷受傷時の動作を分析した結果,スポーツ中に発生した ACL 損傷のうち約 70%が非接触型の受傷であり,方向転換や片脚着地,切り返し時に好発していた⁴⁾²⁵⁾.受傷時の主な肢位は,体幹後傾位,膝関節完全伸展位に近い軽度屈曲位及び外反位であった⁴⁾²⁵⁾.更に,ACL 損傷を受傷しやすい動作を解析することで,ACL 損傷の危険因子を検討する研究も行われている.例えば,カット動作時の肢位を男女で比較した研究では,膝関節屈曲・回旋角度,股関節角度については研究により結果が一致していないが,膝関節外反角度については,共通して女性が大きいことが報告されている⁸⁾²⁰⁾²²⁾²³⁾.このことから,カット動作における ACL 損傷の危険因子として,膝関節外反角度の増加が挙げられる.また,ACL 損傷は接地後 17m 秒から 50m 秒で受傷することが多いと報告されている¹⁶⁾.

【ACL 損傷と体幹及び上肢の動作の関係性】

ACL 損傷は,体幹後傾位や体幹のバランスを失った際に生じることが多いこと,また,重心位置の変化による下肢の動作への影響があることから,体幹や上肢,股関節等に注目して ACL 損傷の危険因子を検討する研究も行われている.Kulas らは,両脚着地時の体幹筋活動を男女で比較し,女性は内腹斜筋の活動が低かったと報告している¹⁷⁾.一方,片脚ドロップジャンプ時の膝関節外反角度と中臀筋の筋活動を男女で比較した研究では,接地時の膝関節外反角度は女性が男性に比べ大きかったが,中臀筋の筋活動は性差が認められなかった²⁹⁾.また,Chaudhari らは,ラクロスのスティックやボールを保持してカット動作を行った結果,スティックを保

持していると何も保持しない場合に比べ、膝関節外反モーメントが増加したと報告している⁶⁾。これは、スティックを保持することによる上肢の動作の制限が、下肢の動作に影響することを示唆している。

Ⅱ．目的

本研究は,3つの課題を設定した.それぞれの課題と目的を以下に述べる.

課題 1ー 障害調査

障害調査を実施し,本邦の男子ラクロスの障害発生の実態を明らかにする.

課題 2ー 膝関節外傷の危険因子の検討

メディカルチェックと前向き障害調査を実施し,膝関節外傷の危険因子を検討する.

課題 3ー カット動作時の筋電図及び動作解析

スティック保持の有無で筋電図及び動作を比較し,男子ラクロスにおけるカット動作の特徴を明らかにする.

Ⅲ．課題 1－障害調査

Ⅲ-1. 方法

【対象】

本研究の対象は、関東大学 1 部リーグに所属する男子ラクロス選手 109 名（2011 年 85 名,2012 年 88 名）とした。

研究に先駆け、全ての調査対象者に事前に研究の要旨と内容を説明し、書面にて本人の同意を得た。本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承諾を得た上で研究を行った。

【調査内容及び方法】

調査期間は、2011 年 2 月～12 月及び 2012 年 2 月～12 月の 2 シーズンとした。

調査項目は、練習及び試合中に発生した障害の受傷部位、障害名、受傷機転とした。ここで障害とは、「練習及び試合の実施が 1 日以上困難な場合」と定義した。

障害の評価は、グラウンドでの初期評価はチームに所属する学生トレーナーが行い、明確な判断が難しい場合は、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、医師、アスレティックトレーナー及び理学療法士により行われた。

【障害発生率の算出】

障害発生率及び95%信頼区間は,それぞれ式1,2を用いて算出した.尚,
選手1人が1回の練習及び試合を行うことを1athlete-exposure(以下,AE's)とする.

$$\text{発生率} = \frac{\text{発生件数}}{\text{総 athlete-exposures}} \times 1000 \quad \cdot \cdot \cdot \text{式 1}^{14)}$$

$$95\% \text{ 信頼区間} = \text{発生率} \pm 1.96 \times \frac{\text{発生率}}{\sqrt{\text{発生件数}}} \quad \cdot \cdot \cdot \text{式 2}^{15)}$$

Ⅲ-2. 結果

【障害発生件数及び発生率】

傷害発生件数及び傷害発生率を表 1 に示す.

調査期間中の AE's は,練習時 30,506AE's,試合時 1,317AE's,合計すると 31,823AE's であった.障害発生件数及び障害発生率(95%信頼区間)は,練習時 210 件 6.88(5.95-7.81) / 1000AE's,試合時 36 件 27.33(18.41-36.26) / 1000AE's,合計すると 246 件 7.73(6.76-8.70) / 1000AE's であった.

【外傷及び慢性障害の部位別の割合】

調査期間中に発生した障害を,外傷と慢性障害に分類した結果,外傷 184 件(2011 年 94 件,2012 年 90 件),慢性障害 58 件(2011 年 29 件,2012 年 29 件)であった.

外傷,慢性障害の部位別の割合をそれぞれ図 2,3 に示す.外傷の発生部位は足関節が 27%と最も多く,次いで大腿部 23%,膝 17%であった.慢性障害は,腰背部が 28%と最も多く,次いで大腿部 26%,膝 16%であった.

【主な障害】

調査期間中に発生した主な障害の発生件数及び発生率を表 2 に示す.足関節靭帯損傷が発生件数 48 件,発生率(95%信頼区間)1.51(1.08-1.94) / 1000AE's と最も多く,次いで大腿部打撲 20 件 0.63(0.35-0.90) / 1000AE's,大腿部肉離れ 19 件 0.60(0.33-0.87) / 1000AE's,膝関節 ACL 損傷 9 件 0.28(0.10-0.47) / 1000AE's であった.

表 1 Athlete-exposures, 障害発生件数及び障害発生率

	2011		2012		合計	
	Athlete-exposures	発生件数 発生率* (95%CI**)	Athlete-exposures	発生件数 発生率* (95%CI**)	Athlete-exposures	発生件数 発生率* (95%CI**)
練習	14979	113 7.54 (6.15- 8.93)	15527	97 6.25 (5.00- 7.49)	30506	210 6.88 (5.95- 7.81)
試合	667	14 20.99 (9.99-31.98)	650	22 33.85 (19.70-47.99)	1317	36 27.33 (18.41-36.26)
計	15646	127 8.12 (6.71- 9.53)	16177	119 7.36 (6.03- 8.68)	31823	246 7.73 (6.76- 8.70)

*発生率：/1000Athlete-exposures **95%CI：confidence interval.

表 2 主な障害の発生件数及び発生率

障害名	2011			2012			合計		
	発生件数	発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)	発生件数 発生率* (95%CI**)
足関節靭帯損傷	27	1.73 (1.07- 2.38)	21	1.30 (0.74- 1.85)	48	1.51 (1.08- 1.94)			
大腿部打撲	15	0.96 (0.47- 1.44)	5	0.31 (0.04- 0.58)	20	0.63 (0.35- 0.90)			
大腿部肉離れ	10	0.64 (0.24- 1.04)	9	0.56 (0.19- 0.92)	19	0.60 (0.33- 0.87)			
膝関節ACL損傷	6	0.38 (0.08- 0.69)	3	0.19 (-0.02- 0.40)	9	0.28 (0.10- 0.47)			
膝関節MCL損傷	5	0.32 (0.04- 0.60)	1	0.06 (-0.06- 0.18)	6	0.19 (0.04- 0.34)			
筋膜炎腰痛	3	0.19 (-0.03- 0.41)	3	0.19 (-0.02- 0.40)	6	0.19 (0.04- 0.34)			
下腿打撲	4	0.26 (0.01- 0.51)	2	0.12 (-0.05- 0.29)	6	0.19 (0.04- 0.34)			
膝蓋骨打撲	3	0.19 (-0.03- 0.41)	2	0.12 (-0.05- 0.29)	5	0.16 (0.02- 0.29)			
腸脛靭帯炎	2	0.13 (-0.05- 0.30)	3	0.19 (-0.02- 0.40)	5	0.16 (0.02- 0.29)			
仙腸関節障害	3	0.19 (-0.03- 0.41)	1	0.06 (-0.06- 0.18)	4	0.13 (0.00- 0.25)			
下腿肉離れ	3	0.19 (-0.03- 0.41)	1	0.06 (-0.06- 0.18)	4	0.13 (0.00- 0.25)			
臀部打撲	0	0.00	-	3	0.19 (-0.02- 0.40)	3	0.09 (-0.01- 0.20)		
脳震盪	0	0.00	-	3	0.19 (-0.02- 0.40)	3	0.09 (-0.01- 0.20)		

*発生率：/1000Athlete-exposures **95%CI：confidence interval.

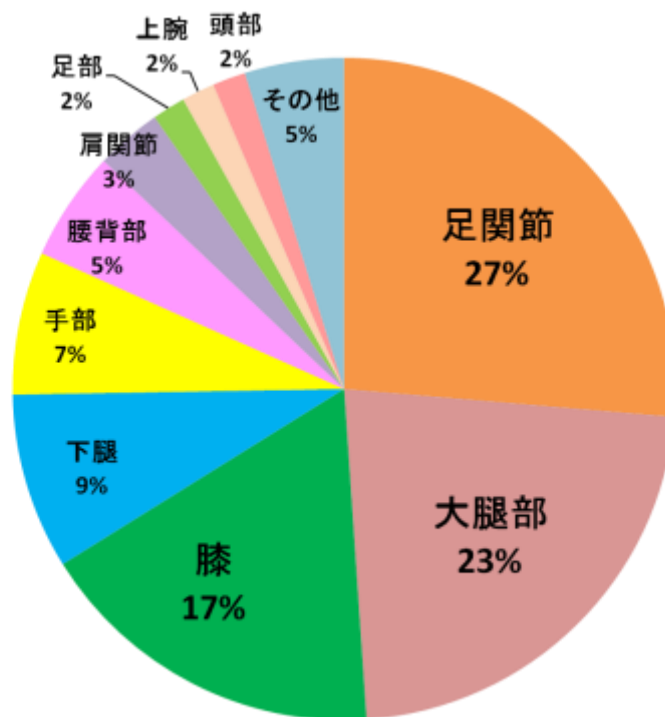


図 2 外傷 184 件の部位別の割合

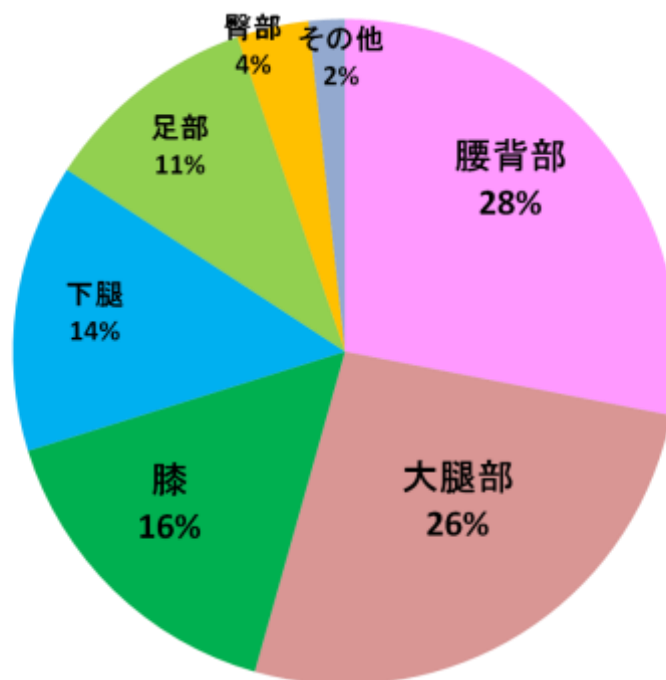


図 3 慢性障害 58 件の部位別の割合

Ⅲ-3. 考察

調査期間中の障害発生率は、練習で 6.88/1000AE's,試合で 27.33/1000AE's であり、試合は練習に比較して発生率が約 4 倍高かった。大学生男子ラクロス選手を対象とした 16 年間の障害調査において、障害発生率は、練習で 3.24/1000AE's,試合で 12.58/1000AE's⁷⁾であり、本調査結果と同様に、試合は練習に比較して発生率が約 4 倍高いことが示されている。これは、試合では練習より激しいコンタクトプレーが行われることから、接触型の障害の発生頻度が高くなるためであると推察する。また、先行研究と比較して本調査において障害発生率が高い理由としては、競技レベルの違いが挙げられる。本邦の女子ラクロスを対象に障害調査を行った佐野村らの報告によると、女子ラクロスにおいても先行研究の結果と比較して本邦では障害発生率が高かった⁴¹⁾。その理由として、先行研究の対象としているアメリカと比較して本邦の選手は競技経験が浅く技術面や体力面での未熟さから、障害発生率が高くなった可能性を挙げている⁴¹⁾。男子ラクロスにおいても、アメリカはユース(15 歳以下)でラクロスが盛んである³⁴⁾のに対し、本邦では大学から競技を始める選手が多いと考える。本調査で対象とした選手も、109 名中 105 名が大学から競技を始めており、女子ラクロスと同様に、競技年数が短いことによる競技レベルの低さから障害発生率が高くなったことが示唆される。

