

中京大学博士審査学位論文

大学院体育学研究科

腰痛の傷害特性を考慮した観察研究および関連する要因の検討

-陸上競技棒高跳選手を対象として-

The epidemiological study on the injury characteristics of low back pain  
and determination of factors related to low back pain.  
-in pole vaulter-

2021 年 3 月 19 日 学位授与

中京大学大学院 体育学研究科 体育学専攻

榎 将太

## 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，課題および倫理的配慮 .....	7
第 2 章	大学生棒高跳選手の慢性腰痛と身体的要因の関連（研究課題 1 を構成） .....	8
第 1 節	緒言 .....	8
第 2 節	方法 .....	9
第 3 節	結果 .....	13
第 4 節	考察 .....	17
第 5 節	本章のまとめ .....	21
第 3 章	大学生棒高跳選手の腰痛発生に関連する身体的要因の縦断的観察研究（研究課題 2 を構成） .....	22
第 1 節	緒言 .....	22
第 2 節	方法 .....	23
第 3 節	結果 .....	26
第 4 節	考察 .....	37
第 5 節	本章のまとめ .....	41
第 4 章	男子棒高跳選手の慢性腰痛と動作的要因の関連（研究課題 3 を構成） .....	42

第 1 節	緒言 .....	42
第 2 節	方法 .....	43
第 3 節	結果 .....	48
第 4 節	考察 .....	52
第 5 節	本章のまとめ .....	54
<b>第 5 章</b>	<b>総合考察 .....</b>	<b>55</b>
第 1 節	陸上競技棒高跳選手における腰痛の特徴 .....	55
第 2 節	陸上競技棒高跳選手における腰痛発生に関連する要因 ..	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
<b>第 6 章</b>	<b>結語 .....</b>	<b>63</b>
<b>参考文献 .....</b>		<b>64</b>
<b>謝辞 .....</b>		<b>70</b>

## 論文の構成

本論文は、以下の主論文および学会発表をもとに構成されている。

### 【学術論文】

**Enoki S**, Kuramochi R, Murata Y, Tokutake G, Shimizu T. (2020) The relationships between chronic low back pain and physical factors in collegiate pole vaulters: A cross-sectional study. Int J Sports Phys Ther,15(4):537-547. （主に第 2 章を構成）

**Enoki S**, Kuramochi R, Murata Y, Tokutake G, Sakamoto T, Shimizu T. (In press) Internal risk factors for low back pain in pole vaulters and decathletes: A prospective study. Orthop J Sports Med. （主に第 3 章を構成）

### 【学会発表】

**榎 将太**, 倉持 梨恵子, 清水 卓也. (2020) 男子棒高跳選手における慢性腰痛の有無と競技動作中の関節角度との関連. 第 31 回日本臨床スポーツ医学会学術集会（主に第 4 章を構成）

# 第1章 序論

## 第1節 研究背景

### 第1項 スポーツにおける腰痛の有病率と危険因子

腰痛は、一般人とアスリートのどちらにおいても世界的に問題となっている傷害である。これまで腰痛は、85%が原因不明である非特異的腰痛であるとされてきたが(Deyo and DO., 2001), この割合は米国における家庭医による報告であり, 専門医による診察と異なる。この事実を受け, 近年本邦の医療機関を対象に実施された研究では, 整形外科医による診察により腰痛における原因特定が 78%可能であったと報告されている(Suzuki et al., 2016)。このように, 腰痛は原因特定が可能となっており, スポーツを行うことによって継続的な身体への負荷を受けるアスリートを対象とした腰痛に関する研究も多く報告されている。

Wilson et al.(2020)は, スポーツにおける腰痛の有病率および危険因子についてメタ分析を実施し, アスリートの生涯における腰痛の有病率が 63% (95% CI: 54 - 73%), 1年間の発生率が 44% (95% CI, 36 - 52%)と報告した。また, 危険因子に関しては, 研究デザインが適切でない研究が多い中で, エビデンスレベルの高い研究からは, 既往歴があること, トレーニング負荷が急増すること, 競技歴が長いことが共通して挙げられた。さらに, Moradi et al.(2015)が行った腰痛発生に関連する要因を検討した前向き研究のレビューでは, 腰痛の既往歴, 体重・BMIの増加, 腰椎の屈曲・伸展可動域が小さいこと, 股関節屈曲筋のタイトネスが危険因子とされている。

しかしながら, Wilson et al.(2020)は, これまでの腰痛の有病率および危険因子の検討における問題点を次のように指摘している。エビデンス

## 第1章 序論

レベルの高い報告が限られており、腰痛のリスクが高いスポーツを特定できないことから、アスリートにおける腰痛の有病率をより正確に把握するために、各スポーツにおいて前向きなデータ収集や分析を行うべきだとした。さらに、今後のアスリートの腰痛に関する研究においては、標準的かつスポーツにおける腰痛の傷害特性を考慮した定義を採用し、さらに調査方法にアスリートに適した検証やアウトカムを選択すべきであると指摘した。

多くの先行研究において用いられてきた腰痛発生の定義は、参加競技において練習や試合を中止または欠場するなどの時間的損失が発生したものであったが、実際には腰痛を有していながらも競技を継続している選手が多く存在する。腰痛がある中で競技を続けることは、痛みが出現することを身体が無意識に回避し、動作が変化してしまうことが考えられ、パフォーマンス向上を阻害する。そのため、アスリートにおいて特定の動作を行うことによって出現する腰痛や、競技の離脱に至らないまでもパフォーマンスを制限する腰痛を抱えていることは問題であると考えられ、その実態を解明することが求められている。Clarsen et al.(2013)は、競技の離脱に至らないまでも継続的に痛みを有する慢性的な障害全般において、アンケートを用いた前向きの傷害調査を行うことで、より正確に傷害の全体像を捉えることが可能であると報告している。腰痛も継続的な負荷によって発症する障害の特性を有していることが考えられるため、アンケートによる傷害調査を行う必要がある。そのため、Wilson et al.(2020)が指摘するように腰痛の傷害特性を考慮した定義や調査方法における前向きな調査が必要だと考えられる。

Bahr and Krosshaug(2005)が提唱した傷害要因モデルでは、選手の内的リスクファクターに加えて、外的リスクファクターへの曝露があり、そ

## 第1章 序論

ここに傷害の誘因となるイベントが加わると傷害に至る(図 1-1). つまり, 選手の傷害を予防するためには, 傷害発生 の 起 点 である選手が有する内的リスクファクターを傷害ごとに検討する必要がある. 内的リスクファクターとして, 年齢や性別などの基本的要因, 筋力や関節可動域などの身体的要因, 競技特有の競技動作などの動作的要因が挙げられる. 選手同士の接触などの外的リスクファクターによる影響を最小限とし, 内的リスクファクターと傷害との関連を検討するためには, クローズドスキルが求められる陸上競技選手や体操選手, 水泳選手などが対象者として適していると考えられる.

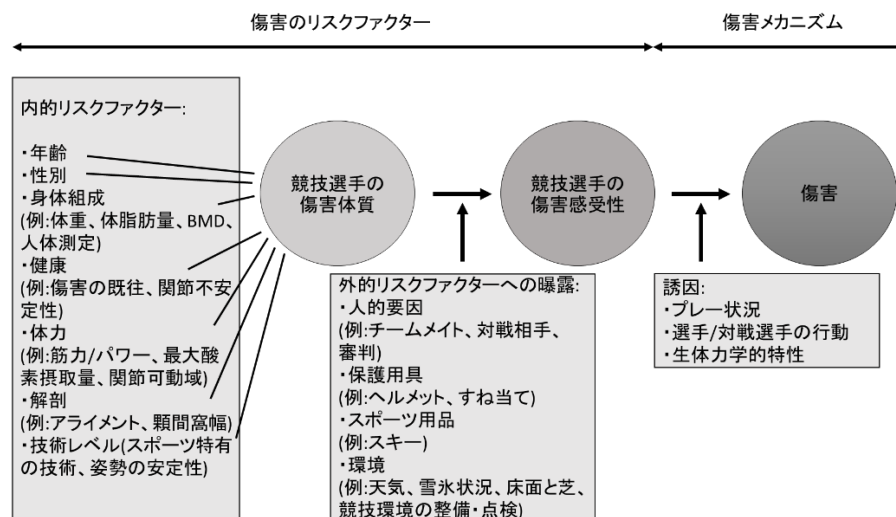


図 1-1: 傷害要因モデル (Bahr and Krosshaug, 2005)

### 第2項 陸上競技棒高跳選手における腰痛

陸上競技は、走る、跳ぶ、投げるというスポーツにおける基本的な動作を競うスポーツであり、多くのスポーツの原点とも言える。跳躍種目のひとつである棒高跳は、棒を利用することで、身体のみでは越えることの不可能な高さまで跳躍し、その跳躍高を競う競技である(図 1-2)。棒高跳の競技動作は、棒を持って走る助走局面、エネルギーの変換を行う

## 第1章 序論

踏切局面，上肢において力発揮が求められる空中局面に分けられる．このように棒高跳選手には，走る，跳ぶといった基本的な能力だけでなく，上肢だけで体重を支え，いわば体操競技のように下肢が不安定な状態で身体をコントロールする能力など多様な能力が求められる．

棒高跳の一連の競技動作には腰痛のリスクとなる動作が含まれている．すなわち，踏切局面における体幹部の伸展(図 1-2-①)，空中局面における体幹部の屈曲(図 1-2-②)および回旋動作(図 1-2-③)であり，着地の際にはそれに伴う衝撃を受けている．棒高跳の競技動作と腰部傷害との関連を唯一報告した Gainor et al.(1983)は，腰椎分離症を有する3名の選手を対象に動作分析を行い，踏切時に脊柱伸展の過度な角加速度が生じることと競技動作を通して脊柱の可動範囲が広いことを指摘している．実際に，大学生棒高跳選手における前向きな傷害調査である米国の調査(Rebella, 2015)と本邦の我々の調査(榎ら, 2018)のいずれにおいても腰椎/下背部に傷害が好発したと報告されている．しかしながら，これらの研究において用いられた傷害の定義が時間的損失を伴うものであることから，腰痛があっても競技を続行している選手の存在が漏れてしまっている．このような過小評価を避けるためには，腰痛のように痛みがありながらも競技の継続ができてしまう障害における調査は，傷害特性を考慮した方法を選択する必要がある．

このように棒高跳を基本的な動作に落とし込んで概観してみると，多くのスポーツにおいて必要とされる多様な能力が求められ，腰痛のリスクとなる多くの動作を含んでいることが分かる．本研究は，棒高跳選手を対象とし，腰痛の危険因子に関する研究のモデルを示す．



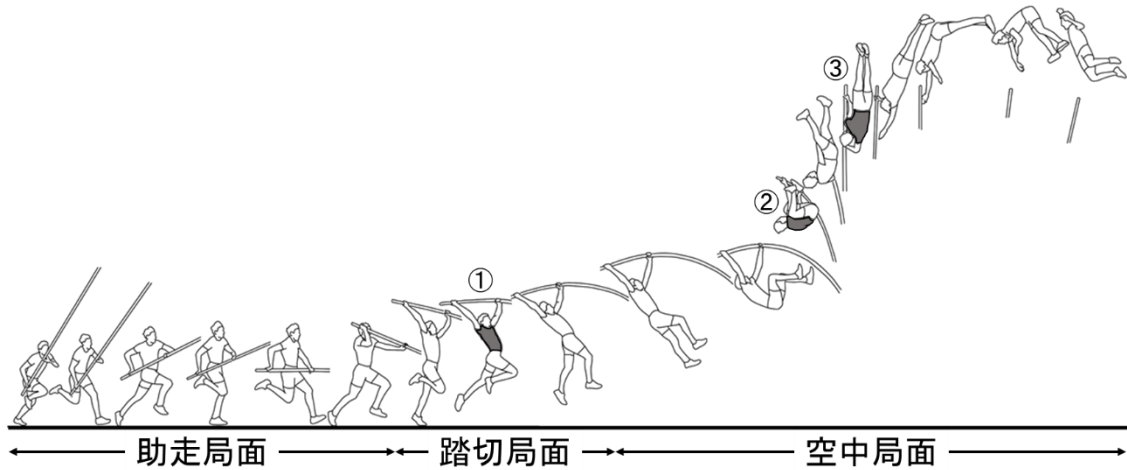


図 1-2：陸上競技棒高跳の競技動作

本研究では先行研究を整理することで表出した腰痛に関する3つの課題に着目し、棒高跳選手を対象に関連要因の検討を行う。着目した課題は、第一に慢性腰痛の定義を明確に設定すること、第二に腰痛発生の定義と調査方法を明確にし、他の観察研究と同等に議論すること、第三に内的リスクファクターを検討することである。それぞれの課題について以下に詳述する。

第一に、慢性腰痛の定義について、これまで多くの研究では3カ月以上腰痛が継続した場合と定義されている(Crasto et al., 2020; Meucci et al., 2015; Nambi et al., 2020)。しかし、特定の競技動作に伴って腰痛が発生することが多いことから、腰痛の原因となる特定の動作の頻度が低ければ腰痛は継続せず、慢性腰痛とみなされなくなる。本研究では、アンケートを用いて「跳躍動作を行うことによって、よく腰痛が発生しますか？」という質問に「はい」と回答した場合を慢性腰痛と定義して関連要因を検討する。

## 第1章 序論

第二に、Wilson et al.(2020)が指摘するように、スポーツにおける腰痛などの慢性的な障害に関する研究では、アスリートに適した傷害発生の定義と調査方法を選択する必要がある。これまでの腰痛発生の定義は、時間的損失が発生した腰痛を採用していたが、こうした時間的損失がないもののパフォーマンスを制限するような腰痛が発生する場合も考えられる。本研究は、従来の定義における腰痛を収集しつつも、アンケートによってパフォーマンスを制限した腰痛についても収集し、アスリートにおける腰痛発生の実態を前向きに調査する。

最後に、内的リスクファクターの検討における課題である。Bahr and Krosshaug(2005)が提唱した傷害要因モデルにおいて提示されている内的リスクファクターは、年齢や性別などの基本的要因、筋力や関節可動域などの身体的要因、競技特有の競技動作などの動作的要因が挙げられている。先行研究において、これらの要因について個々に検討が行われているスポーツはあるが、包括的に検討されている研究を見出すことができない。そこで本研究では、慢性腰痛や腰痛発生に関連する内的リスクファクターを包括的に評価する。

### 第2節 本研究の目的，課題および倫理的配慮

#### 第1項 本研究の目的

本研究は，陸上競技棒高跳選手を対象とし，アスリートにおける腰痛の傷害特性を考慮した腰痛の定義を用いることで，新たな視点における腰痛の実態と関連する内的リスクファクター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3つの研究課題を設定した．

##### 【研究課題1】

大学生男子棒高跳選手を対象に，慢性腰痛と関連する身体的要因を明らかにする．

##### 【研究課題2】

大学生棒高跳選手および十種競技選手を対象に，縦断的に腰痛発生を観察し，身体的要因との関連を明らかにする．

##### 【研究課題3】

男子棒高跳選手を対象に，慢性腰痛と競技動作中の関節角度との関連を明らかにする．

#### 第3項 倫理的配慮

本研究は中京大学における人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した．すべての研究において，調査実施前に対象者に研究計画書と同意書を配布し，口頭にて研究の主旨を説明した．同意書への署名をもって研究参加への同意とし，全ての対象者から同意を得た．

## 第2章 大学生棒高跳選手の慢性腰痛と身体的要因の関連（研究課題1を構成）

### 第1節 緒言

Rebella(2015)と我々(榎ら, 2018)は, 大学生棒高跳選手において腰椎/下背部に傷害が多く発生することを明らかにした. 腰痛における問題を抱える選手は, 特定の競技動作を行った場合に腰痛が発生し, 痛みが出現することを身体が無意識に回避するために動作が変化してしまう場合がある. そのため, アスリートにおける特定の動作による腰痛は, パフォーマンス向上を阻害し, 問題であると考えられる. したがって, 慢性腰痛のある選手の特徴を特定し, 腰痛を管理するための改善策を提案することが求められている.

