

中京大学博士審査学位論文

大学院体育学研究科

陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの予防に向けた疫学研究

The epidemiological study for prevention of hamstring strain injury in
Track & Field athletes.

2019年10月7日申請

中京大学大学院体育学研究科体育学専攻

徳武 岳

目次

第 1 章 序論	1
第 1 節 研究背景	1
第 2 節 本研究の目的, 課題	8
第 2 章 陸上競技における外傷発生の特徴	10
第 1 節 緒言	10
第 2 節 方法	10
第 3 節 結果	11
第 4 節 考察	15
第 5 節 本章のまとめ	20
第 3 章 陸上競技で発生するハムストリング肉ばなれの特徴 : 発生時期と気温との関連	21
第 1 節 緒言	21
第 2 節 方法	22
第 3 節 結果	23
第 4 節 考察	26
第 5 節 本章のまとめ	31

第 4 章	陸上競技によるハムストリング肉ばなれ既往者の	
	身体機能の特徴	32
第 1 節	緒言	32
第 2 節	方法	32
第 3 節	結果	35
第 4 節	考察	39
第 5 節	本章のまとめ	41
第 5 章	陸上競技によるハムストリング肉ばなれの	
	発生要因の検討	42
第 1 節	緒言	42
第 2 節	方法	43
第 3 節	結果	45
第 4 節	考察	50
第 5 節	本章のまとめ	52
第 6 章	総合考察	53
第 1 節	陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴	53
第 2 節	陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生要因 ..	56
第 3 節	本研究の限界	59

第 4 節 臨床への応用	60
第 5 節 今後の研究課題	61
第 7 章 結語	63
論文の構成	64
参考文献	67
謝辞	76

第 1 章 序論

第 1 節 研究背景

第 1 項 陸上競技におけるスポーツ傷害

陸上競技は、走る、投げる、跳ぶ、といった、様々なスポーツの基礎となる運動の記録を競い合うシンプルかつ奥深い競技である。この競技においては、身体能力の限界に挑むという特性上、様々な傷害が発生する。また、軽度の傷害でさえ、記録に大きな影響を及ぼすことも、陸上競技における傷害の特徴である。

スポーツ傷害の予防を達成するための疫学的なプロセスとして、1992年に「傷害予防の4ステップモデル」が報告されている(Van Mechelen et al., 1992)(図 1-1)。これは傷害予防を達成するために、以下の4つのステップを経ることが効果的である、とする考え方である。4つのステップは、(1)スポーツ傷害の広がり(発生率および重症度)を明らかにする、(2)傷害発生の要因とメカニズムを明らかにする、(3)予防介入を実施する、(4)予防介入の効果を検証する、で構成される。ステップ3において、より効果的な予防介入の方策を考案する上で、傷害の特徴を正確に理解し(ステップ1)、発生要因やメカニズムを理解すること(ステップ2)は重要である。よって、本研究ではこの4つのステップのうち、前半の2つのステップに着目する。

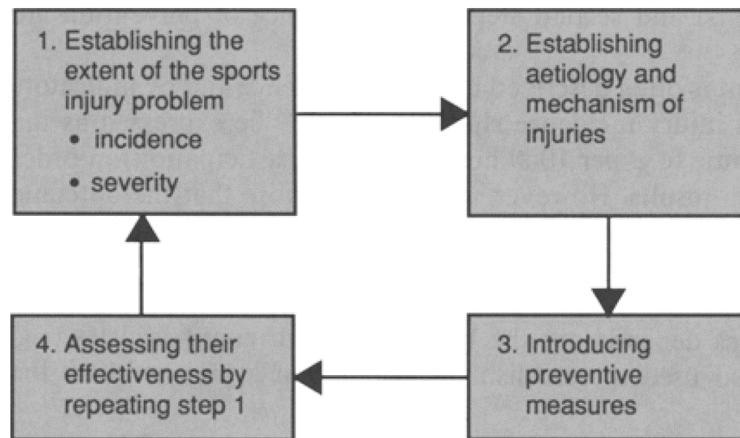


図 1-1：傷害予防の 4 ステップ (Van Mechelen et al., 1992)

陸上競技におけるスポーツ傷害の発生に関する疫学研究は、主に国際大会の期間中に発生した傷害の報告によってなされてきた (Alonso et al., 2009; Alonso et al., 2010; Alonso et al., 2012; Edouard et al., 2013; Bigouette et al., 2018). 2007 年に大阪で開催された陸上競技の世界選手権において発生した傷害は 192 件であり、その発生率は 97.0 injuries/1000Athletes であった (Alonso et al., 2012). 報告された全傷害のおよそ 80%を下肢の傷害が占めており、最も多い傷害は大腿部の肉ばなれであったことが報告されている。

このように、陸上競技のスポーツ傷害に関するエビデンスは競技会時の短期的な調査によって構築されてきたが、その対象がトップレベルのアスリートに限られていることや、練習時の傷害発生について捉えることができていないことは課題である。実際に、2014年に報告された陸上競技の傷害や疾病の疫学研究に関するコンセンサスステイットメント (Timpka et al., 2014)では、練習を含めた長期的な傷害発生の報告が限られていることが、問題点として挙げられている。このような課題の背景として、陸上競技が個人種目であり、個人の活動状況や傷害の状態を把

第1章 序論

握することが難しいことや、多くの陸上競技のチームに傷害予防を専門とする医療スタッフが常駐している例が少ないことなどが考えられる。陸上競技選手の傷害を予防し、パフォーマンス向上を目指すうえで、傷害発生に関する長期的な疫学研究は必須である。

第2項 ハムストリング肉ばなれの受傷機転

陸上競技において発生するスポーツ傷害の代表的な例としてハムストリング肉ばなれがある。国際大会中に発生した傷害について報告しているいくつかの先行研究では、大腿部の肉ばなれが最も多かったことが報告されている (Alonso et al., 2009; Alonso et al., 2010; Alonso et al., 2012; Edouard et al., 2013; Bigouette et al., 2018)。また、2011年に大邱で開催された世界選手権では期間中に発生した全傷害の15.3%をハムストリング肉ばなれが占めており、最多であったことが報告されている (Alonso et al., 2012)。このように、陸上競技選手にとって、ハムストリング肉ばなれの予防は重要な課題であるにもかかわらず、そのエビデンスは非常に限られている (Yamamoto et al., 1993; Opar et al., 2014)。これまで、ハムストリング肉ばなれに関する研究は、主にオーストラリアンフットボールやラグビー、サッカーなどの球技種目の選手を対象に行われてきた (Bennell et al., 1998; Orchard et al., 2001; Verall et al., 2001; Woods et al., 2001; Gabbe et al., 2006; Brooks et al., 2006; Croisier et al., 2008; Warren et al., 2010; Small et al., 2009; Engebretsen et al., 2010; Fousekis et al., 2011; Freckleton et al., 2013; Zvijac et al., 2013; Freckleton et al., 2014; Opar et al., 2015)。

スポーツ活動中に発生するハムストリング肉ばなれは受傷機転によって2つのタイプに分類できるとされている (Askling et al., 2006)。それら

第1章 序論

は高い速度の疾走動作によって発生する”high-speed running type”と、転倒などによってハムストリングが最大限に伸張され発生する”stretching type”の2種類である。両タイプの間で、重症度や再発率が異なることも指摘されている。このことから、両タイプではその発生の特徴や発生に影響する要因も異なる可能性が考えられる。しかしながら前述のとおり、先行研究のほとんどは球技系種目の選手を対象に行われており、これらの研究で扱った症例には両タイプが混在している可能性がある。一方で、陸上競技は身体的な接触が生じないため、発生するハムストリング肉ばなれはほとんどすべてが high-speed running type であると考えられる。この点で、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれを題材に研究を実施することは、high-speed running type のハムストリング肉ばなれの発生要因を特定し、予防を達成する上で非常に有効である。さらに、陸上競技において、high-speed running type のハムストリング肉ばなれの予防策を明らかにすることで、high-speed running を伴う様々なスポーツ種目における傷害予防やリハビリテーションに応用することが可能となることの意義は大きい。

第3項 ハムストリング肉ばなれの発生要因

スポーツ傷害の発生要因には個体に由来する内的要因と個体の接する環境に由来する外的要因が存在し、内的要因をもつ個体が、外的要因にさらされることで、傷害発生につながると考えられてきた(Meeuwisse et al., 2007)(図 1-2)。

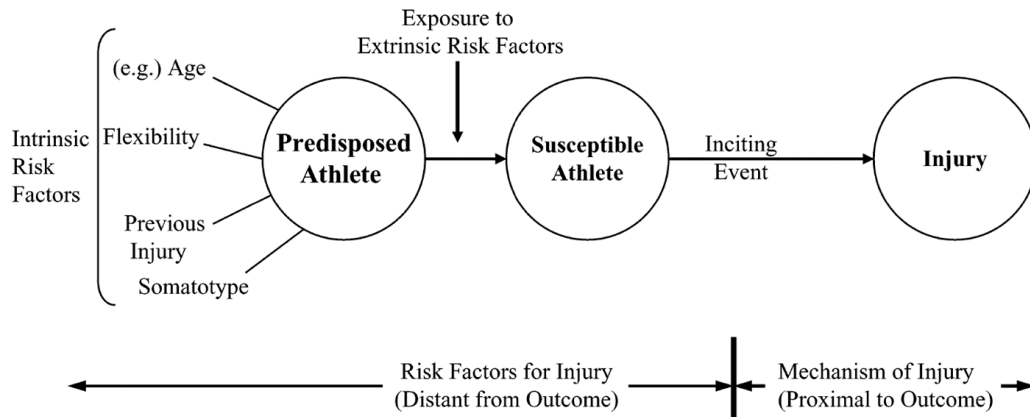


図 1-2：スポーツ傷害の多要因性 (Meeuwisse et al., 2007)

ハムストリング肉ばなれの発生要因に関する研究は数多く行われている (Bennell et al., 1998; Orchard et al., 2001; Verall et al., 2001; Gabbe et al., 2006; Croisier et al., 2008; Warren et al., 2010; Engebretsen et al., 2010; Fousekis et al., 2011; Freckleton et al., 2013; Freckleton et al., 2014)が、そのほとんどは「内的要因」に関するものであり、「外的要因」に関する先行研究は非常に少ない (Orchard et al., 2001; Lawrence et al., 2016). 外的要因に関する先行研究では、気温、天候、風速、時期、時間帯、サーフェスなどについて検討しているが、いずれの項目においてもハムストリング肉ばなれの発生との有意な関連は見られていない。外的要因は、直接介入することが難しいものの、傷害発生のリスクが高い環境を知ることとは、トレーニングプログラムを安全に遂行する上で役立つ。それゆえ、ハムストリング肉ばなれの外的要因に関するさらなる研究が必要である。本研究では、その中でも気温と時期に着目する。

また、ハムストリング肉ばなれの内的発生要因に関する研究において検討された要因の多くは、筋力や可動域に関する項目であり、特に筋力については膝関節屈曲・伸展筋力の測定を基本とし、その筋力比などに

第1章 序論

ついて数多くの研究で検討されてきた (Bennell et al., 1998; Orchard et al., 2001; Croisier et al., 2008; Engebretsen et al., 2010; Freckleton et al., 2013; Zvijac et al., 2013). しかしながら, その結果は研究間で一致しておらず, 統一した見解は得られていない. 事実, ハムストリング肉ばなれの内的発生要因について検討した最新の meta-analysis (Freckleton et al., 2013) において, 年齢, 既往歴, 人種, 筋力, 可動域などについて総合的に分析しているが, 有意な関連がみられた項目は, ハムストリング肉ばなれの既往歴と高い年齢, 大きな膝伸展の最大トルクのみであった. 以前行われたいくつかのシステマティックレビューにおいて, 年齢と既往歴の結果は一致しているが, その他の介入可能な内的要因については, 一致した結果が得られていない (Foreman et al., 2006; Prior et al., 2009; Emery et al., 1999). 筋力や可動域などの介入可能な内的発生要因に関する情報は有効な介入方法を考案する上で重要である.

このような現状を打破するために, 本研究では, 先行研究の3つの課題に着目する. 第一に受傷機転について, 第二に交絡因子について, 最後に未検討の因子についてである. それぞれの課題について以下に詳述する.

第一の課題である受傷機転について, 前項に述べたとおり, ハムストリング肉ばなれは受傷機転に基づいて, "high-speed running type" と "stretching type" の2つのタイプに分類されている (Askling et al., 2006). 本研究では陸上競技における high-speed running type に着目した. このタイプのハムストリング肉ばなれは, stretching type に比較して再発率が高いことが示されている (Askling et al., 2006). また疾走動作は様々なスポーツ種目に含まれるため, このタイプのハムストリング肉ばなれの予防方法を確立することで, 全力疾走を含む他の競技の外傷予防に応用

第1章 序論

できる可能性が高い。

第二の課題である交絡因子について、先行研究においてはハムストリング肉ばなれの発生に対するそれぞれの発生要因の関係性について一対一の関係で検討しているものが多い(Croisier et al., 2008; Warren et al., 2010; Zvijac et al., 2013)。発生要因を明らかにする上で考慮すべき重要なバイアスとして交絡因子(交絡バイアス)がある。交絡因子とは、Exposure(要因: 筋力, 可動域)と Outcome(ハムストリング肉ばなれ)の両者に関連する因子のことを指す(Greenland et al., 2001)。交絡因子の存在は、Exposure と Outcome の関連性を明らかにする上で妨げになる。ハムストリング肉ばなれにおける発生要因としていくつかのシステマティックレビューで明らかになっている既往歴や年齢などは、その他の介入可能な内的要因(Exposure)のハムストリング肉ばなれ(Outcome)に対する影響を明らかにする上で、交絡因子として影響している可能性が高い。交絡因子の影響を考慮するためには、研究デザインや分析方法を交絡因子について考慮したものに変更する必要がある。

そして、最後の課題である未検討の因子について、本研究においては股関節に着目した。先行研究では、膝関節屈曲伸展筋力を基にした様々な項目(屈曲伸展筋力比, 左右屈曲筋力比, 屈曲筋力, 伸展筋力)について、ハムストリング肉ばなれとの関連を検討している(Bennell et al., 1998; Fousekis et al., 2011; Freckleton et al., 2013; Orchard et al., 1997; Cameron et al., 2003; Henderson et al., 2010; Yamada et al., 2009)。しかしながら股関節の指標とハムストリング肉ばなれとの関連に関する知見は非常に限られている。ハムストリングは膝関節と股関節に作用する二関節筋であり、股関節のハムストリング肉ばなれへの影響を特定することは、膝関節の機能を評価することと同等以上の価値があると考えられる。

第1章 序論

また、high-speed running type の受傷機転である疾走動作においては股関節が膝関節以上に大きな力を発揮していることが示されている (Ounpuu et al., 1990). このことから、high-speed running type のハムストリング肉ばなれに対する股関節の指標の関連を検討することは、ハムストリング肉ばなれの予防に新たな知見をもたらす可能性があると考えられる.

第2節 本研究の目的, 課題

第1項 本研究の目的

本研究では、陸上競技において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれの特徴を明らかにし、その発生に関連する要因を明らかにすることを目的とした.

第2項 本研究の課題

上記の目的を達成するため、本研究では、以下の4つの研究課題を設定した.

【研究課題1】

大学陸上競技選手の外傷発生を記録し、1年を通して経験する外傷の特徴を明らかにする.