外傷の発生部位は、足関節、大腿部、膝、下腿、足部を合わせると 78%であり、下肢が全体の約 8 割を占めた。また、慢性障害は、腰背部が 28%と最も多かったが、大腿部、膝、下腿、足部を合わせると 67%であり、下肢が全体の約 7 割を占めた。先行研究においても、下肢の障害発生頻度が高いことが報告されている。発生した障害のうち下肢の占める割合は、大学生を対象とした研究では練習時 58.7%,試合時 48.1%であり⁷⁾、高校生を対象とし

た研究では 47.3%であった⁹⁾。これらより、男子ラクロスでは下肢の障害発生頻度が高いことが示された。また、主な障害のうち、打撲は下肢及び臀部で発生していた。その要因として、男子ラクロスでは下肢に防具を着用しないことが挙げられる。防具を着用する上肢や体幹部に比較して、下肢はスティックやボール、相手選手との接触による受傷が多い。これは、男子ラクロスにおいて下肢の障害発生率が高い理由の 1 つであると推察する。

本調査において最も発生率が高かった障害は、足関節靭帯損傷であり、発生率は $1.51/1000\text{AE's}$ であった。先行研究においても、足関節靭帯損傷の発生率が高いことが報告されている。大学生を対象とした研究では練習時 $0.53/1000\text{AE's}$ 、試合時 $1.43/1000\text{AE's}$ であり⁷⁾、高校生を対象とした研究では $0.39/1000\text{AE's}$ であった⁹⁾。いずれも、足関節靭帯損傷は、他の障害に比較して最も発生率が高かった。更に、本邦のプロサッカー選手やアメリカの大学生サッカー選手を対象とした調査では、全障害に占める足関節靭帯損傷の割合は 17~21%であった²⁾⁴³⁾。本調査では 19.5%であり、男子ラクロスとサッカーにおける発生頻度は同程度であることが示唆される。

本調査において 3 番目に発生率が高かった障害は大腿部肉離れであり、発生率は $0.60/1000\text{AE's}$ であった。アメリカの大学生男子ラクロス選手を対象とした調査では、大腿部肉離れの発生率は、練習時 $0.37/1000\text{AE's}$ であり、試合時 $0.94/1000\text{AE's}$ であり足関節靭帯損傷の次に高かった⁷⁾。しかし、アメリカの大学生サッカー選手を対象とした調査では、大腿部肉離れの発生率は、練習時 $0.72/1000\text{AE's}$ 、試合時 $1.54/1000\text{AE's}$ であった²⁾。これらの結果から、男子ラクロスにおいて大腿部肉離れは発生率の

高い障害であるが,サッカーに比較すると発生率は低いことが示唆される.

先行研究より,男子ラグロスにおいて発生率が高い障害として膝関節靱帯損傷が挙げられる.大学生を対象とした研究では,練習時の障害発生率は,膝関節外傷が $0.23/1000\text{AE's}$ であり,足関節靱帯損傷に次いで高かった⁷⁾.試合時の障害発生率は,膝関節外傷が $1.14/1000\text{AE's}$ であり,足関節靱帯損傷,大腿部肉離れに次いで高かった⁷⁾.高校生を対象とした研究では,障害発生率は膝関節外傷が $0.16/1000\text{AE's}$ であり,足関節靱帯損傷,頭部/顔の打撲に次いで高かった⁹⁾.更に,Mihataらは,アメリカの大学生を対象とした調査により,ACL損傷発生率の高い競技であるバスケットボール($0.08/1000\text{AE's}$)やサッカー($0.12/1000\text{AE's}$)と比較しても,男子ラグロスにおけるACL損傷発生率が高い($0.17/1000\text{AE's}$)ことを報告している²⁴⁾.本調査においても,ACL損傷及びMCL損傷の発生率は高く,それぞれ $0.28/1000\text{AE's}$, $0.19/1000\text{AE's}$ であった.

足関節靱帯損傷及び大腿部肉離れは,膝関節外傷に比べ発生率が高いが,その発生頻度はサッカーと同等かそれ以下である.そのため,膝関節外傷,特にACL損傷発生率が高いことが男子ラグロスの障害発生の特徴であり,対策を講じる必要があると考える.

IV. 課題 2－膝関節外傷の危険因子の検討

IV-1. 方法

【対象】

本研究の対象は、関東大学 1 部リーグに所属する男子ラグロス選手 75 名(年齢 19.9 ± 1.3 歳,身長 173.8 ± 4.1 cm,体重 68.0 ± 7.2 kg,競技年数 1.8 ± 0.7 年)とした。

研究に先駆け,全ての調査対象者に事前に研究の要旨と内容を説明し,書面にて本人の同意を得た.本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承諾を得た上で研究を行った。

【研究デザイン】

本研究では,ラグロスのシーズン序盤である 2012 年 5 月にメディカルチェックを実施し,その後 2012 年 12 月までに発生した膝関節外傷について,その受傷要因を検討した(図 4)。

ここで対象とする膝関節外傷とは,非接触型の膝関節靱帯及び半月板損傷と定義した.また,障害の定義,障害の評価者は,課題 1 の障害調査と同様とした。



図 4 研究デザイン

【メディカルチェック】

メディカルチェックでは,下肢アライメント,全身関節弛緩性,タイトネス・ROM,ACL 損傷の既往の有無を調べた.

下肢アライメントは,Q-angle,navicular drop test(以下,NDT)値を測定した.Q-angle は立位にて測定した.NDT は足部回内の指標として用い,椅子座位にて舟状骨及び任意に用意した厚紙にマーキングし,その後,立位で同様にマーキングし(図 5),2 点間の距離を計測した 5).

全身関節弛緩性は,中嶋が発表した東大式の全身関節弛緩性テスト 45)に従った.このテストは,手関節,肘関節,肩関節,膝関節,足関節,脊柱,股関節の 7 項目について検査する方法である.7 項目について,陽性である場合を 1 点とし,7 点満点で評価する.脊柱と股関節以外の項目は左右があるため,それぞれ 0.5 点とする.以下,それぞれの項目の陽性の場合について示す.

手関節・・・手関節を掌屈し,母指が前腕につく

肘関節・・・肘関節の過伸展が 15° 以上ある

肩関節・・・背中で両手の指を握ることができる

膝関節・・・膝関節の過伸展が 10° 以上ある

足関節・・・足関節の背屈が 45° 以上ある

脊柱・・・立位体前屈で手掌全体が床につく

股関節・・・立位で股関節を外旋し,足先が 180° 以上開く

タイトネス・ROM は,股関節内旋・外旋角度,股関節内転・外転角度,足関節背屈角度,体幹回旋角度を測定した.股関節内旋・外旋角度,股関節内転・外転角度,足関節背屈角度は公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 42)に従い測定した(図 6,7,8).体幹回旋角度は,図 9 のように椅子

座位にて頭の後ろに棒を持ち,骨盤を固定して体幹を回旋した.その際の,両側の上後腸骨棘を結ぶ線と,両側の肩峰を結ぶ線のなす角を測定した.

ACL 損傷の既往歴については,受傷側,受傷回数,合併損傷,受傷した時期について調べた.

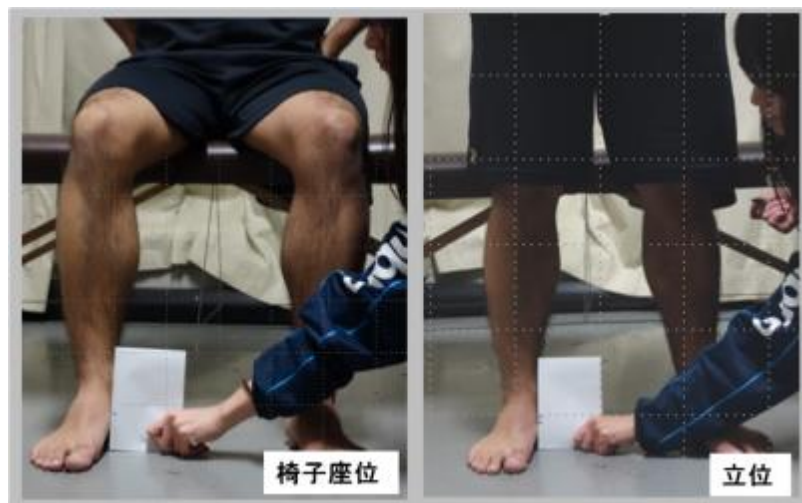


図 5 navicular drop test (NDT)

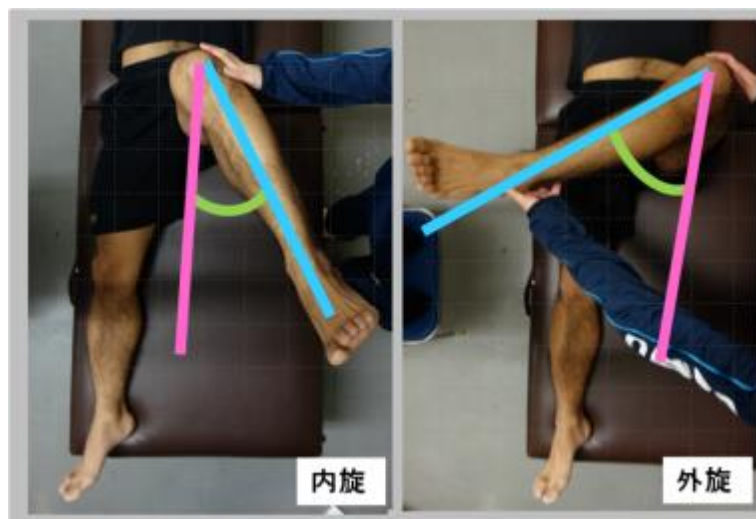


図 6 股関節内旋・外旋角度

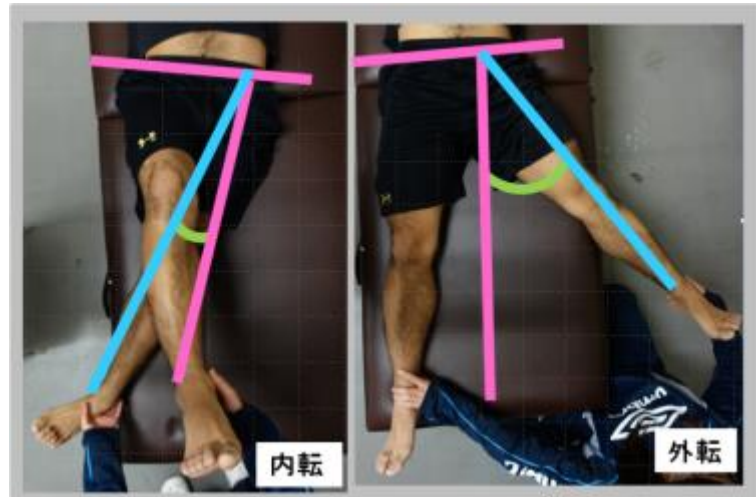


図 7 股関節内転・外転角度

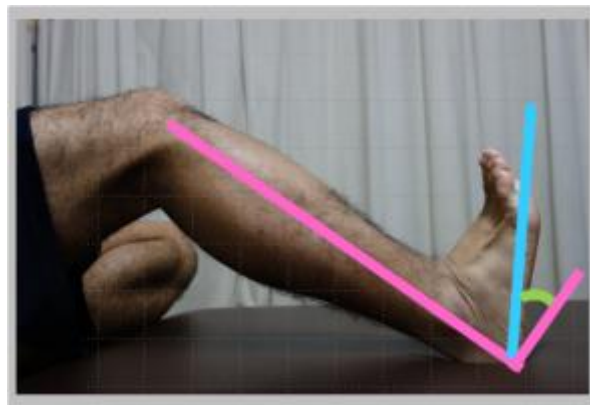


図 8 足関節背屈角度

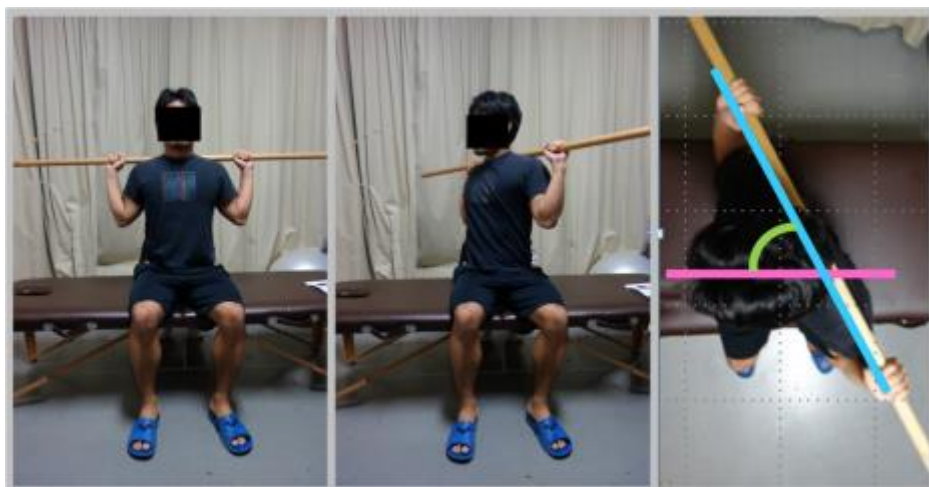


図 9 体幹回旋角度

【統計】

統計処理には,統計解析ソフト SPSS Statistics 21(IBM 社製)を用いた. メディカルチェックの測定項目について,膝関節外傷の受傷群と非受傷群で,対応のない t 検定による比較を行った.更に,ロジスティック回帰分析変数増加法(尤度比)を用いて,膝関節外傷の危険因子の抽出を行った. いずれも,有意水準は 5%とした.

