

2014年度 修士論文

高校生男子長距離走選手における接地パターンの変化と
ランニング障害に関する縦断的検討

The relationship between the change of foot strike pattern and
the distribution of running injuries in male high school runners;
a longitudinal study.

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

5013A044-1

竹林 裕也

Takebayashi Yuya

研究指導教員：鳥居 俊 准教授

目次

第 1 章 序論	1
第 1 節 緒言	
第 2 節 仮説と本研究の目的	
第 3 節 本研究の構成	
第 2 章	8
1 年時から 2 年時の接地パターンとランニング障害の変化に関する検討	
2-1 方法	
2-2 結果	
2-3 考察	
2-4 研究 1 のまとめ	
第 3 章	34
2 年時から 3 年時の接地パターンとランニング障害の変化に関する検討	
3-1 方法	
3-2 結果	
3-3 考察	
3-4 研究 2 のまとめ	
第 4 章 総合考察	50
第 5 章 結論	55
参考文献	56
謝辞	60

第 1 章 序論

第 1 節 緒言

1-1-1. はじめに

近年、日本のランニング実施率およびランニング人口は増加傾向にある。2012 年の報告によると、成人で年に 1 回以上のジョギングやランニングの実施率は 1998 年から 2012 年までの 14 年間で 6.9%から 9.7%まで上昇し、その人口は 1,000 万人を超えたと報告されている（笹川スポーツ財団，2012）。また、2009 年に国内のある保険会社が 2,000 名の成人男女を対象に行った調査では、15.1%の人がジョギングまたはランニングを行っている」と報告されており、走る理由として「健康維持のため」「体力づくりのため」「ダイエットのため」の 3 つがトップ 3 として挙げられている。また、東京マラソンにエントリーした人を対象にエントリーした理由を調査したところ、「実力を試したい」という人が 65.3%で一番多く、次いで「東京の名所を周るコースが楽しみだから」が 48.4%と続き、健康の維持増進や体力づくりを目的として走る人や走ることを楽しむ人が多いだけでなく、一競技者として走っている人も少なくないと推察される（ライフネット生命，2009）。

前述の団体による 10 代の青少年男女を対象に行った調査では、過去一年間によく行った運動やスポーツ種目としてジョギングやランニングが挙げられており、その実施率は 2009 年の 16.7%から 2013 年には 19.3%に上昇している（笹川スポーツ財団，2013）。更に、全国高等学校体育連盟に加盟している学校も平成 15 年の報告で男子 4,274 校、女子 3,888 校で競技人口が男子 59,783 人、女子 33,077 人であったのに対し、

平成 26 年の報告では男子 4,365 校で 71,067 人、女子 3,983 校で 38,227 人と学校数及び競技人口が増えていることがわかる。他の競技と比較してみると、男女ともバスケットボールが一番多く、陸上競技は男子で二番目、女子はバレーボールに次いで三番目に多い種目となっており（公共財団法人 全国高等学校体育連盟 HP）、成人だけでなく発育期の青少年の間でも、陸上競技の人口が増えていることがわかる。

ジョギングやランニングの競技者が多いのは日本に限ったことではない。カナダでは余暇に楽しむ運動としてランニングが人気であり、カナダ人の 31%が行っているという報告や（Government of Canada, 1993）、3,500 万人以上のアメリカ人がランニングを行っているという報告があり（National Sporting Goods Association, 2010）、諸外国でもジョギングやランニング人口が多いと推察される。また。四年に一度開催される近代オリンピックに加えて、世界陸上競技選手権大会が二年に一度開催されるなど、陸上競技が世界中で盛んであることがわかる。

1-1-2. 接地パターンと競技成績

以上のように、ジョギングやランニングを楽しむ人は多く、人種、年齢、性別、目的など様々である。人種や年齢、性別の違いは、生活様式や身体組成、姿勢やアライメントの違いに影響し（Larsen, 2003., Newton, 2012）、ランニングフォームも人それぞれであることが推察される。実際、姿勢やランニングフォームに関する研究や専門書、指導書なども数多く存在する。日本のランニング指導書や指導本には、ランニングフォームを指導する際に、ランニングを歩行の延長として捉えて歩行の練習から解説している指導書が多い（基礎から身につく陸上競技、