棒高跳と同様に競技動作において両手を頭上に挙上するスポーツにおいて, 腰痛と関連する身体的要因として肩関節や股関節の関節可動域制限が先行研究において報告されている. Narita et al.(2014)は, 男性のエリート飛び込み選手の腰痛に関連する要因として肩の柔軟性の欠如を報告し, それにより代償動作として腰部過伸展を引き起こすと考察している. さらに, Kitamura et al.(2019)は, 水泳選手の腰痛群はコントロール群よりも股関節伸展の関節可動域が小さかったと報告している. 踏み切り時に強制的に身体が伸展される棒高跳においても先行研究と同様に, 肩関節や股関節の関節可動域制限が腰痛と関連している可能性が考えられる. 加えて, 一般的に腰痛発生の危険因子と考えられている脊柱のアライメント不良, 下肢のタイトネスや筋力, 近年注目されている複合的な動作の評価についても同時に検討する必要がある. しかしながら, 棒高跳選手を対象とした身体的要因に関する研究は報告されておら

ず、慢性腰痛に関連する身体的要因は明らかになっていない。

そこで本研究は、大学生男子棒高跳選手の身体的要因を測定し、慢性腰痛を有する選手の特徴を横断的に明らかにすることを目的とした。本研究は、慢性腰痛と肩関節屈曲および股関節伸展の関節可動域における制限が関連していると仮説を立てた。

### 第2節 方法

#### 第1項 対象

東海地区で活動する大学生男子棒高跳選手 22 名を対象とし、同意の得られた選手 20 名(平均値±標準偏差：身長  $173.7 \pm 7.7$  cm, 体重  $67.9 \pm 6.4$  kg, 年齢  $19.8 \pm 1.3$  歳)において測定を行った。

#### 第2項 アンケート

基本的要因として氏名、生年月日および年齢、学年、身長、棒高跳における自己最高記録および競技歴、棒高跳の跳躍における踏切脚(反対側をリード脚と定義)の8項目と腰痛既往歴の有無、慢性腰痛の有無について自記式アンケートを用いて調査した。慢性腰痛は「跳躍動作を行うことによって、よく腰痛が発生しますか？」という質問に「はい」と回答した場合と定義した。腰痛の既往歴は、当日またはその後の練習または競技会への参加を中止または欠場した傷害として定義した。

#### 第3項 能動・受動的関節可動域および筋タイトネステスト、および脊柱アライメント

ベッド側方からデジタルカメラ(CASIO, EX-F1)を用いて静止画像を撮影し、画像解析ソフト(NIH ImageJ ver.14.4)を用いて解析した。

図 2-1 に示した以下に定義した関節可動域において測定を行った。

### 1. 受動的肩関節屈曲

上腕骨中央のランドマーク 2 つを結ぶ線と体幹に平行な線がなす角

### 2. 受動的足関節背屈

腓骨頭と外果を結ぶ線に垂直な線と第五中足骨頭と茎状突起を結ぶ線がなす角

### 3. 膝窩角

大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と腓骨頭と外果を結ぶ線がなす角から  $90^{\circ}$  を減じた角

### 4. 踵部臀部間距離(HBD: heel buttock distance)

大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と腓骨頭と外果を結ぶ線がなす角

### 5. 下肢伸展挙上テスト(SLR: straight leg raise)

大転子と外果を結ぶ線と体幹に平行な線がなす角

### 6. 股関節屈曲

大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と体幹に平行な線がなす角

### 7. 股関節伸展

股関節屈曲と同様

測定肢位 4 から 7 については同肢位において能動(active)および受動(passive)における関節可動域を測定し、受動的関節可動域から能動的関節可動域を減じることで差( $\Delta$ )を算出した。

脊柱アライメントは、脊柱測定分析器スパイナルマウス(Index 社)を用いて静止立位、四つ這い位における脊柱屈曲・伸展姿勢の 3 つの姿勢において測定した(図 2-2)。分析は胸椎前弯角、腰椎後弯角を用いた。

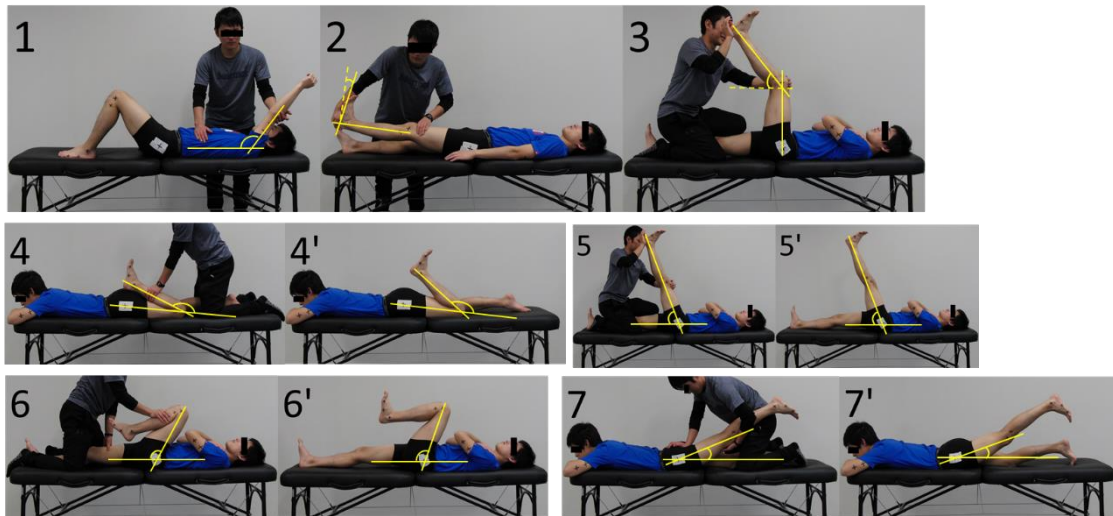


図 2-1：能動・受動的な関節可動域測定および筋タイトネステストにおける肢位(1：受動的肩関節屈曲，2：受動的足関節背屈，3：膝窩角，4：HBD，5：SLR，6：股関節屈曲，7：股関節伸展，数字：受動的測定，数字'：能動的測定)

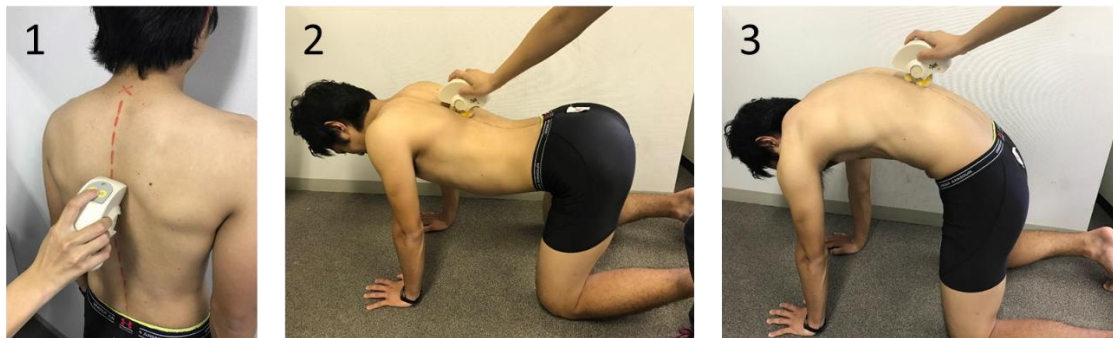


図 2-2：脊柱アライメントの測定方法(1：静止立位，2：四つ這い位における脊柱伸展姿勢，3：四つ這い位における脊柱屈曲姿勢)

第4項 等速性膝関節屈曲および伸展筋力と股関節屈曲および伸展筋力  
多用途筋機能評価装置(BIODEX 社製，BIODEX System3)を用い，角速度 60 deg/sec における等速性筋力を測定した．体重は体成分分析装置

(InBody Japan, Inbody470) を使用して測定し、最大トルクを体重で正規化し、分析に用いた。測定方法は先行研究(Ho et al., 2005; Tokutake et al., 2018)と同様とし、練習後に各3回の試技を実施した。疲労の影響を考慮し、膝関節および股関節の測定を2日間に分けて行った。

等速性膝関節屈曲および伸展筋力については、座位で測定した。可動範囲は完全伸展位から屈曲130度とし、股関節による代償を避ける目的で、体幹と大腿部をベルトで固定したうえで測定を実施した。

等速性股関節屈曲および伸展筋力については、仰臥位膝関節90度屈曲位で測定した。可動範囲は伸展0度から屈曲115度とし、腰椎骨盤帯による代償を避ける目的で骨盤をベルトにて固定し、さらに腹筋群を随意収縮させた状態で測定を実施した。

### 第5項 Functional Movement Screen™ (FMS™)

米国の理学療法士であるCook氏が考案した複合的な身体の動きを評価するツールである。評価はCook氏が提唱している口頭指示に則って行った(Cook, 2010)。FMS™は、7つのテスト(Deep Squat, Hurdle Step, In-line Lunge, Shoulder Mobility Reaching, Active Straight Leg Raise, Trunk Stability Push Up, Rotary Stability)から構成されており、各テスト0から3点で動作の評価を行った。また、特定の動作における痛みの有無を評価する3つのclearing test (impingement, press-up, posterior rocking)において陽性の場合は関連するテストの評価を0点とした。各テストにおいて評価されたスコアを加算し、合計スコアを分析に用いた。しかしながら、本研究は慢性腰痛がある選手も対象としたことから、clearing testによる0点によってスコアが低くなることが予想できた。そのため、動作の評価のみを比較するため、clearing testによ



る0点を考慮に入れずに算出した合計スコアにおいても比較を行った。

これらの身体的要因は、踏切脚側またはリード脚側に基づいて測定した。

### 第6項 統計解析

統計解析ソフトはIBM SPSS Statistics 23を用いた。Shapiro-Wilk検定にて測定データの分布について正規性を検討した。アンケートを用いて調査した慢性腰痛の有無を用いて群分けを行い、慢性腰痛が認められた群をchronic low back pain群(Chronic LBP群)、認められなかった群をControl群とした。慢性腰痛の有無による2群間の差について、正規性が認められた項目は独立したt検定を用い、正規性が棄却された項目はMann-WhitneyのU検定を用いて検討した。すべての測定項目における各群の平均値、標準偏差、95%信頼区間、p値を表2-1から2-3に示した。FMS<sup>TM</sup>は傷害発生の予測システムであり、前向きコホート研究のみを対象としたメタ分析において、14点以下の選手の傷害発生率が高いことが報告されている(Bonazza et al., 2017)。そのため、FMS<sup>TM</sup>の合計スコアが14点以下、15点以上、慢性腰痛の有無で2×2の分割表を作成し、各セルの比率の差についてFisherの正確確率検定を用いて検討し、オッズ比を算出した。危険率は5%未満を有意とした。

## 第3節 結果

### 第1項 アンケート

アンケートの結果、Chronic LBP群が8名、Control群が12名であった。また、全選手が腰痛の既往歴を有していた。対象者の踏切脚は、19

名が左脚，1名が右脚であった。

## 第2項 基本的要因における Chronic LBP 群と Control 群の比較

自己最高記録において，Chronic LBP 群( $4.45 \pm 0.56$  m [95% CI: 3.98-4.92])が Control 群( $4.96 \pm 0.34$  m [95% CI: 4.75-5.17])と比較して有意に低かった(表 2-1)。年齢，身長，体重については群間に有意な差は見られなかった。

表 2-1：Chronic LBP 群と Control 群における基本的要因の比較

Variable	Chronic LBP (n=8)			Control (n=12)			P value
	mean	SD	95%CI	mean	SD	95%CI	
age (years)	19.5	1.2	18.5 - 20.5	20	1.4	19.1 - 20.9	0.422
height (cm)	172.4	9.7	167.1 - 177.7	174.6	6.3	170.6 - 178.6	0.544
weight (kg)	65.9	8.0	59.3 - 72.6	69.2	5.0	66.0 - 72.4	0.273
personal best record (m)	4.5	0.6	4.0 - 4.9	5.0	0.3	4.8 - 5.2	0.020 *

LBP: low back pain, CI: confidence interval

\*: significant difference

## 第3項 能動・受動的関節可動域および筋タイトネステスト，および脊柱アライメントにおける Chronic LBP 群と Control 群の比較

踏切脚側の active SLR の角度において，Chronic LBP 群( $57.5 \pm 5.9^\circ$  [95% CI: 52.5-62.5])が Control 群( $71.5 \pm 12.8^\circ$  [95% CI: 63.4-79.6])と比較して有意に低かった(表 2-2)。加えて，passive SLR から active SLR を減じた値( $\Delta$ SLR)において，Chronic LBP 群(踏切脚側： $18.1 \pm 6.9^\circ$  [95% CI: 12.3-23.9]，リード脚側： $14.7 \pm 8.5^\circ$  [95% CI: 7.6-21.8])が Control 群(踏切脚側： $9.5 \pm 6.1^\circ$  [95% CI: 5.7-13.4]，リード脚側： $6.5 \pm 6.4^\circ$  [95% CI: 2.4-10.5])と比較して両脚側ともに有意に高かった。その他の項目において群間に有意な差は見られなかった。

表 2-2 : Chronic LBP 群と Control 群における能動・受動的関節可動域および筋タイトネステスト, および脊柱アライメントの比較

Variable			Chronic LBP (n=8)			Control (n=12)			P value
			mean	SD	95%CI	mean	SD	95%CI	
Range of motion (deg)									
Takeoff leg side									
passive	shoulder	flexion	138.8	12.5	128.4 - 149.3	135.5	10.8	128.6 - 142.3	0.521
passive	ankle	flexion	9.7	6.4	4.3 - 15.1	11.9	8.3	6.6 - 17.1	0.543
passive	SLR		75.6	5.5	71.0 - 80.2	81.0	11.8	73.5 - 88.5	0.242
active			57.5	5.9	52.5 - 62.5	71.5	12.8	63.4 - 79.6	0.010 *
Δ			18.1	6.9	12.3 - 23.9	9.5	6.1	5.7 - 13.4	0.009 *
passive	knee	extension	69.6	7.6	63.3 - 76.0	71.7	11.0	64.7 - 78.7	0.654
passive	HBD		160.9	4.8	156.9 - 164.9	157.8	12.2	150.0 - 165.5	0.678
active			142.7	5.8	137.9 - 147.5	144.5	6.2	140.5 - 148.4	0.522
Δ			18.2	2.1	16.4 - 20.0	13.3	13.1	5.0 - 21.6	0.157
passive	hip	extension	20.1	6.6	14.6 - 25.6	17.2	3.5	15.0 - 19.4	0.214
		flexion	127.0	5.7	122.2 - 131.8	130.6	8.2	125.4 - 135.8	0.296
active		extension	13.5	6.2	8.3 - 18.7	11.0	5.0	7.8 - 14.1	0.331
		flexion	110.2	6.5	104.8 - 115.6	113.6	8.5	108.2 - 119.0	0.344
Δ		extension	6.6	3.4	3.8 - 9.4	6.2	5.3	2.8 - 9.6	0.858
		flexion	16.8	8.3	9.9 - 23.8	17.0	8.1	11.8 - 22.1	0.967
Lead leg side									
passive	shoulder	flexion	131.7	9.1	124.0 - 139.3	137.7	13.0	129.4 - 145.9	0.274
passive	ankle	flexion	14.8	8.4	7.8 - 21.8	13.8	9.7	7.6 - 19.9	0.809
passive	SLR		78.2	2.8	75.9 - 80.4	80.7	11.7	73.2 - 88.1	0.489
active			63.5	6.9	57.7 - 69.2	74.2	14.2	62.4 - 86.1	0.063
Δ			14.7	8.5	7.6 - 21.8	6.5	6.4	2.4 - 10.5	0.024 *
passive	knee	extension	157.3	6.7	151.7 - 162.8	159.7	11.2	152.2 - 167.1	0.595
passive	HBD		160.1	5.5	155.5 - 164.7	162.4	5.7	158.8 - 166.0	0.387
active			142.7	6.4	137.4 - 148.1	147.5	9.0	141.8 - 153.2	0.211
Δ			17.4	4.6	13.6 - 21.2	14.9	5.4	11.4 - 18.3	0.473
passive	hip	extension	20.1	5.3	15.7 - 24.6	18.1	4.6	15.2 - 21.1	0.391
		flexion	130.3	8.0	123.6 - 137.0	130.9	6.6	125.7 - 136.1	0.843
active		extension	11.7	6.1	6.6 - 16.9	10.7	4.6	7.8 - 13.7	0.683
		flexion	117.4	7.4	111.2 - 123.6	116.9	8.2	111.7 - 122.1	0.895
Δ		extension	8.4	4.6	4.5 - 12.2	7.4	6.3	3.4 - 11.4	0.710
		flexion	12.9	7.8	6.4 - 19.4	14.0	5.9	10.3 - 17.7	0.718
Spinal column alignment (deg)									
thoracic kyphosis									
	erect	position	32.6	7.3	26.5 - 38.7	32.8	7.1	28.3 - 37.3	0.950
	extended	position	15.6	10.8	6.6 - 24.7	12.3	12.2	4.5 - 20.0	0.535
	flexed	position	46.3	9.9	37.9 - 54.6	53.4	9.5	47.4 - 59.4	0.121
lumbar lordosis									
	erect	position	-18.9	8.9	-26.3 - -11.5	-20.3	6.2	-24.2 - -16.4	0.671
	extended	position	-24.6	6.3	-29.9 - -19.3	-27.7	7.1	-32.2 - -23.1	0.341
	flexed	position	25.4	12.1	15.2 - 35.5	26.8	9.5	20.7 - 32.8	0.780

LBP: low back pain, CI: confidence interval, SLR: straight leg raise, HBD: heel buttock distance

△: the value obtained by subtracting the results of the active ROM from passive ROM

Spinal column alignment: kyphosis $\geq$ 0, lordosis $<$ 0

\*: significant difference

#### 第4項 等速性膝関節屈曲および伸展筋力と股関節屈曲および伸展筋力における Chronic LBP 群と Control 群の比較

膝関節および股関節の等速性屈曲および伸展筋力の最大トルク/体重について群間の比較を行ったが、全ての項目において群間に有意な差は見られなかった(表 2-3).