IV-2. 結果

【膝関節外傷受傷群の内訳】

調査期間中に発生した膝関節外傷は4件であり、膝関節受傷群4名、非受傷群71名となった。膝関節外傷4件の内訳を表3に示す。

表3 膝関節外傷の内訳

症例1	ACL・半月板損傷
症例2	ACL損傷
症例3	MCL損傷
症例4	半月板損傷

【各測定項目の受傷群と非受傷群の比較】

メディカルチェックの測定項目の平均値について、受傷群と非受傷群で比較した結果、全ての項目において両群に有意な差を認めなかった。

表4 各測定項目の受傷群と非受傷群の比較

	受傷群（4名）		非受傷群（71名）	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
Q-angle (°)	11.25 ± 3.20		10.81 ± 2.59	
navicular drop test (mm)	4.46 ± 3.12		4.10 ± 3.16	
関節弛緩性(点)	2.88 ± 0.75		2.10 ± 1.16	
股関節内旋角 (°)	32.88 ± 7.07		32.85 ± 7.02	
股関節外旋角 (°)	47.38 ± 5.65		47.63 ± 5.86	
股関節内転角 (°)	12.00 ± 3.89		9.16 ± 2.21	
股関節外転角 (°)	39.12 ± 5.47		37.60 ± 4.24	
足関節背屈角 (°)	20.62 ± 7.54		22.20 ± 6.61	
体幹回旋角 (°)	57.50 ± 15.53		47.90 ± 10.64	

【膝関節外傷の危険因子の抽出】

ロジスティック回帰分析変数増加法(尤度比)の結果,膝関節外傷の受傷に関与する因子として,ACL損傷の既往の有無と全身関節弛緩性が抽出された(表 5).

表 5 膝関節外傷の受傷に関与する因子

	オッズ比	(95%信頼区間)	有意確率
ACL損傷の既往の有無	998.81*	(4.88—204547.70)	0.01
全身関節弛緩性	8.08	(0.76—85.90)	0.08

* : $p < 0.05$

【ACL 損傷の既往歴】

調査対象者 75 名中,ACL 損傷の既往があったのは 6 名であり,その内 5 名はラグビーの競技中に ACL 損傷を受傷していた.更に,ACL 損傷の既往があった 6 名中 3 名が,本調査期間中に再建術後の同側に膝関節外傷を受傷し(表 3 における症例 1,2,3),そのうち 2 名は ACL 損傷の再受傷であった(表 3 における症例 1,2).

【全身関節弛緩性】

全身関節弛緩性テストにおいて陽性となった主な項目は、膝関節外傷受傷群、非受傷群共に、脊柱、肩関節、足関節であった。膝関節外傷受傷群 4 例の、陽性となった項目を表 6 に示す。

表 6 受傷群の全身関節弛緩性テストの結果

		点	陽性となった項目
症例1	ACL・半月板損傷	2.5	脊柱、肩、足
症例2	ACL損傷	2.0	脊柱、肩
症例3	MCL損傷	3.5	脊柱、肩、足、手
症例4	半月板損傷	3.5	脊柱、肩、足、手、肘
平均		2.88	

IV-3. 考察

膝関節外傷の危険因子を前向きに検討した結果,ACL損傷の既往の有無はオッズ比が 998.81 と高く,膝関節外傷の受傷への影響が大きいことが示された.ACL損傷の再受傷率が高いことは,先行研究でも報告されている²⁷⁾³⁰⁾.Pinczewskiらの10年間の前向き調査の結果,1/3.7人がACL損傷を再受傷したことが報告されている²⁷⁾.また,Salmonらの報告によると,5年間で調査対象者の12%がACL損傷を再受傷した³⁰⁾.本研究においてACL損傷の既往が有ったのは6名で,そのうち2名が調査期間中にACL損傷を再受傷した.これらの結果から,ACL損傷の既往は膝関節外傷のリスクを高めると考える.

全身関節弛緩性は,膝関節外傷受傷群と非受傷群において平均値に有意な差を認めなかったが,膝関節外傷の危険因子となる可能性が示唆された.ACL損傷群と対照群の全身関節弛緩性を後ろ向きに調査した結果,ACL損傷群は対照群に比べ弛緩性が陽性の割合が高いことが報告されている²⁸⁾.更に,Uhorchakらは前向き調査を実施し,ACL損傷群は非損傷群に比較して統計学的に有意に全身関節弛緩性スコアの陽性率が高いことを示した³³⁾.また,鳥居らは,大学生アメリカンフットボール選手の入部時の全身関節弛緩性スコアとその後の主要関節の外傷発生の関連性を調査した結果,肩と膝で関連を認めたと報告している⁴⁶⁾.本研究及びこれらの先行研究は,評価の方法は異なるがいずれも全身の関節を対象としている.本研究において,膝関節外傷受傷群の主に弛緩性が陽性となった項目が,脊柱,肩関節,足関節であったことから,膝の過伸展のみならず全身の関節弛緩性を評価する意義がある.

Q-angle 及び NDT 値について,本研究では膝関節外傷の受傷への関与を認めず,膝関節外傷受傷群と非受傷群の平均値の比較においても有意

な差を認めなかった。Shambaugh らは、前向き調査により膝関節外傷受傷群と非受傷群の Q-angle を比較した結果、受傷群 14°、非受傷群 10° であり、受傷群が有意に大きいことを示した³¹⁾。しかし、静止時の Q-angle と片脚スクワット時の膝外反角のピーク値に相関は認められず²⁶⁾、動作中のアライメントとの関係性は明らかではない。

NDT 値に関しては、ACL 損傷群と対照群での比較において、損傷群は対照群に比較して NDT 値が高いという報告がある³⁵⁾。一方で、Smith らは ACL 損傷受傷者の受傷側と健側、非受傷者の左右の NDT 値を比較した結果、いずれの比較においても有意な差は認められなかった³²⁾。しかし、これらの先行研究は後ろ向き調査であり、本研究では NDT 値と膝関節外傷の関係性について、前向き調査による知見を得ることができた。

V. 課題 3 - カット動作時の筋電図及び動作解析

V-1. 方法

【対象】

本研究の対象は、関東大学 1 部リーグに所属する男子ラクロス選手 7 名（年齢： 18.7 ± 1.0 歳、身長： 176.0 ± 4.8 cm、体重： 69.0 ± 5.8 kg、競技年数： 1.6 ± 0.5 年）とした。被験者は膝関節靱帯及び半月板損傷の既往がない者とした。

研究に先駆け、全ての被験者に事前に研究の要旨と内容を説明し、書面にて本人の同意を得た。本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承諾を得た上で研究を行った。

【課題試技】

本研究では、次の 3 種類のカット動作を課題試技とした（図 10）。



図 10 3 種類のカット動作

- 1, 両手に何も持たないカット動作 (以下フリー)
- 2, スティックを右向きに持つカット動作 (以下スティック右)
- 3, スティックを左向きに持つカット動作 (以下スティック左)

競技中の動作に近づけるため,スティックは両端を握り斜めに倒すよう指示した.また,全て立位から右方向へサイドジャンプをし,もとの位置に戻る動作とした (図 11).できる限り速く動作を実施するよう指示した.被験者が動作に慣れることによる影響を排除するため,被験者毎にくじで 3 試技の実施順を決めた.尚,それぞれの試技を 5 回ずつ実施した.



図 11 課題試技

【運動学的研究】

座標データの取得

座標データの取得には赤外線カメラ 8 台（サンプリング周波数：250Hz）を用いた光学式 3 次元動作解析システム MAC 3D System（Motion Analysis 社製）を使用した。直径 19mm の反射マーカを解剖学的骨特徴点 10 点に貼付した（図 12）。

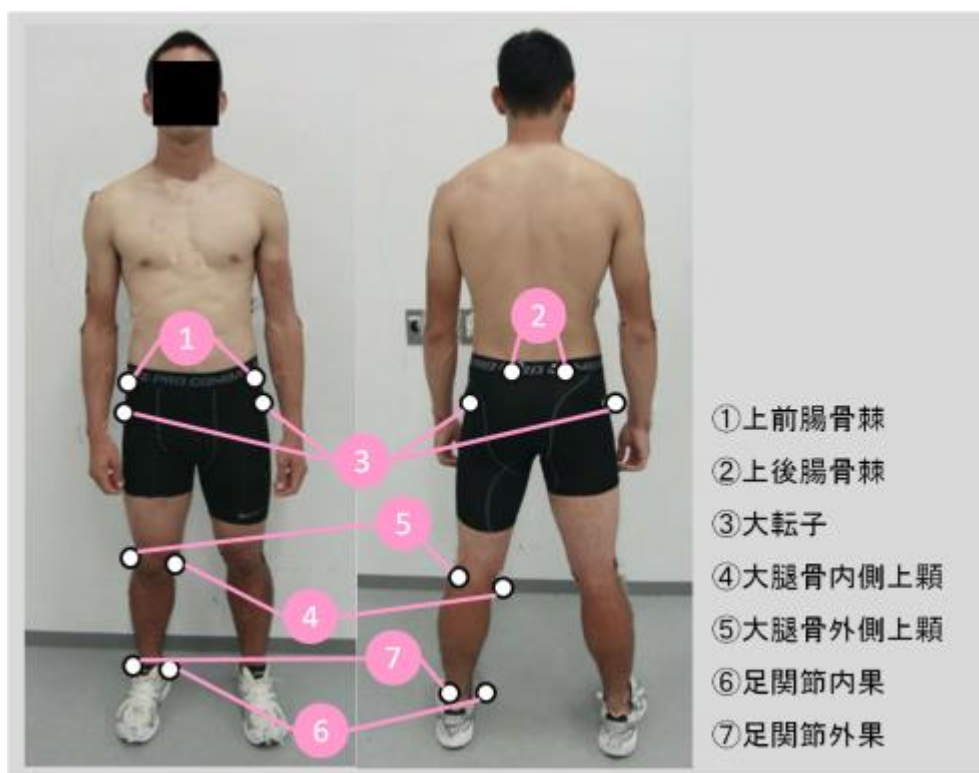


図 12 マーカ貼付位置

マーカ貼付位置は、左右の上前腸骨棘、左右の上後腸骨棘、左右の大転子、右の大腿骨内側上顆、右の大腿骨外側上顆、右の足関節内果、右の足関節外果、とした。また、得られた座標データは動作解析ソフト EVaRT（Motion Analysis 社製）上で Butterworth フィルタを用いて平滑化した。

本研究の実験環境を図 13 に示す.