2013.，スポーツに生きる！正しい走り方講座，2012. 他）。練習では、踏み出した足はかかとから接地し、足の裏全体で地面を捉えながら重心移動させていき、母指球のあたりで地面を離れるように（基礎から身につく陸上競技，2013.）と、踵から接地し母趾球で離地するような指導が多いことから、日本人は踵から接地するフォームが一般的であると推察される。一方ケニアの選手は、つま先や足裏の中央部分で接地していると報告されている（高嶋，2013.，Newton，2012）。

ランニング動作中の足部の接地パターンは3種類に分類できるとされている（飯本ら，1983）。踵から地面に着地する後足部接地（Rear Foot Strike：以下 RFS）、中足骨と踵がほぼ同時に着地する中足部接地（Mid Foot Strike：以下 MFS）、つま先から地面に着地する前足部接地（Fore Foot Strike：以下 FFS）の3つである。この接地パターンに関する研究は世界中で数多くなされている。接地パターンと競技成績や走速度に関する研究では、実際のマラソンレース中にビデオカメラで選手の足部が地面に接地する瞬間を撮影し、接地パターンを調査した研究がある。Hasegawa らの研究によると、調査対象となった長距離ランナーの約75%が RFS であり、MFS が約 23.5%、FFS が 1.5%であったが、そのレースのトップ 50 人のうち 36%は MFS であったと報告されている（Hasegawa et al.，2007）。更に、別のマラソンレースを対象に調査した Kasmer らの研究においても長距離ランナーの 94%が RFS であったが、FFS、MFS、RFS の順に撮影ポイントの通過順位が高かったと報告されている（Kasmer et al.，2013）。以上のことから、長距離ランナーの大多数が RFS であること、RFS よりも MFS や FFS を採用している選手の方が、競技成績が良いということが推察される。また、同一ラン

ナーであっても走速度が速いときには MFS や FFS、遅いときには RFS になるなど、走速度によって接地パターンが変化するとの報告や (Kerr et al., 1983)、MFS や FFS よりも RFS の方が走りの経済性 (running economy: RE) が良いとの報告もあり (Gruber et al., 2013., Ogueta-Alday et al., 2014)、接地パターンと競技成績や走速度に関する知見は様々である。

1-1-3. 接地パターンとランニング障害

ランニング動作は、足部が地面に接地している支持期と宙に浮いている遊脚期に分けられる (Donald, 1968)。ランニング障害は、身体各部位に繰り返し力学的ストレスが加わって起きる、使い過ぎ障害 (overuse injuries) と考えられており、その発生要因は支持期における足部接地時の地面から受ける衝撃 (地面反力) や重心の位置、アライメントであると言われている (ランニング障害のリハビリテーションとリコンディショニング, 2012)。そのため、支持期の初期である足部の接地パターンはランニング障害を考える上で重要であると考えられる。足部の接地パターンとランニング障害に関する研究では、RFS は MFS および FFS と比べてアキレス腱への負荷が低く、アキレス腱障害が少ないとの報告や (Almonroeder et al., 2013)、FFS は膝への負荷が少なく膝の障害は少ないが、足部やアキレス腱への負荷が増えるため足部の障害が増えるとの報告がある (Kulmala, 2013)。発生率に関する研究では、RFS は FFS よりもランニング障害の発生率が高いという報告がある (Daoud, 2012)。これは FFS に比べて RFS の方が支持期における最大地面反力が大きいためだと考察される。

日本においても、ランニング障害に関する研究はされている。一般市民ランナーを対象にした研究では、膝関節がランニング障害の好発する部位であるとの報告されている（村上ら，1997）。中学生と高校生を対象とした研究では、中学生男子で足部、女子で膝の障害が多く、高校生では男女ともに足部が多いと報告されており（山川ら，1998）、年齢や競技歴によって好発する部位には違いがある可能性がある。日本陸上競技連盟がインターハイ入賞者男女を対象に行ったスポーツ障害の既往歴に関する報告では、男女ともに腰痛、膝痛、筋痛、足痛の順に障害歴が多いと報告されており、障害の種類と好発時期について、筋損傷の好発時期は高校一、二年生であり、腱損傷の好発時期は高校二、三年生と報告されている（鳥居ら，2010）。接地パターンに関する研究では、5000mの競技において記録の良い選手ほどRFSの割合が少なく、また、レース中に接地パターンが変化するとの報告（後藤，2014）や、FFSはアキレス腱障害になりやすいとの報告がされている（後藤ら，2012）。