表 2-3：Chronic LBP 群と Control 群における下肢筋力の比較

Isokinetic muscle strength (%BW)	Chronic LBP (n=8)			Control (n=12)			P value
	mean	SD	95%CI	mean	SD	95%CI	
Takeoff leg side							
knee extension	277.7	45.4	239.8 - 315.6	279.2	36.6	256.0 - 302.5	0.934
flexion	144.9	25.0	124.0 - 165.8	149.1	23.8	134.5 - 164.7	0.711
hip extension	242.5	42.1	207.3 - 277.8	248.4	53.1	214.6 - 282.2	0.797
flexion	211.0	39.1	178.4 - 243.7	217.3	29.4	198.7 - 236.0	0.685
Lead leg side							
knee extension	273.0	52.8	228.9 - 317.2	269.2	32.5	248.6 - 289.9	0.843
flexion	143.5	26.2	113.2 - 173.7	148.5	24.5	133.0 - 164.1	0.665
hip extension	284.6	54.7	170.0 - 739.1	252.6	54.2	218.2 - 287.0	0.214
flexion	219.9	40.2	186.3 - 253.5	217.7	33.8	196.2 - 239.2	0.895

LBP: low back pain, CI: confidence interval, BW: body weight

\*: significant difference

#### 第5項 FMS™における Chronic LBP 群と Control 群の比較

各グループの clearing test の陽性数は、Chronic LBP 群において 4 件 (press-up: 2 件, posterior rocking: 2 件) および Control 群において 4 件 (impingement: 3 件, posterior rocking: 1 件) であった。Chronic LBP 群における clearing test の結果を反映しないスコアでは、14 点以下が 6 名、15 点以上が 2 名であり、clearing test の結果を反映したスコアでは、14 点以下が 7 名、15 点以上が 1 名であった。Control 群においては、clearing test の結果に関わらず 14 点以下が 2 名、15 点以上が 10 名であった。Fisher の正確確率検定を用いて検討した結果、Chronic LBP

群において14点以下である比率が有意に高かった(表2-4)。また、表2-5に各テストの各得点における選手の人数を示した。Chronic LBP群は、8名のうち4名が、Shoulder Mobility ReachingとTrunk Stability Push Upにおいて1点であった。

表2-4：Chronic LBP群とControl群におけるFMS<sup>TM</sup>合計スコアの比較

FMS <sup>TM</sup> composite score		Chronic LBP (n=8)	Control (n=12)	P value	odds ratio
with clearing test	≤14	7	2	0.005*	26.60
	≥15	1	10		
without clearing test	≤14	6	2	0.019*	15.00
	≥15	2	10		

LBP: low back pain, FMS<sup>TM</sup>: Functional Movement Screen<sup>TM</sup>

\*: significant difference

表2-5：FMS<sup>TM</sup>における各テストの得点ごとの人数

score	DS		HS		ILL	
	Chronic LBP	Control	Chronic LBP	Control	Chronic LBP	Control
3	3	8	0	7	2	6
2	4	4	7	5	5	6
1	1	0	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0

score	SMR		ASLR		TSPU		RS	
	Chronic LBP	Control	Chronic LBP	Control	Chronic LBP	Control	Chronic LBP	Control
3	2	4	0	7	2	7	0	0
2	2	3	5	4	0	4	5	11
1	4	2	3	1	4	1	1	0
0	0	3(2,2,1)	0	0	2(3,1)	0	2(2,2)	1(1)

DS: Deep Squat, HS: Hurdle Step, ILL: In-Line Lunge, SMR: Shoulder Mobility Reaching, ASLR: Active Straight Leg Raise,

TSPU: Trunk Stability Push Up, RS: Rotary Stability, LBP: low back pain

(score): score evaluated without clearing test

#### 第4節 考察

本研究は大学生男子棒高跳選手の身体的要因を測定し、慢性腰痛を有する選手の特徴を横断的に明らかにすることを目的とした。本研究の結

果において，Chronic LBP 群は Control 群と比較して，自己最高記録と踏切脚側の active SLR の角度が低く，両脚側の  $\Delta$  SLR が大きいことが明らかとなった．さらに，Chronic LBP 群は，FMS<sup>TM</sup> の合計スコアが 14 点以下である比率が高かった．本研究の結果は仮説とは異なり，群間における肩関節屈曲と股関節伸展の関節可動域に有意な差は見られなかった．

Chronic LBP 群は Control 群と比較して踏切脚側の active SLR の角度が有意に低かった．active SLR を行うにあたって制限因子は，主動作筋の機能不全と拮抗筋のタイトネスが考えられる．しかし，主動作筋の筋力を評価している股関節屈曲最大トルク/体重や，拮抗筋である下肢後面のタイトネスを評価している passive SLR と膝窩角において群間で有意な差は認められなかった．Hu et al.(2011)は，active SLR の間，同側の腸骨筋，大腿直筋，長内転筋，および両側の大腰筋が活動していることを報告した．さらに，大腰筋が両側で活動することで腰椎を前頭面上で安定させていると考察している．その為，Chronic LBP 群において active SLR の角度が低かった要因として，より中枢である体幹の安定性を獲得できていないことや，下肢を挙上する際の運動連鎖の破綻などが考えられる．また，Liebenson et al.(2009)は active SLR が腰椎の安定性を評価する指標として有用であると報告している．これらを背景に，慢性腰痛がある選手は跳躍動作中に腰椎の安定性を獲得できていないことで慢性的に腰痛が発生していることが考えられる．また，屍体やワイヤ筋電図を用いた研究は，active SLR の角度が増大するにしたがって大腰筋が賦活化することを報告している(Juker et al., 1998；Yoshio et al., 2002)．股関節屈曲に働く大腰筋は第 1 から第 4 腰椎の椎体および椎間板の側面と第 1 から第 5 腰椎の肋骨突起に付着しており，腰椎の安定性

が欠如していること、つまり主動作筋の起始部の不安定性という解剖学的な要因により下肢が挙上できていないことが考えられる。

さらに、下肢のタイトネスの影響を考慮し、passive SLR から active SLR の角度を減じることで $\Delta$ SLR を算出した。その結果、Chronic LBP 群は Control 群と比較して両脚側とも有意に高かった。passive SLR は下肢後面のタイトネスを評価するテストであるが、群間において有意な差は見られなかった。つまり、下肢後面のタイトネスには問題が見られないにも関わらず、Chronic LBP 群において $\Delta$ SLR が大きくなっていた。そのため、passive SLR と比較して active SLR の角度が低いことが考えられる。よって、 $\Delta$ SLR は下肢後面のタイトネスを除外することで、active SLR よりも腰椎の安定性を獲得できていないことや下肢を挙上する際の運動連鎖の破綻をより強く捉えられる指標として有用である可能性がある。

身体の複合的な動きの評価ツールである FMS<sup>TM</sup> の合計スコアが Chronic LBP 群において 14 点以下である比率が有意に高かった。FMS<sup>TM</sup> は傷害発生の予測システムであり、前向きコホート研究のみを対象としたメタ分析において、14 点以下の選手の傷害発生率が高いことが報告されている (Bonazza et al., 2017)。本研究の結果においても Chronic LBP 群の合計スコアが 14 点以下である比率が有意に高かった。そのため、メディカルチェックなどの定期的な評価における FMS<sup>TM</sup> の有用性が示唆された。特に機能不全が顕著だった項目として、関節可動域測定において active SLR の角度が低いこと、 $\Delta$ SLR が大きいこと、FMS<sup>TM</sup> の Trunk Stability Push Up において Chronic LBP 群の 8 名中 4 名が 1 点であったことが挙げられる。これらの結果から、Chronic LBP 群のスコアを改善するために、体幹部に対する抗回旋ストレスエクササイズなどの

コレクティブエクササイズ(荒川および倉持, 2012)を指導することを検討する必要があると考えられた。また, 一般人を対象にした先行研究においても, 深層筋をターゲットとしたエクササイズが慢性腰痛の改善に効果があると報告されており(Wang et al., 2012), 体幹部安定性に対する指導が必要だと考えられる。さらに, FMS<sup>TM</sup>は本来痛みがない選手を対象に評価を行うが, 本研究の対象者は慢性的な痛みを経験していることによって自覚がないレベルで動作が変化してしまっている可能性が考えられる。しかしながら, 実際の競技場面では慢性的に痛みがある中でも競技を続行している場合があることから, 慢性腰痛がある選手においても機能的な動作の評価を行うことで問題点を明らかにする一助となると考えられる。

自己最高記録において, Chronic LBP 群が Control 群と比較して有意に低かった。しかしながら, この差は慢性腰痛だけに起因するものではないと考えられる。本研究の結果は, Rebella(2015)が報告した競技レベルが高い選手における傷害発生リスクが高いといった結果と反していた。競技レベルが低い選手は踏切時や助走時の技術が未熟であることから, 適切な踏切位置で踏み切ることができていないことや棒が水平に近い時間が長くなっており, このような競技動作を繰り返し行うことで経時的な負荷が腰部に加わっていると推察できる。また, 慢性腰痛が原因で競技レベルが向上していない可能性も考えられる。

その他の基本的要因である身長, 体重, 年齢において群間で有意な差は見られなかった。腰痛の危険因子に関する前向き研究を対象としたレビュー論文は, 腰痛の危険因子として, アスリートにおける体重と BMI の増加を報告している(Moradi et al., 2015)。しかしながら, 棒を用いて超える高さを競う棒高跳においては, 体重による影響がパフォー



マンスに直結することから、大学レベルの選手においては測定値が分散せず、群間で差が認められなかったと推察される。

最後に、本研究の限界を挙げる。まず、研究デザインが横断研究であることから本研究において特定された要因と慢性腰痛の因果関係を明らかにすることはできない。また、男性のみを対象としているため、女性においても同様の結果が得られるかは不明である。加えて、本研究の測定項目数に対して対象者数が少なく、統計学的なエラーが増加することが考えられ、十分な対象者数であるとは言い切れない。本研究は腰部の器質的变化を評価せず、痛みの自己報告のみを用いた。さらに、アンケートを使用して腰痛の既往歴を調査したため、思い出しバイアスの可能性がある。このような限界があるものの、棒高跳選手の傷害と身体的要因の関連を検討している報告は見られず、貴重な報告であるといえる。

### 第5節 本章のまとめ

本章では、大学生男子棒高跳選手の身体的要因を測定し、慢性腰痛を有する選手の特徴を横断的に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) Chronic LBP 群は Control 群と比較して有意に active SLR の角度が低く、 $\Delta$ SLR が大きかった。
- (2) FMS<sup>TM</sup> の合計スコアにおいて、Chronic LBP 群は Control 群と比較して 14 点以下である比率が有意に高かった。

以上のことから、慢性腰痛がある棒高跳選手は、体幹部安定性が欠如していることや下肢挙上時の運動連鎖が破綻していることが示唆された。

### 第3章 大学生棒高跳選手の腰痛発生に関連する身体的要因の縦断的観察研究（研究課題2を構成）

#### 第1節 緒言

アスリート全般における腰痛の危険因子はいくつか報告されており、前向き研究を対象とした Moradi et al.(2015)のレビュー論文においては、腰痛の既往歴、体重および BMI の増加、腰椎の屈曲・伸展角度が小さいこと、股関節屈曲筋のタイトネスが報告されている。スポーツにおける腰痛の有病率および危険因子についてメタ分析を実施した Wilson et al.(2020)は、アスリートの腰痛に関する研究について、より正確に腰痛の有病率を把握するために、各スポーツにおいて前向きなデータ収集や分析を行うべきだとした。さらに、標準的かつスポーツにおける腰痛の傷害特性を考慮した定義を用い、調査方法としてアスリートに特化した検証やアウトカムを選択すべきであると指摘した。先行研究における腰痛発生の定義は、参加競技において時間的損失が発生したことを基準としていた。しかし、実際には腰痛を有していながらも競技を継続している選手が多く存在し、腰痛の有病率が過小評価されていることが考えられる。Clarsen et al.(2013)は、競技の離脱に至らないまでも継続的に痛みを有する慢性的な障害全般において、アンケートを用いた前向きの傷害調査を行うことで、より正確に傷害の全体像を捉えることが可能であると報告した。腰痛も同様の特性を有していることが考えられ、アンケートを用いた前向きな腰痛の観察調査が求められる。

大学生棒高跳選手を対象とした Rebella(2015)の報告と我々の報告(榎ら, 2018)から、大学生棒高跳選手において腰椎下背部の傷害が発生しやすいことが明らかとなった。さらに、第2章では20名中8名(40%)にお

いて慢性腰痛が，全対象者(100%)において腰痛の既往歴が報告された．  
このように棒高跳選手の腰痛は，多くの選手に発症し，パフォーマンスを制限するような傷害であることが推測される．しかしながら，Rebellaが傷害の危険因子として挙げている項目は，2回以上の傷害の既往歴，4年を超える競技歴，高い自己最高記録としており，これらの項目から予防策を考えることは競技力向上と相反するため困難であると考えられる．さらに，これらの要因は包括的な傷害の危険因子であるため，腰痛に該当するかは不明である．第2章では慢性腰痛と身体的要因との関連を横断的に検討したが，棒高跳選手における腰痛発生と関連する要因は検討されていない．

本研究は大学生の棒高跳選手と十種競技選手を対象に，腰痛発生と関連する身体的要因を明らかにすることを目的とした．そこで本章においては，先行研究や棒高跳の競技動作から腰痛と関連すると考えられた身体的要因を予め測定し，縦断的に腰痛発生を観察することで，関連する要因について統計手法を用いて検討した．

## 第2節 方法

### 第1項 対象

対象は2016年9月にC大学体育会陸上競技部に所属し，棒高跳を専門としている棒高跳男女選手(男子選手：13名，女子選手：8名)および混成男子選手(12名)の計28名した．除外条件は測定時に身体のいずれかに痛みがあること，または日常生活動作に支障のある傷害があることとし，2名(男子棒高跳選手および男子混成選手)を対象から除外した．対象者が少ないことを懸念し，2017年4月に入学した新入生5名を対象に追加した．そのため，最終的な調査対象は31名(平均値±標準偏差：年

年齢  $19.6 \pm 1.1$  歳，身長  $173.3 \pm 8.6$ cm，体重  $66.1 \pm 8.7$ kg)であり，各対象者の観察期間は1年であった．身体的要因の測定は，観察開始前に1度行われた．観察期間中の対象者の推移について図 3-1 に示した．本邦において棒高跳選手および混成選手が単一集団において多く在籍している環境は稀有であり，腰痛に関して信頼性の高いデータを収集するために単一集団を対象として採用した．

#### 第2項 測定方法

測定については第2章と同様の方法を用いた．

#### 第3項 腰痛発生の定義

腰痛は，片側または両側の脚に放散痛があるかに関係なく，腰部の痛み，疼痛，不快感として定義した(Bahr et al., 2004; Foss et al., 2012; Tunås et al., 2015)．また，腰痛発生時の臨床検査における腰椎の伸展・屈曲に起因する腰痛を mechanical LBP と定義した．腰痛発生の定義は，1.棒高跳に関する運動によって発生した運動器の損傷や症状であり，当日またはその後の練習または競技会への参加を中止または欠場したもの(TLI : time loss injury)，または 2.棒高跳に関する運動によって発生した運動器の損傷や症状であり，各月の腰痛に関するアンケートにおいて痛みによるパフォーマンスへの制限があったと回答したが練習に参加していたもの(NTLI : non-time loss injury)とした．腰痛が発生した際は，学内保健センターの医師の診察または学生トレーナーの評価を受け，著者が発生した腰痛に関するインタビューを行った．著者による臨床検査により，腰痛が誘発される肢位を3つ(Flexed type, Extended type, 前述の両方において痛みが誘発された Combined type)に分類した(加賀谷および大畑，

2005). NTLI の定義である各月の腰痛に関するアンケートは、各月の初めに行われた。また、慢性腰痛は「跳躍動作を行うことによって、よく腰痛が発生しますか？」という質問に「はい」とアンケートにおいて回答した場合と定義した。

#### 第4項 統計解析

統計解析ソフトは EZR(ver.1.35)を用いた(Kanda, 2013)。観察終了後に各測定値の中央値に基づいて対象者を low group と high group に群分けした。単変量解析として Kaplan-Meier の log-rank 検定を用いて、腰痛発生に関連する要因を検討した(de Noronha et al., 2013, Jacobsson et al., 2013)。FMS<sup>TM</sup> の合計スコアは 14 点が傷害発生のカットオフ値として報告されているため(Bonazza et al., 2017)、群分けに用いた。その後、log-rank 検定において有意な生存曲線の変化が見られた項目について、Cox 比例ハザード回帰を用いて多変量解析を行った。全ての検定は両側で行われ、危険率 5% 未満を有意とした。