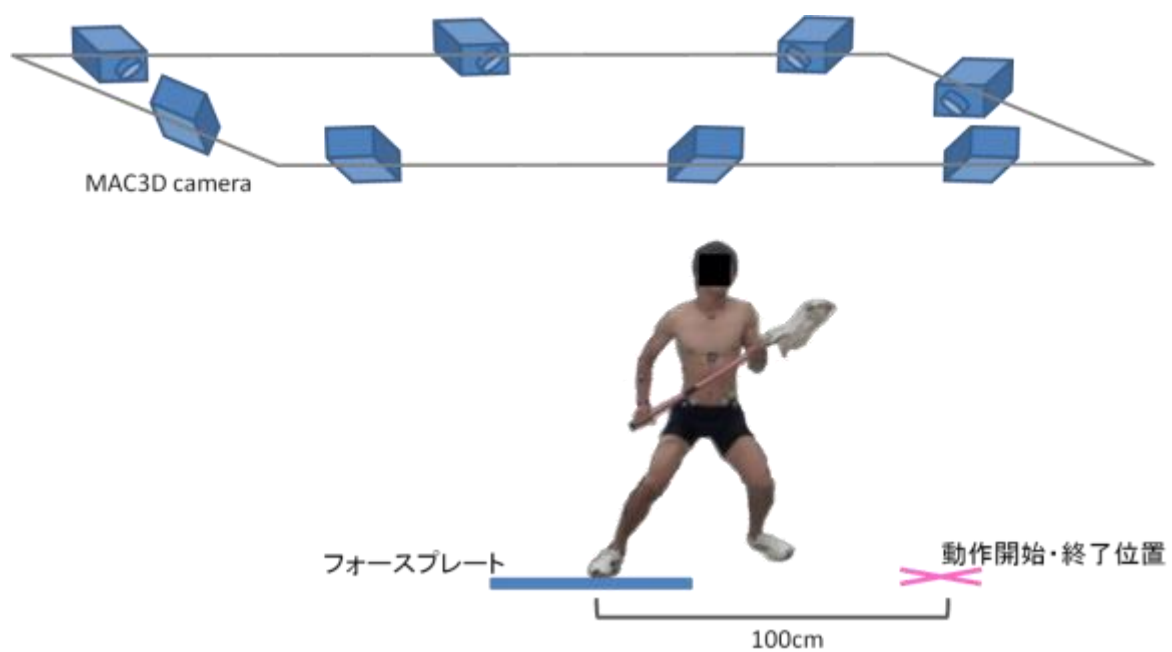


図 13 実験環境

座標系の設定

3次元座標データから,各身体セグメントの挙動を評価するために解剖学的座標系を定義した(図 14).

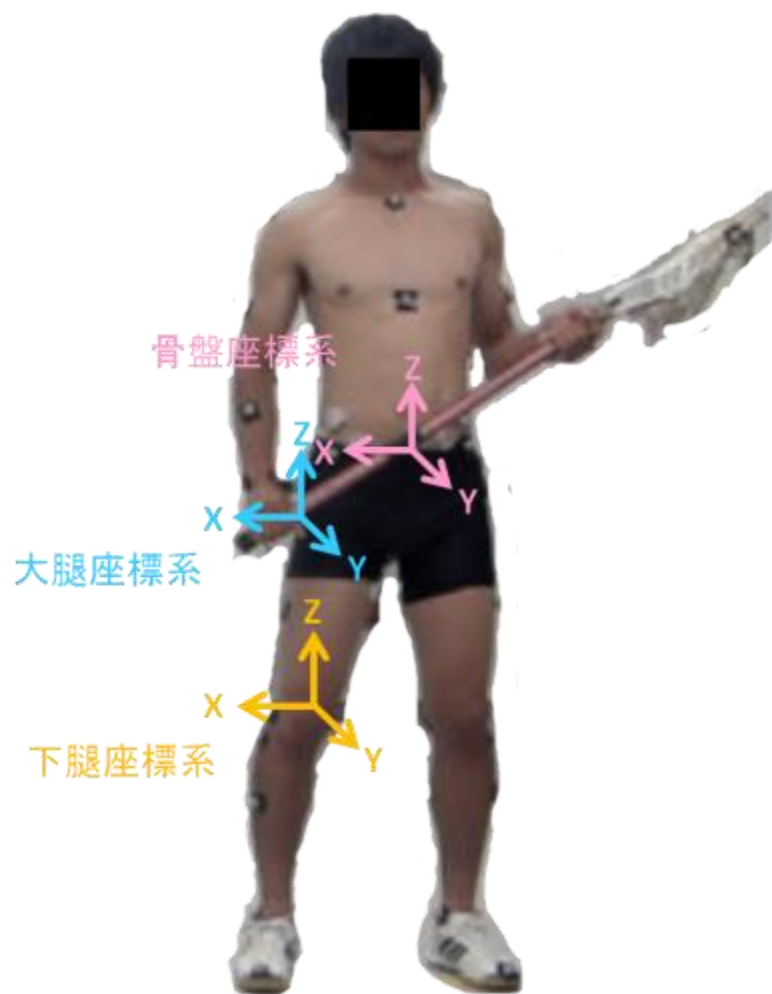


図 14 各セグメントの座標定義

本研究では,接地脚である右脚のみを解析対象とするため,大腿座標系及び下腿座標系はすべて右側を指す.

骨盤座標系の定義について述べる. X 軸は,左上前腸骨棘から右上前腸骨棘に向かうベクトルとした. Z 軸は, X 軸ベクトルと,右上後腸骨棘と左上後腸骨棘の midpoint から右上前腸骨棘と左上前腸骨棘の midpoint に向かうベクトルとの外積とした. Y 軸は, Z 軸ベクトルと X 軸ベクトルとの外積とした.

大腿座標系の定義について述べる. Z 軸は,大腿骨内側上顆と大腿骨外側上顆の midpoint から股関節中心に向かうベクトルとした. Y 軸は, Z 軸ベクトルと,大腿骨内側上顆から大腿骨外側上顆に向かうベクトルとの外積とした. X 軸は, Y 軸ベクトルと Z 軸ベクトルとの外積とした.尚,股関節中心は体表マーカーから得られた情報から推定した.倉林らは日本人健康男性 43 名を対象に,Davis の推定方法,Vaughan の推定方法,臨床歩行分析研究会の推定方法(第 3 近似 A,B)で得られた値と,MR 画像から得られた値の推定誤差の検証を行い,日本人においては臨床歩行分析研究会の推定方法(第 3 近似 B)が最も誤差が少ないことを明らかにした⁴⁴⁾.そこで本研究では臨床歩行分析研究会の推定方法(第 3 近似 B)を参考とし,大転子と上前腸骨棘とを結ぶ線上 1/3 の点に標点を置き,左右の標点位置を結んだ線上 18%に内挿した場所を股関節中心と推定した⁴⁰⁾.

下腿座標系の定義について述べる. Z 軸は,足関節内果と足関節外果の midpoint から大腿骨内側上顆と大腿骨外側上顆の midpoint に向かうベクトルとした. Y 軸は, Z 軸ベクトルと,足関節内果から足関節外果に向かうベクトルとの外積とした. X 軸は, Y 軸ベクトルと Z 軸ベクトルとの外積とした.

運動学的評価パラメータ

Wu らの報告^{37) 38)}を参考に,股関節及び膝関節の角度変化を,座標変換から算出したオイラー角で評価した.また,解剖学的に各セグメントの運動を評価するために,算出された値に適宜-1 を乗じた.

股関節の角度変化は,骨盤座標系に対する大腿座標系の方位とし, X - Y - Z の順で回転した. X 軸回りの回転を屈曲(+)/伸展(-)とした(以下,股関節屈曲角度). Y 軸回りの回転を内転(+)/外転(-)とした(以下,股関節内転角度). Z 軸回りの回転を内旋(+)/外旋(-)とした(以下,股関節内旋角度).

膝関節の角度変化は,大腿座標系に対する下腿座標系の方位とし, X - Y - Z の順で回転した. X 軸回りの回転を屈曲(+)/伸展(-)とした(以下,膝関節屈曲角度). Y 軸回りの回転を内反(+)/外反(-)とした(以下,膝関節内反角度). Z 軸回りの回転を内旋(+)/外旋(-)とした(以下,膝関節内旋角度).

【筋電図学的研究】

筋電図データの取得

筋活動の記録には,コードレステレメータ電極(テレメータピッカ,日本光電社製)を用いた.被験筋は,左右の外腹斜筋(腸骨稜頂点と上前腸骨棘の midpoint の真上),左右の内腹斜筋/腹横筋(上前腸骨棘から 2 横指内側),左右の脊柱起立筋(第 4 腰椎棘突起から 1,2 横指外側),右の中殿筋(腸骨稜の midpoint より 2.5cm 遠位部)の計 7 筋とした.電極貼付の際にはペースト(日本光電社製)と皮膚洗浄用アルコールを用いて皮膚抵抗が $4k\Omega$ 以下になるまで角質を除去し,皮膚との接触によるインピーダンスに注意を払った.各筋活動はサンプリング周波数 1000Hz にて記録した.得られた筋電図データは,解析ソフト Bimutas Video(キッセイコムテック社製)上で 20~500Hz のバンドパスフィルターにてフィルタリングを行った.その後,全波整流化して,分析区間それぞれの Root Mean Square (RMS) を算出した.

筋活動量の正規化

各分析区間の RMS を,最大随意収縮(Maximum Voluntary Contraction: 以下 MVC)時の RMS で除することによって,正規化を行った(% MVC).MVC 時の筋電位は,50m 秒間の振幅の合計が最大となる区画を特定し,その区画の RMS を算出した.

MVC 時の筋電位は,課題試技の終了後に次の方法で測定した.右外腹斜筋は,仰臥位にて両腕を胸の前で交差し,膝関節屈曲 90° ,体幹屈曲 45° にて体幹を左回旋させ,右肩に徒手抵抗を加えて測定した.左外腹斜筋は,右外腹斜筋の測定時と同様の体位で体幹を右回旋させ,左肩に徒手抵抗を加えて測定した.左右の内腹斜筋/腹横筋は,立位にてドローインを行

い測定した。左右の脊柱起立筋は、腹臥位にて両手を頭の後ろで組み大腿部を固定し、体幹を伸展して、両肩甲骨に徒手抵抗を加えて測定した。右の中臀筋は、左側臥位にて骨盤を固定し、股関節伸展位で股関節を外転して、下腿に徒手抵抗を加えて測定した。

【分析範囲】

接地の定義

接地は、垂直方向と並進方向の床反力の合力が、10Nを超えた時点とした^{11) 12)}。床反力データは、フォースプレート（Kistler 社製）を用いて測定した。

フェーズ分け

接地前 50m 秒から接地までを準備期、接地から接地後 50m 秒までを接地前期、接地後 50m 秒から 100m 秒までを接地後期と定義した(図 15)。

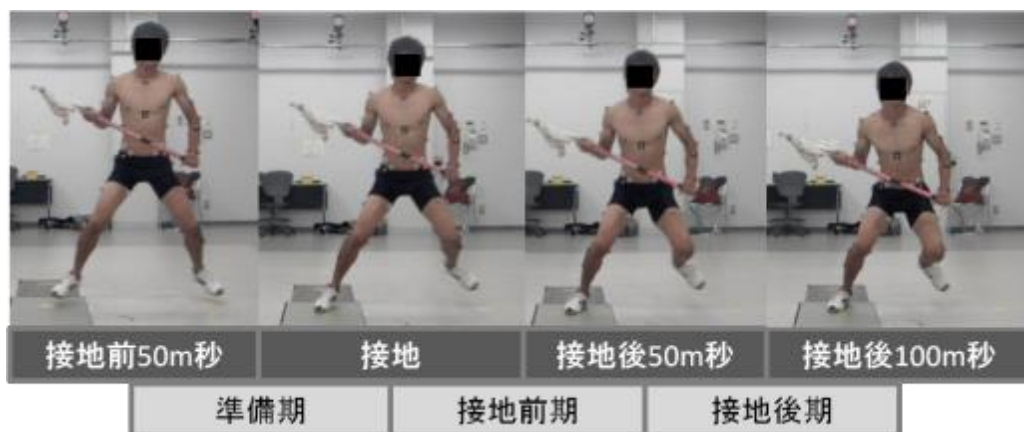


図 15 フェーズ分け

【統計】

統計処理には、統計解析ソフト SPSS Statistics 21(IBM 社製)を用いた。股関節角度、膝関節角度は、試技(フリー、スティック右、スティック左)と時間を2要因とした二元配置分散分析を行った。各筋の筋活動は、試技(フリー、スティック右、スティック左)と局面(準備期、接地前期、接地後期)を2要因とした二元配置分散分析を行った。事後検定は Bonferroni 法を用いた。有意水準は 5%とした。尚、関節角度及び筋活動値は、各試技 5 回のうちの成功試技 3 回の平均値を求め、それぞれの被験者の値として扱った。

V-2. 結果

【運動学的研究】

i. 股関節屈曲角度

図 16 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の股関節屈曲角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