第 2 節 仮説と本研究の目的

これらの報告のように、走速度によって接地パターンが変化する場合、競技力の向上に伴う走速度の変化により、接地パターンが変化する可能性がある。また、接地パターンの変化によって身体各部へ加わる負荷が変わり、ランニング障害が発生する部位も変化すると考えられる。特にその変化は熟練者よりも競技を始めたばかりの初心者で、成人ランナーよりも中高生のような発育期のランナーで顕著であると推測できる。初心者は競技に必要な体力要素を獲得できていないだけでなく、ランニングフォームが確立できていないなどの理由から、練習経験に伴う動作の習熟が与える影響が大きいと考えられるからである。そのため、身体の成長が落ち着いた成人ランナーよりも、筋骨格系の変化が著しい発育期のランナーの方が競技力やランニングフォームの変化も著しいと考えた。

しかし、先行研究では熟練者や成人を対象とした研究が多く、初心者や発育期の中高生を対象とした研究や、同じ対象者の接地パターンや障害発生部位の経時的変化を追跡した縦断的な研究はなされていない。そこで本研究では、高校入学後に競技種目として長距離走を始めた初心者ランナーを対象に、ランニングフォームと下肢の障害および競技成績との関連性について調査することとした。

本研究の目的は、足部の接地パターンと下肢の障害が発生する部位および競技成績との関連性について明らかにすること、そして足部接地パターンの経時的変化と下肢の障害発生部位および競技成績の変化を縦断的に検討し、その関連性を明らかにすることである。足部の接地パターンと下肢の障害ならびに競技成績との関連性を明らかにすることは、障害予防や競技力向上の一助となると考える。

第 3 節 本研究の構成

本研究は以上の目的を達成するため、研究 1 と研究 2 を行った。以下に研究 1 と研究 2、それぞれの目的を示す。

【研究 1】

高校 1 年生（2013 年）から 2 年生（2014 年）までのランニング障害の種類と発生部位、足部の接地パターンとそれぞれの変化について、相互の関連性を検討し、初心者特有の特徴として考察する。

【研究 2】

研究 1 と同項目について高校 2 年生（2013 年）から 3 年生（2014 年）までの変化を調査し、初心者ではなく経験者の特徴として結果を考察する。

そして上記の研究結果を総合的に考察し、初心者から経験者へと変化していく過程でランニング障害の種類や発生部位、接地パターンがどのように変化していくか、またその相互の関連性を明らかにすることを目的とした。

第 2 章

1 年時から 2 年時の接地パターンとランニング障害の変化に関する検討

2-1. 方法

2-1-1. 対象

高校の部活動として陸上競技部に所属し長距離走を専門に練習を行っている男子高校生 11 名を対象とした。対象者は全員 2013 年度に高校 1 年生であり、次年度の高校 2 年生時までの期間で追跡調査を行った。下記に被験者の年齢と身体的特徴、5000m のタイムを基礎データとして示した（表 2-1）。また、身長、体重、座高それぞれの計測値に、文部科学省が発表した『平成 25 年度の学校保健統計調査』の全国平均値をカッコ内に示した。なお、トレーニング量やトレーニング強度については、全員が同じ学校の部活動に所属して練習を行っていることや怪我等で練習を抜けた期間等が選手自身曖昧であり正確なデータが聴取できなかったことから、本研究の結果および考察では考慮しないこととした。

表 2-1. 被験者の基礎データ

	2013 年度 . 1 年生		2014 年度 . 2 年生	P 値
年齢 (歳)	15.5 ± 0.52	→	16.5 ± 0.52	-
身長 (cm)	167.0 ± 5.7 (168.3)	→	169.0 ± 5.7 (169.9)	<0.01
体重 (kg)	54.7 ± 6.0 (58.9)	→	55.0 ± 4.9 (61.0)	n.s.
座高 (cm)	89.9 ± 3.3 (90.3)	→	91.2 ± 3.2 (91.4)	<0.01
5000m のタイム	17 分 56 秒 8 ± 46 秒 15	→	17 分 7 秒 78 ± 39 秒 43	<0.01

平均 ± SD

2-1-2. 測定項目

本研究では、以下の項目を調査、測定した。

- A). 身体形態（身長、体重、座高、上肢筋量、体幹部除脂肪量、下肢筋量、合計除脂肪量）
- B). 血液中の男性ホルモン値、骨代謝マーカー
- C). ランニング障害の既往歴と競技成績
- D). 走行時の足部接地パターン