【研究課題2】

大学陸上競技において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれを記録し、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生が頻発する時期を特定する. また、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生と気温との関連を明らかにする.

【研究課題 3】

ハムストリング肉ばなれの既往歴の有無で、身体機能を横断的に比較することで、ハムストリング肉ばなれの既往歴を有する陸上競技選手の身体機能の特徴を明らかにする。

【研究課題 4】

大学陸上競技選手を対象に、ハムストリング肉ばなれと身体機能の交絡因子であると考えられる因子の影響を除外したうえで、縦断的に high-speed running type のハムストリング肉ばなれの発生と、介入可能な内的要因との関連を明らかにする。

第2章 陸上競技における外傷発生の特徴 (研究課題1を構成)

第1節 緒言

陸上競技においては様々なスポーツ傷害が発生する。しかしながら陸上競技の練習時を含めた傷害発生の特徴について、長期的かつ網羅的に報告した研究は少ない(Jacobsson et al., 2013)。陸上競技選手の年間の活動の大部分は練習であり、練習時に受傷することで、試合などへの参加を断念することも考えられるため、練習時を含めた陸上競技の活動全体の傷害発生の特徴を知ることは重要である。本章では陸上競技の傷害記録に関するコンセンサスステイトメント(Timpka et al., 2014)に基づき、スポーツ傷害の中でも、選手が活動を一時的に休止せざるを得ない危険性が高い「外傷」に着目し、大学陸上競技選手における外傷発生率や競技動作(走・跳・投)ごとの特徴について明らかにすることを目的とした。

第2節 方法

2017年度に某大学陸上競技部に所属した1年生から3年生の男女183名(男:117名, 女:66名)の選手(年齢:18-21歳)を対象とした。対象の参加種目は短距離(52名), 中距離(10名), 長距離(21名), 競歩(7名), ハードル(15名), 跳躍(35名), 投擲(31名), 混成(12名)であった。観察期間は2017年4月1日から2018年3月31日までの1年間とし、期間中に選手が受傷した外傷について、学生トレーナーが相談を受けたものを記録した。外傷発生時には、対象者は医療施設において整形外科医による診察を受診することにより、診断を得た。

外傷の記録方法については、陸上競技の疫学研究のためのコンセンサスステイトメントに則った(Timpka et al., 2014)。外傷は「医学的な介入

第2章 研究課題1

を受けたかどうかにかかわらず、陸上競技の試合や練習に参加している際に選手が経験した、「エネルギーの伝達によって生じた身体的な苦痛または観察可能な損傷」と定義された。身体部位は全身を24の部位に分類し、必要に応じてさらに詳細に記録した。外傷の種類は21種類に、参加種目は10種目に分類された。傷害の種類には慢性障害の分類も含まれたが、コンセンサスステイトメントの記録方法を変更せずに使用した。記録された外傷について、種目や性別ごとの外傷発生率を算出し、属性間の比較には χ^2 検定を用いた。統計解析はEZRを用い、有意水準は危険率5%未満とした。なお本章はヘルシンキ宣言に準じており、使用したすべてのデータは匿名化の手続きを行った。

第3節 結果

第1項 外傷発生率の比較

観察期間中に記録された外傷は66件であり、全体の外傷発生率は年間36.07件/100人であった。月ごとの外傷発生件数の分布を図2-1に示す。

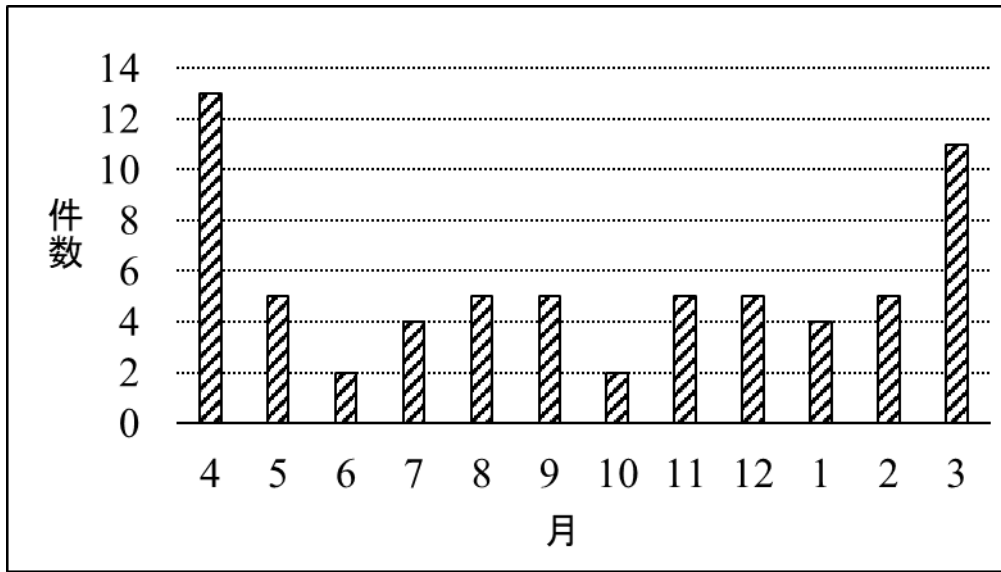


図 2-1：すべての外傷の月別発生件数

3月と4月で外傷発生件数が多かった。男女の外傷発生件数は男性が42件、女性が24件で男性が多かったが、外傷発生率では男性で35.90件/100人、女性で36.36件/100人であり、性別間で有意な差はみられなかった。すべての学年の外傷発生件数はそれぞれ22件であり、外傷発生率にも学年間に有意な差はみられなかった(1年生:33.84件/100人、2年生:39.29件/100人、3年生:35.48件/100人)。種目ごとの外傷発生率(発生件数)は、高い順から投擲が58.06件/100人(18件)、ハードルが46.67件/100人(7件)、短距離が42.31件/100人(22件)、跳躍が34.29件/100人(12件)、混成が25.00件/100人(3件)、中距離が20.00件/100人(2件)、競歩が14.29件/100人(1件)、長距離が4.76件/100人(1件)であった。2×8のクロス集計表による分析では、外傷発生率で種目間に有意な差はみられなかった。しかしながら、外傷発生件数が少ない種目が多く、期待度数が低いセルが全体の30%を占めたため、短距離と中距離、ハードルを「短距離系」、長距離と競歩を「長距離系」とし、計5種目間の発生率の比較

(2×5 のクロス集計表による分析)を行ったところ，長距離系の 7.14 件/100 人に比較して，投擲の 58.06 件/100 人と，短距離系の 40.26 件/100 人で有意に外傷発生率が高かった(図 2-2，表 2-1).

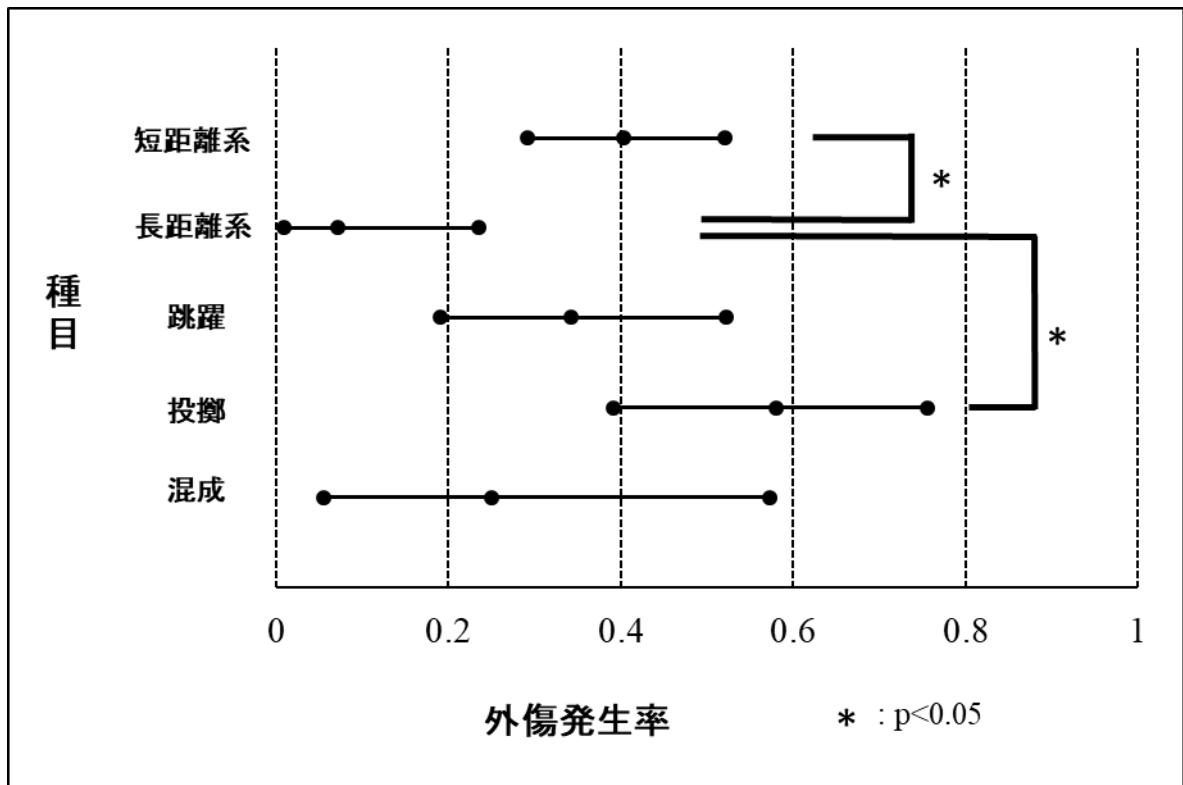


図 2-2：種目ごとの外傷発生率

表 2-1：種目ごとの外傷発生

種目	短距離系			長距離系		跳躍	投擲	混成
	短距離	中距離	ハードル	長距離	競歩			
外傷発生数	22	2	7	1	1	12	18	3
母数	52	10	15	21	7	35	31	12
外傷発生率	0.42	0.2	0.47	0.05	0.14	0.34	0.58	0.25

第2項 陸上競技における外傷発生の特徴

記録された外傷の発生部位の件数(割合)では，多い順から，大腿部が

第2章 研究課題1

28件(42.4%)、足関節が10件(15.2%)、下腿部が5件(7.6%)であった(表2-2)。傷害の種類の数(割合)では、多い順から、肉ばなれ/筋断裂が38件(57.6%)、捻挫が15件(22.7%)、骨折と筋膜炎/腱膜傷害、皮膚傷害がそれぞれ2件(3.0%)であった(表2-3)。

表2-2：主な外傷発生部位

順位	部位	件数(件)	割合(%)
1	大腿	28	42.4
2	足関節	10	15.2
3	下腿	5	7.6
4	膝関節	4	6.1
4	足部	4	6.1

表2-3：主な外傷の種類

順位	外傷の種類	件数(件)	割合(%)
1	肉ばなれ/筋断裂	38	57.6
2	捻挫	15	22.7
3	骨折	2	3.0
3	筋膜炎/腱膜傷害	2	3.0
3	皮膚傷害	2	3.0

第3項 短距離系種目におけるハムストリング肉ばなれ

傷害の種類で「肉ばなれ/筋断裂」と記録された38件の外傷の発生部位の内訳をみたところ、大腿部が26件(68.4%)を占めており、最多であった。また、「大腿部・肉ばなれ/筋断裂」は全外傷の39.4%を占めており、外傷の種類と部位の組み合わせでも最多であった。さらに傷害部位で大腿部と記録された28件の外傷のうち22件(78.6%)が大腿部の後面

で発生していた。大腿部肉ばなれを受傷した選手の種目の内訳については、短距離が12件(46.2%)で最も多く、次いで跳躍の6件(23.1%)、ハードルの5件(19.2%)であった。なお、記録されたハムストリング肉ばなれは全て疾走時に発生する high-speed running type であった。

第4項 投擲種目における足関節捻挫

傷害の種類で「捻挫」と記録された15件の外傷の発生部位の内訳をみると、足関節が10件(66.7%)を占めており、最多であった。「足関節・捻挫」は全外傷の15.2%を占めており、外傷の種類と部位の組み合わせの中で「大腿部・肉ばなれ/筋断裂」に次ぐ2番目に多かった。さらに、外傷部位が足関節と記録された外傷の全体が10件であったことから、足関節で生じた外傷のすべてが捻挫であった。これらの足関節捻挫のうち最も多い6件(60%)は足関節の外側で発生しており、内側で2件(20%)、内外側両側の損傷が2件(20%)であった。足関節捻挫を受傷した選手の種目の内訳については投擲で5件(50%)と最も多く、次いで跳躍で2件(20%)、短距離、長距離、ハードルでそれぞれ1件ずつ(10%)であった。

第4節 考察

本章では陸上競技のシーズン中に発生する外傷の特徴について明らかにすることを目的とした。全体の外傷発生率は36.07件/100人であった。性別や学年の属性間で外傷発生率に有意な差はみられなかった。種目別の比較においては投擲種目と短距離種目において長距離種目に比較して外傷発生率が有意に高かった(表2-1)。主な外傷部位は大腿部と足関節であり(表2-2)、主な外傷の種類は肉ばなれ/筋断裂と捻挫であった(表2-3)。

Alonso et al.の報告によれば、2011年の世界選手権に参加したアスリ

第2章 研究課題1

ート 1512 人において 8 日間に記録された外傷の件数は 91 件であった (Alonso et al., 2012). これを本章と同様の方法を用いて発生率を概算すると年間 274.59 件/100 人であり, これは本研究の約 7.6 倍の発生率である. Alonso et al.の報告においても, 試合期間中の練習会場で発生した外傷の発生率に比較すると, 試合中に発生した外傷の発生率は約 8.5 倍であった (Alonso et al., 2012). 本章の結果と統合すると, 試合中の外傷発生率が練習時の外傷発生率を大きく上回っていることがわかる. 一方でシーズン中には, 試合の日数に比較して練習の日数が大きく上回っており, 練習時の外傷についても注意を向ける必要があることは確かである.

月別外傷発生件数の比較において, 3 月から 4 月に外傷が多く発生していたことはシーズンの影響が考えられる (図 2-1). 本邦における陸上競技のシーズンは主に 3 月の中旬から始まる. この時期のトレーニング負荷の上昇や, オフシーズンのトレーニングによる疲労, 低い気温などが, この時期の外傷発生に関連していることが推測される.

本章において, 性別の外傷発生率に有意な差はみられなかった. Alonso et al.の報告では, 試合期間中の傷害発生率では女性に比較して男性で有意に高かった (1.28 倍) (Alonso et al., 2012). このような違いが生まれた原因として, 本章のサンプルサイズが小さかったことや, 本章が外傷のみに着目した調査であったこと, また試合時と練習時の外傷発生率の性差などが考えられる.