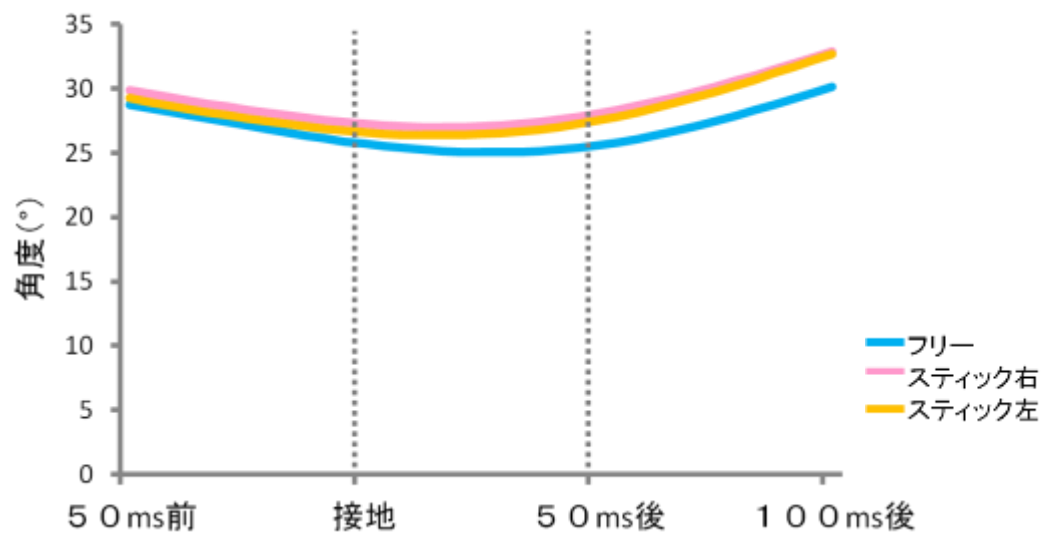


図 16 3 種類のカット動作の股関節屈曲角度

※ 屈曲(+), 伸展(-)

ii .股関節内転角度

図 17 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の股関節内転角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

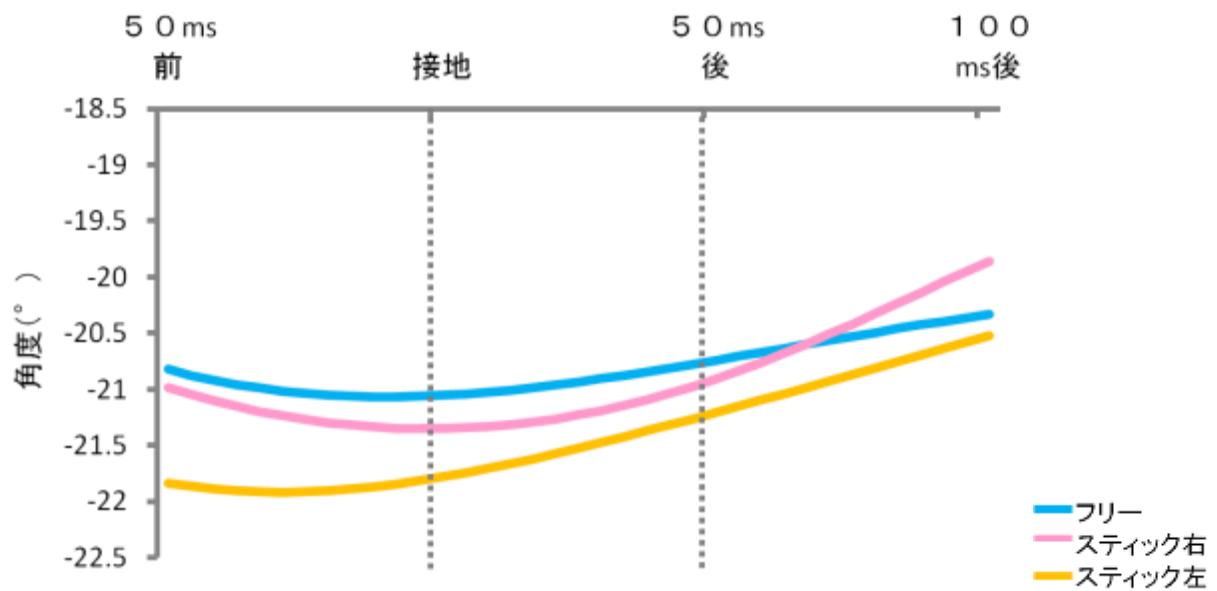


図 17 3 種類のカット動作の股関節内転角度
※ 内転(+), 外転(-)

iii. 股関節内旋角度

図 18 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の股関節内旋角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

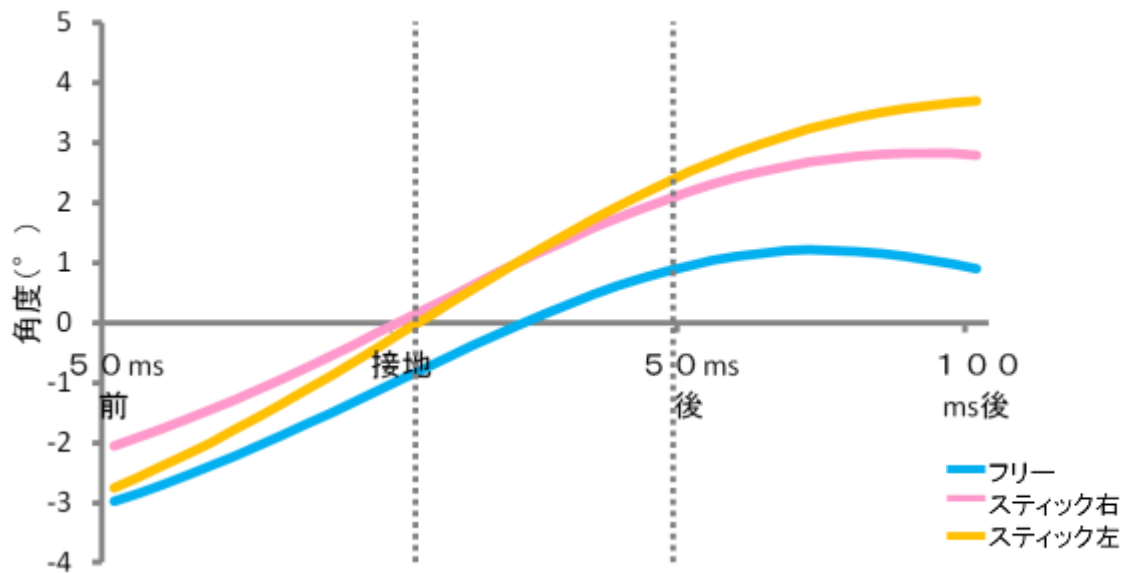


図 18 3 種類のカット動作の股関節内旋角度

※ 内旋 (+), 外旋 (-)

iv. 膝関節屈曲角度

図 19 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の膝関節屈曲角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

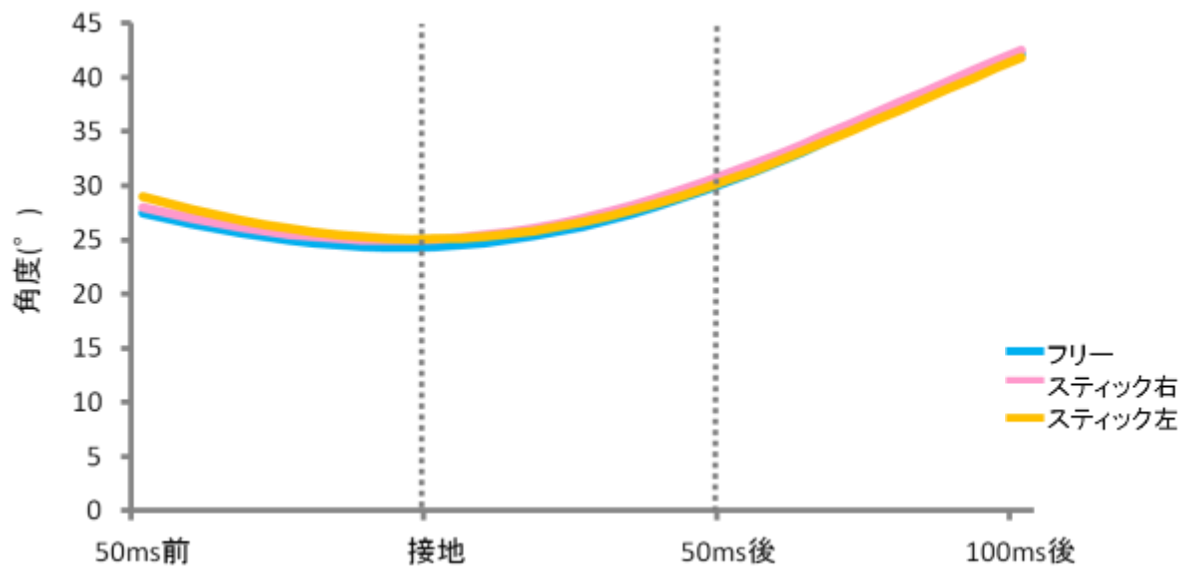


図 19 3 種類のカット動作の膝関節屈曲角度

※ 屈曲(+), 伸展(-)

v. 膝関節内反角度

図 20 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の膝関節内反角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

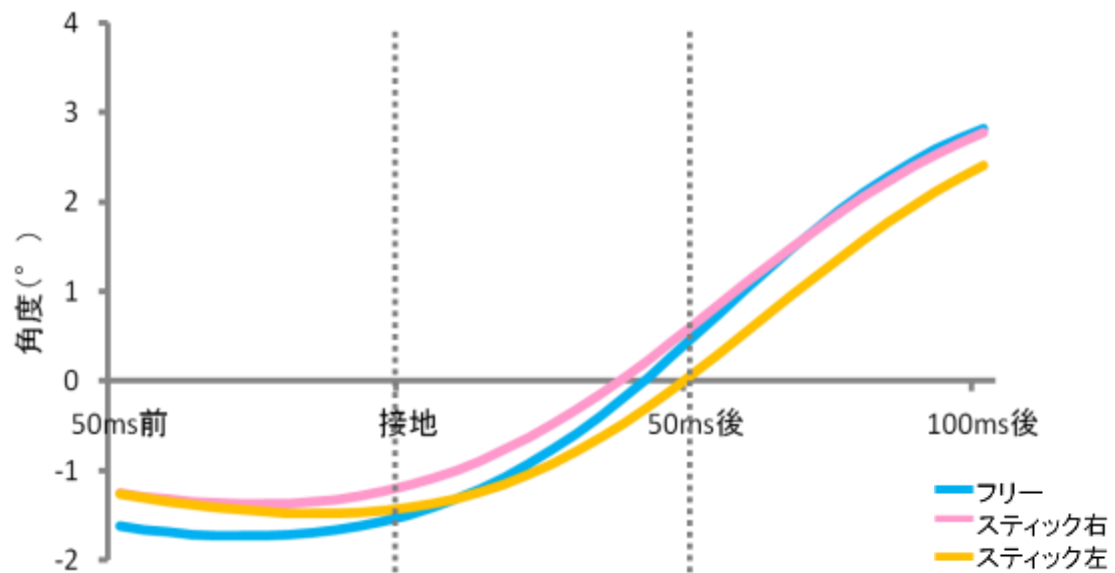


図 20 3 種類のカット動作の膝関節内反角度

※ 内反(+), 外反(-)

vi. 膝関節内旋角度

図 21 にフリー,スティック右,スティック左の接地前 50m 秒から接地後 100m 秒の膝関節内旋角度の変化を示した.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間に主効果を認めなかった.

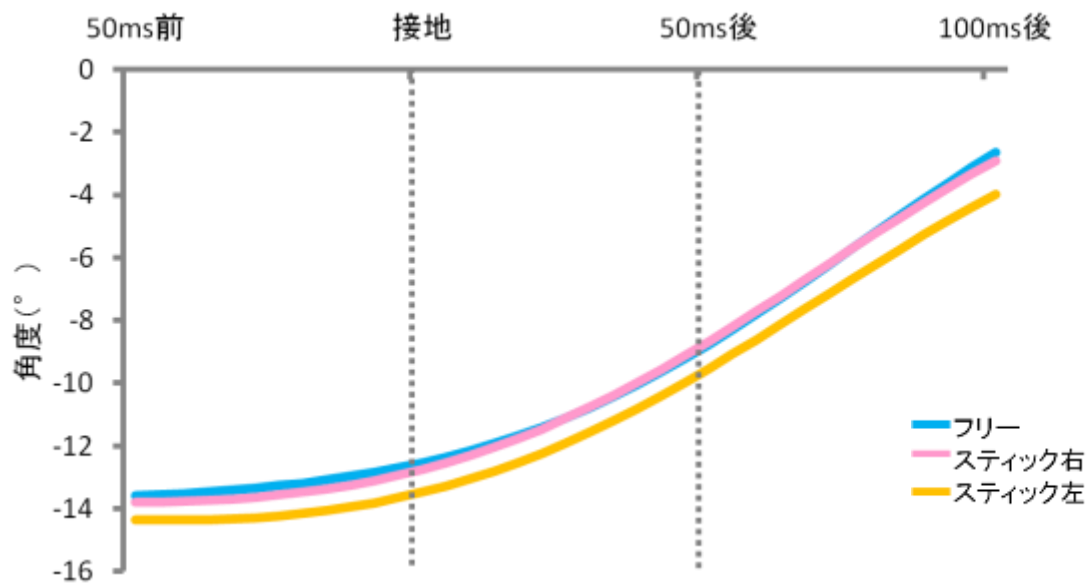


図 21 3 種類のカット動作の膝関節内旋角度

※ 内旋(+), 外旋(-)

【筋電図学的研究】

i .右外腹斜筋

図 22 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける右外腹斜筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー : $9.5 \pm 9.1\% \text{MVC}$, $9.9 \pm 5.0\% \text{MVC}$, $21.3 \pm 23.0\% \text{MVC}$, スティック右 : $8.1 \pm 4.6\% \text{MVC}$, $7.9 \pm 3.4\% \text{MVC}$, $9.2 \pm 5.3\% \text{MVC}$, スティック左 : $6.9 \pm 3.6\% \text{MVC}$, $10.2 \pm 6.3\% \text{MVC}$, $10.9 \pm 8.8\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,フェーズ間に主効果を認めた.