### 第3節 結果

#### 第1項 対象者の推移および測定した身体的要因の基本統計量

##### (1) 観察中の対象者の推移

31名の選手のうち4名(12.9%)が競技を引退したため、観察期間が1年に満たずに観察を打ち切った。対象者の推移を図3-1に示した。

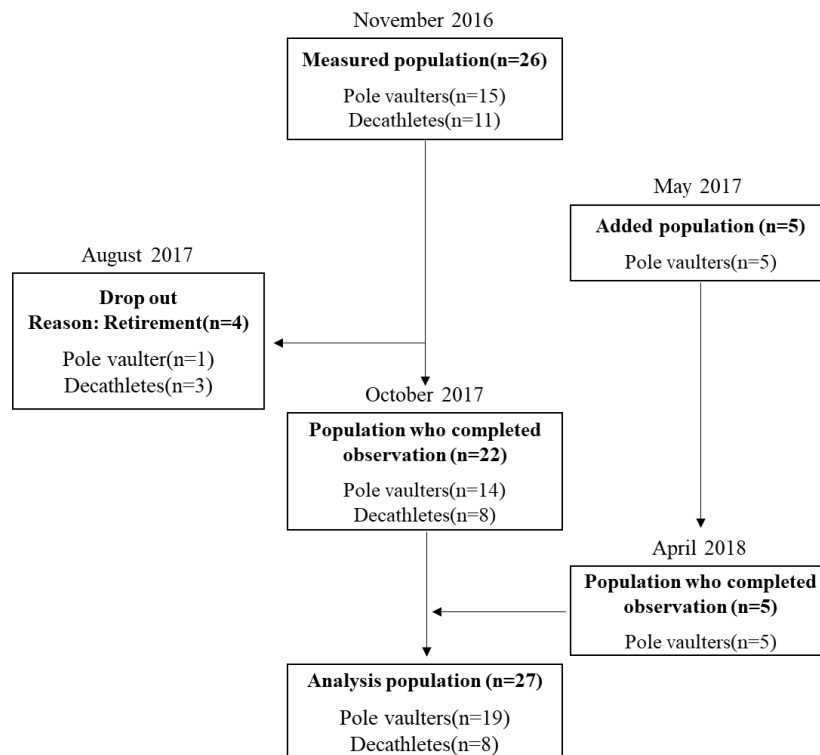


図 3-1：観察期間中の対象者のフロー図

(2) 対象者における基本的要因と身体的要因の測定結果

観察期間が1年に満たなかった4名を含む31名の対象者の基本的要因と身体的要因の測定結果を表3-1から3-4に示した。

表3-1：Chronic LBP群とControl群における基本的要因と  
脊柱アライメントの測定結果

Variable	All participants (n=31)	Participants without chronic LBP (n=20)	Participants with chronic LBP (n=11)
	median (25 to 75 percentile, range)	median (25 to 75 percentile, range)	median (25 to 75 percentile, range)
age (years)	20.0 (19.0 - 20.5, 18.0 - 21.0)	20.0 (18.8 - 20.3, 18.0 - 21.0)	19.0 (19.0 - 20.5, 18.0 - 21.0)
height (cm)	175.0 (165.5 - 180.0, 155.0 - 188.0)	175.5 (171.5 - 180.0, 155.0 - 187.0)	170.0 (164.5 - 180.5, 157.0 - 188.0)
body weight (kg)	67.8 (59.7 - 71.4, 48.7 - 81.1)	71.0 (63.9 - 71.5, 49.4 - 77.1)	59.7 (55.3 - 69.6, 48.7 - 81.1)
personal best record (m)	4.0 (3.5 - 4.6, 3.0 - 5.5)	4.2 (3.4 - 4.6, 3.0 - 5.5)	3.7 (3.6 - 4.4, 3.4 - 5.1)
<b>Spinal column alignment (deg)</b>			
<b>thoracic kyphosis</b>			
erect position	31.0 (26.5 - 37.5, -14.0 - 50.0)	31.5 (27.0 - 37.3, -14.0 - 46.0)	31.0 (24.5 - 37.0, 15.0 - 50.0)
extended position	9.0 (3.5 - 17.0, -6.0 - 65.0)	10.5 (8 - 40.3, -6.0 - 65.0)	5.0 (1.5 - 12.5, -6.0 - 17.0)
flexed position	48.0 (35.5 - 57.5, -38.0 - 69.0)	45.0 (33.3 - 58.5, 0.0 - 69.0)	50.0 (44.0 - 55.0, -38.0 - 63.0)
<b>lumbar lordosis</b>			
erect position	-23.0 (-27.5 - -18.0, -34.0 - -5.0)	-23.5 (-27.8 - -21.5, -34.0 - -10.0)	-20.0 (-26.5 - -13.5, -33.0 - -5.0)
extended position	-29.0 (-32.0 - -20.0, -50.0 - 32.0)	-25.5 (-33.5 - -8.5, -41.0 - 32.0)	-30.0 (-32.0 - -27.5, -50.0 - 17.0)
flexed position	17.0 (4.0 - 29.5, -38.0 - 46.0)	15.0 (1.8 - 23.3, -38.0 - 46.0)	23.0 (15.5 - 38.0, 2.0 - 41.0)

Spinal column alignment: kyphosis $\geq$ 0, lordosis $<$ 0

LBP: low back pain

表 3-2：全対象者における関節可動域と下肢筋力の測定結果

Variable	All participants (n = 31)	
	Takeoff leg side	Lead leg side
	median (25 to 75 percentile, range)	median (25 to 75 percentile, range)
<b>Range of motion (deg)</b>		
Passive shoulder flexion	141.7 (136.4 - 146.2, 122.4 - 164.7)	137.0 (131.8 - 148.5, 116.0 - 165.5)
Passive ankle flexion	11.0 (8.0 - 18.8, 1.7 - 27.1)	14.3 (11.1 - 17.2, -1.0 - 32.0)
SLR		
Passive	78.1 (72.2 - 86.5, 64.6 - 98.6)	78.8 (72.6 - 85.5, 62.8 - 109.5)
Active	69.5 (61.1 - 74.0, 49.4 - 102.1)	71.4 (66.7 - 78.5, 53.4 - 96.2)
Δ SLR	12.2 (4.8 - 14.5, -14.9 - 28.8)	5.9 (3.1 - 12.1, -8.0 - 26.8)
Passive knee extension	67.2 (63.3 - 76.3, 51.5 - 86.1)	66.0 (59.4 - 76.2, 45.2 - 87.8)
HBD		
Passive	159.8 (158.5 - 165.2, 149.3 - 168.3)	161.9 (158.3 - 165.2, 148.1 - 169.7)
Active	142.8 (137.5 - 146.2, 127.3 - 155.8)	144.1 (137.6 - 146.7, 120.6 - 155.3)
Δ HBD	17.9 (14.9 - 21.6, 10.9 - 26.1)	18.3 (16.1 - 20.3, 11.2 - 30.6)
Hip extension		
Passive	16.1 (14.8 - 21.0, 11.1 - 26.0)	17.8 (15.3 - 21.0, 11.1 - 26.7)
Active	10.4 (7.4 - 13.8, 1.6 - 17.3)	10.6 (8.2 - 13.3, 2.3 - 21.2)
Δ hip extension	6.7 (4.0 - 9.4, -2.1 - 19.4)	8.2 (2.9 - 10.3, -3.3 - 20.3)
Hip flexion		
Passive	129.8 (125.7 - 135.2, 109.5 - 141.6)	132.7 (127.8 - 135.2, 114.5 - 142.3)
Active	116.0 (108.4 - 120.4, 95.8 - 129.9)	119.0 (112.4 - 121.5, 104.8 - 142.6)
Δ hip flexion	14.7 (11.5 - 19.5, 4.1 - 32.3)	13.9 (8.3 - 17.0, -1.8 - 21.7)
<b>Isokinetic muscle strength (%BW)</b>		
Knee extension	254.7 (233.2 - 290.8, 171.8 - 372.3)	264.8 (237.4 - 282.8, 143.6 - 360.8)
Knee flexion	139.5 (123.3 - 160.3, 86.8 - 189.2)	138.8 (118.3 - 155.3, 91.4 - 186.4)
Hip extension	232.1 (200.9 - 251.9, 127.9 - 328.4)	237.2 (207.4 - 267.3, 150.8 - 351.8)
Hip flexion	201.8 (181.3 - 211.5, 143.4 - 266.4)	205.7 (174.9 - 222.7, 144.8 - 266.4)

SLR: straight leg raise, HBD: heel buttock distance, BW: body weight



### 第3章 研究課題2

表 3-3：慢性腰痛がない対象者における関節可動域と下肢筋力の測定結果

Variable	Participants without chronic LBP (n = 20)	
	Takeoff leg side	Lead leg side
	median (25 to 75 percentile, range)	median (25 to 75 percentile, range)
<b>Range of motion (deg)</b>		
Passive shoulder flexion	140.6 (135.3 - 144.5, 122.4 - 162.1)	138.8 (132.4 - 148.2, 116.0 - 165.5)
Passive ankle flexion	9.9 (7.7 - 20.1, 1.7 - 27.1)	15.5 (11.1 - 17.2, -1.0 - 32.0)
SLR		
Passive	78.5 (72.3 - 86.9, 67.4 - 98.6)	77.5 (73.4 - 85.6, 62.8 - 109.5)
Active	70.4 (64.7 - 77.0, 49.5 - 92.1)	73.8 (67.7 - 83.0, 55.7 - 96.2)
△ SLR	10.9 (3.2 - 13.3, -1.3 - 17.9)	5.7 (3.5 - 11.3, -7.9 - 19.5)
Passive knee extension	67.0 (61.7 - 73.8, 51.5 - 85.2)	65.4 (60.1 - 72.4, 47.7 - 83.6)
HBD		
Passive	159.4 (158.3 - 166.0, 149.3 - 168.3)	162.2 (159.1 - 165.6, 151.0 - 169.7)
Active	143.5 (139.1 - 146.2, 127.3 - 155.8)	143.1 (138.3 - 148.0, 120.6 - 155.3)
△ HBD	16.9 (14.0 - 22.0, 10.9 - 26.1)	18.2 (16.0 - 20.1, 11.2 - 30.4)
Hip extension		
Passive	16.0 (14.8 - 18.7, 11.1 - 25.3)	18.1 (16.3 - 20.1, 11.1 - 26.7)
Active	10.4 (7.4 - 14.1, 1.6 - 17.3)	10.7 (8.3 - 13.2, 2.3 - 21.2)
△ hip extension	6.8 (4.5 - 9.7, -1.7 - 15.7)	8.2 (1.9 - 10.5, -0.8 - 20.3)
Hip flexion		
Passive	131.5 (125.6 - 136.8, 109.5 - 141.6)	132.9 (128.2 - 136.4, 120.2 - 142.3)
Active	116.2 (107.8 - 122.0, 96.1 - 129.9)	120.4 (112.4 - 124.0, 106.7 - 142.6)
△ hip flexion	15.0 (12.8 - 19.1, 4.1 - 32.3)	13.9 (7.3 - 16.9, -1.8 - 21.7)
<b>Isokinetic muscle strength (%BW)</b>		
Knee extension	251.1 (233.9 - 285.3, 171.8 - 372.3)	263.8 (237.3 - 279.9, 143.6 - 318.3)
Knee flexion	141.9 (129.2 - 157.0, 101.1 - 181.6)	136.2 (118.8 - 155.5, 91.4 - 184.3)
Hip extension	229.1 (201.4 - 251.3, 127.9 - 328.4)	232.2 (202.2 - 226.9, 150.8 - 266.4)
Hip flexion	202.4 (191.3 - 226.9, 143.4 - 266.4)	210.2 (176.4 - 223.3, 147.2 - 256.2)

LBP: low back pain, SLR: straight leg raise, HBD: heel buttock distance, BW: body weight

### 第3章 研究課題2

表 3-4：慢性腰痛がある対象者における関節可動域と下肢筋力の測定結果

Variable	Participants with chronic LBP (n = 11)	
	Takeoff leg side	Lead leg side
	median (25 to 75 percentile, range)	median (25 to 75 percentile, range)
<b>Range of motion (deg)</b>		
Passive shoulder flexion	145.0 (141.3 - 148.9, 131.8 - 164.7)	137.0 (131.6 - 145.9, 119.9 - 164.1)
Passive ankle flexion	12.9 (10.1 - 17.0, 5.4 - 19.4)	13.4 (10.8 - 16.6, 7.5 - 19.7)
SLR		
Passive	74.8 (72.6 - 83.5, 64.6 - 90.7)	80.2 (70.9 - 85.4, 66.7 - 92.0)
Active	61.9 (60.0 - 70.8, 49.4 - 102.1)	69.9 (63.8 - 75.1, 53.4 - 90.8)
$\Delta$ SLR	13.1 (7.9 - 15.7, -14.9 - 28.8)	6.9 (2.8 - 16.1, -8.0 - 26.8)
Passive knee extension	72.0 (63.8 - 77.8, 53.4 - 86.1)	71.0 (59.0 - 80.4, 45.2 - 87.8)
HBD		
Passive	160.2 (159.4 - 164.4, 149.9 - 165.7)	161.4 (158.3 - 164.5, 148.1 - 167.4)
Active	142.8 (137.3 - 146.2, 131.2 - 151.4)	144.1 (136.4 - 145.4, 134.3 - 147.8)
$\Delta$ HBD	18.0 (16.8 - 20.0, 14.3 - 24.3)	18.3 (16.1 - 20.3, 12.2 - 30.6)
Hip extension		
Passive	16.3 (13.9 - 22.4, 12.0 - 26.0)	16.0 (14.2 - 22.0, 11.7 - 24.4)
Active	10.1 (8.1 - 13.3, 5.1 - 14.9)	9.3 (8.4 - 13.4, 3.2 - 19.9)
$\Delta$ hip extension	6.2 (4.0 - 9.1, -2.1 - 19.4)	9.1 (3.1 - 10.3, -3.3 - 13.1)
Hip flexion		
Passive	129.8 (126.5 - 131.3, 111.7 - 135.5)	131.9 (124.0 - 133.9, 114.5 - 139.0)
Active	111.8 (110.7 - 118.4, 95.8 - 123.2)	117.7 (113.0 - 120.8, 104.8 - 122.9)
$\Delta$ hip flexion	13.3 (9.7 - 21.0, 8.2 - 25.2)	13.9 (9.5 - 17.1, 2.3 - 21.2)
<b>Isokinetic muscle strength (%BW)</b>		
Knee extension	255.5 (232.0 - 298.8, 213.2 - 357.2)	267.8 (237.4 - 282.8, 215.4 - 360.8)
Knee flexion	127.5 (110.6 - 160.4, 86.8 - 189.2)	147.2 (114.6 - 155.2, 100.7 - 186.4)
Hip extension	233.9 (203.5 - 253.9, 148.8 - 273.5)	237.2 (221.4 - 270.6, 151.6 - 351.8)
Hip flexion	185.6 (167.2 - 203.5, 153.7 - 207.8)	196.9 (169.6 - 216.1, 144.8 - 266.4)

LBP: low back pain, SLR: straight leg raise, HBD: heel buttock distance, BW: body weight

## 第2項 腰痛発生と関連する要因の検討

## (1) 観察中の腰痛発生状況

1年間観察し得た27名の対象者の結果を表3-5に示した。27名の対象者のうち21名(77.8%)が腰痛の既往歴を有しており、11名(40.7%)が慢性腰痛ありと回答した。1年間の観察期間中に、15名(55.6%)の対象者において腰痛が発生した。発生した腰痛は、11名がTLIであり、4名がNTLIであった。

表3-5：1年間観察し得た対象者27名における腰痛の発生状況

			Number of occurrence LBP		LBP type		
			TLI	NTLI	Flexed	Extended	Combined
pole vaulter	male	12	5	2	2	2	3
	female	7	3	1	4	0	0
decathlete	male	8	3	1	3	0	1
total		27	11	4	9	2	4

LBP: low back pain, TLI: time loss injury, NTLI: non-time loss injury

## (2) Kaplan-Meier法を用いた腰痛発生と関連する要因の検討

観察期間が1年に満たなかった4名を含む対象者31名において、腰痛発生と関連する要因を検討した。

## 検討項目1 基本的要因における生存曲線の比較

慢性腰痛の有無における Chronic LBP group の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた(図3-2)。群間で、年齢、身長、体重、および自己最高記録に有意な変化は見られなかった。

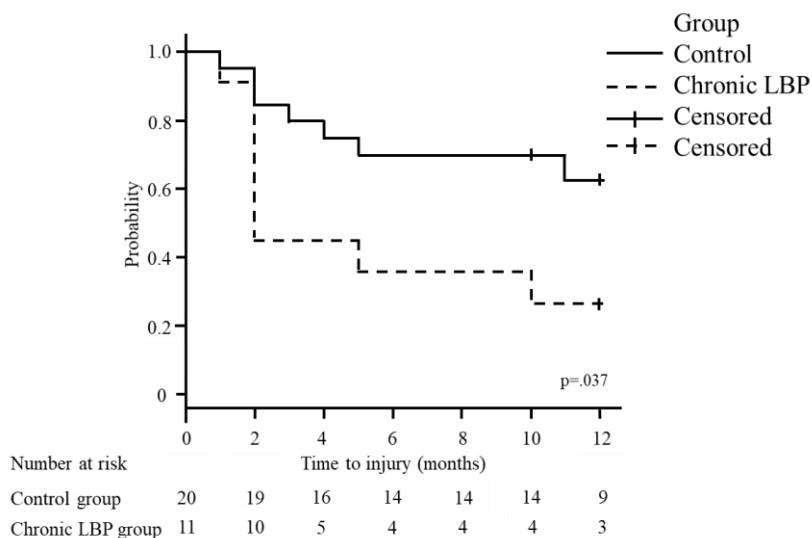


図 3-2：慢性腰痛の有無による2群の腰痛発生に関する生存曲線

検討項目 2 能動・受動的関節可動域および筋タイトネステスト，および脊柱アライメントにおける生存曲線の比較

両脚側の受動的股関節屈曲における low group の腰痛発生について，生存曲線の統計的に有意な変化が見られた(図 3-3)．その他の項目については有意な変化は見られなかった．