また, 学年間の外傷発生率にも有意な差はみられなかった. 学年間の傷害リスクに違いがあることを報告した研究はみられない. 特に個人種目である陸上競技などでは, トレーニングプログラムも個々で異なるため, チームスポーツに比較して, 学年などのカテゴリーによる差は現れにくいことが予想される. 現状のエビデンスから考えると, 学年の違い

が陸上競技における外傷発生に関連する可能性は低いと考えられる。

種目間の比較において、短距離系種目や投擲種目に参加する選手の外傷発生率は、長距離系種目に参加する選手に比較して有意に高かった(表 2-1)。この結果は、長距離種目に比較して短距離や投擲種目が、明らかに大きなパワーを必要とする種目であり、そのため急性の発症である外傷が発生しやすいことを示していると考えられる。Alonso et al.の報告では混成種目の傷害発生が最も多かったとされているが(Alonso et al., 2012)、本章においては、他の種目との差は見られなかった。混成種目は練習時に比較して、試合時の負荷が非常に高いという特徴があり、その特徴は他の種目に比較しても顕著であるため、試合時の傷害発生が特に多く、練習時の外傷発生率は、特徴的な値を示さなかったと考えられる。

本章では、各種目のサンプルサイズが限られていたため、種目間の比較において、いくつかの種目をまとめる措置を取った。この分析において、中距離選手を短距離系に含めた理由として、対象となったすべての中距離選手がシーズン中に 800m に参加しており、1500m に参加していなかったことや、本章で対象とした陸上競技部において短距離、中距離、ハードルに参加する選手は「短距離ブロック」、長距離と競歩に参加する選手は「長距離ブロック」として活動していたことが挙げられる。

外傷発生の特徴について考えると、最も多かった外傷は、大腿部肉ばなれと足関節捻挫であった(表 2-2, 表 2-3)。この結果は先行研究と一致しており、Alonso et al.の報告によれば、世界選手権期間中に発生した傷害のうち最も多かった発生部位は大腿部(26.9%)であり、多かった傷害の種類は肉ばなれ(30.9%)と捻挫(21.7%)であった(Alonso et al., 2012)。

本章の結果から、肉ばなれのおよそ 70%が大腿部で、さらにそのうちおよそ 80%が大腿部後面で発生していた。また大腿部肉ばなれの多くは

短距離種目と跳躍種目で発生しており、すべてのハムストリング肉ばなれが high-speed running type であった。短距離種目と跳躍種目に参加する選手は、試合時だけでなく練習時にも高い速度で疾走している。これらの高速疾走への暴露によって、high-speed running type のハムストリング肉ばなれが多発することが推測される。これらの種目に参加する選手は、ハムストリング肉ばなれ予防を目的としたトレーニングを実施し、疾走速度の過剰な変化を避けるといった予防策を講じる必要がある。

また、発生部位が足関節と記録された外傷のすべてが捻挫であった。足関節捻挫が最も多く記録された種目は投擲種目であった。これらの結果から、足関節の捻挫はハムストリング肉ばなれに次いで頻発する外傷であることが明らかとなった。投擲種目は助走やターンなどで生成した運動エネルギーを投擲物に伝える際に、自らの身体を急激に止める運動が必要となる。このような動きでは下肢に非常に大きな力が加わり、接地時にバランスが崩れることによって足関節捻挫を受傷する恐れがある。本章では受傷した際の細かな情報を得ることは出来なかったが、今後は投擲選手の足関節捻挫のメカニズムについて研究が行われる必要がある。また、Fong et al.の先行研究では、様々なスポーツ種目の全傷害に対して足関節捻挫が占める割合についてシステマティックレビューにより検討しており、陸上競技における足関節捻挫の発生割合は全傷害中の11%であった(Fong et al., 2007)。この結果は本章の結果(15.2%)に類似しており、バレーボール(45.6%)やサッカー(21.2%)と比較すると低い値となっている。しかしながら、投擲種目のみの結果で見ると、その割合は27.8%(5/18件)と高く、投擲種目選手において足関節捻挫が予防すべき外傷であることがわかる。しかしながら、本章では外傷の発生件数が限られていた為、今後はより長期にわたって記録を行う必要がある。

第2章 研究課題1

本章にはいくつかの方法論的限界が存在する。第一に、単一チームの外傷に関するデータであるという選択バイアスが存在する。対象としたチームのトレーニング計画や気候、競技レベル、種目ごとの参加人数などが、大学陸上競技選手に一般化できるかどうかという点には疑問が残る。一方で、今回対象としたチームの多くの選手は個人でトレーニング計画を管理しており、指導者がトレーニング計画を一括に管理する場合に比較すると、トレーニング計画に関するバイアスの影響は少ないと考えられる。今後は複数チームを対象とした傷害記録の報告が必要である。第二に、重症度を考慮できていない点である。予防すべき傷害を特定する際には発生率と同等に重症度という観点は重要である。ステイトメントでは復帰までに要した日数を重症度として定義することを推奨しているが(Timpka et al., 2014)、本章では復帰日を正確に把握し、記録することが出来なかった。個人種目という特性や競技復帰の定義の難しさが存在するが、重症度の報告は今後の研究の課題である。第三に、傷害の報告に関する情報バイアスが挙げられる。本章における外傷発生は、対象の選手のトレーナーに対する自己申告に委ねられており、報告しなかった例が存在する可能性がある。しかしながら、対象としたチームの活動時には常時複数のトレーナーがおり、このことは選手の報告収集の網羅性に好影響を与えた可能性が高い。今後の研究では積極的に聞き取り調査を行うなどして、こうしたバイアスの影響を除く努力が必要である。

第5節 本章のまとめ

本章では陸上競技のシーズン中に発生する外傷の特徴について明らかにすることを目的とした。その結果は以下の様にまとめられる。

- (1) 大学陸上競技における外傷は投擲種目や短距離系種目において多く発生していた。
- (2) 外傷の部位や種類では、それぞれ大腿部と足関節、肉ばなれ/筋断裂と捻挫が多かった。
- (3) 短距離種目と跳躍種目においてはハムストリング肉ばなれが、投擲種目においては足関節捻挫が多く発生していた。

第3章 陸上競技で発生するハムストリング肉ばなれの特徴 ：発生時期と気温との関連(研究課題2を構成)

第1節 緒言

ハムストリング肉ばなれの外的発生要因に関する知見は非常に限られている(Orchard et al., 2001; Lawrence et al., 2016). 特に気温はハムストリング肉ばなれの発生に影響を与える可能性を持つ外的発生要因の一つである. 低温環境は神経伝導速度を低下させることが示されており(Herrera et al., 2010), 低温環境下での全力疾走は, ハムストリング肉ばなれの発生リスクを高める危険性がある. ハムストリング肉ばなれに対する気温の影響については NFL(Lawrence et al., 2016)と Australian football(Orchard et al., 2001)の選手を対象に調査が行われているが, 有意な関連は見られていない. しかし, 先行研究において対象となったアメリカンフットボールやオーストラリアンフットボールと, 本研究で対象とした陸上競技では, 試合の行われるシーズンが異なる. 前者では秋から冬の気温が比較的低い時期に行われるが, 陸上競技は春から秋の幅広い気温の環境で試合が行われる. それゆえ, 陸上競技選手を対象に, high-speed running type のハムストリング肉ばなれの気温との関連を検討することは, トレーニングプログラムを効果的かつ安全なものにするうえで有益である.

また, 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生しやすい時期を特定することも重要である. 時期によるハムストリング肉ばなれの発生頻度の違いは, 主に気温とトレーニング負荷の影響を受けることが考えられる. 陸上競技の短距離選手は, シーズンの開始に向けて走速度を上昇させ, その後, 半年前後のシーズン中は, 疾走速度を高いレベルで

維持し、オフシーズンでは休息期間を設け、走速度の低いトレーニングを行うというスケジュールが一般的である。このようなトレーニング負荷の変化は、ハムストリング肉ばなれの発生頻度に影響すると考えられる。しかしながらハムストリング肉ばなれと陸上競技のシーズンとの関連について検討した報告は皆無である。

以上の背景より、本章では、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生が頻発する時期を特定すること、また、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生と気温との関連を明らかにすることを目的とした。

第2節 方法

第1項 対象

2013年4月～2016年3月の期間に、某大学陸上競技部で発生したハムストリング肉ばなれを記録した。

第2項 記録

受傷日、性別、受傷脚、種目を記録した。また、受傷日のデータを基に、気象庁のデータを参照し、一日の平均気温をデータとして使用した。

第3項 分析

ハムストリング肉ばなれの発生率について、人時法を用いて算出した。全ての記録項目について、罹患率比(IRR)とその95%CIを算出することで統計学的有意性を検討した。IRRの95%CIが1.0を含まない場合に、有意差があると定義した。

受傷日について、大学陸上競技のシーズン(3-11月)を基準に、年間を

第3章 研究課題2

4つの期(3-5月: early season, 6-8月: mid-season, 9-11月: late season, 12-2月: off-season)に分類し, 各期のその他の期に対するIRRを算出した。

気温について, 4年間のすべての日程の平均気温のデータを気象庁より入手し, そのデータを基に, 気温を6つの気温帯(<5°C: very low, 5-9.9°C: low, 10-14.9°C: lower-middle, 15-19.9°C: higher-middle, 20-24.9°C: high, >25°C: very high)に分類し, それぞれの気温帯のその他に対するIRRを算出した。なお, それぞれの気温帯の4年間の該当日数は, very low: 217日, low: 231日, lower-middle: 214日, higher-middle: 225日, high: 315日, very high: 249日であった。

第3節 結果

期間中に記録されたハムストリング肉ばなれは183件であった。期間中の総曝露量は1078人年であった為, ハムストリング肉ばなれの発生率は16.98件/100人年であった。期間中の各年の種目ごとの所属人数は表3-1に示した。

表3-1: 所属人数の内訳(男性:女性)

	All	Sprint	Long	Jump	Throw	Combine
2013	175:80	68:26	30:14	43:14	24:16	10:10
2014	189:85	75:23	31:19	47:15	23:19	13:9
2015	198:88	82:21	34:19	48:19	23:20	11:9
2016	185:78	84:22	23:17	47:18	19:16	12:5
All	747:331	309:92	118:69	185:66	89:71	46:33
Injured	158:25	87:12	1:0	34:4	19:3	17:6

第1項 時期

月別の発生件数を図3-1に示した。Early seasonの発生率(2.41件/100人月, IRR: 2.23, 95%CI: 1.67-2.98)はその他の期に比較して有意に高かった。Mid-season(0.99/100人月, IRR: 0.64, 95%CI: 0.44-0.93)とlate season(0.90/100人月, IRR: 0.57, 95%CI: 0.38-0.84)の発生率はそれぞれその他の期に比較して有意に低かった。図3-2に時期の結果を示した。

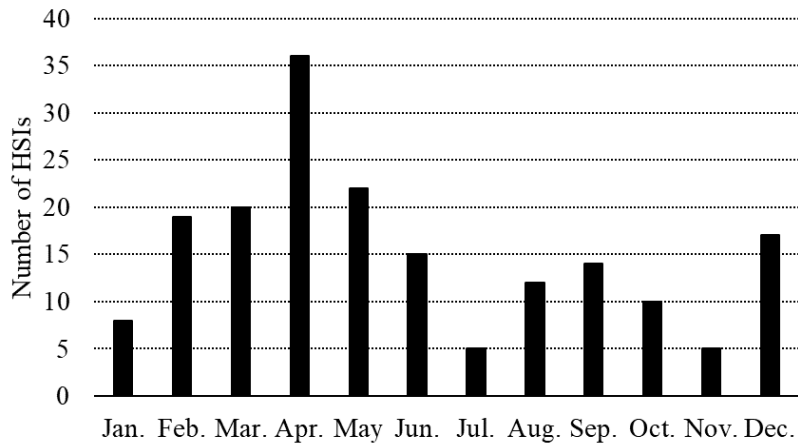


図3-1: 月別発生件数

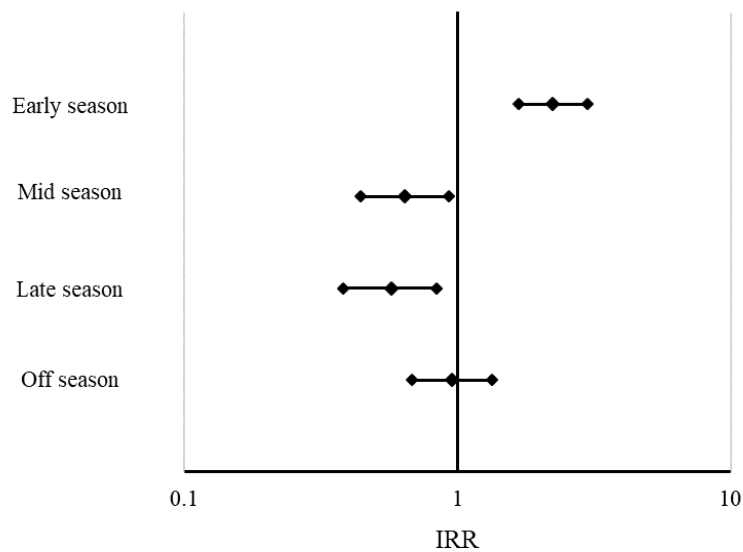


図3-2: 各期の罹患率比(95% CI)の forest plot

第2項 選手の基礎情報

男性のハムストリング肉ばなれの発生率は、女性に比較して有意に高かった(男性：21.15/100人年，女性：7.55/100人年，IRR：2.80，95%CI：1.87-4.18)。左右の脚でハムストリング肉ばなれの発生率に有意な差はみられなかった。短距離系種目(24.69/100人年，IRR：1.99，95%CI：1.53-2.59)と混成種目(29.11/100人年，IRR：1.82，95%CI：1.25-2.64)の選手はその他の選手に比較して有意にハムストリング肉ばなれの発生率が高かった。長距離系種目の選手の発生率はその他の選手に比較して有意に低かった(0.53/100人年，IRR：0.03，95%CI：0.00-0.19)。結果のまとめを図3-3に示した。

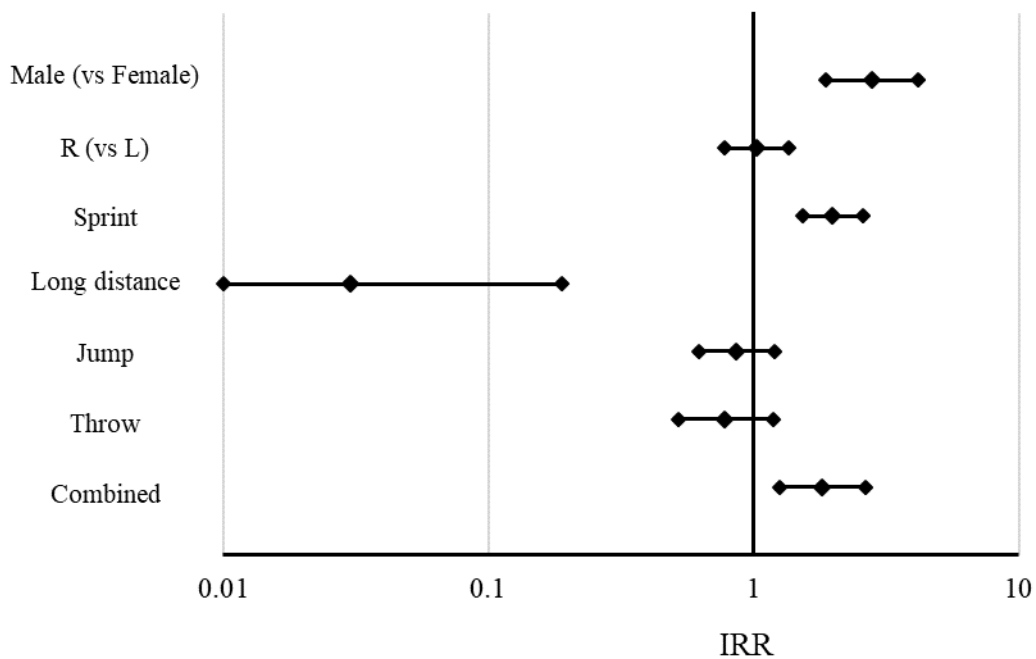


図 3-3：性別・左右・種目の罹患率比(95% CI)の forest plot

第3項 気温

Very high の気温帯のハムストリング肉ばなれの発生率は、その他の気温帯に比較して有意に低かった(2.70/10,000 人日, IRR : 0.53, 95%CI : 0.33-0.86). Lower-middle の気温帯のハムストリング肉ばなれの発生率は、その他の気温帯に比較して有意に高かった(6.41/10,000 人日, IRR : 1.46, 95%CI : 1.02-2.10). 気温の結果を図 3-4 にまとめた.