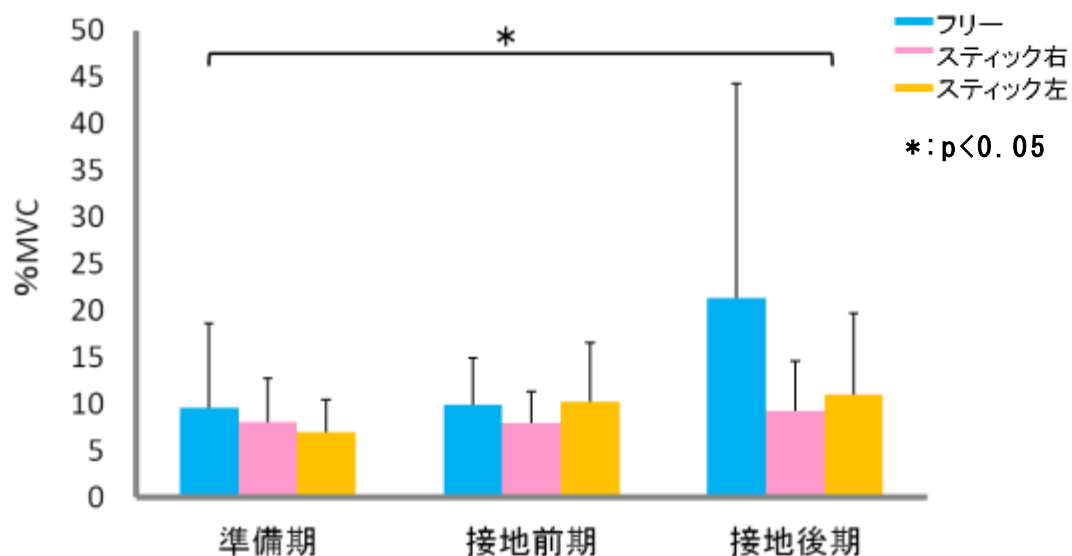


図 22 3 種類のカット動作の右外腹斜筋の筋活動

ii .左外腹斜筋

図 23 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける左外腹斜筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー : $9.6 \pm 6.9\% \text{MVC}$, $9.0 \pm 5.1\% \text{MVC}$, $8.5 \pm 3.7\% \text{MVC}$, スティック右 : $10.2 \pm 8.3\% \text{MVC}$, $9.3 \pm 5.5\% \text{MVC}$, $9.5 \pm 6.5\% \text{MVC}$, スティック左 : $10.0 \pm 7.8\% \text{MVC}$, $9.9 \pm 7.9\% \text{MVC}$, $9.2 \pm 4.7\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間及びフェーズ間に主効果を認めなかった.

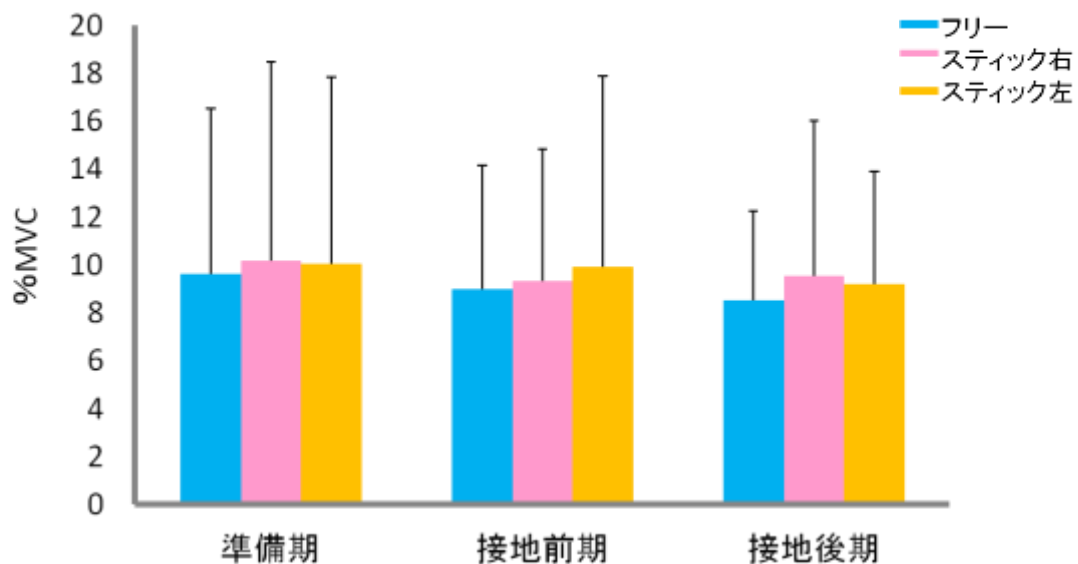


図 23 3 種類のカット動作の左外腹斜筋の筋活動

iii. 右内腹斜筋／腹横筋

図 24 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける右内腹斜筋／腹横筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー: $26.5 \pm 42.8\%MVC$, $33.7 \pm 38.1\%MVC$, $53.1 \pm 51.8\%MVC$, スティック右: $26.1 \pm 35.1\%MVC$, $39.6 \pm 48.5\%MVC$, $40.7 \pm 29.4\%MVC$, スティック左: $33.6 \pm 45.7\%MVC$, $48.0 \pm 60.4\%MVC$, $45.0 \pm 36.5\%MVC$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,フェーズ間に主効果を認めた.

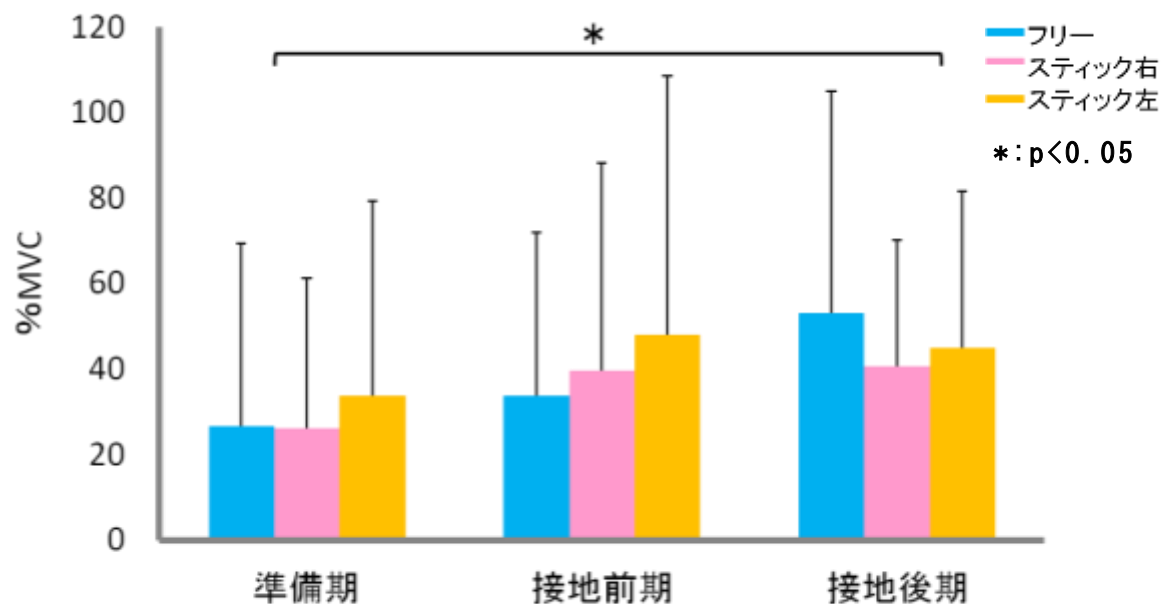


図 24 3 種類のカット動作の右内腹斜筋／腹横筋の筋活動

iv. 左内腹斜筋／腹横筋

図 25 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける左内腹斜筋／腹横筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー: $36.0 \pm 41.2\% \text{MVC}$, $43.6 \pm 60.3\% \text{MVC}$, $47.2 \pm 47.2\% \text{MVC}$, スティック右: $29.4 \pm 26.4\% \text{MVC}$, $27.3 \pm 22.5\% \text{MVC}$, $37.2 \pm 25.9\% \text{MVC}$, スティック左: $31.4 \pm 41.1\% \text{MVC}$, $31.1 \pm 42.7\% \text{MVC}$, $33.4 \pm 39.1\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間及びフェーズ間に主効果を認めなかった.

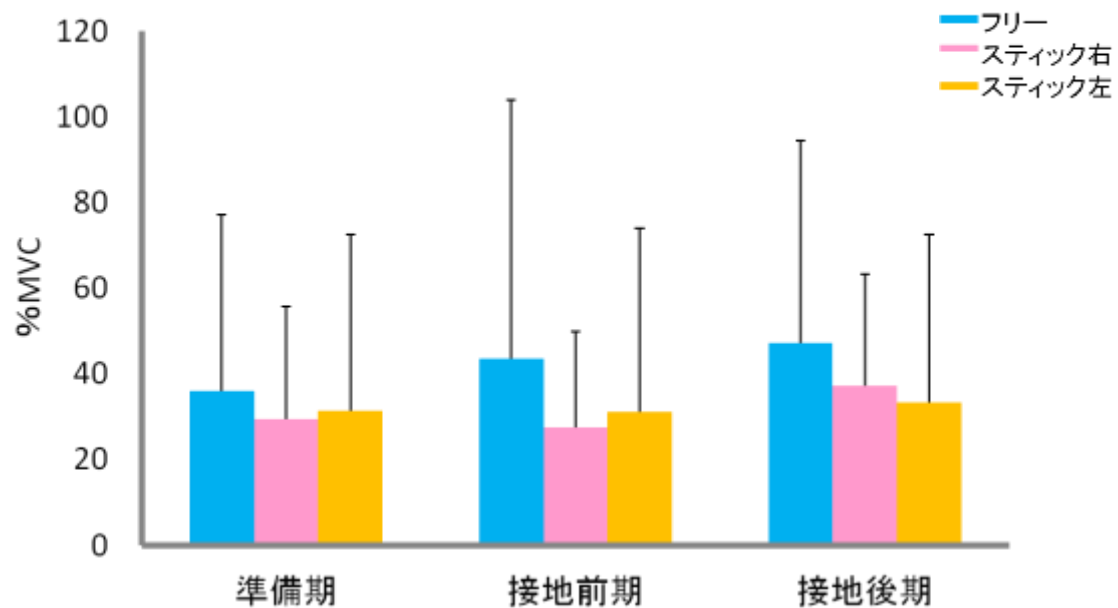


図 25 3 種類のカット動作の左内腹斜筋／腹横筋の筋活動

v. 右脊柱起立筋

図 26 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける右脊柱起立筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー: $25.7 \pm 52.6\% \text{MVC}$, $18.0 \pm 19.1\% \text{MVC}$, $48.2 \pm 66.3\% \text{MVC}$, スティック右: $14.1 \pm 20.8\% \text{MVC}$, $10.8 \pm 11.4\% \text{MVC}$, $21.8 \pm 18.7\% \text{MVC}$, スティック左: $11.1 \pm 16.5\% \text{MVC}$, $6.0 \pm 2.6\% \text{MVC}$, $14.1 \pm 10.6\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間及びフェーズ間に主効果を認めなかった.