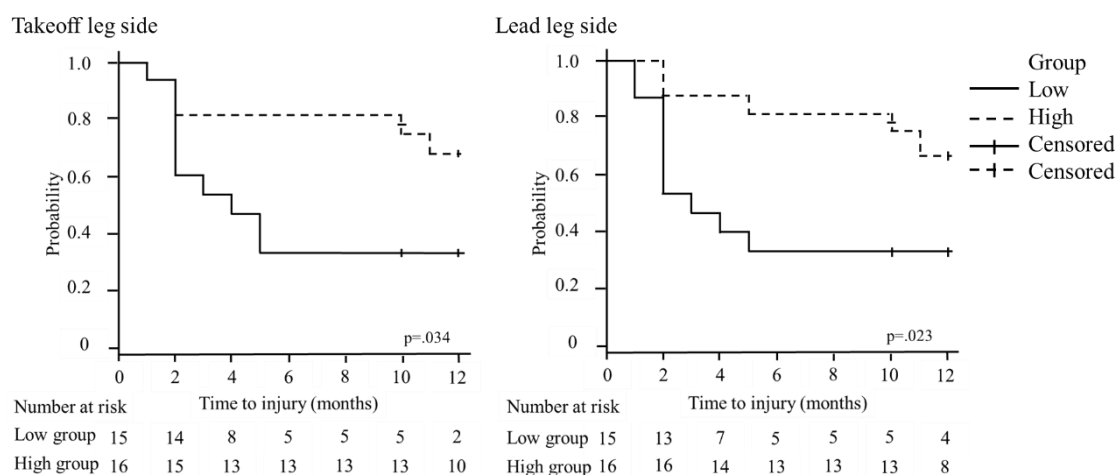


図 3-3：受動的股関節屈曲可動域による2群の腰痛発生に関する生存曲線

### 検討項目 3 等速性膝関節屈曲および伸展筋力と股関節屈曲および伸展筋力における生存曲線の比較

リード脚側の等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重における low group の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた(図 3-4)。その他の項目については有意な変化は見られなかった。

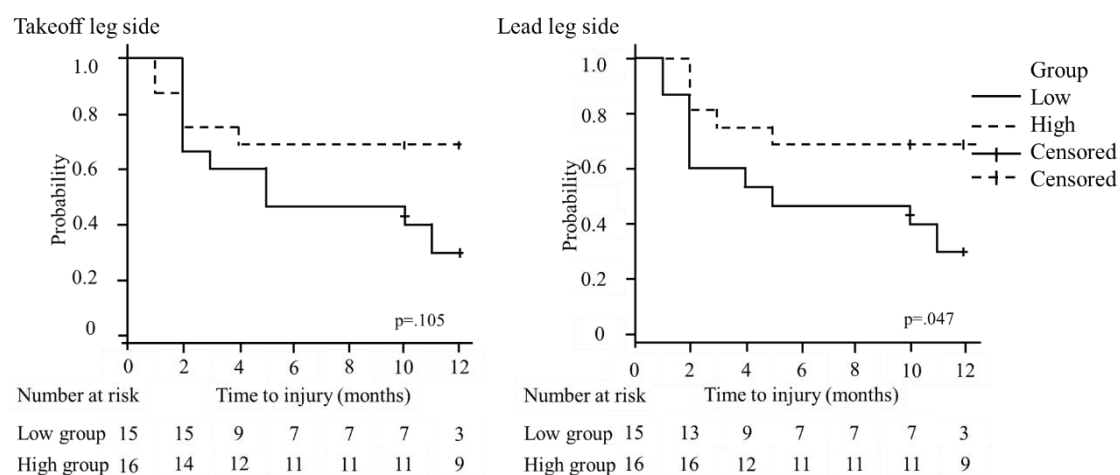


図 3-4：等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重による

2 群の腰痛発生に関する生存曲線

### 検討項目 4 FMS<sup>TM</sup>における生存曲線の比較

FMS<sup>TM</sup>の合計スコアについて、群間にて比較した。その結果、群間において生存曲線の統計的に有意な変化は見られなかった。

## (3) Kaplan-Meier 法において有意な変化が見られた要因の影響度の検討

Kaplan-Meier 法において有意な変化が見られた慢性腰痛の有無，両脚側における受動的股関節屈曲可動域，リード脚側における等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重における腰痛発生への影響について，Cox 比例ハザード回帰分析を用いて検討した．その結果，腰痛発生とリード脚側における等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重が低値であることとの有意な関係を示した (HR = 3.805,  $p = 0.026$ , 表 3-6).

表 3-6：腰痛発生までの時間と各要因の関係

Variable	p value	HR	95%CI
control		1.000	
chronic LBP	0.064	2.743	0.944 - 7.970
hip flexion			
high group		1.000	
takeoff leg side	0.058	3.328	0.962 - 11.510
lead leg side	0.064	3.144	0.936 - 10.560
hip flexion peak torque / BW			
high group		1.000	
lead leg side	0.026*	3.805	1.173 - 12.340

LBP: low back pain, BW: body weight, HR: Hazard Ratio,  
CI: confidence interval

\*: statistically significant variable

## 第3項 慢性腰痛がない選手における腰痛発生と関連する要因の検討

慢性腰痛の有無と腰痛発生との関連が見られたことを考慮し、慢性腰痛がある選手を除外し、慢性腰痛がない選手20名(男子選手：17名，女子選手：3名)を対象に同様の分析を行った。20名中4名(20.0%)が競技を引退し、観察期間が1年に満たずに観察を打ち切った。

## (1) 観察中の腰痛発生状況

1年間観察し得た16名の対象者の結果を表3-7に示した。16名中10名(62.5%)が腰痛の既往歴を有していた。1年間の観察期間中に、7名の対象者(43.8%)において腰痛が発生した。発生した腰痛は、4名がTLIであり、3名がNTLIであった。

表3-7：観察中の慢性腰痛がない対象者における腰痛発生

			Number of occurrence LBP		LBP type		
			TLI	NTLI	Flexed	Extended	Combined
pole vaulter	male	8	2	1	2	1	0
	female	2	1	0	1	0	0
decathlete	male	6	1	2	2	0	1
total		16	4	3	5	1	1

LBP: low back pain, TLI: time loss injury, NTLI: non-time loss injury

## (2) Kaplan-Meier法を用いた腰痛発生と関連する要因の検討

観察期間が1年に満たなかった4名を含む慢性腰痛がない対象者20名において、腰痛発生と関連する要因を検討した。

## 検討項目1 基本的要因における生存曲線の比較

基本的要因について群間で比較を行い、全ての項目において生存曲線の有意な変化は見られなかった。

検討項目 2 能動・受動的関節可動域および筋タイトネステスト, およ  
び脊柱アライメントにおける生存曲線の比較

踏切脚側の受動的股関節伸展における low group の腰痛発生について,  
生存曲線の統計的に有意な変化が見られた(図 3-5). その他の項目につ  
いては有意な変化は見られなかった.

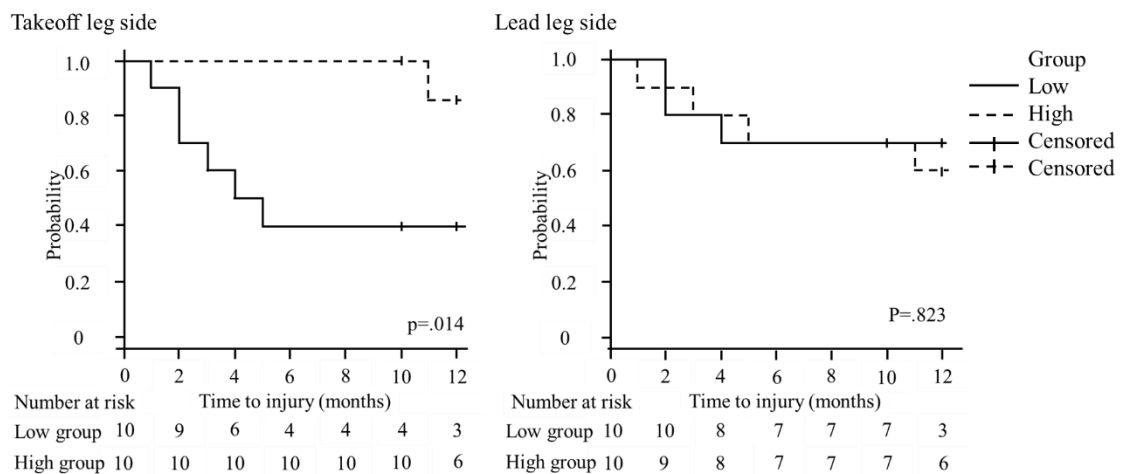


図 3-5：受動的股関節伸展可動域による 2 群の腰痛発生に関する生存曲線

検討項目 3 等速性膝関節屈曲および伸展筋力と股関節屈曲および伸展  
筋力における生存曲線の比較

股関節および膝関節の等速性屈曲・伸展筋力の最大トルク/体重につい  
て群間で比較を行ったが, 生存曲線の有意な変化は見られなかった.

検討項目 4 FMS<sup>TM</sup> における生存曲線の比較

FMS<sup>TM</sup> の合計スコアについて, 群間にて比較を行ったが, 生存曲線の  
有意な変化は見られなかった.



#### 第4節 考察

本研究は、大学生棒高跳選手および十種競技選手における腰痛発生に関する身体的要因を報告した最初の研究である。また、アスリートにおける腰痛の傷害特性を考慮した定義および調査を実施した。本研究の目的は、大学生棒高跳選手と十種競技選手における腰痛発生に関連する身体的要因を明らかにすることであった。1年間の観察期間中、27名中15名において腰痛が発生した。リード脚側の等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重、両脚側の受動的股関節屈曲可動域における low group および慢性腰痛群の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた。また、慢性腰痛がない対象者のみの分析では、踏切脚側の受動的股関節伸展可動域における low group の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた。

Clarsen et al.(2013)は、競技の離脱に至らないまでも継続的に痛みを有する慢性的な障害全般において、アンケートを用いた前向きな傷害調査を行うことで、より正確に傷害の全体像を捉えることが可能であると報告している。したがって、本研究においてアンケートを使用したことで、腰痛発生をより正確に記録することが可能であったと考えられた。さらに、最も多かった腰痛の分類は、9名において発生した Flexed type であった。棒高跳の競技動作においては空中局面において腰椎の最大屈曲を強いられていることが関連している可能性が考えられ、同じ動作を行うシットアップエクササイズでは動作中に約 3,300N の圧縮力が第4腰椎と第5腰椎の間に生じていることが報告されている(Axler and McGill, 1997)。一方で、これまでの研究においては、腰痛と腰椎分離症は、plant/takeoff 時に踏切位置が棒を握っている位置に対して前方に位置してしまい、腰椎が強制的に伸展されるため発生すると考察されている

(Rebella, 2015). 本研究の結果は、棒高跳選手を対象とした将来の研究において Flexed type の腰痛にも焦点を当てる必要性を示唆した。Flexed type の腰痛と跳躍動作との関係についても今後の研究で明らかにする必要がある。

両脚側の受動的股関節屈曲可動域における low group の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた。股関節屈曲の参考可動域は健常者で  $120^{\circ}$  と報告されているが (Roach and Miles, 1991; Nussbaumer et al., 2010), 本研究で群分けに用いられた股関節屈曲可動域の中央値は、踏切脚側で  $129.8^{\circ}$  , リード脚側で  $132.7^{\circ}$  であった。そのため、棒高跳選手の腰痛を予防するためには、標準よりも大きい股関節屈曲可動域を獲得することが必要だと考えられた。

等速性膝関節と股関節における屈曲および伸展筋力の最大トルク/体重について群間で比較を行ったところ、リード脚側の等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重における low group の腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた。さらに、Cox 比例ハザード回帰分析の結果、腰痛発生とリード脚側における等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重が低値であることとの関係を示した ( $HR = 3.805$ )。棒高跳は他の競技とは異なり、棒を持って助走を行う。Frere et al.(2017)は、通常の疾走と棒を持った疾走を比較し、棒を持って疾走することで水平方向の力と速度が大幅に低下し、それに伴いパワーが減少することを報告した。棒を保持した助走は腕振りが制限されていることから、腕振りによって地面に力を加えることができない。他の競技とは異なり、地面の反力を適用するために棒を保持して助走を行う必要がある棒高跳選手は、腰椎をニュートラルポジションに保持した状態で膝を高く上げる戦略が必要であると考えられる。

アンケートの回答を分析したところ、Chronic LBP group における腰痛発生について、生存曲線の統計的に有意な変化が見られた。言い換えれば、選手が腰痛に対する脆弱性を認識している場合、腰痛が1年以内に再発する可能性が高いと言える。したがって、たとえ現在腰痛を感じていなくても、慢性腰痛を認識している選手には腰痛を予防するための介入が必要だと考えられた。

さらに、腰痛発生と慢性腰痛の有無との関連が見られたため、慢性腰痛のない選手のみにおいて腰痛発生に関連する要因を再分析した。その結果、腰痛発生は、踏切脚側の受動的股関節伸展可動域が低いことと関連していた。Kitamura et al.(2019)は、水泳選手における腰痛群はコントロール群と比較して、股関節伸展可動域が小さく、大腰筋の弾性係数が有意に高かったと報告した。さらに、腰痛群はドルフィンキックの際に、コントロール群よりも大きな腰椎伸展角度を示したと報告した。股関節伸展可動域が小さいことは、大腰筋の弾性係数が高く、ドルフィンキック中の腰椎伸展角度が大きいことと関連していた。またRebella(2015)は、背部の傷害の83%かつ全傷害の30%がplant/takeoff局面で発生していたと報告した。踏切時の腰椎伸展角度が大きいことと股関節伸展可動域が小さいことは、棒高跳における腰痛発生と関連している可能性がある。将来の研究では、踏切時の股関節伸展角度と腰痛発生の関係を明らかにする必要がある。

本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、対象者は腰痛の既往歴または慢性腰痛を有している者が含まれており、腰痛発生が過剰に報告された可能性がある。そのため、慢性腰痛がない選手のデータも個別にサブ分析を行った。第二に、本研究は、腰部の器質的変化を考慮しておらず、腰痛発生に影響を与えた可能性がある。対象者に器質的変化が

ある場合、腰椎は不安定であり、腰痛を引き起こす可能性がある。第三に、身体的要因の測定は、観察の始めに一度だけ行われたため、観測期間中に身体的要因の数値が変化した可能性がある。本研究において多くの要因が測定され、統計的な $\alpha$ エラーが大きいことが考えられる。最後に、本研究は単一大学における棒高跳選手および十種競技選手に焦点を当てており、結果を棒高跳選手やその他のスポーツ選手に一般化できるかどうかは不明である。また、対象者は全員が日本人であったため、他の民族でも同じ結果であるかは不明である。本研究は、最大数の対象者を確保するための2つの対策を行ったが、それに伴い以下のバイアスが考えられた。第一に、4月に新入生を対象に追加したことによる観察開始時期の違いが腰痛発生に影響を与えた可能性がある。第二に、本調査の対象者には、棒高跳選手だけでなく十種競技選手も含まれていた。十種競技は陸上競技種目を10種目行うため、腰痛に関連する要因が、棒高跳固有の要因と異なる可能性がある。今後の研究では、複数の機関からより多くの対象者を採用する必要がある。

これらの限界が存在するが、棒高跳選手および十種競技選手における身体的要因はこれまでに調査されておらず、我々の探索的研究は将来の研究に役立つデータを提供した。今後の研究では、対象者の数を増やした前向きな観察調査と多変量解析により要因間の関係を明らかにし、競技動作とこれらの要因との関連を明らかにする必要がある。

## 第5節 本章のまとめ

本章の目的は、大学生の棒高跳選手と十種競技選手を対象に、腰痛発生と関連する身体的要因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) 腰痛発生に関連する要因として、リード脚側における等速性股関節屈曲筋力の最大トルク/体重および両脚側における受動的股関節屈曲可動域が低値であること、慢性腰痛があることが挙げられた。
- (2) 慢性腰痛がない選手においては、踏切脚側における受動的股関節伸展可動域が低値であることが腰痛発生と関連していた。

以上のことから、大学生棒高跳選手および十種競技選手における腰痛は、股関節屈曲および伸展制限が関連しており、矢状面上における股関節の可動域を獲得することで腰痛予防となることが示唆された。

## 第4章 男子棒高跳選手の慢性腰痛と動作的要因の関連（研究課題3を構成）

### 第1節 緒言

棒高跳の跳躍動作と傷害との関連を唯一報告した Gainor et al.(1983)は、腰椎分離症を有する3名の選手を対象に動作分析を行い、踏切離地時に脊柱伸展の過度な角加速度が生じることと跳躍動作を通して脊柱の可動範囲が広いことを指摘している。しかしながら、腰椎分離症の選手のみ分析であることや映像収集の詳細な方法が不明であることなど問題が散見される。また、Gainor et al. (1983)によるこれらの指摘が慢性腰痛や腰痛発生に関連しているかは不明である。