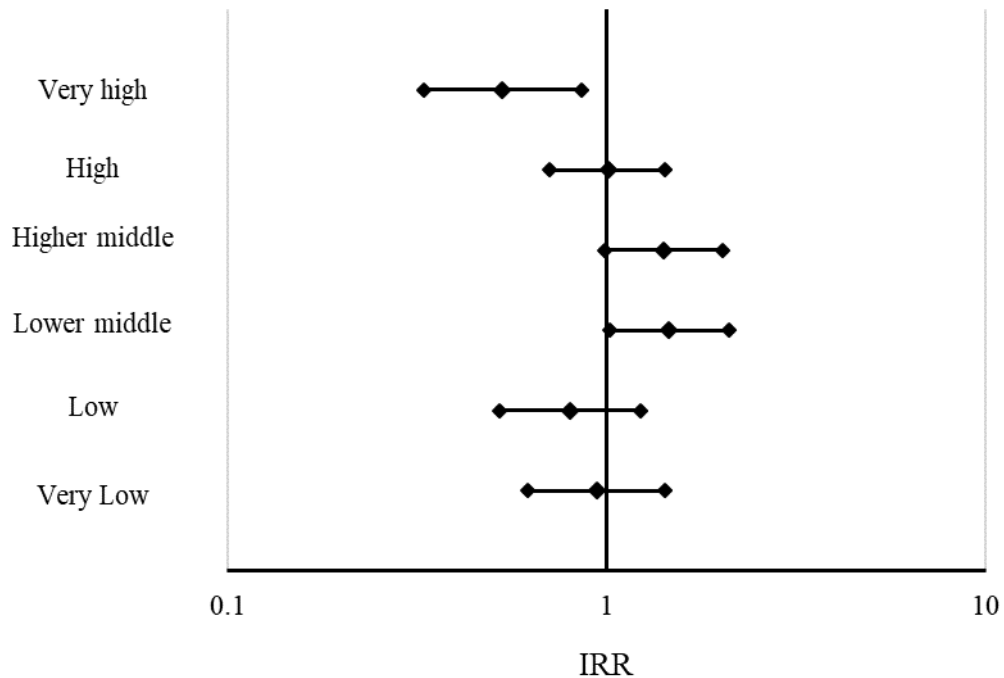


図 3-4 : 気温の罹患率比(95% CI)の forest plot

第4節 考察

本章では、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生が頻発する時期を特定することと、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生と気温との関連を明らかにすることを目的とした。

結果として、大学陸上競技選手において、年間で最もハムストリング

肉ばなれが発生しやすい時期は 3 月から 5 月のシーズンの序盤(early season)であった(図 3-1, 図 3-2). 反対に, ハムストリング肉ばなれの発生頻度が低い時期は, シーズンの中盤(mid-season)と終盤(late season)であった. また, 気温とハムストリング肉ばなれの関連について, 最も高い気温帯(very high)で, ハムストリング肉ばなれの発生率は有意に低く, 中程度の気温帯(lower middle)において発生率は有意に高かった(図 3-4).

第 1 項 時期

時期に関する分析において, early season においてハムストリング肉ばなれの発生率が高いという結果が得られた(図 3-1, 図 3-2). 先行研究において, NFL のシーズンの時期とハムストリング肉ばなれとの関連を検討しているが(Lawrence et al., 2016), 有意な関連はみられていない. この理由として, アメリカンフットボール選手の走速度が時期の間で大きな変化が無いことなどが考えられる. また, Australian football League において, GPS のデータをまとめた報告では, 選手の試合中の仕事量はシーズンを通じて変化しなかったことを報告している(Wisbey et al., 2008). アメリカンフットボールなどの球技種目においては, シーズンの開始に向けて戦術や技術, 種々の体力要素など様々な要素を高める必要があるため, 走速度の上昇に注力することは少ないことが予想される. 一方で陸上競技の短距離種目においては, 走速度の上昇が最大の目的であるため, シーズンの開始に向けて練習時の走速度は急激に上昇すると考えられる. このような競技特性の違いが, 時期によるハムストリング肉ばなれの発生の有無に影響していると考えられる. 事実, 高い走速度の疾走回数が増えると, ハムストリング肉ばなれのリスクが上昇することが報告されている(Duhig et al., 2016). 陸上競技の選手や指導者は, 急激な走

速度の上昇と、高い走速度の実施回数の急激な増加を抑え、走速度およびその実施回数をシーズンに向けて慎重にコントロールしながら漸増させることが重要であると考えられる。また、high-speed running type のハムストリング肉ばなれが多く起きるその他の競技(サッカー、ラグビー、オーストラリアンフットボールなど)においても、それぞれの選手にとっての high-speed running に該当する走速度を決定し、GPS などのデータを用いて、走速度と距離をモニタリングすることで、傷害予防に役立つ取り組みが必要である。

また、時期によるハムストリング肉ばなれの発生率の違いには、気温の変化も影響していることが推測される。本章において、最も高い気温帯においてハムストリング肉ばなれの発生率が有意に低いという結果が得られた(図 3-4)。この結果は、ハムストリング肉ばなれの発生と気温の関連性を示すデータであり、それらの因果関係を示すデータではないが、気温は臨床において考慮すべき因子の一つであると考えられる。

ハムストリング肉ばなれと気温との関連を検討した先行研究では、結果として、有意な関連はみられなかった(Lawrence et al., 2016; Orchard et al., 2001)。先行研究と本章の方法論的な違いとして、先行研究の対象の競技がアメリカンフットボールや Australian football などの球技であることや、調査した気温の寒暖の幅が本章に比較して小さく、秋から冬にかけて比較的短いシーズン中のみを対象に行っていることなどが挙げられる。本邦のような寒暖の差が大きい地域において、陸上競技の活動を行う際には、気温の影響を考慮し、特に寒い時期には、十分なウォーミングアップを行うなどの配慮が必要であると考えられる。

今後の研究の課題として、気温を調査すると同時に、疾走速度や走行距離といったデータを用いて、トレーニング負荷の影響を考慮し、適切

に気温の影響を調査する必要がある。

第2項 基礎情報（性別・脚・種目）

性別について、女性に比較して男性で有意にハムストリング肉ばなれの発生率が高く、男性の受傷リスクは女性の2.8倍であった(図3-3)。性別はスポーツ傷害の予防を考える上で最も基本的な情報の一つである。しかしながら、ハムストリング肉ばなれの発生要因として性別について検討した研究は、筆者の知る限りでは皆無である。事実、最新のメタ解析においても、年齢などについては検討しているが、性別については検討されていない(Freckleton et al., 2013)。このような現状の背景として、多くの内的発生要因に関する研究では、データの分散を考慮し、男性のみを対象とすることが多いことが挙げられる(Bennell et al., 1998; Verall et al., 2001; Gabbe et al., 2006; Croisier et al., 2008; Warren et al., 2010; Engebretsen et al., 2010; Fousekis et al., 2011; Freckleton et al., 2013; Zvijac et al., 2013; Freckleton et al., 2014)。一方で、2011年の世界選手権期間中に発生した傷害をまとめた報告では、男性において大腿部の肉ばなれが全傷害の21.9%を占めていたのに対して、女性では全傷害の9%であった(Alonso et al., 2012)。これは男女の発生リスクを直接比較した報告ではないが、男性におけるハムストリング肉ばなれの予防は特に重要であることがわかる。事実、陸上競技の臨床においても、男性が女性に比較してハムストリング肉ばなれが多いことは広く知られている。男性が女性に比較してハムストリング肉ばなれを受傷しやすいメカニズムとして、一般的に男性が女性に比較して走速度が高く、発揮筋力が強いことなどが考えられる。その他にも、男性は女性に比較してハムストリングのStiffnessが有意に高いこと(Blackburn et al., 2009)、MRIによる断

面積においてハムストリングと大腿四頭筋の比が男性で有意に大きく、相対的にハムストリングの筋断面積が大きいこと (Behan et al., 2018) などが報告されている。こうした性差が、ハムストリング肉ばなれの発生率の性差に関わっていると考えられる。全力疾走時のハムストリングの筋活動の性差に関する情報などは、high-speed running type のハムストリング肉ばなれ予防において有益な情報になり得る。全力疾走時の筋活動やキネティクスの性差については今後の研究課題である。

ハムストリング肉ばなれの発生率に左右の脚の間で、有意な差はみられなかった(図 3-3)。陸上競技選手は試合や練習においてコーナーを利用して走るため、左右の脚にかかる負荷は異なる可能性が考えられるが、本章では、そのような左右差がハムストリング肉ばなれの発生に関連するという結果は得られなかった。先行研究では、利き脚と非利き脚の間でハムストリング肉ばなれの発生との関連を検討しているが (Orchard et al., 1997; Verall et al., 2006; Witvrouw et al., 2003)、発生と有意な関連がみられたという報告は存在しない。現在のエビデンスに基づくと、high-speed running type のハムストリング肉ばなれの発生リスクに、左右の脚の間で差があるとはいえないと考えられる。

陸上競技の種目によるハムストリング肉ばなれの発生率には有意な差がみられた(図 3-3)。短距離種目と混成種目で有意に発生率が高く、長距離種目では低かった。長距離種目は、走行距離は長いものの、high-speed running を含む可能性は低いため、本章の結果は納得のいく結果である。一方で、発生率の高かった短距離種目と混成種目の特徴として、全力疾走を含むことが挙げられる。その他に跳躍種目の走り幅跳びや三段跳び、投擲種目のやり投げも、助走における疾走動作を含むが、助走における疾走は全力疾走ではない。全力疾走を含む種目とそうでない種目の間に

はハムストリング肉ばなれの発生率に差があることが考えられる。これらのことから今後の研究では、最大速度の疾走と最大下の速度の疾走における、ハムストリングの筋活動や走動作のキネティクスの違いについて、明らかにされる必要がある。

第5節 本章のまとめ

本章では、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生が頻発する時期を特定することと、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生と気温との関連を明らかにすることを目的とした。その結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれはシーズンの序盤において発生率が高く、シーズンの中盤および終盤に発生率が低い。
- (2) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれは男性で発生率が高い。
- (3) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれは短距離および混成種目で発生率が高く、長距離種目で低い。

第4章 陸上競技によるハムストリング肉ばなれ既往者の身体機能の特徴(研究課題3を構成)

第1節 緒言

ハムストリング肉ばなれの発生要因を検討した先行研究において、既往歴は重要なリスクファクターであることが示されており、既往歴がある選手は既往歴がない選手に比べて、およそ2~4倍ハムストリング肉ばなれを受傷しやすいことが示されている (Arnason et al., 2004; Engebretsen et al., 2010; Gabbe et al., 2006; Orchard et al., 2001; Verrall et al., 2001; Warren et al., 2010; Watsford et al., 2010). また、ハムストリング肉ばなれの既往歴を持つ者の、身体的な特徴について検討した研究はいくつか報告されているが (Emami et al., 2014; Areira et al., 2019; Barreira et al., 2015; Silder et al., 2010), 筋力や可動域といった、これまで前向き研究において比較検討されてきた一般的な項目について検討した研究は少ない (Silder et al., 2010). 既往歴のある選手の身体機能の特徴について明らかにすることは、既往者が再受傷するメカニズムや受傷後の選手の身体的特徴を明らかにする上で重要であると考えられる.

以上のことから本章では、ハムストリング肉ばなれの既往歴を有する陸上競技選手における、身体機能の特徴を明らかにすることを目的とする.

第2節 方法

第1項 対象

某大学陸上競技部に所属する短距離、ハードル、走り幅跳び、三段跳び、十種競技を専門種目とする男子大学生61名(年齢: 19.6 ± 1.1 歳,

身長：174.4±4.8cm，体重：67.2±5.0kg)を対象とした。

アンケートをもとにすべての脚をハムストリング肉ばなれの既往歴のある既往群と既往歴のない非既往群に分類した。既往歴の定義は(1)過去2年以内に受傷したもの，(2)大腿後面に感じた突発的な痛み，(3)1日以上練習または試合への参加を断念したもの，のうちすべてを満たすものとした。

第2項 測定方法

測定項目は(1)等速性股関節屈曲・伸展筋力，(2)等速性膝関節屈曲・伸展筋力，(3)大殿筋およびハムストリングの筋厚，(4)関節可動域の4項目とした。筋力に関する項目については，それぞれの最大トルクに加え，最大トルク発揮角度と主動筋拮抗筋対比を分析項目とした。

(1)および(2)については多用途筋機能評価装置(BIODEX社製，BIODEX System3)を用い，角速度60°/secにおける等速性筋力を測定した。(3)は超音波診断装置(GE Healthcare社製，LOGIQ e)を用いて，大殿筋および大腿二頭筋長頭を描出し，画像分析ソフト(NIH製，imageJ)を用いて筋厚を分析した。それぞれの測定点は，大殿筋:大転子上端から正中仙骨稜に下ろした垂線の中点(図4-1)，大腿二頭筋長頭:坐骨結節から腓骨頭を結んだ中点(図4-2)，とした。超音波診断装置による筋厚測定の信頼性は高く，Hadda et al.によれば，大腿四頭筋の信頼性はICC=0.992である(Hadda et al., 2017)。(4)は股関節屈曲・伸展可動域，Passive Knee Extension test(PKE)を，それぞれ東大式角度計を用いて測定した。股関節屈曲可動域は，仰臥位股関節伸展位から，測定脚の股関節を他動的に屈曲させ，角度を測定した。腰椎-骨盤帯による代償を避けるために，上前腸骨棘を触知し，この点が動いた角度を股関節

最大屈曲角度として測定した。股関節伸展可動域は腹臥位股関節中間位から測定脚の膝関節を屈曲させ、他動的に股関節を伸展させた。腰椎-骨盤帯による代償を避ける目的で、後方から腸骨を抑えた状態で股関節を伸展させた。PKEは仰臥位股関節90°屈曲位から膝関節を他動伸展させた。測定値は、膝関節90°屈曲位の姿位を開始姿勢とし、開始姿勢から伸展できた角度を用いた。PKEの信頼性は高く、骨盤の動きによる代償を抑えたうえで、ハムストリングの柔軟性を評価できるテストであることが示されている(Fredriksen et al., 1997)。