なお、A、B は被験者の発育段階およびトレーニングによる身体的特徴の評価指標として用いることとした。

測定方法を以下に示す。

A). 身体形態の測定

身長、座高

デジタル身長・体重計（AD-6530、エー・アンド・ディー社）を用いて測定した。座高の測定には対象者を専用の椅子に座らせて測定した。身長、座高どちらも小数点第一位まで読み取った。

体重

デジタル体重計（InnerScan 50V、タニタ社）を用いて測定した。算出された値の小数点第一までを読み取った。

上肢筋量、体幹部除脂肪量、下肢筋量、合計除脂肪量

Dual Energy X-ray Absorptiometry（以下 DXA）装置（DelphiA-QDR、Hologic 社）を用い、whole body mode で全身の身体組成の計測を行った。この装置では全身の骨面積、骨量、骨密度、脂肪量、除脂肪量、体脂肪率等の計測が可能である他、左腕部、右腕部、体幹部、左脚、右脚など部位毎による数値の算出も可能である。

被験者を DXA 装置のベッド上に、身体の正中線とベッドの中心線が一致するように仰臥位で寝かせた。前腕は回内位、股関節は軽度屈曲位で左右の母趾が接するようバンドで固定し、その状態で約 4 分間ベッド上での安静を指示した。本計測は全て放射線取扱資格を有する医師が行った。

なお、各部位の除脂肪量に関して、体幹部では内臓の重さも含まれるため体幹部除脂肪量および合計除脂肪量とし、四肢については筋量とほぼ同値のため上肢筋量と下肢筋量とした。

B). 血液中の男性ホルモン値、骨代謝マーカーの測定

血液採取は、前腕静脈から EDTA-2Na 入り真空採血管を用いて医師が行った。なお、日内変動を考慮し、採血は 13 時から 15 時の間に実施した。検査項目は、身体成熟や疲労の目安となる男性ホルモンの一種であるフリーテストステロン、骨代謝の目安となる骨型アルカリフォスファターゼ (Bone alkaline phosphatase: 以下 BAP)、骨型酒石酸抵抗性酸性フォスファターゼ (Tartrate-resistant acid phosphatase. 5b: 以下 TRACP) を採用し、外部検査機関 (SRL 社, Japan) に依頼し、血液中濃度を計測した。各マーカーの成人基準値は以下の通りである (SRL 社)。

- ・フリーテストステロン : 8.5~27.9 (pg/ml)
- ・骨形成マーカー BAP : 3.7~20.9 (μ g/L)
- ・骨吸収マーカー TRACP : 170~590 (mU/dl)

発育期の基準値については、個人の発育段階によって数値が異なり、個人差が大きいため設定されていない。

C). ランニング障害の既往歴と競技成績の調査

ランニング障害の既往歴は自作の質問紙を用いて調査した。質問項目は障害の発生時期と部位、障害名、医師の診断の有無であり、自由回答形式で記入してもらった。競技成績の調査は、部活動の顧問教諭に依頼し、各競技会の成績をいただいた。

D). 走行時の足部接地パターン

トレッドミル（トレッドミル R-16、IGNIO 社）上を 12km/h で走る様子を、被験者の右足部の接地の瞬間が映るよう右側方にハイスピードカメラ（EXILIM EX-F1、CASIO 社）を設置し、撮影を行った。フレームレートは 300fps、シャッタースピードはオート設定にて行った。撮影した映像を windows media player（microsoft 社）で再生し、接地パターンの分類を行った。接地パターンの分類は以下の基準で行い、3 種類に分類した。

- ・ RFS：踵もしくは足部後方 1/3 の後足部が最初に接地するもの。
- ・ MFS：中足部もしくは足部全体が同時に接地するもの。
- ・ FFS：つま先もしくは前足部が最初に接地するもの。

なお、本研究では RFS と non-RFS（MFS と FFS：以下 NRFS）とする。

2-1-3. 統計処理

被験者の身体形態の変化を統計解析ソフトウェア (SPAW statistics18、IBM 社) を用いて対応のある t 検定を行った。危険率 0.05 未満を有意とし、0.05 以上 0.1 未満を有意傾向ありとした。障害発生部位の割合や接地パターンとの関係性については被験者数および症例件数が少ないため統計処理は行わず、数値のみの提示とする。