Bahr and Krosshaug(2005)が提唱した傷害要因モデルでは、傷害発生の起点は選手が有している内的リスクファクターであると考えられている。内的リスクファクターには、年齢や性別などの基本的要因、筋力や関節可動域などの身体的要因、スポーツ特有の技術などの技術的要因が挙げられている。第2章および第3章において慢性腰痛と腰痛発生に関連する身体的要因を検討し、股関節屈曲および伸展制限が腰痛と関連していることが示唆された。これらの結果について、関節可動域が制限された対象者が競技動作を行うことによって腰部の代償動作が発生し、腰痛を誘発していると考えた。しかしながら、これまでに検討されていない競技動作や技術レベルの違いなどの動作的要因により、慢性腰痛を誘発している可能性も考えられ、今後の検討課題として挙げられた。肩関節や股関節など腰部に隣接する関節において競技動作中の関節角度が小さかった場合、身体の屈曲または伸展を行う際の腰部の可動が大き

く、同じ身体の屈曲・伸展を行う際の戦略が異なる可能性が考えられる。

したがって本章では、男子棒高跳選手における慢性腰痛と競技動作中の肩関節、股関節、体幹における関節角度との関連を明らかにすることを目的とした。慢性腰痛がある選手は競技動作中の肩関節または股関節の関節角度が小さいと仮説を立てた。本研究の結果より、慢性腰痛の改善または予防の一助となることが期待される。

### 第2節 方法

#### 第1項 対象

本研究は、東海地方で活動する大学生および社会人選手における男子棒高跳選手30名を対象とし、同意の得られた17名(平均値±標準偏差：身長  $172.5 \pm 4.5$  cm, 体重  $66.8 \pm 6.7$  kg, 年齢  $22.6 \pm 3.5$  歳, 自己最高記録  $5.0 \pm 0.3$  m, 競技歴  $10.0 \pm 2.6$  年)を分析対象とした。

#### 第2項 アンケート

基本的要因として身長、体重、年齢、棒高跳における自己最高記録および競技歴を調査した。また、慢性腰痛の有無について自記式アンケートを用いて調査した。慢性腰痛は「跳躍動作を行うことによって、よく腰痛が発生しますか？」という質問に「はい」と回答した場合と定義した。

#### 第3項 関節可動域

ベッド側方からデジタルカメラ(CASIO, EX-F1)を用いて静止画像を撮影し、画像解析ソフト(NIH ImageJ ver.14.4)を用いて解析した。評価

項目は、両側の股関節屈曲・伸展可動域および肩関節屈曲可動域を受動的に測定し、SLRは能動・受動的に関節可動域を測定した。SLRにおいては、受動的関節可動域から能動的関節可動域を減じることで差( $\Delta$ )を算出した。測定検者は、日本スポーツ協会公認のアスレティックトレーナーが行い、日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の「関節可動域表示ならびに測定法」(米本ら、1995)に準じて行った。肩関節屈曲可動域は肩峰と上腕骨外側上顆を結んだ線と体幹部に平行な線がなす角、股関節屈曲および伸展可動域は大転子と大腿骨外側上顆を結んだ線と体幹部に平行な線がなす角、SLRは大転子と外果を結ぶ線と体幹に平行な線がなす角とした。

### 第4項 映像収集

動作分析を行うための映像は、棒を突き刺すボックスを中心とした四方から撮影した(図4-1)。4台の高速度カメラ(JVC, GC-LJ20B)を用いて、毎秒240コマで撮影した。撮影範囲は、助走路における進行方向0mの左端を基準にして、奥行きを助走路側5m、マット側2.5m、横幅を助走路の進行方向に対して左側1.25m、右側2.5m、高さを5mとした。高さ5.0m(マーク間隔0.5m)のキャリブレーションポールを範囲中の10地点に立て、映像に映し込んだ。実験試技は、自己最高記録の90%の高さに設定したゴム製のバーを3本越えることができるまで跳躍を行い、分析試技には、その3本の跳躍を採用した。実験日の跳躍は、選手がコンディションに合わせてポールおよび助走歩数を選択した。



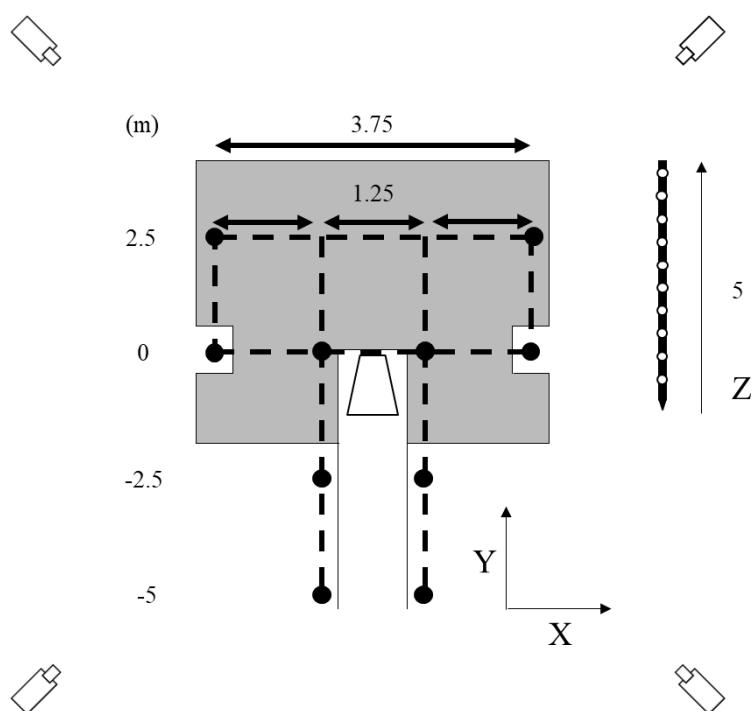


図 4-1：高速度カメラの撮影位置

#### 第5項 分析方法

分析区間は、先行研究における定義(Frere et al., 2010)に準じて、踏切足が接地した瞬間(TD: Touch Down)から棒が真っ直ぐに戻った瞬間(PS: Pole Straight)までとした(図 4-2)。映像から、身体分析点における両側の膝関節中心、大転子、肋骨下端、肩峰、リード脚側の手先および肘関節中心の計 10 点をビデオ動作解析ソフト Frame-DIASV(ディケイエイチ社製)を用い、毎秒 240 コマでデジタイズを行った。デジタイズした分析点の座標値は、3 次元 DLT(Direct Linear Transformation)法により実座標に換算した。また、分析区間において踏切足が離地した瞬間(TO: Take Off)およびポールが最大湾曲した瞬間(MPB: Maximum Pole Bending)をイベントとして設定した。MPB はリード脚側の手先とボックス中央との距離が最小となった瞬間と定義した。分析点の平滑化は、最適遮断周波数(13.2 - 21.0Hz)を決定し、バターワース型ローパスデジ

タルフィルタを用いて行った(Yu et al., 1999). 本研究では, 助走方向を Y 軸, Y 軸に対して左右方向を X 軸, 鉛直方向を Z 軸とした右手系の直交静止座標系を設定した. なお, 各軸方向のコントロールポイントの最大標準誤差は, X 軸 0.023m, Y 軸 0.020m, Z 軸 0.011 m であった.

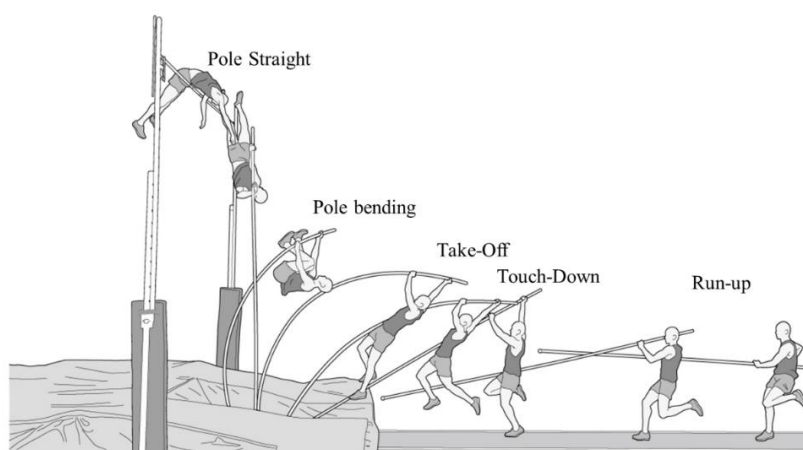


図 4-2：分析区間の定義

## 第 6 項 分析項目

各対象者のデータは, TD 時を 0%, PS 時を 100%として時間で規格化した. 本研究は, 慢性腰痛に関連すると推察される関節(肩関節, 股関節, 体幹)において, 関節角度を算出した. 詳細な関節角度の算出方法を以下に記述した.

### (1)肩関節角度(リード脚側)

体幹上胴セグメントの移動座標系について, 左肋骨下端から右肋骨下端に向かう単位ベクトルを  $x_{ut}$  とし, 肋骨下端中心から肩関節中心に向かう単位ベクトルを  $z_{ut}$  と定義した. 続いて,  $x_{ut}$  と  $z_{ut}$  を外積することで  $y_{ut}$  を決定し,  $y_{ut}$  と  $z_{ut}$  を外積することで  $x_{ut}'$  を決定し

た．肩関節角度は，肩関節から肘関節に向かうベクトル  $z_{ua}$  を  $y_{ut}z_{ut}$  で規定させる平面に投影し， $-z_{ut}$  となす角度として定義した．

### (2) 股関節角度

体幹下胴セグメントの移動座標系について，左大転子から右大転子に向かう単位ベクトルを  $x_{lt}$  とし，大転子中心から肋骨下端中心に向かう単位ベクトルを  $z_{lt}$  と定義した．続いて， $x_{lt}$  と  $z_{lt}$  を外積することで  $y_{lt}$  を決定し， $y_{lt}$  と  $z_{lt}$  を外積することで  $x_{lt}'$  を決定した．股関節角度は，大転子から膝関節に向かうベクトル  $z_{th}$  を  $y_{lt}z_{lt}$  で規定させる平面に投影し， $-z_{lt}$  となす角度として定義した．なお，直立姿勢から屈曲を正，伸展を負とした．

### (3) 体幹角度

体幹上胴セグメントの移動座標系における  $y_{ut}z_{ut}$  で規定させる平面に大転子中心から肋骨下端中心に向かう単位ベクトル  $z_{lt}$  を投影した．体幹角度は，投影したベクトルと  $-z_{ut}$  とがなす角度として定義した．なお，直立姿勢から屈曲を正，伸展を負とした．

## 第7項 統計解析

統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics 23 を用いた．Shapiro-Wilk 検定にて測定データの分布について正規性を検討した．アンケートにて調査した慢性腰痛の有無で群分けを行った．算出項目における両群間の平均値の差は，正規性が認められた項目については独立した t 検定を用い，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．また，規格化したデータについては，規格化時間 1%ごと

に検討した。静的な関節可動域と跳躍動作中の最大関節角度との関連は、正規性が認められた項目のみの関連を検討する場合には Pearson の積率相関分析、一方で正規性が棄却された項目との関連を検討する場合には Spearman の順位相関分析を用いた。いずれにおいても有意水準は 5%未満とした。

### 第3節 結果

#### 第1項 慢性腰痛の有無

アンケートの結果、慢性腰痛があると回答した選手は 9 名、ないと回答した選手は 8 名であった。

#### 第2項 基本的要因における Chronic LBP 群と Control 群の比較

基本的要因について、群間で有意な差は見られなかった(表 4-1)。

表 4-1：Chronic LBP 群と Control 群における基本的要因の比較

Variable	Chronic LBP (n=9)		Control (n=8)		p value
	mean ± SD	95%CI	mean ± SD	95%CI	
age (year)	22.4 ± 3.2	19.9 - 24.9	22.8 ± 3.9	19.5 - 26.1	n.s.
height (cm)	173.6 ± 3.8	170.7 - 176.5	171.5 ± 5.0	167.3 - 175.7	n.s.
body weight (kg)	64.6 ± 6.2	59.8 - 69.4	68.8 ± 6.9	63.0 - 74.6	n.s.
personal record (m)	5.1 ± 0.3	4.9 - 5.3	4.9 ± 0.3	4.6 - 5.2	n.s.
period of pole vault (year)	9.5 ± 2.1	7.9 - 11.1	10.4 ± 3.1	7.8 - 13.0	n.s.

LBP: low back pain, CI: confidence interval

#### 第3項 関節可動域測定における Chronic LBP 群と Control 群の比較

関節可動域について、群間で有意な差は見られなかった(表 4-2)。

表 4-2 : Chronic LBP 群と Control 群における関節可動域の比較

Range of motion (deg)	Chronic LBP (n=9)		Control (n=8)			p value	
	mean	± SD	95%CI	mean	± SD		95%CI
Takeoff leg side							
Passive hip flexion	116.9	± 7.9	110.8 - 123.0	117.3	± 7.1	111.4 - 123.2	n.s.
Passive hip extension	17.7	± 6.0	13.1 - 22.3	14.1	± 5.0	9.9 - 18.3	n.s.
Passive shoulder flexion	163.3	± 6.4	158.4 - 168.2	160.4	± 9.4	152.5 - 168.3	n.s.
Passive SLR	75.0	± 6.2	70.3 - 79.8	75.5	± 8.5	68.4 - 82.6	n.s.
Active SLR	71.0	± 9.0	64.1 - 77.9	70.7	± 8.2	63.9 - 77.5	n.s.
Δ SLR	4.0	± 6.6	-1.0 - 9.1	4.8	± 4.3	0.7 - 7.9	n.s.
Lead leg side							
Passive hip flexion	115.7	± 7.4	110.0 - 121.4	121.3	± 5.4	116.8 - 125.8	n.s.
Passive hip extension	17.5	± 5.8	13.0 - 22.0	14.5	± 3.3	11.7 - 17.3	n.s.
Passive shoulder flexion	164.8	± 6.1	160.1 - 169.5	162.4	± 6.5	157.0 - 167.8	n.s.
Passive SLR	77.4	± 5.0	73.5 - 81.2	80.6	± 3.7	77.5 - 83.7	n.s.
Active SLR	72.3	± 9.0	65.4 - 79.2	76.1	± 5.4	71.6 - 80.7	n.s.
Δ SLR	5.1	± 6.3	0.3 - 10.0	4.5	± 4.7	0.6 - 8.4	n.s.

LBP: low back pain, CI: confidence interval, SLR: straight leg raise

#### 第4項 関節角度の時系列変化における Chronic LBP 群と Control 群の比較

自己最高記録の90%の高さに設定したゴム製のバーを3本越えるのに要した跳躍本数は、平均で4本(最小-最大:3-7本)であった。TDからPSにおける動作時間は、 $1.17 \pm 0.08$ 秒であり、各局面の動作時間は、TD-TOが $0.12 \pm 0.01$ 秒、TO-MPBが $0.54 \pm 0.04$ 秒、MPB-PSが $0.51 \pm 0.06$ 秒であった。規格化した時間における各イベントの両群の平均値と各群における範囲(最小値-最大値)は、TDが0%、TOが10%(Chronic LBP群:8-13%, Control群:10-13%), MPBが56%(Chronic LBP群:54-60%, Control群:50-65%), PSが100%であった。各関節の時系列変化における両群の平均値を図4-3から4-5に示した。分析区間における各関節角度について群間で比較を行った結果、有意な差は見られなかった。