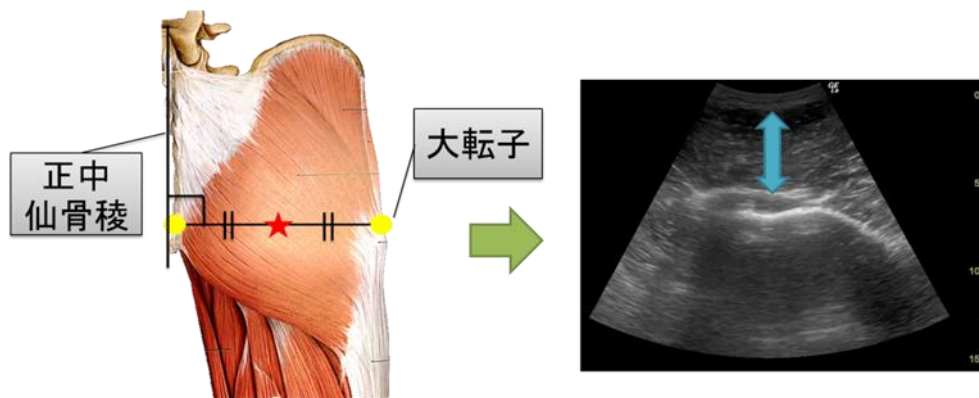


図 4-1：大殿筋の測定点（超音波）と超音波画像

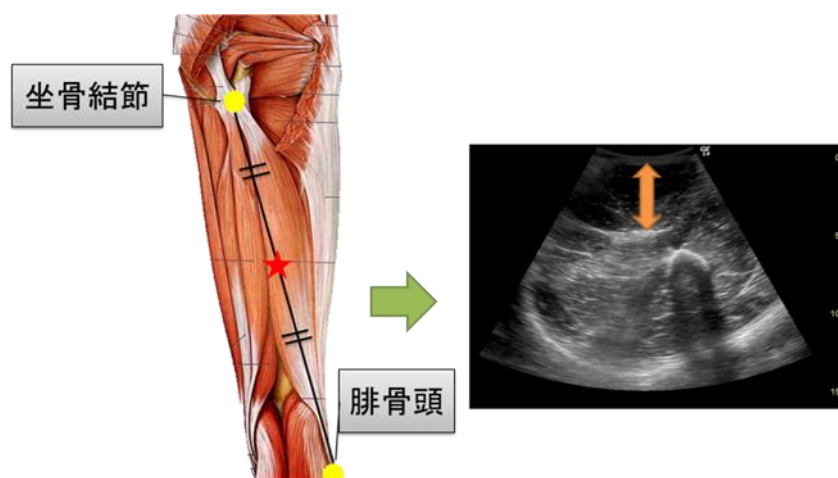


図 4-2：大腿二頭筋長頭の測定点（超音波）と超音波画像

第3項 統計解析

統計解析は以下の手順で実施した。統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics 23 を用いた。

1. 各測定値の分布について Kolmogorov-Smirnov 検定を用いて正規性を検討した。
2. 2群間の差について、正規性のある項目については独立した T 検定を、正規性の無い項目については Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した。すべての測定値について、結果は平均値±SD(95%CI)もしくは中央値(IQR)で示した。危険率は $p < 0.05$ とした。
3. 種目ごとの既往者の比率の差については 2×5 のカイ二乗検定を用い、残差分析を行った。調整済み残差は 1.96 が $p = 0.05$ であり、1.96 より高い場合を有意とした。

第3節 結果

アンケートから既往群は 36 脚、非既往群は 86 脚であった。各群の専門種目の分布および基礎情報を表 4-1 に示した。

表 4-1：群間の基本的属性の比較

群	PI群	NPI群	
数(脚)	36	86	
種目			
100m/200m	13	25	
400m/800m	9	9	*
110mH/400mH	6	12	
十種競技	1	17	*
幅跳び/三段跳び	7	23	
年齢(歳)	19.9±1.0(19.6-20.2)	19.5±1.1(19.3-19.7)	
身長(cm)	173.8±5.3(172.0-175.6)	174.6±4.6(173.6-175.6)	
体重(kg)	67.1±4.8(65.5-68.7)	67.2±5.2(66.1-68.3)	

* : $p < 0.05$ (χ^2 乗比率の差の検定)

第1項 等速性膝関節屈曲・伸展筋力

最大トルク，最大トルク発揮角度，主働筋拮抗筋対比(以下 HQ 比)の3項目について群間の比較を行ったが，いずれの項目においても群間に有意な差はみられなかった(表 4-2).

ただし，HQ 比(%)において既往群が $51.5 \pm 8.1(48.8-54.2)$ ，非既往群が $54.4 \pm 7.8(52.7-56.0)$ であり，既往群は相対的に屈曲(ハムストリング)の筋力が低い傾向がみられた($p = 0.072$).

表 4-2：等速性膝関節筋力の結果(*：正規性の保証されないデータを示した．これらの結果は中央値±IQR で示した．)

項目	既往群	非既往群	p
屈曲最大トルク	99.1±15.4	102.9±20.6	0.323
伸展最大トルク	194.4±26.8	189.2±27.5	0.348
屈曲最大トルク発揮角度*	37.0±8.5	40.0±9.0	0.387
伸展最大トルク発揮角度*	74.0±4.0	75.0±3.0	0.471
屈曲伸展比	51.5±8.1	54.4±7.8	0.072

第2項 等速性股関節屈曲・伸展筋力

最大トルク，最大トルク発揮角度，主働筋拮抗筋対比(以下 IG 比)の3項目について群間の比較を行ったが，いずれの項目においても群間に有意な差はみられなかった(表 4-3).

表 4-3：等速性股関節筋力の結果(*：正規性の保証されないデータを示した。これらの結果は中央値±IQRで示した。)

項目	既往群	非既往群	p
屈曲最大トルク	174.3±45.1	177.8±36.1	0.656
伸展最大トルク*	161.6±16.6	149.8±22.0	0.326
屈曲最大トルク発揮角度	74.9±17.0	75.4±13.1	0.862
伸展最大トルク発揮角度*	9.5±2.5	10.0±4.0	0.484
屈曲伸展比*	94.5±11.5	91.1±13.8	0.234

第3項 関節可動域

股関節屈曲可動域，股関節伸展可動域において2群間に有意な差は認められなかった(表 4-4)。PKE (°)において，既往群で 62.9±12.2(58.8-67.1)，非既往群で 56.5±13.1(53.6-59.3)であり，既往群で有意に大きかった(p<0.05，図 4-3)。

表 4-4：関節可動域の結果(*：正規性の保証されないデータを示した。これらの結果は中央値±IQRで示した。)

項目	既往群	非既往群	p
股関節屈曲可動域*	115.0±6.3	115.0±5.0	0.43
股関節伸展可動域*	16.0±3.0	16.0±2.0	0.307
PKE	62.9±12.2	56.5±13.1	0.016

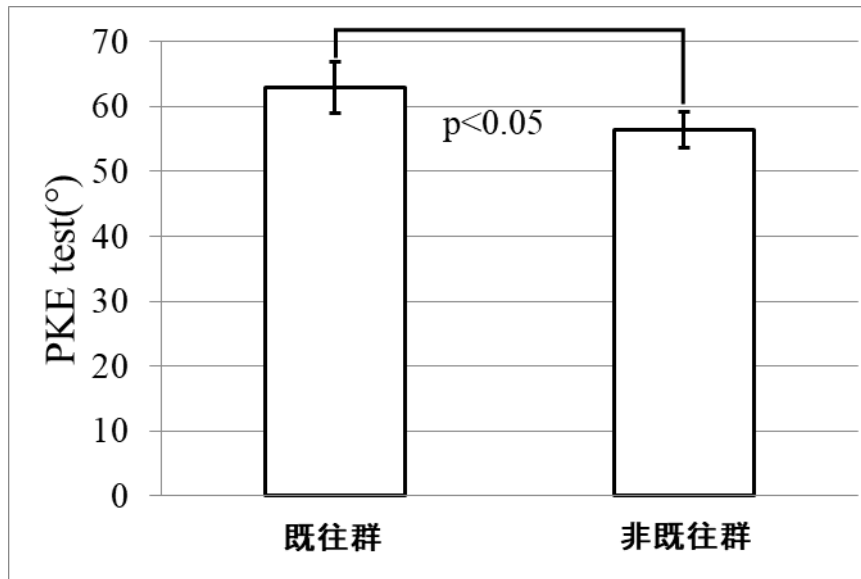


図 4-3：群間の比較(PKE)

第4項 大殿筋・ハムストリング筋厚

両項目で群間に有意な差は認められなかった(表 4-5)。ただし、大殿筋筋厚(cm)において既往群で $5.3 \pm 0.6(5.1-5.5)$ 、非既往群で $5.1 \pm 0.5(5.0-5.3)$ であり、既往群で筋厚が厚い傾向がみられた($p=0.077$)。

表 4-5：筋厚の結果

項目	既往群	非既往群	p
大腿二頭筋長頭筋厚	4.0 ± 0.50	4.0 ± 0.48	0.874
大殿筋筋厚	5.3 ± 0.57	5.1 ± 0.49	0.077

第5項 種目ごとの既往の比率

既往歴の有無について種目間で比較し、カイ二乗検定において有意に比率の差がみられた($p < 0.05$, 表 4-1)。残差分析において 400m/800m において 50%の脚で既往があり、他の種目に比較して有意に比率が高か

った(調整済み残差:2.1)。また、十種競技において5.8%の脚で既往歴があり、他の種目に比較して有意に比率が低かった(調整済み残差:2.4)。

第4節 考察

本章では、ハムストリング肉ばなれの既往歴を有する陸上競技選手の身体機能の特徴を明らかにすることを目的とした。

その結果、ハムストリング肉ばなれ既往脚の特徴として、ハムストリングの柔軟性が高いことが明らかとなった(図4-3)。種目について、400m/800m選手において既往脚が有意に多く、混成選手において既往脚が少なかった(表4-1)。加えて、既往群は大腿四頭筋に対するハムストリングの相対的な筋力が小さく(表4-2)、大殿筋が厚い傾向がみられた(表4-5)。

PKEにおいて既往群で非既往群に比較して角度が大きく、ハムストリングの柔軟性が高いという結果が得られたことは、臨床的な先入観に反している(表4-3)。しかしながら、ハムストリング肉ばなれの受傷と関節可動域との関連を検討した多くの前向きコホート研究において、PKEとハムストリング肉ばなれとの関連を明らかにできていない(Arnason et al., 2004; Engebretsen et al., 2010; Rolls et al., 2004)。過度なハムストリングの柔軟性がハムストリング肉ばなれのリスクであると結論付けることは難しいが、現在のエビデンスから、ハムストリングの柔軟性の向上がハムストリング肉ばなれの予防に貢献するとは考えにくい。本研究は横断研究であり、ハムストリング肉ばなれの既往とPKEの拡大との因果関係については説明できず、ハムストリング肉ばなれ受傷後のリハビリテーションなどによって、受傷前に比較して柔軟性が向上していたことが考えられる。

第4章 研究課題3

大殿筋の筋厚の結果は、スプリントにおける動作の特徴、およびハムストリング肉ばなれ受傷後の代償という二つの観点から考察できる(表4-5)。まず、スプリント動作について、体幹の前傾について考える必要がある。解剖学的な観点から、体幹の前傾は骨盤の前傾を引き起こし、ハムストリングに、より強い伸長ストレスを与えることが考えられる。さらに、体幹が前傾することによって、股関節屈曲時に大殿筋も強く伸長され、エキセントリックな負荷が加わることが推測される。

Lieberman et al.はランニング中の大殿筋の主な役割は体幹前傾の制御であることを示している(Lieberman et al., 2006)。本章では、スプリント動作に関する分析は行っていないため、今後の研究において、ハムストリング肉ばなれの既往者と非既往者のスプリント動作の差を検討すべきである。次に、ハムストリング肉ばなれ受傷後の代償について、既往者が受傷後にハムストリングの疼痛により代償を生じ、大殿筋の筋活動が増加したことで大殿筋が厚くなった可能性が考えられる。この点については、受傷後の筋形態の変化を縦断的に追うことで明らかにできると考えられる。

カイ二乗検定の結果から、400m/800mの選手において既往脚の比率が高かったことは、ハムストリング肉ばなれがスプリント動作で頻発するという先行研究の結果に反している(表4-1)。しかしながら、400m/800mの選手は練習時の走行距離が短距離選手に比較して長く、そういったトレーニングによる疲労が筋の収縮メカニズムに影響を及ぼした可能性が考えられる。一方で、十種競技選手においてハムストリング肉ばなれの既往脚が少なかったことは、試合や練習において全力疾走にさらされる機会がその他の種目に比較して少ないことが可能性として考えられる。しかしながら、十種競技にも100m走のようなスプリント

種目や今回既往脚の多かった400mは含まれているため、よりサンプルサイズの大きな研究が必要である。

最後に、本章の限界は、横断研究という研究デザインにより因果関係を特定できないこと、また、重症度をもとにした分析が行えなかったことがあげられる。重症度の分類は先行研究で報告されており、復帰までの正確な日数などをもとに分類される(Timpka et al., 2014)。本章ではアンケートによる既往の聞き取り調査を行ったため、遡って重症度を把握することが困難であった。

第5節 本章のまとめ

本章では、ハムストリング肉ばなれの既往歴を有する陸上競技選手の身体機能の特徴を明らかにすることを目的とした。その結果は以下の様にまとめられる。

- (1) ハムストリング肉ばなれの既往脚で非既往脚に比較して有意にハムストリングの柔軟性が大きかった。
- (2) 種目別では400m/800m選手で既往者の割合が高く、十種競技の選手では低かった。

今後は、ハムストリング肉ばなれを繰り返し受傷するような、特徴的な症例のもつ、身体機能の特徴について、前向き研究によって明らかにする必要がある。

第5章 陸上競技によるハムストリング肉ばなれの発生要因の検討(研究課題4を構成)

第1節 緒言

これまでハムストリング肉ばなれの発生に関わる内的要因を検討する目的で、多くの研究が行われてきたが、年齢と既往歴のほかに統一した見解は得られていない(Brocket et al., 2004; Emery et al., 2005; Engebretsen et al., 2010; Freckleton et al., 2013; Orchard et al., 1997; Verrall et al., 2001).