2-1-4. 倫理的配慮

本研究は早稲田大学スポーツ科学学術院「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。被験者には事前に研究の目的と概要を書面および口頭にて説明し、同意を得たうえで実施した。

2-2. 結果

2-2-1. 身体組成の変化

下記に 1 年時から 2 年時の上肢筋量、体幹部除脂肪量、下肢筋量、合計除脂肪量、体脂肪率、血中フリーテストステロン値、骨形成マーカー BAP、骨吸収マーカー TRACP の変化を示した（表 2-2）。体幹部除脂肪量、合計除脂肪量、骨形成マーカー BAP、骨吸収マーカー TRACP が有意に増加し（ $p<0.01$ ）、下肢筋量は増加傾向にあった（ $p<0.1$ ）。

表 2-2. 身体各部の質量と各項目の血中濃度の変化

	2013 年度 . 1 年生		2014 年度 . 2 年生	P 値
上肢筋量 (g)	4983.5 ± 576.7	→	4916.2 ± 532.2	n.s.
体幹部除脂肪量 (g)	21664.2 ± 2468.6	→	22682.8 ± 2177.5	<0.01
下肢筋量 (g)	16404.7 ± 1589.0	→	16711.6 ± 1360.7	<0.1
合計除脂肪量 (g)	43052.4 ± 4492.5	→	44310.6 ± 3904.6	<0.01
体脂肪率 (%)	10.9 ± 1.4	→	10.5 ± 0.7	n.s.
フリーテストステロン (mg/ml)	5.2 ± 2.0	→	5.8 ± 1.8	n.s.
骨形成マーカー BAP (U/L)	45.5 ± 19.2	→	34.1 ± 13.3	<0.01
骨吸収マーカー TRACP (mU/dl)	1158.0 ± 345.7	→	815.0 ± 220.8	<0.01

平均 ± SD

2-2-2. 障害発生部位

下記に、1年時から2年時に発生したランニング障害の部位別件数と部位毎の割合を表および図で、障害の種類の割合を図で示した（表2-3,4、図2-1~3）。障害の発生部位に関して、1年時は下腿と内側部の障害が発生件数と割合どちらも多く、その半数はシンスプリントであることが示された。2年時には膝および下腿の件数が減少し、相対的に足部の割合が増加した。障害の種類では、筋の障害とシンスプリントが減少し、腱の障害の割合が増加した。

表2-3. 1年時のランニング障害の部位別発生件数（件）

部位	前面	後面	内側	外側	計
膝	0	0	4	2	6
下腿	0	4	<u>9</u>	1	<u>14</u>
足部	1	2	2	1	6
計	1	6	<u>15</u>	4	26

※下腿の内訳. 後：肉離れ3件、コンパートメント症候群1件、

内：シンスプリント7件、疲労骨折2件

外：筋膜炎1件

内側の内訳. 膝：鷲足炎4件

下腿：シンスプリント7件、疲労骨折2件

足部：腱鞘炎2件

表 2-4. 2 年時のランニング障害の部位別発生件数（件）

部 位	前 面	後 面	内 側	外 側	計
膝	0→ <u>0</u>	0→ <u>0</u>	4→ <u>1</u>	2→ <u>2</u>	6→ <u>3</u>
下 腿	0→ <u>0</u>	4→ <u>0</u>	9→ <u>2</u>	1→ <u>1</u>	<u>14</u> → <u>3</u>
足 部	1→ <u>3</u>	2→ <u>2</u>	2→ <u>0</u>	1→ <u>0</u>	6→ <u>5</u>
計	1→ <u>3</u>	6→ <u>2</u>	<u>15</u> → <u>3</u>	4→ <u>3</u>	26→ <u>11</u>