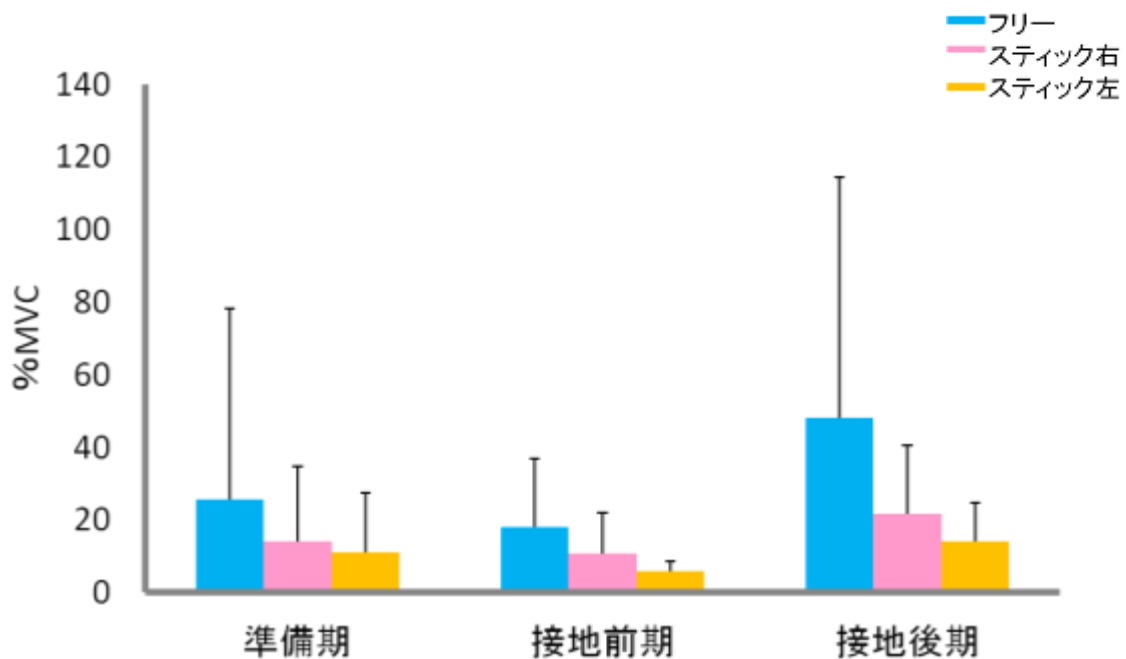


図 26 3 種類のカット動作の右脊柱起立筋の筋活動

vi. 左脊柱起立筋

図 27 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける左脊柱起立筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー: $9.0 \pm 6.0\% \text{MVC}$, $64.8 \pm 90.5\% \text{MVC}$, $11.5 \pm 7.5\% \text{MVC}$, スティック右: $8.3 \pm 8.2\% \text{MVC}$, $39.1 \pm 69.2\% \text{MVC}$, $22.6 \pm 35.1\% \text{MVC}$, スティック左: $6.4 \pm 5.8\% \text{MVC}$, $5.7 \pm 2.9\% \text{MVC}$, $8.9 \pm 5.6\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間及びフェーズ間に主効果を認めなかった.

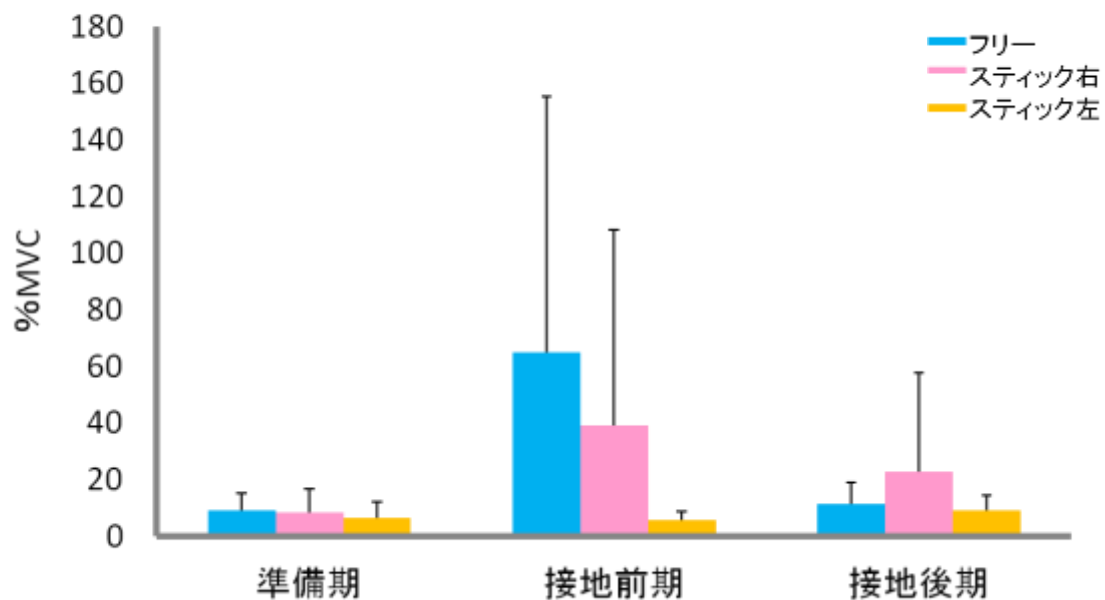


図 27 3 種類のカット動作の左脊柱起立筋の筋活動

vii. 右中臀筋

図 28 にフリー,スティック右,スティック左の各フェーズにおける右中臀筋の筋活動の平均値及び標準偏差を示した.各試技の筋活動の平均値及び標準偏差は,フェーズ順にフリー: $17.1 \pm 8.5\% \text{MVC}$, $32.6 \pm 30.7\% \text{MVC}$, $52.3 \pm 43.1\% \text{MVC}$, スティック右: $22.0 \pm 20.7\% \text{MVC}$, $24.5 \pm 21.6\% \text{MVC}$, $96.7 \pm 189.2\% \text{MVC}$, スティック左: $16.3 \pm 16.4\% \text{MVC}$, $29.2 \pm 25.1\% \text{MVC}$, $36.2 \pm 15.6\% \text{MVC}$ であった.3 種類のカット動作に交互作用を認めず,カット動作間及びフェーズ間に主効果を認めなかった.

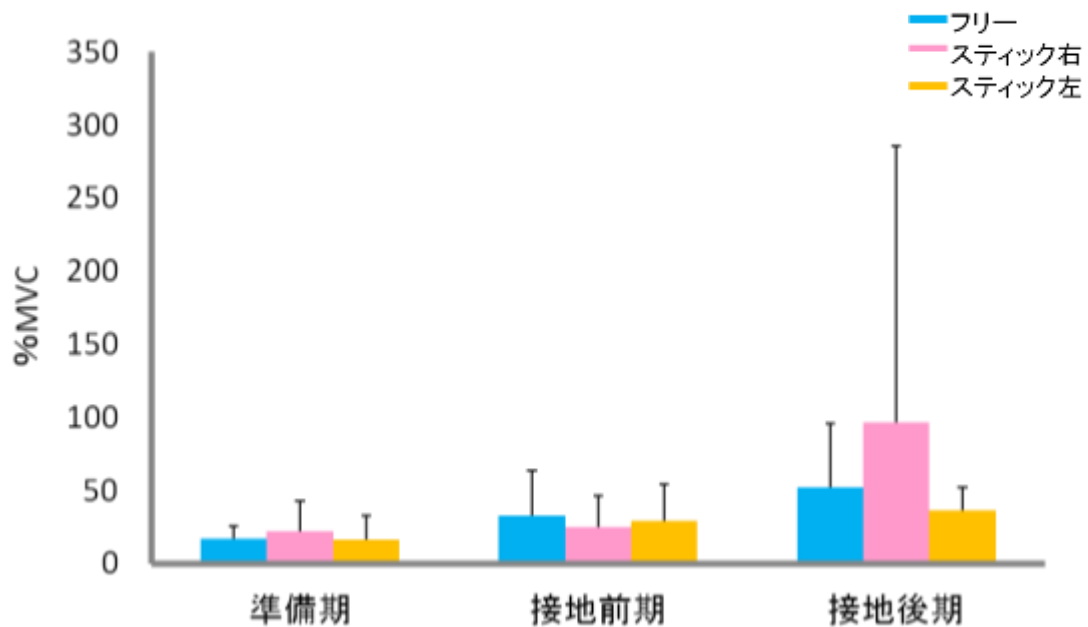


図 28 3 種類のカット動作の右中臀筋の筋活動

V-3. 考察

股関節角度,膝関節角度及び各筋の筋活動において,カット動作間で差を認めなかった.本実験を行うにあたり,スティックを保持することによる上肢の動作の制限により,1)下肢の運動パターンが変化し,筋活動も変化する 2)下肢の運動パターンは変化せず,筋活動は変化する 3)下肢の運動パターンが変化し,筋活動は変化しない という3つの可能性を予測していた.1)は動作が変わったために筋活動も変わるという場合,2)は筋が制動的に働いたために動作は変化しなかったという場合,3)はそのような制動的な筋活動が起こらなかったという場合である.しかし,本実験では,下肢の運動パターンは変化せず,筋活動も変化しなかった.これは,先行研究とは異なる結果である.Chaudhari らは,スティックを保持してのカット動作時は,何も持たないカット動作時と比較して膝関節外反モーメントが 1.7 倍増したと報告しており⁶⁾,上肢の制限が下肢の動作に影響していることが示唆される.

下肢の運動パターン及び筋活動に変化を認めなかった理由として,本実験ではスティックを保持していても上肢の動きが制限されなかった可能性を挙げることができる.Chaudhari らは,体幹の中心線と上肢との距離を算出し,上肢の動作の制限を評価している.その結果,体幹中心と接地側の上肢との距離はスティックを保持すると有意に短くなり,またその距離が短くなるほど膝関節外反モーメントが増した⁶⁾.この結果は,上肢の動作が制限されていない時は,接地側の上肢を体幹の外側に動かすことでバランスをとることができるが,上肢の動作の制限によりそれができない場合は下肢で代償していることを示している.しかし,この先行研究では,スティックを垂直に持つよう指示しており,男子ラクロスの実際の動作とは異なる.男子ラクロスの競技においては多くの場合,図1のよ

うにスティックの下端と上端を握り,クロスを横に倒してバランスをとる.本実験においても,スティックの下端と上端を握るよう指示した.そのため,スティックを垂直に持つ場合とは異なり,スティックを横に倒すことで上肢と体幹中心の距離を保つことができる.このことから,本実験ではスティックの保持により上肢の動作が十分に制限されず,そのため下肢の動作及び筋活動に変化がなかったと考える.

スティックを両手の間を幅広くして持ち,横に倒すという動作は,上肢の動作の制限を減らすための合理的な動作であり,これによりスティックを保持しながらも素早いカット動作やランニングが可能となる.しかし,実際の競技中には,相手選手の動きの影響を受けることや,瞬時の判断が求められることにより,この合理的な動作が崩れる可能性があると考えられる.そのため,スティックを保持することは,男子ラクロスの ACL 損傷発生率が高い要因の 1 つであると考えられる.

VI. 総合考察

本研究は、本邦の男子ラクロスの障害の実態を調べることにより、ACL 損傷発生率が高いことを明らかにし、解剖学的因子とバイオメカニクスの因子から、男子ラクロスにおける ACL 損傷の危険因子を検討した。

課題 1 より、アメリカにおける先行研究⁷⁾⁹⁾²⁴⁾と同様に、本邦においても男子ラクロスは ACL 損傷発生率が高いことが明らかになった。課題 2 より、ACL 損傷の既往歴と全身関節弛緩性は、膝関節外傷の危険因子であることが示唆された。メディカルチェックの項目は、チームに所属するトレーナーが練習場において実施可能な評価方法であること、を基準に選択した。しかし、全身関節弛緩性以外の項目は膝関節外傷との関係性を認めなかった。静的なアライメントが実際の動作時のアライメントにどのように影響するのかを検討することや、膝関節外傷との関係性をそれぞれの項目で評価するだけではなく、他の項目と複合的に評価することが求められる。また、膝関節外反角度と ACL 損傷との関係性については多くの報告があり⁴⁾⁸⁾²⁰⁾²²⁾²³⁾²⁵⁾、膝関節外反角度を 3 次元動作解析と 2 次元画像解析で比較した研究において、カッティングとサイドジャンプで有意な回帰関係が認められた²¹⁾。2 次元での解析の妥当性が明らかになれば、簡便に膝関節外反角度を評価することが可能となり、動作中の膝関節外反角度を前向き調査により検討することも期待できる。更に、本調査では調査期間や対象数が不十分であったため、ACL 損傷に限定せず膝関節外傷として一括して危険因子を検討した。今後は調査期間や対象を増やすことで、より詳細な検討をすることが必要であると考えられる。

課題 3 より、男子ラクロスにおけるカット動作は、スティックを両手の間を幅広くして持ち、横に倒すことにより、上肢の動作の制限を受けないことが示唆された。しかし実際の競技動作中にその動作パターンが崩れ

た場合、上肢の動作の制限により身体のバランスの保持が困難となり ACL 損傷を受傷しやすい肢位となる⁶⁾可能性が示唆される。また、本研究の障害調査期間中に ACL 損傷を受傷した選手の全員が、競技を初めて 2 年以内に初期受傷をしていた。このことから、競技歴の浅い選手は上肢の動作の制限を受けにくい動作パターンの習得ができておらず、ACL 損傷の受傷リスクが高い可能性も示唆される。

他の競技において ACL 損傷は女性での発生率が高いことが報告されているが¹⁾³⁾,Mihata らの報告によるとラクロスにおける ACL 損傷発生率に性差はない(男性 0.17,女性 0.18)²⁴⁾。スティックによる上肢の制限という点では女子ラクロスにおいても共通であるため、男子ラクロス特有の要因が疑われる。男子ラクロスと女子ラクロスはスティックの形状やコート、ルールなど相違点が多いが、大きく異なる点は男子では激しいボディコンタクトを伴うことである。そのため、女子ではゴーリー以外はマウスピースとアイガードのみ着用するのに対し、男子ではヘルメットと上肢、体幹部に防具を着用する⁴⁷⁾⁴⁸⁾。ACL 損傷は非接触型の受傷が多いことが明らかになっているが、相手選手との接触を避けようとした時や、相手選手との接触に気を取られている時の受傷が多いという報告がある⁴⁾。このことから、非接触型の ACL 損傷においても、ボディコンタクトは要因の 1 つであると考えられる。更に、ヘルメットにより視野が制限されることで、神経筋コントロールに影響する可能性、また防具の着用による動作の制限や上肢の重量の増加等も ACL 損傷の発生に関与すると推察する。今後はこれらの男子ラクロスの特徴に着目して、ACL 損傷の発生要因をより詳細に検討することが求められる。更に、ACL 損傷の既往の有無や全身関節弛緩性が、動作様式にどのように影響するのかを明らかにすることが必要である。

サッカーやバスケットボール等の競技に比べ,男子ラクロスを対象とした研究は極めて少ない.しかし,男子ラクロスにおける ACL 損傷発生率が高いことは明らかであり,今後何らかの対策を講じることが求められる.