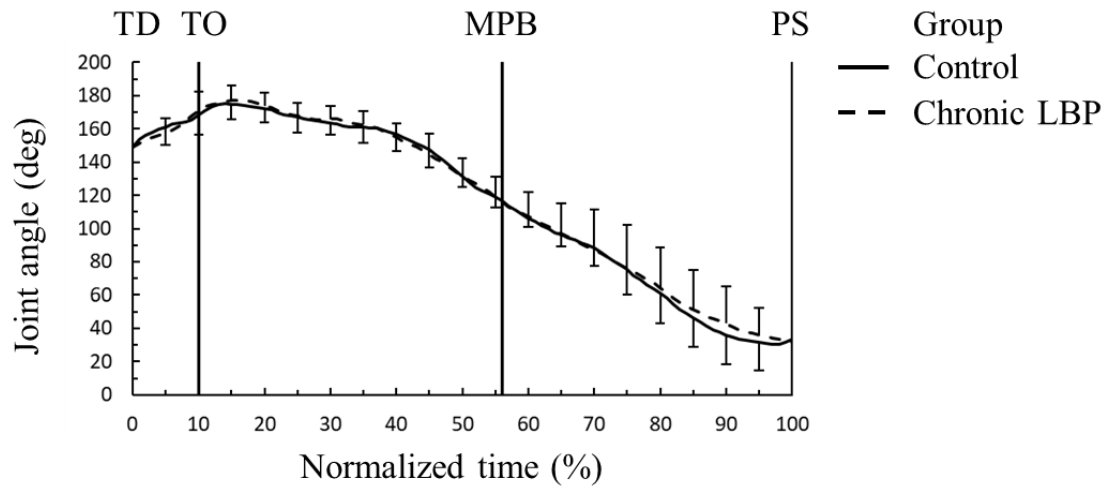


図 4-3：肩関節屈曲角度の平均値における時系列変化

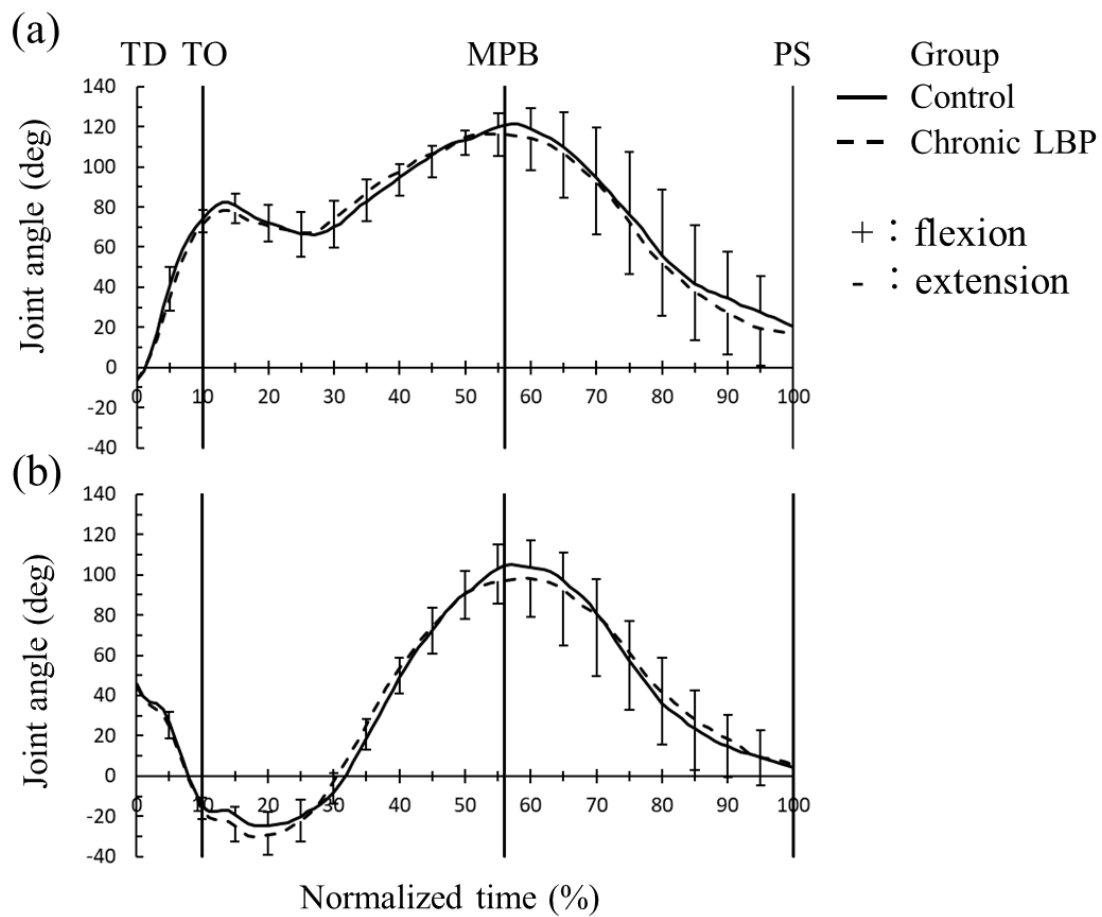


図 4-4：股関節角度の平均値における時系列変化

(a)：リード脚側 (b)：踏切脚側

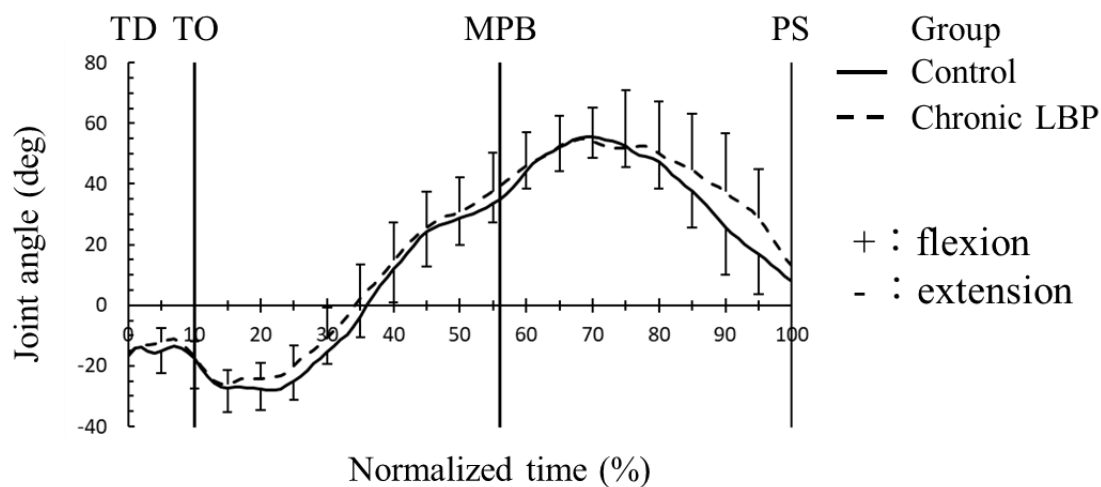


図 4-5：体幹角度の平均値における時系列変化

#### 第5項 関節可動域と最大関節角度における相関関係の検討

股関節伸展において、静的な関節可動域および跳躍動作中の最大関節角度との間に有意な正の相関関係が見られた ( $p=0.01$ ,  $r=0.58$ , 図 4-6)。その他の項目について、有意な相関関係は見られなかった。

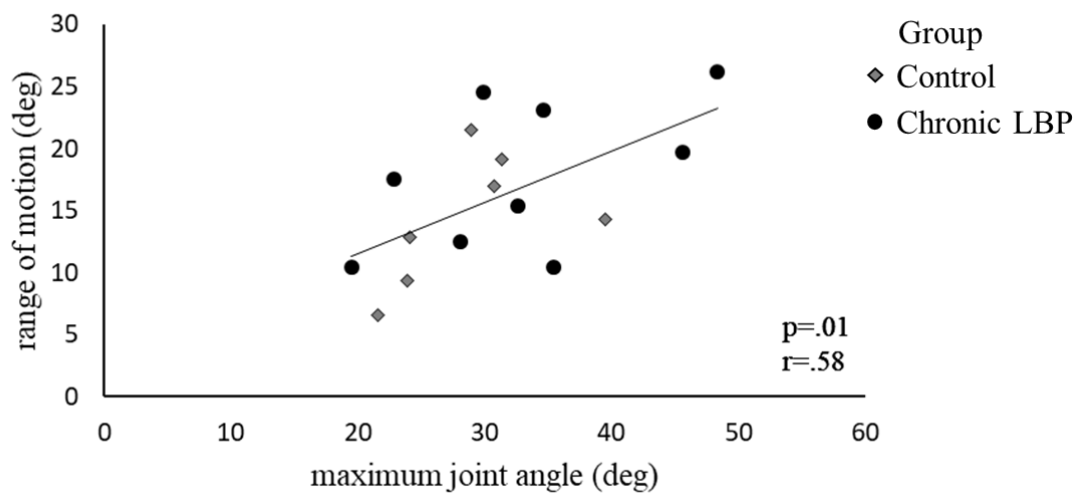


図 4-6：股関節伸展における静的な関節可動域と  
競技動作中の最大関節角度との関係

### 第4節 考察

本研究の目的は、男子棒高跳選手における慢性腰痛と競技動作中の各関節角度との関連を明らかにすることであった。慢性腰痛の有無で群分けを行い、TD から PS 局面における肩関節、股関節、体幹部の関節角度を比較したが、有意な差は見られなかった。一方で、股関節伸展において、静的な関節可動域と競技動作中の最大関節角度に有意な正の相関関係が見られた。慢性腰痛を有する選手は、競技動作中の肩関節および股関節の関節角度が小さいと仮説を立てたが立証されなかった。

関節角度の比較について、我々が以前に行った研究においても、踏切後の股関節最大伸展角度を慢性腰痛の有無で比較したが、有意な差は見られなかった(榎ら, 2020)。また、本研究では基本的要因や関節可動域においても有意な差は見られなかった。Bahr and Krosshaug(2005)が提唱した傷害要因モデルでは、傷害発生の起点は選手が有している内的リスクファクターであると考えられている。内的リスクファクターには、年齢や性別などの基本的要因、筋力や関節可動域などの身体的要因、スポーツ特有の技術などの技術的要因が挙げられている。本研究における対象者において基本的要因や関節可動域に差がないことを確認することによって、これらの要因を排除した競技動作のみの検討であることが考えられる。よって、棒高跳の競技動作中の肩関節、股関節、体幹の関節角度と慢性腰痛の関連がないことが示唆された。第3章においてリード脚側における股関節屈曲最大トルク/体重が低値であることと腰痛発生が関連していた。そのため、競技動作(特に踏切局面)において股間伸展の負荷が股関節屈筋群にかかっており、Chronic LBP 群は筋力が低いことによりその負荷に耐えることができず腰痛が発生している可能性が考えられた。しかしながら、本研究において直接的に股関節屈曲トルクを



評価していないことやその評価と実際の競技動作時の関節角速度が違うことが問題として挙げられる。

股関節伸展において、慢性腰痛との関連は見られなかったものの、静的な関節可動域と競技動作中の最大関節角度に有意な正の相関関係が見られた。第3章において慢性腰痛がない対象者のみを分析対象とした結果、腰痛発生と股関節伸展可動域の制限が関連していることが明らかとなっている。また、Kitamura et al(2019).は、水泳選手の腰痛群はコントロール群よりも股関節伸展の関節可動域が小さかったと報告している。これらの結果から、股関節伸展の関節可動域が低いことで腰部の代償動作を起こし、腰痛の発生と関連する可能性が考えられた。また、股関節が最大まで伸展される動作を繰り返すことで、腰椎と大腿骨を結んでおり股関節屈曲に作用する大腰筋が引き伸ばされて損傷することで腰部へのストレスが増大することも考えられる。しかし、本研究においては、体幹下胴セグメント内の関節の動きは不明であり、今後の研究において腰部の詳細な挙動を明らかにする必要がある。

本研究にはいくつかの限界が存在する。本研究は、横断研究であることから股関節伸展における静的関節可動域と競技動作中の最大関節角度との因果関係は不明である。また、対象者が男性に限られていることから女性においても同様であるかは不明である。このような限界があるものの、棒高跳選手の慢性腰痛と競技動作中の関節角度との関連の検討は我々の報告のみであり、貴重な報告であるといえる。今後は、前向き研究による腰痛発生と関連する動作的な要因の検討、キネティクスに着目した慢性腰痛と関連する要因の検討、跳躍動作中の詳細な腰部挙動の検討が必要である。

### 第5節 本章のまとめ

本章の目的は、棒高跳選手における慢性腰痛と競技動作中の各関節角度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) 男子棒高跳選手において、TD から PS 局面における跳躍動作中の肩関節、股関節、体幹の関節角度について、慢性腰痛の有無による差は見られなかった。
- (2) 男子棒高跳選手の股関節伸展における静的な関節可動域と競技動作中の最大関節角度との間に有意な正の相関関係が見られた。

## 第5章 総合考察

本研究は、陸上競技棒高跳選手を対象とし、アスリートにおける腰痛の傷害特性を考慮した腰痛の定義を用いることで、新たな視点における腰痛の実態と関連する内的リスクファクターを明らかにすることを目的とした。以上の章を踏まえて、陸上競技棒高跳選手における腰痛の特徴とその要因について以下に考察する。また、総合考察をまとめて図 5-1 に示した。

### 第1節 陸上競技棒高跳選手における腰痛の特徴

本研究の第3章における腰痛発生の観察では、1年間の観察期間中に27名中15名(55.6%)に腰痛が発生しており、Wilson et al.(2020)がメタ分析によって報告した1年間の発生率である44%(95%CI: 36 - 52%)よりも高かった。さらに、観察期間中に発生した腰痛のタイプは屈曲型が多かった。それらの屈曲型腰痛は、下肢への放散痛が確認されなかったこと、関節可動域制限による腰部の代償動作が関連していると考えられることなどから筋・筋膜性の腰痛であったことが推察される。そのため、本研究において特定された腰痛に関連する機能的な要因に介入を行うことで改善および予防が可能であると考えられる。

また、本研究における慢性腰痛の有病率は40 - 53%であった。これまで多くの研究では3カ月以上腰痛が継続した場合を慢性腰痛と定義していた(Crasto et al., 2020; Meucci et al., 2015; Nambi et al., 2020)。しかし、特定の競技動作に伴って腰痛が発生する機会が多いことから、腰痛の原因となる特定の動作の頻度が低ければ慢性腰痛とみなされなくなる。そのため、本研究では、アンケートにおいて「跳躍動作を行うことによっ

て、よく腰痛が発生しますか？」という質問に「はい」と回答した場合を慢性腰痛と定義した。本研究の定義では、痛みが出現する特定の動作を行う頻度に影響されず、より繊細に慢性腰痛を捉えることが可能であったと思われる。

### 第2節 陸上競技棒高跳選手における腰痛発生に関連する要因

#### 第1項 腰痛発生と基本的要因との関連

先行研究は、アスリートにおける腰痛発生に関連している項目として、基本的要因である体重とBMIの増加を報告している(Moradi et al., 2015)が、本研究において関連は見られなかった。いかに高く跳ぶかを競う棒高跳選手は、体重増加がパフォーマンスに直結すると考えられるため、大学レベル以上の選手においては測定値が分散せず、差が見られなかったと推察される。一方で、第3章の前向き研究において、慢性腰痛と腰痛発生に関連が見られた。本研究の慢性腰痛の定義から、選手自身が腰痛になりやすいこと、つまり腰痛に対する脆弱性を自覚していることが関連していることが考えられる。そのような選手においては、慢性腰痛の改善策や腰痛発生の予防策を提案する必要があると考えられる。

#### 第2項 伸展型腰痛の発生と関連する身体的要因

第3章の慢性腰痛がない選手を対象とした分析において、踏切脚側の受動的股関節伸展可動域と腰痛発生との関連が見られた。また、第4章では、股関節伸展において静的な関節可動域と競技動作中の最大関節角度との間に有意な正の相関関係が見られた。Kitamura et al.(2019)は、水泳選手の腰痛群はコントロール群よりも股関節伸展の関節可動域が小さかったと報告している。これらの結果から腰痛に対する脆弱性の自覚

がない選手においては、跳躍動作時に股関節伸展の関節可動域制限を有していた際に腰部伸展の代償動作が発生してしまい、腰痛が発生したと考えられる。また、特に腰椎分離症が発生しやすい学童期および青年期の棒高跳選手において、腰椎伸展の代償動作と関連していると考えられる股関節伸展可動域を獲得することは、腰椎分離症の発症予防の方策となるかもしれない。

さらに、我々は、股関節伸展だけでなく肩関節における関節可動域制限も腰部伸展の代償動作を誘発すると仮説を立てていたが、本研究において腰痛との関連は見られなかった。我々が以前に行った前向きな傷害調査(榎ら, 2018)において、肩関節の傷害が発生していなかったことから、棒高跳の競技動作は肩関節への負荷が少なく、関節可動域制限に至っていなかったことが考えられる。

### 第3項 屈曲型腰痛の発生と関連する身体的要因

棒高跳選手の腰痛を予防するために、第2章は慢性腰痛がある選手の特徴を横断的に捉え、第3章は腰痛発生に関連する身体的要因を前向きに検討した。等速性下肢筋力は、第3章の全対象者を分析した結果において、リード脚側の等速性股関節屈曲最大トルク/体重で腰痛発生との関連が見られた。関節可動域測定において腰痛と関連した項目として、第2章では踏切脚側の active SLR が低値であることおよび両脚側の  $\Delta$  SLR が高値であること、第3章では全対象者を分析した結果において両脚側の受動的股関節屈曲可動域制限が見られた。これらの項目はいずれも股関節屈曲を評価している指標であり、active SLR と  $\Delta$  SLR は腰痛発症後に慢性腰痛になる可能性を評価していると考えられる。その一方で、リード脚側の等速性股関節屈曲最大トルク/体重と両脚側における

受動的股関節屈曲可動域は慢性腰痛を含めた腰痛発生を予測することができる要因であることが考えられる。慢性腰痛や腰痛発生のどちらを予防するためにも股関節屈曲制限へのアプローチは重要であり、股関節屈曲の十分な関節可動域の獲得や股関節屈曲動作を安定して行うための体幹部の安定性、下肢を挙上する際の正しい運動連鎖の獲得をするためにトレーニングを行う必要が考えられる。

### 第4項 慢性腰痛と機能的動作との関連

FMS<sup>TM</sup>の合計スコアについて、第2章において慢性腰痛との関連が見られ、慢性腰痛がある選手において14点以下である比率が高い結果となった。FMS<sup>TM</sup>には関節可動域測定における active SLR と同じ種目があり、点数が低い傾向にあった。また、Trunk Stability Push Up において慢性腰痛あり群の8名中4名が1点であった。これらのことから、体幹部の安定性を高めるために、体幹部に対する抗回旋ストレスのエクササイズが慢性腰痛の改善や再発予防に有効であると考えられる。さらに、先行研究において FMS<sup>TM</sup>の合計スコアが14点以下である選手に傷害が発生しやすいと報告されている(Bonazza et al., 2017)。よって、慢性腰痛においても FMS<sup>TM</sup>の合計スコアを15点以上に向上させるための体幹部安定性や股関節屈曲における正しい運動連鎖を獲得するためのコレクティブエクササイズを行うことで、再発予防が可能であることが示唆された。