※下腿の内訳. 後：4 件から 0 件に減少

内：シンスプリント 7 件から 0 件へ、疲労骨折 2 件

外：筋膜炎 1 件

内側の内訳. 膝：鷲足炎 4 件から 1 件へ減少

下腿：シンスプリント 7 件 0 件へ、疲労骨折 2 件

足部：腱鞘炎 2 件から 0 件へ

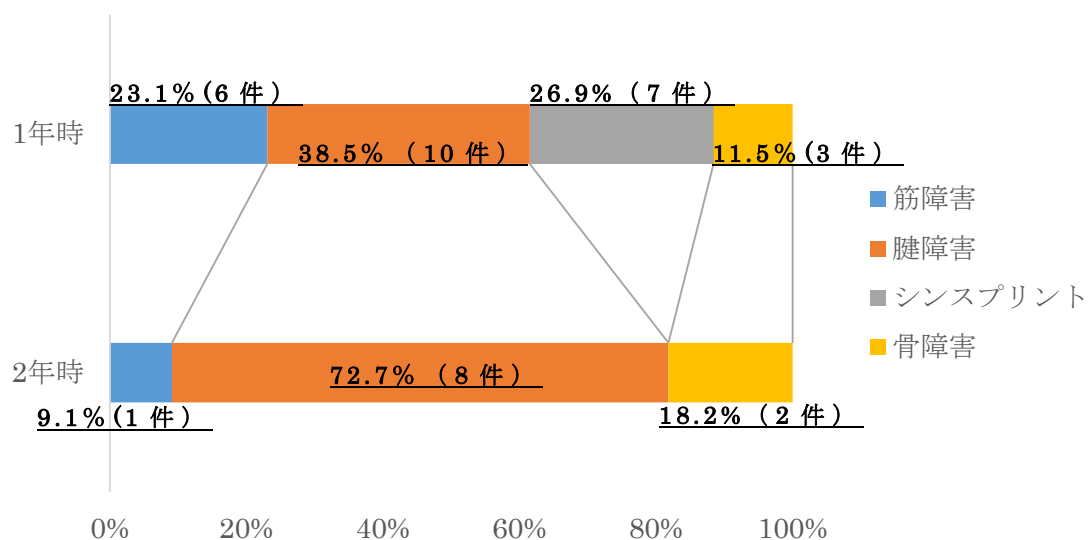


図 2-1. 1 年時から 2 年時のランニング障害の種類とその割合の変化

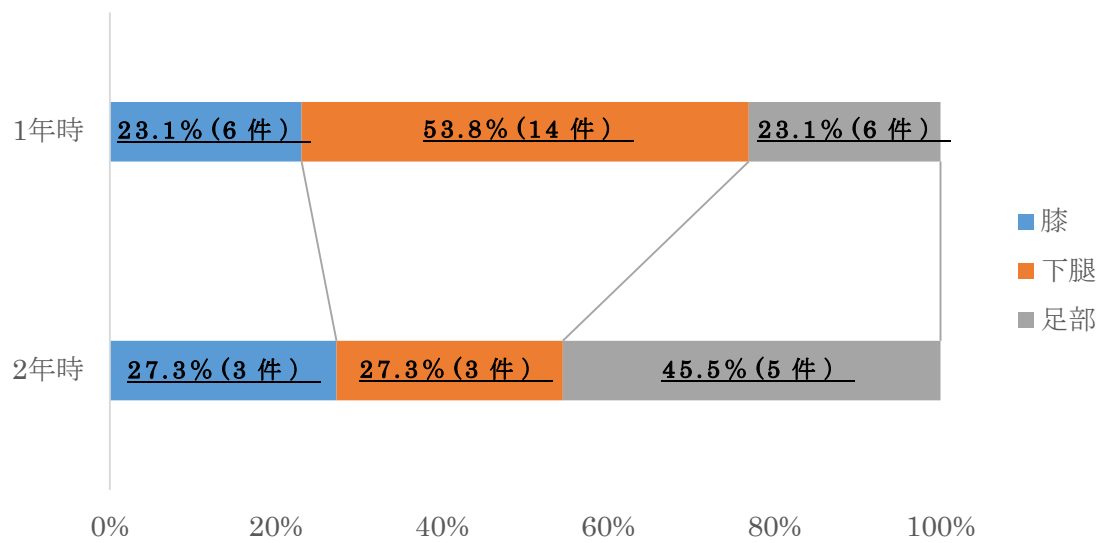


図 2-2. 1 年時から 2 年時のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