こうした現状を引き起こしている要因として、三つの問題点が考えられる。一点目は、多くの先行研究で扱われているハムストリング肉ばなれの受傷機転が多岐にわたることである。一般に受傷機転となる動作が異なれば発症に関わる要因も異なることは明らかである。そのため、同じ外傷であっても、受傷機転に着目することがそのメカニズムに迫る重要な視点である。二点目は未測定の因子の存在である。これまでの先行研究では、主に膝関節の屈曲・伸展筋力やそれらの筋力比について検討されてきた(Bennell et al., 1998; Orchard et al., 2001; Croisier et al., 2008; Engebretsen et al., 2010; Freckleton et al., 2013; Zvijac et al., 2013)。しかしながら、ハムストリングは膝関節のみならず、股関節にも働く二関節筋であるため、膝関節と同様に股関節の機能も重要であると考えられる。三点目は、年齢や既往歴、種目などの因子が交絡因子として、ハムストリング肉ばなれの発生だけでなく、他の因子にも強く働いている可能性がある。加齢による筋力低下や受傷による柔軟性の低下、リハビリテーションによる変化、種目ごとのトレーニングプログラムの違いなど、年齢や既往歴、種目は他の因子に強く影響することが考えられる。こうし

た影響をできる限り調整して検討されるべきである。

本章ではこれら三つの問題点に対してそれぞれ対策を講じる形で研究を実施した。一点目に対しては、受傷機転を陸上競技のスプリント動作において発生する high-speed running type に限定した。二点目については、high-speed running type の受傷機転であるスプリント動作において重要であると推測される未測定因子として、股関節周囲筋の機能および形態に着目し、前向き研究にてハムストリング肉ばなれとの関連を検討した。三点目については、前向きコホート内ケースコントロール研究として、受傷群の各対象に対して既往歴の有無と種目が一致したコントロールを同数コホートから抽出することによって、既往歴と種目の影響を調整した。年齢については本章の対象が大学陸上競技選手であり、影響を受けるほどの年齢の差が生じないため、特別な調整の必要はないと考えた。

本章では、陸上競技のスプリント動作において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれについて、筋力、筋形態、柔軟性との関連を明らかにすることを目的とした。

第2節 研究方法

第1項 調査対象

対象は第4章と同様の61名である。対象の条件は以下の通りである。

選択条件

- ・2016年に某大学陸上競技部に所属した短距離、ハードル、走り幅跳び、三段跳び、十種競技を専門種目とする男子大学生選手

除外条件

- ・同意の得られなかったもの

- ・測定前1か月以内に下肢の傷害を受傷したもの

第2項 測定方法

測定については第4章のデータを用いた。

第3項 傷害発生の定義

傷害発生の定義は陸上競技の疫学研究に関するコンセンサスステイメント(Timpka et al., 2014)に基づき、「陸上競技活動中に経験した痛みの中で、医学的介入を必要としたもの、もしくは陸上競技活動の時間的損失を被ったもの」とし、トレーナーに訴えのあったものの中から記録した。

第4項 観察期間

観察期間は、2016年5月1日~2016年10月31日とした。期間中に発生した傷害について、上記の傷害発生の定義に基づき、受傷日、受傷部位、復帰日、受傷機転について詳細に記録を行った。選手1名の1回の練習もしくは試合への参加を1Athlete Exposure(AE)とし、1000AEsあたりのハムストリング肉ばなれの発生率を算出した。

第5項 コントロール群(以下、非受傷群)の抽出

観察期間中に受傷した受傷者一名に対して、交絡因子と考えられる既往歴の有無、参加種目の一致する非受傷者をコホート集団の中から1名ランダムに抽出した。この手続きにより、既往歴や種目のハムストリング肉ばなれへの影響を群間で一致させ、他の要因の影響を正確に検討できる。

第6項 統計解析

統計解析は以下の方法で実施した。統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics 23 を用いた。

1. コホート集団全体における既往歴の有無と受傷の有無の比率の差について、 2×2 のカイ二乗検定を用いて検討した。また種目間の受傷者の比率の差について 2×5 のカイ二乗検定を用いて検討した。
2. 受傷群と非受傷群の各測定値の分布について Kolmogorov-Smirnov 検定を用いて正規性を検討した。
3. 2 群間の差について、正規性が保証された項目については独立した T 検定を、正規性が棄却された項目については Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した。すべての測定値について結果は平均値 \pm SD(95%CI)もしくは中央値(IQR)で示した。
4. 各項目の受傷に与える効果を検討する目的で Cohen の効果量 d を用いて検討した。効果量の基準は $d < 0.6$:低い, $0.6 < d < 0.8$:中程度, $0.8 < d$:高い, とした(Cohen et al., 1992)。
5. 必要に応じて項目間の相関について、正規性が保証された項目については Pearson の積率相関係数を、正規性が棄却された項目については Spearman の順位相関係数を用いて検討した。

すべての統計解析において危険率 5% 未満を有意とした。

第3節 結果

観察期間中のハムストリング肉ばなれは 18 件であった。各受傷者の情報を表 5-1 に示した。傷害発生率は 1000AEs あたり 2.88 件であり、傷

第5章 研究課題4

害発生割合は 29.5%であった。受傷群および非受傷群はそれぞれ 18 名 [受傷群：年齢 $19.3 \pm 1.0(18.8-19.8)$ 歳，身長 $173.8 \pm 5.9(170.9-176.7)$ cm，体重 $67.0 \pm 5.3(64.4-69.7)$ kg] [非受傷群：年齢 $19.8 \pm 1.3(19.2-20.4)$ 歳，身長 $174.8 \pm 4.7(172.4-177.1)$ cm，体重 $67.1 \pm 5.6(64.3-69.9)$ kg]であり，年齢や体格において有意な差はみられなかった。

各種目における受傷者の比率では，100m/200m で 8/18 名(44.4%)，400m/800m で 5/10 名(50%)，110mH/400mH で 1/9 名(11.1%)，走り幅跳びで 3/15 名(20%)，十種競技で 1/9 名(11.1%)であり，受傷者の比率において種目間に有意な差はみられなかった。

表 5-1 受傷者の情報

ID	受傷脚(L/R)	種目	既往	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
1	R	100m/200m	0	18	173	65.8
2	R	100m/200m	0	20	176	69.7
3	R	100m/200m	1	19	174	61.7
4	R	100m/200m	1	21	160	64.5
5	L	100m/200m	0	20	172	70.5
6	L	100m/200m	1	18	173	58.1
7	L	100m/200m	0	19	170	62.2
8	L	100m/200m	0	18	168	69.2
9	R	400m/800m	1	20	171	62.7
10	R	400m/800m	1	19	183	74.3
11	R	400m/800m	1	20	178	71.2
12	L	400m/800m	1	18	174	62.3
13	L	400m/800m	0	19	181	74.1
14	R	110mH/400mH	1	20	182	76.9
15	R	走り幅跳び	0	19	181	64.7
16	L	走り幅跳び	0	20	167	64.2
17	L	走り幅跳び	1	21	171	62.8
18	L	十種競技	0	18	174	71.9

第1項 既往と受傷

χ^2 乗検定の結果より、コホート集団全体において非既往者に比較して既往者で有意に受傷の割合が高かった($p < 0.05, OR = 2.85$)(表5-2).

表5-2 既往と受傷の比率の比較($p < 0.05$)

		既往	
		あり	なし
受傷	あり	9	9
	なし	27	77

第2項 膝関節屈曲・伸展筋力

膝関節屈曲ピークトルク／体重(%BW)において、受傷群で $148.9 \pm 21.3(138.3-159.5)$ 、非受傷群で $148.1 \pm 28.6(133.9-162.4)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。膝関節伸展ピークトルク／体重(%BW)において、受傷群で $284.3 \pm 33.7(267.5-301.1)$ 、非受傷群で $283.7 \pm 43.3(262.1-305.2)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。主働筋拮抗筋対比(%)において、受傷群で $52.8 \pm 7.8(48.9-56.7)$ 、非受傷群で $52.7 \pm 9.6(47.9-57.5)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。

第3項 股関節屈曲・伸展筋力

股関節屈曲ピークトルク／体重(%BW)において、受傷群で $251.1 \pm 42.9(229.8-272.4)$ 、非受傷群で $254.0 \pm 54.4(226.9-281.0)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。股関節伸展ピークトルク／体重(%BW)におい

て、受傷群で $238.0 \pm 19.1(228.5-247.5)$ 、非受傷群で $237.6 \pm 33.5(220.9-254.2)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。主働筋拮抗筋対比(%)において、受傷群で $97.8 \pm 20.0(87.9-107.8)$ 、非受傷群で $95.4 \pm 12.3(89.3-101.5)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。

第4項 関節可動域

股関節屈曲可動域(°)において、非受傷群で 110(110-115)、受傷群で 115(110-120)であり、受傷群で可動域が大きい傾向がみられ、中程度の効果量であった($p=0.064, d=0.63$)(図 5-1)。

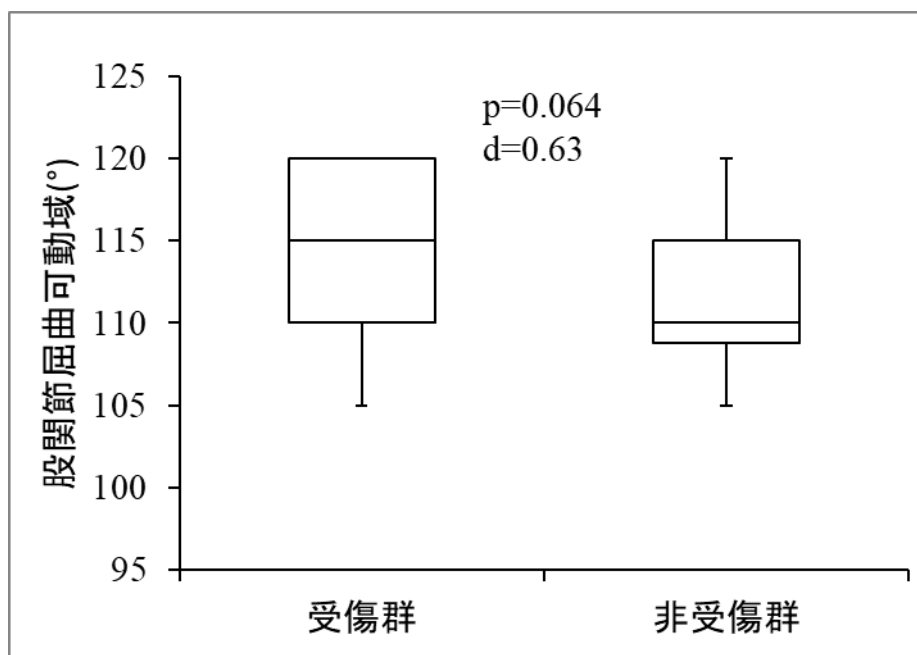


図 5-1：股関節屈曲可動域

股関節伸展可動域(°)において、非受傷群で 15(12.3-16.8)、受傷群で 17(15-18.8)であり、受傷群で可動域が大きい傾向がみられ、小さな効果量であった($p=0.095, d=0.58$)(図 5-2)。

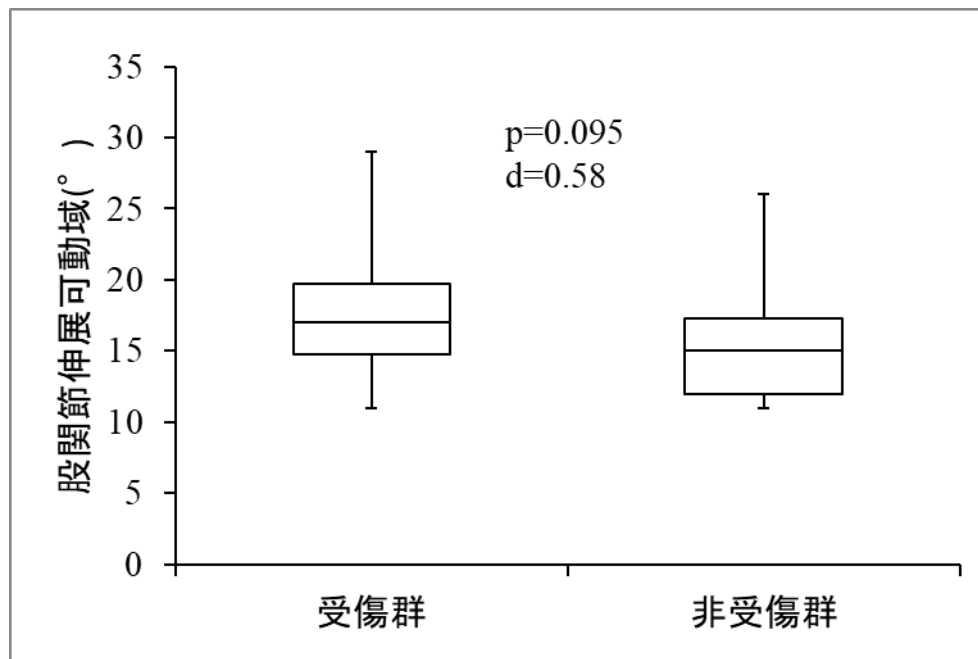


図 5-2：股関節伸展可動域

股関節伸展可動域と股関節屈曲可動域の両項目において、非受傷群に比較して受傷群で可動域が大きいという傾向が見られたため、両項目の相関について検討したが、項目間に有意な相関はみられなかった ($p>0.05, r=-0.061$).

PKE(°)において、受傷群で $54.2 \pm 9.7(49.3-59.0)$ 、非受傷群で $60.3 \pm 13.1(53.8-66.8)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。

第5項 大殿筋・ハムストリング筋厚

大殿筋の筋厚(cm)の平均値 \pm SD(95% CI)において、受傷群で $5.3 \pm 0.6(5.0-5.6)$ 、非受傷群で $5.1 \pm 0.5(4.8-5.3)$ であり、群間に有意な差はみられなかった。ハムストリングの筋厚(cm)において、受傷群で $4.0 \pm 0.4(3.8-4.2)$ 、非受傷群で $3.9 \pm 0.4(3.7-4.1)$ であり、群間に有意な差はみられな

った。

第4節 考察

本章の目的は、陸上競技のスプリント動作において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれについて、筋力、筋形態、柔軟性との関連を明らかにすることであった。結果として、既往歴がハムストリング肉ばなれの発生に負の影響を与えていた(表 5-2)。その他の筋力、筋形態、可動域のすべての項目において群間に有意な差はみられなかった。

クロス表分析により、非既往者に比較して既往者が 2.85 倍受傷しやすいという結果が得られた(表 5-2)。これは多くの先行研究の結果と一致している(Arnason et al., 2004; Engebretsen et al., 2010; Gabbe et al., 2006; Orchard et al., 2001; Verrall et al., 2001; Warren et al., 2010; Watsford et al., 2010)。これらのことから、ハムストリング肉ばなれの既往歴は他の多くの因子に影響を及ぼし、ハムストリング肉ばなれの発生にも関連する交絡因子であると考えられる。既往者の再受傷については受傷後の MRI や臨床評価など、組織治癒の観点から研究が行われてきたが(Emery et al., 2005; Engebretsen et al., 2010; Ekstrand et al., 2012)、再受傷率の高さとの関連は明らかにできていない。しかしながら、high-speed running type のハムストリング肉ばなれに絞って考えると、既往歴の有無よりも更に上位の交絡因子として、走動作の特徴が存在することが考えられる。High-speed running type のハムストリング肉ばなれを複数回繰り返すようなアスリートの走動作の特徴に関する研究は皆無である。今後は走動作の特徴と受傷や再受傷との関連についても検討されるべきである。

本研究では、コホート内ケースコントロール研究という研究デザイン

により、既往歴や種目といった、交絡因子であると考えられる要因の影響を調整することを試みた。今後の発生要因に関する研究では、このような方法を用いて、交絡因子の影響を除いた前向き研究が行われるべきである。いくつかの先行研究では前向きコホート研究においてロジスティック回帰分析を用いて変数間の影響を調整している (Engebretsen et al., 2010; Freckleton et al., 2013; Verrall et al., 2001)。通常の前向きコホート研究のデザインにおける多変量解析で、単変量解析で有意な差が見られた項目のみを変数に用いる場合には、単変量解析の結果は交絡因子の影響を受けていることになる。すなわち影響度の大きくない変数は多変量解析の変数選択の時点で振り落とされてしまう可能性がある。こうした過誤を避けるために、特に既往のように、あらかじめアウトカムとの関連が明らかである場合には、仮説を立てた変数を強制投入する方法を用いるか、研究デザインで影響を除く必要がある。また、サンプルサイズに対して不適切な程多数の変数を多変量解析に投入することも、統計解析の信頼性を損ねるため、避けるべきである。これらのことを考えると、本研究で用いたコホート内ケースコントロール研究のデザインは、サンプルサイズのあまり大きくない研究において積極的に用いられるべき研究デザインであると考えられる。