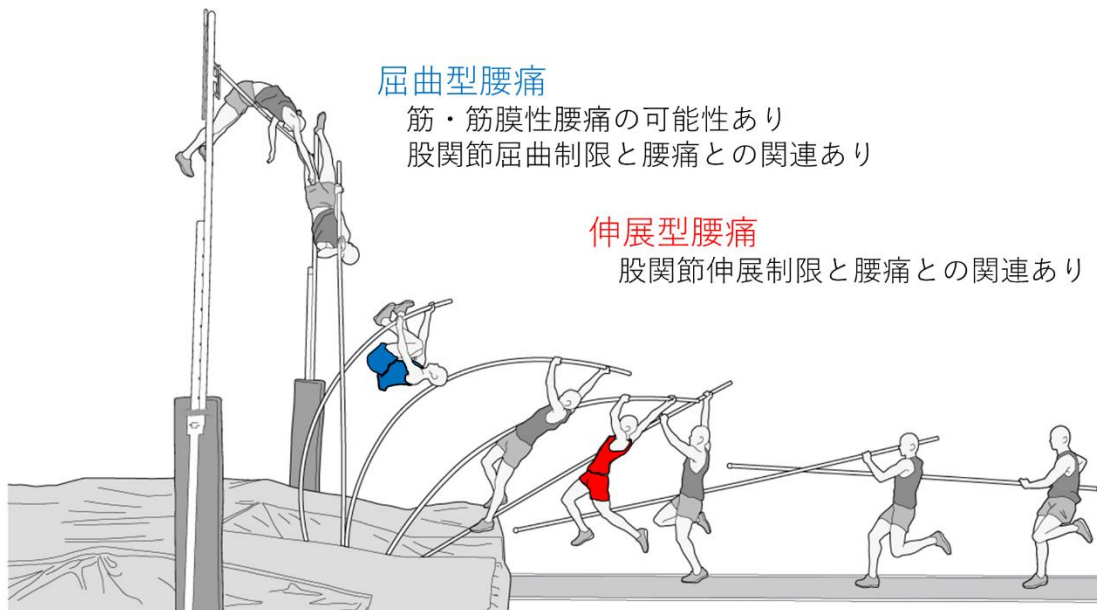


図 5-1：屈曲型および伸展型腰痛に関する本研究の総合考察のまとめ

### 第3節 本研究の限界

#### (1) 選択バイアス

本研究の対象は、大学生または社会人の陸上競技棒高跳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不明である。また、本研究の対象者の大部分は、一つの大学に所属する選手であったため、トレーニングプログラムに関する選択バイアスを回避できていない。また、本研究は棒高跳選手を採用したが、他のスポーツや種目の選手との比較が行われていないため、本研究の結果を一般化するためには追加の検証が必要である。

#### (2) 未測定因子

本研究の潜在的な限界として、本研究や先行研究で検討されてい

い未測定の変因が結果に影響を与えている可能性がある。

### (3) 包括的な腰痛の定義

本研究における腰痛は、片側または両側の脚に放散痛があるかに関係なく、腰部の痛み、疼痛、不快感として定義された (Bahr et al., 2004; Foss et al., 2012; Tunås et al., 2015)。そのため、器質的な変化の有無や腰痛のタイプにかかわらず包括的に収集されており、結果に影響を与えている可能性がある。

### (4) 統計的検出力

対象者が少数であることによる  $\beta$  エラーの増大が考えられる。そのため、統計的に有意な差が見られなかった変因が存在する可能性がある。また、測定項目が多かったことによる  $\alpha$  エラーの増大も考えられる。しかしながら、本邦において棒高跳選手が十分に在籍している環境は少なく、多施設における継続的な調査が求められる。

## 第4節 臨床への応用

本研究の結果より、股関節における関節可動域制限や筋力不足と腰痛発生との関連が明らかとなった。アスリートにおいて傷害が発生した場合、時間的損失を受けることや動作の変化をもたらすため、パフォーマンス向上を阻害する。そのため臨床においては、傷害予防のための方策を随時実施している。傷害の予防策は、好発する傷害や重症度の高い傷害を考慮した上で選択される。また、その予防策は傷害に関連する要因に従って立案される。そのため本研究は、腰痛に対する予防策立案の一助となる。本研究における腰痛予防策として以下を提案する。筋の柔軟



性に関する提案として、股関節周囲筋の柔軟性に対するストレッチやマッサージなどのアプローチによって矢状面上の十分な関節可動域を獲得することが挙げられる。また、機能的に動作を行うことに関する提案として、体幹部安定性に対するエクササイズにより腰椎に過剰な代償動作が生じない状態を保持したまま股関節屈曲動作を行う能力を獲得することが挙げられる。

また、慢性腰痛を自覚していることと腰痛発生との関連が明らかになった。そのため、慢性腰痛を有している選手はその改善を行うことにより、後発の腰痛を予防できることが示唆された。慢性腰痛がある選手は優先的に改善策を実施する必要がある。

さらに、本研究における臨床への視点は他のスポーツや一般人における腰痛にも適応する可能性がある。各スポーツや種目によって本研究と同様に腰痛に関連する要因を検討する必要がある。本研究において腰痛との関連が明らかとなった要因は検討すべき要因として提案可能であると考えられる。

### 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)腰痛と股関節屈曲および伸展可動域との関連における一般化可能性

本研究において腰痛との関連が確認された股関節屈曲および伸展可動域について、他のスポーツや種目においても腰痛の危険因子となる可能性がある。そのため、多くのスポーツにおける腰痛に関する研究においてアウトカムの選択肢となるだろう。

(2) 腰痛予防に関するトレーニング介入

本研究は、傷害予防の実践モデル-スポーツ傷害予防の4ステップ (Van Mechelen et al., 1992, 図 5-2)における第2段階であるスポーツ傷害の要因とメカニズムの特定に関する検討を実施した。傷害予防を達成するために、傷害調査を実施し、発生要因やメカニズムの特定を経て、適切な介入方法を検討する科学的アプローチのモデルである。本研究の結果から提案された腰痛予防の方策について、その効果の検討と本研究で特定された要因の腰痛との因果関係を検討するために介入研究が必要である。

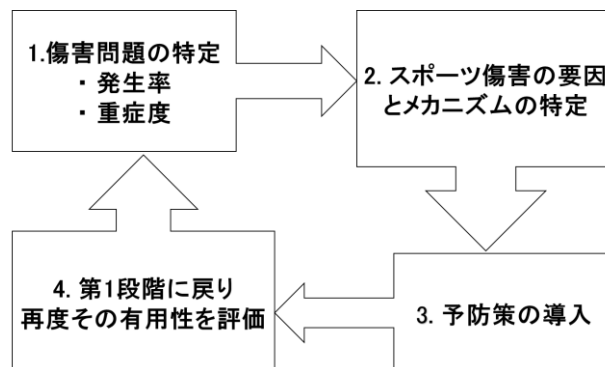


図 5-2：傷害予防の実践モデル - スポーツ傷害予防の4ステップ

(Van Mechelen et al., 1992)

(3) 棒高跳の競技動作と腰痛発生との関連

本研究において、慢性腰痛と競技動作中の各関節角度に関連は見られなかった。本研究では、腰部に隣接する関節における関節角度に着目したが、今後の研究においては股関節トルクなどのキネティクスにおいても検討する必要がある。その他に、競技動作と腰痛発生との関連についても明らかにする必要がある。

## 第 6 章 結語

本研究は、陸上競技棒高跳選手を対象とし、アスリートにおける腰痛の傷害特性を考慮した腰痛の定義を用いることで、新たな視点における腰痛の実態と関連する内的リスクファクター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) 陸上競技棒高跳選手において観察された腰痛発生の特徴として屈曲型の腰痛発生が多いことが明らかとなった。
- (2) 陸上競技棒高跳選手における慢性腰痛の関連要因として、自己最高記録および active SLR の角度が低値であること、 $\Delta$ SLR が高値であること、FMS<sup>TM</sup>において 14 点以下である比率が高いことが明らかとなった。
- (3) 陸上競技棒高跳選手における腰痛発生と、両脚側における受動的股関節屈曲可動域が小さいこと、リード脚側における等速性股関節屈曲最大トルク/体重が低いこと、慢性腰痛を自覚していることが関連していた。また、慢性腰痛がない選手においては、踏切脚側における受動的股関節伸展可動域が小さいことが関連していた。
- (4) 陸上競技棒高跳選手における慢性腰痛と競技動作中の肩関節、股関節、体幹の経時的な関節角度との間には有意な関係は見られなかったが、股関節伸展において、静的な関節可動域と競技動作中の関節角度との間に有意な正の相関関係があることが明らかとなった。

## 参考文献

- Axler, C. T., & McGILL, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 804-811.
- Bahr, R., Andersen, S. O., Løken, S., Fossan, B., Hansen, T., & Holme, I. (2004). Low back pain among endurance athletes with and without specific back loading—a cross-sectional survey of cross-country skiers, rowers, orienteerers, and nonathletic controls. *Spine*, 29(4), 449-454.
- Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324-329. doi:10.1136/bjsm.2005.018341
- Bonazza, N. A., Smuin, D., Onks, C. A., Silvis, M. L., & Dhawan, A. (2017). Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 45(3), 725-732. doi:10.1177/0363546516641937
- Clarsen, B., Myklebust, G., & Bahr, R. (2013). Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire. *British Journal of Sports Medicine*, 47(8), 495-502. doi:10.1136/bjsports-2012-091524
- Cook, G. (2010). *Movement: Functional movement systems: Screening, assessment, corrective strategies*: On Target Publications.
- Crasto, C., Montes, A. M., Carvalho, P., & Carral, J. C. (2020). Abdominal

- muscle activity and pelvic motion according to active straight leg raising test results in adults with and without chronic low back pain. *Musculoskelet Sci Pract*, 50, 102245. doi:10.1016/j.msksp.2020.102245
- de Noronha, M., Franca, L. C., Haupenthal, A., & Nunes, G. S. (2013). Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(5), 541-547. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01434.x
- Deyo, R. A., & DO, J. N. W. (2001). Low back pain affects men and women equally, with onset most often between the ages of 30 and 50 years. It is the most common cause of work-related disability in people under 45 years of age and the most expensive. *New England Journal of Medicine*, 344(5).
- Foss, I. S., Holme, I., & Bahr, R. (2012). The prevalence of low back pain among former elite cross-country skiers, rowers, orienteers, and nonathletes: a 10-year cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(11), 2610-2616.
- Frere, J., L'Hermette, M., Slawinski, J., & Tourny-Chollet, C. (2010). Mechanics of pole vaulting: a review. *Sports Biomechanics*, 9(2), 123-138. doi:10.1080/14763141.2010.492430
- Frere, J., Sanchez, H., Homo, S., Rabita, G., Morin, J. B., & Cassirame, J. (2017). Influence of pole carriage on sprint mechanical properties during pole vault run-up. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 20(sup1), 83-84. doi:10.1080/10255842.2017.1382872
- Gainor, B. J., Hagen, R. J., & Allen, W. C. (1983). Biomechanics of the spine in the polevaulter as related to spondylolysis. *American Journal of Sports*

- Medicine, 11(2), 53-57. doi:10.1177/036354658301100201
- Ho, C. W., Chen, L. C., Hsu, H. H., Chiang, S. L., Li, M. H., Jiang, S. H., & Tsai, K. C. (2005). Isokinetic muscle strength of the trunk and bilateral knees in young subjects with lumbar disc herniation. *Spine*, 30(18), E528-533. doi:10.1097/01.brs.0000179307.34310.7d
- Hu, H., Meijer, O. G., van Dieen, J. H., Hodges, P. W., Bruijn, S. M., Strijers, R. L., Nanayakkara, P. W., van Royen, B. J., Wu, W. H., & Xia, C. (2011). Is the psoas a hip flexor in the active straight leg raise? *European Spine Journal*, 20(5), 759-765. doi:10.1007/s00586-010-1508-5
- Jacobsson, J., Timpka, T., Kowalski, J., Nilsson, S., Ekberg, J., Dahlstrom, O., & Renstrom, P. A. (2013). Injury patterns in Swedish elite athletics: annual incidence, injury types and risk factors. *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 941-952. doi:10.1136/bjsports-2012-091651
- Juker, D., McGill, S., & Kropf, P. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during cycling. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(4), 428-438.
- Kanda, Y. (2013). Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplantation*, 48(3), 452-458.
- Kitamura, G., Tateuchi, H., & Ichihashi, N. (2019). Swimmers With Low Back Pain Indicate Greater Lumbar Extension During Dolphin Kick and Psoas Major Tightness. *J Sport Rehabil*, 1-28. doi:10.1123/jsr.2018-0262
- Liebenson, C., Karpowicz, A. M., Brown, S. H., Howarth, S. J., & McGill, S. M. (2009). The active straight leg raise test and lumbar spine stability. *PM R*, 1(6), 530-535. doi:10.1016/j.pmrj.2009.03.007

- Meucci, R. D., Fassa, A. G., & Faria, N. M. (2015). Prevalence of chronic low back pain: systematic review. *Revista de Saúde Publica*, 49. doi:10.1590/S0034-8910.2015049005874
- Moradi, V., Memari, A. H., ShayestehFar, M., & Kordi, R. (2015). Low Back Pain in Athletes Is Associated with General and Sport Specific Risk Factors: A Comprehensive Review of Longitudinal Studies. *Rehabilitation Research and Practice*, 2015, 850184. doi:10.1155/2015/850184
- Nambi, G., Abdelbasset, W. K., Alqahtani, B. A., Alrawaili, S. M., Abodonya, A. M., & Saleh, A. K. (2020). Isokinetic back training is more effective than core stabilization training on pain intensity and sports performances in football players with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, 99(21), e20418. doi:10.1097/MD.00000000000020418
- Narita, T., Kaneoka, K., Takemura, M., Sakata, Y., Nomura, T., & Miyakawa, S. (2014). Critical factors for the prevention of low back pain in elite junior divers. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 919-923. doi:10.1136/bjsports-2012-091875
- Nussbaumer, S., Leunig, M., Glatthorn, J. F., Stauffacher, S., Gerber, H., & Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11(1), 194.
- Rebella, G. (2015). A prospective study of injury patterns in collegiate pole vaulters. *American Journal of Sports Medicine*, 43(4), 808-815.

doi:10.1177/0363546514564542

Roach, K. E., & Miles, T. P. (1991). Normal hip and knee active range of motion: the relationship to age. *Physical Therapy*, 71(9), 656-665.

Suzuki, H., Kanchiku, T., Imajo, Y., Yoshida, Y., Nishida, N., & Taguchi, T. (2016). Diagnosis and Characters of Non-Specific Low Back Pain in Japan: The Yamaguchi Low Back Pain Study. *PloS One*, 11(8), e0160454. doi:10.1371/journal.pone.0160454

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 & Medicine*, 17(4), 650.

Tunås, P., Nilstad, A., & Myklebust, G. (2015). Low back pain in female elite football and handball players compared with an active control group. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(9), 2540-2547.

Van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports Medicine*, 14(2), 82-99.

Wang, X.-Q., Zheng, J.-J., Yu, Z.-W., Bi, X., Lou, S.-J., Liu, J., Cai, B., Hua, Y.-H., Wu, M., & Wei, M.-L. (2012). A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PloS One*, 7(12), e52082.

Wilson, F., Ardern, C. L., Hartvigsen, J., Dane, K., Trompeter, K., Trease, L., . . . Thornton, J. S. (2020). Prevalence and risk factors for back pain in sports: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsports-2020-102537

Yoshio, M., Murakami, G., Sato, T., Sato, S., & Noriyasu, S. (2002). The



- function of the psoas major muscle: passive kinetics and morphological studies using donated cadavers. *Journal of Orthopaedic Science*, 7(2), 199-207.
- Yu, B., Gabriel, D., Noble, L., & An, K.-N. (1999). Estimate of the optimum cutoff frequency for the Butterworth low-pass digital filter. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 318-329.
- 荒川真吾・倉持梨恵子. (2012). コレクティブエクササイズによるウエイトリフティング選手の競技力向上とケガの予防効果について. *中京大学体育学論叢*, 53(2), 1-7.
- 榎将太・倉持梨恵子・村田祐樹・清水卓也. (2018). 大学生棒高跳選手の障害発生に関する前向き調査. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 26(2), 222-229.
- 榎将太・倉持梨恵子・村田祐樹・鈴木雄貴. (2020). 大学生男子棒高跳選手における慢性腰痛の有無による踏切動作時の関節角度の比較—肩関節屈曲と股関節伸展に着目して—. *日本アスレティックトレーニング学会誌*, 5(2), 141-149.
- 加賀谷善教・大畑健太郎. (2005). 腰痛発生機序からみた運動療法の選択. *スポーツトレーニング科学*, 6, 44-48.
- 米本恭三・石神重信・近藤徹. (1995). 関節可動域表示ならびに測定法. *リハビリテーション医学*, 32(4), 207-217.

## 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、同研究科の坂本龍雄先生および田内健二先生には、博士論文の審査の際に、的確なご指摘をいただき、より良い論文とすることができました。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、研究に対する姿勢を教えていただきました。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に、多角的な視点で挑む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、同輩、後輩には深く感謝申し上げます。また、研究の対象者として参加いただいた中京大学陸上競技部の選手の方々には、研究への参加のみならず、指導者や競技者としても心の支えであり、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両親をはじめとした家族に深謝の意を表します。