VII. 結論

本研究は男子ラクロス選手を対象に,前向き障害調査とカット動作時の筋電図及び下肢の動作解析を行い,以下の事柄が明らかとなった.

- i . 本邦においても,男子ラクロスは下肢の障害発生率が高く,中でもACL 損傷発生率が高い.
- ii . ACL 損傷の既往と全身関節弛緩性は膝関節外傷の危険因子となる.
- iii . 男子ラクロスにおけるカット動作では,スティックの保持の有無は,下肢の運動パターン及び筋活動に影響しないことが示された.

VIII. 文献

- 1) Agel, Julie, Elizabeth A. Arendt, and Boris Bershadsky. "Anterior cruciate ligament injury in National Collegiate Athletic Association basketball and soccer a 13-year review." *The American journal of sports medicine* 33.4 (2005): 524-531.
- 2) Agel, Julie, et al. "Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2002–2003." *Journal of Athletic Training* 42.2 (2007): 270.
- 3) Arendt, Elizabeth A., Julie Agel, and Randall Dick. "Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women." *Journal of Athletic Training* 34.2 (1999): 86-92.
- 4) Boden, Barry P., et al. "Mechanisms of anterior cruciate ligament injury." *Orthopedics* 23.6 (2000): 573-578.
- 5) Bonci, Christine M. "Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury." *Journal of athletic training* 34.2 (1999): 155-164.
- 6) Chaudhari, Ajit M., Brenna K. Hearn, and Thomas P. Andriacchi. "Sport-Dependent Variations in Arm Position During Single-Limb Landing Influence Knee Loading Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury." *The American Journal of Sports Medicine* 33.6 (2005): 824-830.
- 7) Dick, Randall, et al. "Descriptive epidemiology of collegiate men's lacrosse injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2003–2004." *Journal of Athletic*

Training 42.2 (2007): 255-261.

8) Ford, Kevin R., et al. "Gender differences in the kinematics of un-anticipated cutting in young athletes." *Med Sci Sports Exerc* 37.1 (2005): 124-129.

9) Hinton, Richard Y., et al. "Epidemiology of Lacrosse Injuries in High School-Aged Girls and Boys A 3-Year Prospective Study." *The American journal of sports medicine* 33.9 (2005): 1305-1314.

10) Horton, Melissa G., and Terry L. Hall. "Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures." *Physical therapy* 69.11 (1989): 897-901.

11) Iguchi, Junta, et al. "The effect of sex and fatigue on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during unanticipated side-step cutting." *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (2013): 1-8.

12) Iida, Yoshiaki, et al. "Role of the coordinated activities of trunk and lower limb muscles during the landing-to-jump movement." *European journal of applied physiology* 112.6 (2012): 2223-2232.

13) Jansson, A., et al. "General joint laxity in 1845 Swedish school children of different ages: age - and gender - specific distributions." *Acta paediatrica* 93.9 (2004): 1202-1206.

14) Junge, Astrid, et al. "Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach." *British journal of sports medicine* 42.6 (2008): 413-421.

15) Junge, Astrid, et al. "Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games." *The American journal of sports medicine* 34.4

(2006): 565-576.

16) Krosshaug, Tron, et al. "Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball video analysis of 39 cases." *The American journal of sports medicine* 35.3 (2007): 359-367.

17) Kulas, Anthony S., et al. "Sex-specific abdominal activation strategies during landing." *Journal of athletic training* 41.4 (2006): 381-386.

18) Livingston, L. A. "The quadriceps angle: a review of the literature." *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 28.2 (1998): 105-109.

19) Loes, M., L. J. Dahlstedt, and R. Thomee. "A 7 - year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports." *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 10.2 (2000): 90-97.

20) Malinzak, Robert A., et al. "A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks." *Clinical Biomechanics* 16.5 (2001): 438-445.

21) McLean, S. G., et al. "Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury." *British journal of sports medicine* 39.6 (2005): 355-362.

22) McLean, S. G., K. B. Walker, and A. J. Van Den Bogert. "Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes: an integrated analysis of three sports movements." *Journal of Science and Medicine in Sport* 8.4 (2005): 411-422.

23) McLean, SCOTT G., SUSANNE W. Lipfert, and Antonie J. van den Bogert. "Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of

sidestep cutting." *Medicine and science in sports and exercise* 36.6 (2004): 1008-1016.

24) Mihata, Leanne CS, Anthony I. Beutler, and Barry P. Boden. "Comparing the incidence of anterior cruciate ligament injury in collegiate lacrosse, soccer, and basketball players implications for anterior cruciate ligament mechanism and prevention." *The American journal of sports medicine* 34.6 (2006): 899-904.

25) Olsen, Odd-Egil, et al. "Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball a systematic video analysis." *The American Journal of Sports Medicine* 32.4 (2004): 1002-1012.

26) Pantano, Kathleen J., et al. "Differences in peak knee valgus angles between individuals with high and low Q-angles during a single limb squat." *Clinical Biomechanics* 20.9 (2005): 966-972.

27) Pinczewski, Leo A., et al. "A 10-Year Comparison of Anterior Cruciate Ligament Reconstructions With Hamstring Tendon and Patellar Tendon Autograft A Controlled, Prospective Trial." *The American journal of sports medicine* 35.4 (2007): 564-574.

28) Ramesh, R., et al. "The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalised joint laxity." *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 87.6 (2005): 800-803.

29) Russell, Kyla A., et al. "Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump." *Journal of Athletic Training* 41.2 (2006): 166-171.

30) Salmon, Lucy, et al. "Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruc-

tion." *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 21.8 (2005): 948-957.

31) Shambaugh, J. PHILIP, A. N. D. R. E. W. Klein, and JOHN H. Herbert. "Structural measures as predictors of injury in basketball players." *Med Sci Sports Exerc* 23.5 (1991): 522-527.

32) Smith, Joanne, et al. "Role of hyperpronation as a possible risk factor for anterior cruciate ligament injuries." *Journal of athletic training* 32.1 (1997): 25-28.

33) Uhorchak, John M., et al. "Risk Factors Associated with Noncontact Injury of the Anterior Cruciate Ligament A Prospective Four-Year Evaluation of 859 West Point Cadets." *The American journal of sports medicine* 31.6 (2003): 831-842.

34) US Lacrosse, "2012 participation survey" <http://www.uslacrosse.org/Portals/1/documents/pdf/about-the-sport/2012-participation-survey.pdf>

35) Woodford-Rogers, Becky, Lynne Cyphert, and Craig R. Denegar. "Risk factors for anterior cruciate ligament injury in high school and college athletes." *Journal of athletic training* 29.4 (1994): 343-346.

36) Woodland, Lynn H., and Rulon S. Francis. "Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college-aged men and women in the supine and standing positions." *The American journal of sports medicine* 20.2 (1992): 208-211.

37) Wu, Ge, and Peter R. Cavanagh. "ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data." *Journal of biomechanics* 28.10 (1995): 1257-1261.

- 38) Wu, Ge, et al. "ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine." *Journal of biomechanics* 35.4 (2002): 543-548.
- 39) 日本ラクロス協会公式サイト.Relay <http://www.lacrosse.gr.jp/>
- 40) 臨床歩行分析研究会.DIFF 解説書 歩行データ・インターフェイス・ファイル活用マニュアル 歩行データ・フォーマット標準化.<http://gait-analysis.jp>
- 41) 佐野村学, et al. "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 = The journal of Japanese Society of Clinical Sports Medicine* 20.3 (2012): 460-468.
- 42) 財団法人 日本体育協会. 公認 アスレティックトレーナー専門科目テキスト 第5巻 検査・測定と評価. (2007):41
- 43) 山本純, 大沼寧. "J1 プロサッカーチームにおける足関節捻挫の発生状況." *日本臨床スポーツ医学会誌* 21.3 (2013): 763-770.
- 44) 倉林準, 持丸正明, and 河内まき子. "股関節中心推定方法の比較・検討." *バイオメカニズム学会誌* 27.1 (2003): 29-36.
- 45) 中嶋寛之. "女子体操選手における前十字靱帯損傷." *整形・災害外科* 27 (1984): 609-613.
- 46) 鳥居俊, 鳥居直美, 渡邊裕之. "大学アメリカンフットボールにおける主要関節外傷と全身関節弛緩性との関係." *体力科学* 53.5 (2004): 503-507.
- 47) 日本ラクロス協会. "日本ラクロス協会公認男子競技用ルールブック"(2011):日本ラクロス協会事務局東京本部
- 48) 日本ラクロス協会."日本ラクロス協会公認女子競技用ルールブック"

ク”(2011):日本ラクロス協会事務曲東京本部

IX.謝辞

本研究は,大変多くの方々のお力添えにより実現致しました.

早稲田大学スポーツ科学学術院金岡恒治教授は,本研究の実施にあたり多くのご助言を頂いた他,その幅広い知識とご経験から,興味深いお話を日々聞かせて頂きましたことに心から感謝致します.東伏見で美味しいラーメンをご馳走になりながら,将来についてお話したことは,私の学生生活において大変思い出深い出来事となりました.

副査を快く引き受けて下さった福林徹教授,中村千秋准教授,鳥居俊准教授に厚く御礼申し上げます.特に中村千秋准教授は,卒業論文の際も副査を引き受けて下さり,再びご指導頂けることに喜びをかみしめております.

埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科の大久保雄助教は,本研究の初期段階から熱いご指導を頂きました.埼玉医科大学にお勤めになってからも,メディカルチェックにご協力頂いた他,マラソン大会のボランティアという貴重な経験をする機会を与えて頂いたことに言葉では言い表せないほど感謝しております.

本研究の実施にあたり,多くのご助言を頂いた健康科学大学成田崇矢准教授,帝京大学佐保泰明助教,機材の使用法を教えて下さった彼末研究室の諏訪さちこ氏,オイラー角について相談に乗って下さった矢内研究室の谷茂樹氏,予備実験の段階から常に手伝って下さった川上研究室の菱川啓太氏,メディカルチェックのご協力を頂いた埼玉医科大学スポーツ医学研究同好会の皆様,快く被験者を引き受けて下さった本学ラクロス部の選手の皆様,日々グラウンドでデータをとって下さった学生トレーナーの小谷孝明氏,執筆の合間に楽しくトレーニング指導して下さった伊勢龍顕コーチ、柳昌永コーチに,心から御礼申し上げます.

そして、金岡研究室の偉大な先輩方、中井真吾氏、関根千恵氏、長谷部清貴氏、飯塚哲司氏、松永直人氏は大変心強い存在でした。特に、機械音痴の私にパソコン技術をゼロから教えて下さった飯塚哲司氏、いつも美味しいコーヒーを入れて下さった松永直人氏には大変お世話になりました。また、個性的な3人の後輩、上野彬恵氏、木野彩奈氏、梶原慶裕氏は研究室で過ごす時間を楽しいものにして下さいました。そして、神舘盛充氏、原有美氏、森本康広氏は共に切磋琢磨し合った大切な同期です。森本康広氏はご丁寧な英語文書の添削を下さり、お陰様で英語での学会発表を経験することができました。そして、時に真面目に、時におちゃらけて私の大学院生活に潤いを与えてくれた神舘盛充氏は、友達の大切さを再認識させて下さいました。

最後に、なかなか社会人にならない娘の我がままを見守ってくた父、学ぶことの面白さを教えてくれた母、笑いを提供してくれた兄に、この場を借りて感謝の意を表す。