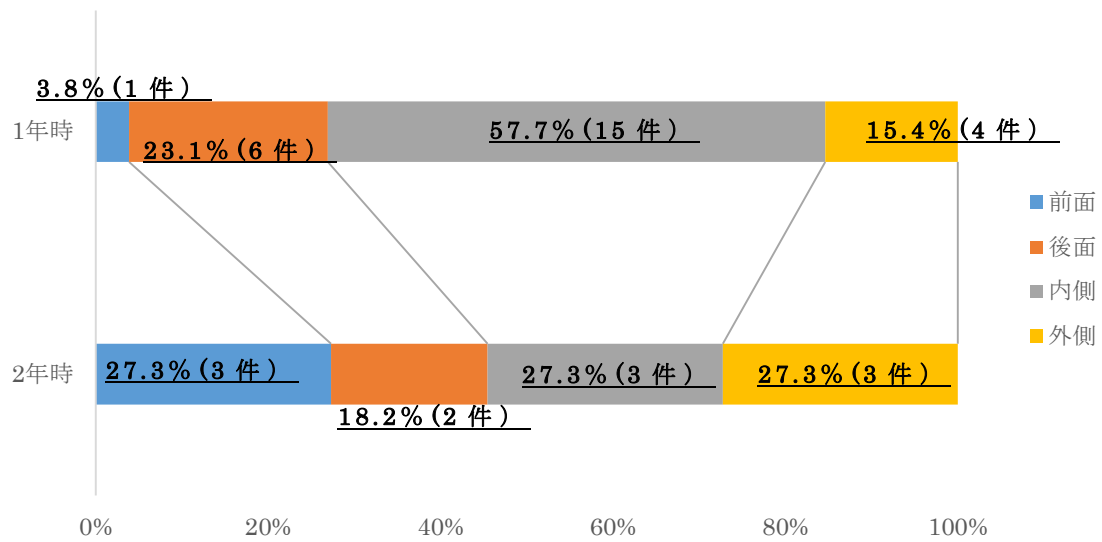


図 2-3. 1 年時から 2 年時のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

2-2-3. 接地パターンと競技成績および障害発生部位

下記に 1 年時の各接地パターンの人数と 5000m の平均タイムを示した（表 2-5）。NRFS 群の方が RFS 群よりも平均タイムが速かった。また、1 年時の接地パターンと障害の種類の割合、障害発生部位の割合の関係を図で示した（図 2-4~6）。RFS 群は腱の障害が多く、下腿と足部、また内側部の割合が多い。NRFS 群は障害の種類に大きな差はないが、部位に関しては下腿および内側部の割合が多くなっている。