股関節屈曲および伸展可動域において、受傷群で、非受傷群に比較して可動域が大きい傾向がみられた(図 5-1, 図 5-2)。一方で、屈曲可動域と伸展可動域の間に相関はみられなかった。この結果は、屈曲可動域が大きい選手が必ずしも伸展可動域も大きいとは言えないことを示している。股関節の可動域について、先行研究では、股関節の可動域が全身や下肢の関節弛緩性に強く関連していることを示している (Fan et al., 2014)。関節弛緩性がハムストリング肉ばなれの発生に関連するというメ

カニズムを説明することは難しいが、今後の研究でハムストリング肉ばなれとの関連を検討する必要があると考えられる。

本章において、その他の筋力や筋形態、可動域のすべての項目において、有意な差はみられなかった。今回測定した項目は、ハムストリング肉ばなれの発生に単独で影響を与えるような、臨床的に重要な項目ではないと考えられる。一方で、本研究で扱った測定項目は、基礎的な測定項目であり、今後の研究においては、より全力疾走時に近い収縮速度における筋力や、伸張性筋力、疾走時の可動域などといった項目について、high-speed running type のハムストリング肉ばなれとの関連を検討されるべきである。

第5節 本章のまとめ

本章の目的は、陸上競技において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれについて、筋力、筋形態、柔軟性との関連を明らかにすることであった。その結果は以下の様にまとめられる。

- (1) ハムストリング肉ばなれの既往歴を持つ者のハムストリング肉ばなれ受傷率が高く、既往歴がハムストリング肉ばなれの明らかな発生要因であることが確認された。
- (2) その他の筋力、筋形態、可動域とハムストリング肉ばなれの間に関連はみられなかった。

第6章 総合考察

本研究では、陸上競技において発生するハムストリング肉ばなれの特徴を明らかにし、その発生に関連する要因を明らかにすることを目的とした。以上の章を踏まえて、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴と、その要因について、以下に考察する。

第1節 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴

本研究において、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴として、性別では男性に多く(図 3-3)、種目では短距離・混成種目に多く、長距離種目で少ないことが明らかとなった(図 3-3)。加えて、時期による比較では、シーズンの初期に発生率が高く、シーズンの中期および後期において低いことが明らかとなった(図 3-2)。以下に、それぞれの結果に対する考察を述べる。

第1項 陸上競技の外傷の特徴

第2章においては、陸上競技のシーズンにおいて頻発する外傷について検討した。その結果、陸上競技選手において最も多い外傷の部位は大腿部であり(表 2-2)、最も多い外傷の種類は肉ばなれであった(表 2-3)。また大腿部の外傷のうちおよそ8割がハムストリングに生じていた。これらの結果から、陸上競技において、ハムストリング肉ばなれは最も発生頻度の高い外傷のひとつであると考えられた。この結果は先行研究(Alonso et al., 2012)に一致しており、特に短距離種目の選手において、予防に最も注意を払うべき外傷であるといえる。

第6章 総合考察

第2項 陸上競技のハムストリング肉ばなれの性差

第3章においては、陸上競技において発生するハムストリング肉ばなれについて、その発生時期などの特徴について検討した。まず、最も基本的な情報である性別について、男性において、女性に比較して有意にハムストリング肉ばなれの発生率が高いことが確認された(図 3-3)。男性は女性に比較して走速度が高いことから、high-speed running type のハムストリング肉ばなれの受傷リスクが高いことは、理解しやすい結果である。しかしながら、性別の間のどのような違いが、ハムストリング肉ばなれの発生リスクの違いに繋がっているのかという点については、明らかになっていない。ハムストリング肉ばなれの受傷リスクの性差に関するメカニズムを特定することは、ハムストリング肉ばなれの予防に役立つ可能性が高い。今後は全力疾走の速度が同等な男女の走動作や筋活動の比較を行い、ハムストリング肉ばなれ発生メカニズムに迫る必要がある。

第3項 ハムストリング肉ばなれと種目の関連

種目間の比較において、短距離種目と混成種目においてハムストリング肉ばなれの発生率が有意に高く、長距離種目において低かった(図 3-3)。この結果については、全力疾走への曝露の違いがあることで説明ができる。つまり、短距離種目や混成種目は練習や試合において全力疾走を伴うが、長距離種目の選手が全力疾走を行うことはほとんどないことが考えられる。

また第3章において、混成選手は短距離選手と同様にハムストリング肉ばなれの発生率が高いという結果が得られたが、第5章においては、種目間に有意な差はみられなかった。第5章の前向き研究では長距離や

第6章 総合考察

投擲種目のような high-speed running を必要としない種目の選手を対象としていないため、有意な差がみられなかったと考えられる。これらの結果を総合して考えると、混成種目は短距離種目と同様にハムストリング肉ばなれの発生リスクの高い種目であると考えられる。

これらの性別や種目に関する知見から、このような属性をもつ選手に対しては、特に注意深く予防のトレーニングを含めたコンディショニングを行うべきであると考えられる。

第4項 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生時期

陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴として、シーズンの初期に発生率が高いことが確認された(図 3-2)。その一方で、シーズンの中期や後期には発生率が低かった。これらの期はすべてシーズン中であるにもかかわらず、ハムストリング肉ばなれの発生率に差がみられたことは、重要な発見である。この結果は、練習時や試合時の負荷や気温などの変化が関連していることが考えられる。特にトレーニング負荷について、一般に、身体は新たな負荷に対して適応するが、その負荷が過剰であると、適応できずに傷害の発生につながる危険性が高まる。このことから、スプリントの速度や距離の急激な上昇は、身体に対して過度な負荷となり、ハムストリング肉ばなれなどの傷害をまねく可能性が考えられる。本研究では、観察期間中のトレーニング負荷の記録は行っていないため、結論付けることはできないが、臨床において考慮すべき事柄であると考えられる。また、本研究において、ハムストリング肉ばなれの発生率が低かったシーズン中期から後期において、気温が高かった(図 3-4)。これは傷害発生と気温の因果関係について明らかにしたデータではないものの、ハムストリング肉ばなれの予防を考える上で、気温は

考慮すべき因子のひとつであると考えられる。

第2節 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生要因

本研究において、陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生要因として、既往歴が明らかとなった。その他に性別や時期、気温がハムストリング肉ばなれの関連因子であることが考えられた。先行研究と本研究の結果から、Meeuwisse et al.のスポーツ傷害の多要因性に関する概念図をもとに、high-speed running type のハムストリング肉ばなれの発生要因とメカニズムを図6-1に示す(Meeuwisse et al., 2007)。

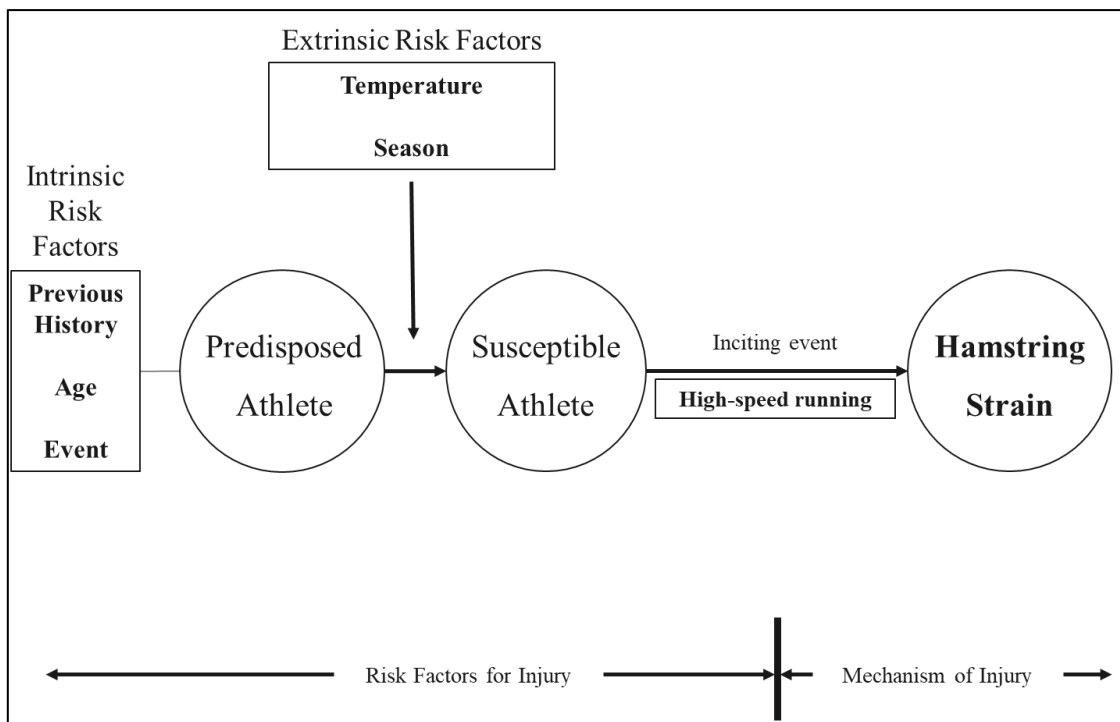


図 6-1 ハムストリング肉ばなれの発生要因とメカニズム(Meeuwisse et al.の図を参考)

第1項 ハムストリング肉ばなれの既往歴

既往歴について、第5章において、既往歴を持つ者のハムストリング肉ばなれ発生率が、既往歴を持たない者に比較して有意に高かった(表5-2)。最新のメタ解析の研究においても、既往歴はハムストリング肉ばなれの発生要因であることが結論付けられている(Freckleton et al., 2013)。既往歴がハムストリング肉ばなれの明らかな発生要因であるにもかかわらず、既往者が再受傷するメカニズムについては、明らかになっていない。いくつかの研究で、受傷後のMRI画像の所見をもとに、その後のハムストリング肉ばなれの発生要因について検討しているが、明確な結論は得られていない(Emery et al., 2005; Engebretsen et al., 2010; Ekstrand et al., 2012)。既往者の再受傷を考える上で、MRIによって得られる受傷組織の治癒に関する情報は非常に重要である。本研究において、介入可能な要因を特定することは適わなかったが、より high-speed running に関連した未測定因子と再受傷との関係について明らかにする必要がある。

一方で、high-speed running type のハムストリング肉ばなれに絞って考えると、既往者が再受傷を繰り返す重要な要因として、走動作の特徴が挙げられる。しかしながら既往歴の有無で走動作の特徴を比較した研究はみられない。体幹の前傾によって late-swing phase のハムストリングの伸張ストレスが増加することなどから(Higashihara et al., 2015)、疾走中の体幹の傾きなどとの関連について検討されるべきである。また、通常の high-speed running 以上にハムストリングが強く伸張されると考えられるハードル種目におけるハムストリング肉ばなれは、本研究の第5章の前向き観察研究では1件のみであった為、ハムストリングの伸張という視点とは異なる視点も必要である可能性が考えられる。

陸上競技の現場において、ハムストリング肉ばなれの発生率を低下さ

第6章 総合考察

せるために、初発後のリハビリテーションには特に注意を払うべきである。伸張性のエクササイズや体幹のエクササイズ、アジリティエクササイズなどを組み合わせることによって、ハムストリング肉ばなれの再受傷を予防できることが報告されている (Arnason et al., 2008; Askling et al., 2003; Brooks et al., 2006; Engebretsen et al., 2008; Petersen et al., 2008; Scache et al., 2012; Silder et al., 2013)。現場においては、初発後のリハビリテーションの重要性を選手やコーチ、医療スタッフが共通認識する必要がある。これらのエクササイズがハムストリング肉ばなれの初発を予防する効果について、現時点ではエビデンスが不足している。今後の研究では、特定の介入の初発と再発に対する予防効果について検討する必要がある。

第2項 ハムストリング肉ばなれと気温

気温について、第3章において、最も高い気温帯(very high)でハムストリング肉ばなれの発生率が低く、中間の気温帯(lower middle)で高かった(図 3-4)。この結果から気温がハムストリング肉ばなれの発生に関連する因子であることが考えられる。しかし、ハムストリング肉ばなれの発生率が最も高かった気温は、最も低い気温帯ではなく、中間の気温帯であったことから、この結果には、トレーニング負荷の変化が影響していることが推測できる。このように、本研究の結果から気温がハムストリング肉ばなれの発生要因であると結論付けることはできないが、傷害予防において考慮すべき因子の一つであると考えられる。

気温とハムストリング肉ばなれとの関連を検討した先行研究では、有意な関連を見出していない(Lawrence et al., 2016; Orchard et al., 2001)。これらの研究が本研究と異なる結果を示した理由として、地域やシーズ

第6章 総合考察

ンのスケジュール，競技の違いなどが考えられる．Lawrence et al.は米国において，NFLの選手を対象にレギュラーシーズン中の公式試合日の平均気温とハムストリング肉ばなれの発生との関連を検討している．NFLのレギュラーシーズンは9月から1月に行われ，秋から冬に行われるスポーツである．Orchard et al.はオーストラリアにおいて，Australian Football Leagueの選手を対象にレギュラーシーズン中の公式試合の日の最高気温および最低気温との関連を検討している．AFLのレギュラーシーズンは3月から8月に行われ，オーストラリアにおける秋から冬にかけて行われるスポーツである．どちらの研究においても秋から冬にかけて行われる球技スポーツのシーズン中の試合のみを対象にしている．本研究は春から秋にかけて長い期間にわたって行われる陸上競技の選手を対象に，練習を含めたすべての日を対象にしている．このような違いが気温の結果に違いをもたらしたと考えられる．本研究は先行研究に比較してより幅広い気温について検討しているため，網羅的な結果をもたらしたと考えられる．しかしながら，本研究を含め，気温に関する研究の問題点として，トレーニング負荷の変化を考慮していないことが挙げられる．今後の研究においてはトレーニング時の走速度や距離などのデータと気温のデータを蓄積することで気温とトレーニング負荷のハムストリング肉ばなれ発生に対する影響を検討する必要がある．

第3節 本研究の限界

(1) 選択バイアス

本研究の対象は，大学陸上競技選手に限定しており，そのデータから得られた知見は，高校生以下の年代や，マスターズなどの選手に直接応

用可能であるかは疑問である。

また、本研究の対象は一つの大学に所属する選手を対象にしているため、トレーニングプログラムや気候に関しては選択バイアスの影響を受けている可能性が高い。しかしながら、研究対象チームは多くの選手が個人単位でトレーニング計画を管理していたため、統一したトレーニングプログラムを実施するチームを対象にすることに比べると、その影響は少ないと考えられる。

(2) 未測定因子

本研究の潜在的な限界として、未測定因子の影響が考えられる。本研究や先行研究で測定していない測定値が結果に影響を与えている可能性は否めない。

第4節 臨床への応用

本研究の結果より、既往歴がハムストリング肉ばなれの発生や、その他の内的要因に影響を及ぼす発生要因であることが明らかとなった。臨床においては、医療スタッフが、単に既往歴の有無を把握するだけでなく、その脚(左右)、受傷した筋、受傷機転などをできる限り詳細に把握し、機能評価をしながら再発予防のトレーニングプログラムを実施することが重要である。

また、時期による発生率の違いがみられたことから、時期によって変化するトレーニング負荷や疲労、気温などを記録することが重要である。しかしながら、トレーニング負荷や疲労などの要因は非常に多面的であり、単一の項目で記録を行うことが難しいため、競技特性を考慮し

た疲労やトレーニング負荷の記録方法を構築する必要がある。

第5節 今後の研究課題

本研究で得られた結果から、今後行うべきであると考えられる研究の概要とその根拠について以下に列挙する。

(1)陸上競技選手の傷害調査

陸上競技選手を対象とした傷害調査研究は非常に限られている。特に、本研究において取得できなかった重症度に関する知見は、予防すべき傷害を考える上で重要な情報である。今後の研究では、大規模かつ多様な集団における傷害発生を、詳細に記録することで、質の高い傷害調査研究を行う必要がある。

(2)スプリント動作の特徴とハムストリング肉ばなれ発生との関連

本研究および先行研究において、ハムストリング肉ばなれの発生に関連する介入可能な内的要因について明確な知見が得られていない。これらのことから、筋力や可動域などの静的な測定項目は、ハムストリング肉ばなれ発生への影響が低いことが考えられる。ハムストリング肉ばなれを繰り返し受傷する選手は、スプリント動作自体に特徴を持っている可能性が考えられる。このことから、ハムストリング肉ばなれを繰り返す選手のスプリント動作の特徴を検討することは、安全な動作に関する知見を得る上で重要である。

(3)ハムストリング肉ばなれ予防介入トレーニングの効果

本研究は、傷害予防の4ステップモデル(図 1-1)に基づき研究を実施した(van Mechelen et al., 1992)。これは傷害予防を達成するために、傷害調査を実施した後に、発生要因やメカニズムの特定を経て、適切な介

第6章 総合考察

入方法を検討するという科学的アプローチのモデルである。しかしながら、最終的な目的は傷害予防であることから、高い効果をもたらす介入効果が明らかとなれば、その介入方法から発生メカニズムや発生要因などを特定できる可能性がある。臨床における経験や科学的考察から、効果が高いと考えられる介入方法があれば、積極的にその効果について検討するべきであると考えられる。

第7章 結語

本研究では、陸上競技において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれの特徴を明らかにし、その発生に関連する要因を明らかにすることを目的とした。その結果は、以下の様にまとめられる。

(1) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの特徴として、陸上競技選手の外傷の中で最も発生頻度が高いこと、種目間では短距離選手に多いこと、およびシーズンの初期である3月から5月において、その他の期に比較して多く発生することが明らかとなった。

(2) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれの発生要因について、ハムストリング肉ばなれの既往歴がある者が既往歴の無い者に比較して受傷リスクが高く、女性に比較して男性の受傷リスクが高いことが明らかとなった。

論文の構成

本論文は、以下の主論文、未発表論文および学会発表をもとに構成されている。

【学術論文】

徳武 岳，倉持 梨恵子，清水 卓也．本邦の大学陸上競技チームにおける外傷発生の特徴．（査読中）日本臨床スポーツ医学会誌．（主に第2章を構成）

Tokutake G, Kuramochi R. (査読中) Association of hamstring strain injuries with season and temperature in track and field collegiate athletes in Japan: A descriptive epidemiological study. Asian Journal of Sports Medicine. (主に第3章を構成)

徳武 岳，倉持 梨恵子，村田 祐樹，清水 卓也(2017) High-speed running type のハムストリング肉ばなれの既往歴と股関節周囲筋群の機能および形態の関連．日本臨床スポーツ医学会誌．25(3), 408-415. (主に第4章を構成)

Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. (2018) The risk factors of hamstring strain injury induced by high-speed running. Journal of Sports Science and Medicine. 17(4),650-655. (主に第5章を構成)

【学会発表】

Gaku Tokutake, Rieko Kuramochi, Yuki Murata. (2015) Relationship between sprint performance and morphology of hip extensors. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science.

徳武 岳, 倉持 梨恵子, 村田 祐樹, 清水 卓也. (2016) 陸上競技におけるハムストリング肉ばなれ(Sprinting type)の既往と股関節の筋形態および機能との関連に関わる横断的考察. 第27回日本臨床スポーツ医学会学術集会.

徳武 岳, 倉持 梨恵子, 村田 祐樹, 清水 卓也. (2017) 陸上競技において発生する high-speed running type のハムストリング肉ばなれと股関節周囲筋の機能および形態との関連. 第5回日本アスレティックトレーニング学会学術集会.

徳武 岳, 倉持 梨恵子, 村田 祐樹, 清水 卓也. (2017) High-speed running type のハムストリング肉ばなれの発生要因の検討～前向きコホート内ケースコントロール研究～. 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会.

徳武 岳, 倉持 梨恵子. (2018) 大学陸上競技選手のハムストリング肉ばなれの発生時期と気温の特徴. 第6回日本アスレティックトレーニング学会学術集会.

徳武 岳，倉持 梨恵子，清水卓也．(2018) 陸上競技選手のスポーツ
傷害に関する観察的記述疫学研究．第 29 回日本臨床スポーツ医学会学
術集会．

参考文献

- Alonso JM, Junge A, Renström P, Engebretsen L, Mountjoy M and Dvorak J. Sports injuries surveillance during the 2007 IAAF World Athletics Championships. *Clin J Sport Med* 2009; 19: 26–32.
- Alonso JM, Tscholl PM, Engebretsen L, Mountjoy M, Dvorak J and Junge A. Occurrence of injuries and illnesses during the 2009 IAAF World Athletics Championships. *Br J Sports Med* 2010; 44: 1100-1105.
- Alonso JM, Edouard P, Fischetto G, Adams B, Depiesse F and Mountjoy M. Determination of future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *Br J Sports Med* 2012; 46: 505-514.
- Areia C, Barreira P, Montanha P, Oliveira J and Ribeiro P. Neuromuscular changes in football players with previous hamstring injury. *Clin Biomech* 2019; 69: 115-119.
- Arnason A, Tenga A, Engebretsen L and Bahr R. A prospective video-based analysis of injury situations in elite male football: football incident analysis. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1459-1465.
- Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L and Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 40-48.
- Askling C, Karlsson J and Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 244-250.
- Askling C, Saartok T and Thorstensson A. Type of acute hamstring strain

affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med* 2006; 40: 40-44.

- Barreira P, Drust B, Robinson MA and Vanrenterghem J. Asymmetry after hamstring injury in English Premier League: issue resolved, or perhaps not? *Int J Sports Med* 2015; 36: 455-459.
- Behan FP, Maden-Wilkinson TM, Pain MTG and Folland JP. Sex differences in muscle morphology of the knee flexors and knee extensors. *PloS ONE* 2018; 13: e1-15.
- Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riauour A, Leslie S, Plant D and Cirone J. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med* 1998; 32: 309-314.
- Bigouette JP, Owen JC, Greenleaf J, James SL and Strasser NL. Injury Surveillance and Evaluation of Medical Services Utilized During the 2016 Track and Field Olympic Trials. *Orthop J Sports Med* 2018; 6: 1-9.
- Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, Hudson JD and Kimsey MH. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech* 2009; 24: 65-70.
- Bradley PS and Portas MD. The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players. *J Strength Cond Res* 2007; 21: 1155-1159.
- Brockett CL, Morgan DL and Proske U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 379-387.
- Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP and Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1297-1306.

- Cameron M, Adams R and Maher C. Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Phys Ther Sport* 2003; 4: 159-166.
- Cohen J. A power primer. *Psychol Bull* 1992; 112: 155-159.
- Cohen SB, Towers JD, Zoga A, Irrgang JJ, Makda J, Deluca PF and Bradley JP. Hamstring injuries in professional football players: magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health* 2011; 3: 423-430.
- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M and Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1469-1475.
- Duhig S, Shield AJ, Opar D, Gabbett TJ, Ferguson C and Williams M. Effect of high-speed running on hamstring strain injury risk. *Br J Sport Med* 2016; 50: 1536-1540.
- Edouard P, Depiesse F, Hertert P, Branco P and Alonso JM. Injuries and illnesses during the 2011 Paris European Athletics Indoor Championships. *Scand J Med Sci Sports* 2013; 23: e213–18.
- Emami M, Arab AM and Ghamkhar L. The activity pattern of the lumbo-pelvic muscles during prone hip extension in athletes with and without hamstring strain injury. *Int J Sports Phys Ther* 2014; 9: 312-319.
- Emery CA. Does decreased muscle strength cause acute muscle strain injury in sport? A systematic review of the evidence. *Phys Ther Rev* 1999; 4: 141-151.
- Emery C, Meeuwisse WH and Hartmann SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer. *Am J Sport Med* 2005; 33: 1882-1891.

- Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L and Bahr R. Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1052-1060.
- Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L and Bahr R. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2010; 38: 1147-1153.
- Fan L, Copple TJ, Tritsch AJ and Shultz SJ. Clinical and instrumented measurements of hip laxity and their associations with knee laxity and general joint laxity. *Journal of Athletic Training* 2014; 49: 590-598.
- Fong DT, Hong Y, Chan LK, Yung PS and Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* 2007; 73-94.
- Foreman TK, Addy T, Baker S, Burns J, Hill N and Madden T. Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: a systematic review. *Phys Ther Sport* 2006; 7: 101-109.
- Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S and Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med* 2011; 45: 709-714.
- Freckleton G and Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2013; 47: 351-358.
- Freckleton G, Cook J and Pizzari T. The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian Rules Football Players.

Br J Sports Med 2014; 48: 713-717.

- Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V and Maehlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. Scand J Med Sci Sports 1997; 7: 279-282.
- Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, Wajswelner H and Orchard JW. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. Scand J Med Sci Sports 2006; 16: 7-13.
- Greenland S and Morgenstern H. Confounding in health research. Annu Rev Public Health 2001; 22: 189-212.
- Hadda V, Khilnani GC, Kumar R, Dhunguna A, Mittal S, Khan MA, Madan K, Mohan A and Guleria R. Intra- and inter-observer reliability of quadriceps muscle thickness measured with bedside ultrasonography by critical care physicians. Indian J Crit Care Med 2017; 21: 448-452.
- Henderson G, Barnes CA and Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. J Sci Med Sport 2010; 13: 397-402.
- Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM and Salvini TF. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. Phys Ther 2010; 90: 581-591.
- Higashihara A, Nagano Y, Takahashi K, Fukubayashi T. Effects of forward trunk lean on hamstring muscle kinematics during sprinting. J Sports Sci 2015; 33: 1366-1375.
- Jacobsson J, Timpka T, Kowalski J, Nilsson S, Ekberg J, Dahlström Ö and Renström PA. Injury patterns in Swedish elite athletics: annual incidence, injury types and risk factors. Br J Sports Med 2013; 47: 941-952.

- Lawrence DW, Comper P and Hutchison MG. Influence of extrinsic risk factors on National Football League injury rates. *Orthop J Sports Med* 2016; 4: e1-9.
- Lieberman DE, Raichlen DA, Pontzer H, Bramble DM and Smith EC. The human gluteus maximus and its role in running. *J Exp Biol* 2006; 209: 2143-2155.
- Meeuwisse WH, Tyreman H, Hagel B and Emery C. A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med* 2007; 17: 215-219.
- Opar DA, Drezner J, Shield A, Williams M, Webner D, Sennett B, Kapur R, Cohen M, Ulager J, Cafengiu A and Cronholm PF. Acute hamstring strain injury in track-and-field athletes: A 3-year observational study at the Penn Relay Carnival. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: e254-259.
- Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Hickey J, Duhig SJ and Shield AJ. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47: 857-865.
- Orchard J, Marsden J, Lord S and Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med* 1997; 25: 81-85.
- Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med* 2001; 29: 300-303.
- Ounpuu S. The biomechanics of running: a kinematic and kinetic analysis. *Instr Course Lect* 1990; 39: 305-318.
- Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jørgensen E and Hölmich P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in

- men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2011; 39: 2296-2303.
- Prior M, Guerin M and Grimmer K. An evidence-based approach to hamstring strain injury: a systematic review of the literature. *Sports Health* 2009; 1: 154-164.
 - Rolls A and George K. The relationship between hamstring muscle injuries and hamstring muscle length in young elite footballers. *Phys Ther Sport* 2004; 5: 179-187.
 - Schache A. Eccentric hamstring muscle training can prevent hamstring injuries in soccer players. *J Physiother* 2012; 58: 58.
 - Silder A, Thelen DG and Heiderscheit BC. Effects of prior hamstring strain injury on strength, flexibility, and running mechanics. *Clin Biomech* 2010; 25: 681-686.
 - Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ and Heiderscheit BC. Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013; 43: 284-299.
 - Small K, McNaughton LR, Greig M, Lohkamp M and Lovell R. Soccer fatigue, sprinting and hamstring injury risk. *Int J Sports Med* 2009; 30: 573-578.
 - Timpka T, Alonso JM, Jacobsson J, Junge A, Branco P, Clarsen B, Kowalski J, Mountjoy M, Nilsson S, Pluim B, Renström P, Rønsen O, Steffen K and Edouard P. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): Consensus statement. *Br J Sport Med* 2014; 48: 483-

490.

- Van Mechelen W, Hlobil H and Kemper HCG. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports Med* 1992; 14: 82-99.
- Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT and Spriggins AJ. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sport Med* 2001; 35: 435-439.
- Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT and Esterman A. Assessment of physical examination and magnetic resonance imaging findings of hamstring injury as predictors for recurrent injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 215-224.
- Warren P, Gabbe BJ, Schneider-Kolsky M and Bennell KL. Clinical predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *Br J Sports Med* 2010; 44: 415-419.
- Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, Bryant AL, Cameron ML, Crossley KM and Makdissi M. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *Am J Sports Med* 2010; 38: 2058-2064.
- Wisbey B, Rattray B and Payne D. Quantifying Change in AFL Player Game Demands Using GPS Tracking 2008 AFL Season 2008; FitSense Australia: 1-36.
- Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T and Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med* 2003;

31: 41-46.

- Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A and Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football analysis of hamstring injuries. *Br J Sport Med* 2004; 38: 36-41.
- Yamada M and Mastumoto D. The reaction time of mental rotation predicts strain in rugby players. *J Phys Ther Sci* 2009; 21: 177-182.
- Yamamoto T. Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33: 194-199.
- Yeung SS, Suen AM and Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med* 2009; 43: 589-594.
- Zvijak JE, Toriscelli TA, Merrick S and Kiebzak GM. Isokinetic concentric quadriceps and hamstring strength variables from the NFL Scouting Combine are not predictive of hamstring injury in first-year professional football players. *Am J Sports Med* 2013; 41: 1511-1518.

謝辞

本論文に含まれる研究を遂行し，論文を作成するにあたり，直接のご指導を賜りました中京大学大学院体育学研究科の倉持梨恵子先生に，深謝の意を表します．また，主に中京大学スポーツ科学部および大学院修士課程在籍時にご指導いただいた村田祐樹先生には，研究の面白さに気づく機会をいただきました．さらに，同研究科スポーツ健康科学系の先生方には，研究の内容に関するご指導のみならず，自らが興味を持つ分野を，様々な視点からみることの重要性を教えていただきました．

加えて，研究の遂行に直接のご協力をいただいた同研究科倉持研究室の先輩，同僚，後輩には深く感謝申し上げます．また，私が学生時代に所属した中京大学陸上競技部の選手の方々には，共に努力する過程において，大きなモチベーションと多くの気づきをいただきました．重ねて感謝申し上げます．

最後に，長年にわたる学生生活を経済的にも精神的にも支えていただいた父，母，祖父母をはじめとした家族に深謝の意を表します．