表 2-5. 1 年時の各接地パターンの人数と 5000m のタイム

部位	人数	5000m のタイム
RFS 群	4 人	18 分 3 秒 11±49 秒 95
NRFS 群	7 人	17 分 51 秒 65±46 秒 82

平均 ±SD

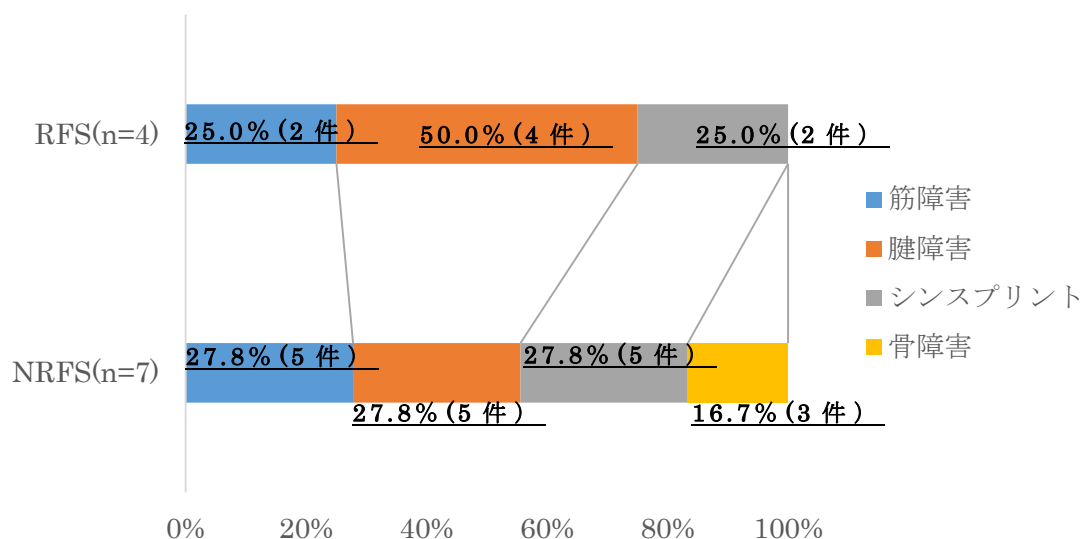


図 2-4. ランニング障害の種類と接地パターンの関係

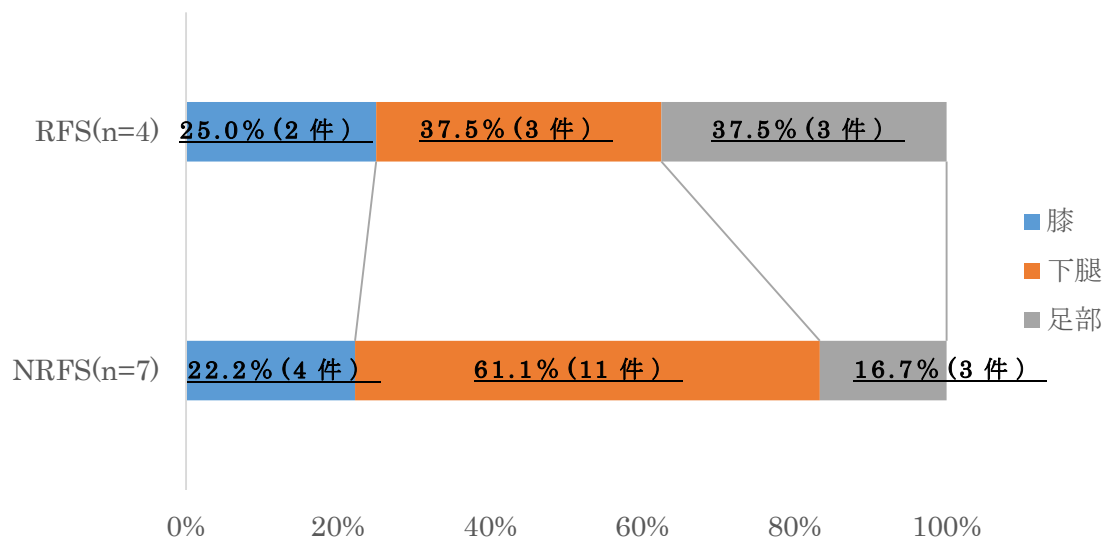


図 2-5. ランニング障害の発生部位と接地パターンの関係 1

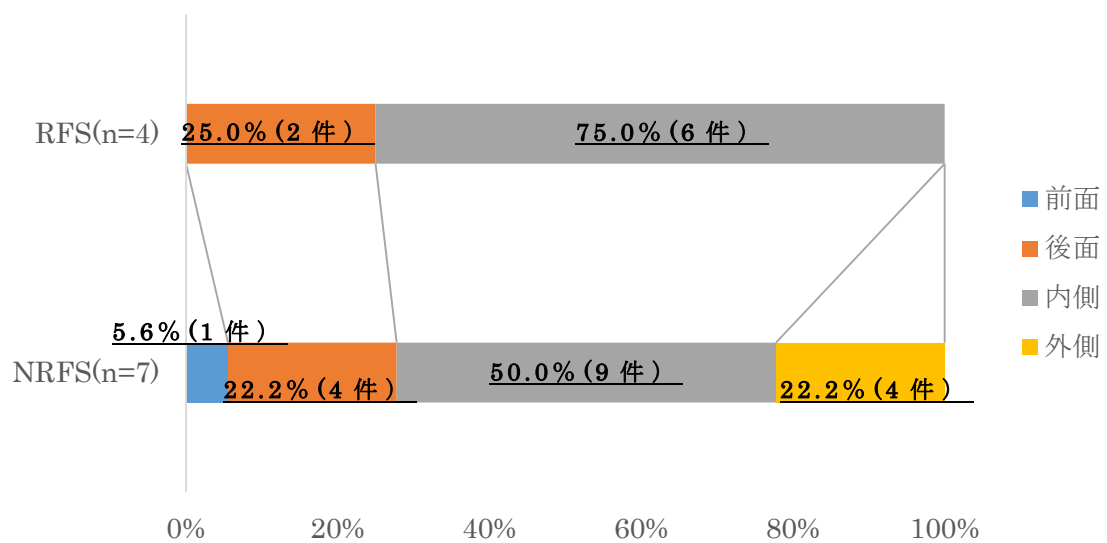


図 2-6. ランニング障害の発生部位と接地パターンの関係 2

2-2-4. 接地パターンの変化と競技成績および障害発生部位の変化

下記に、1 年時と接地パターンが変化した群（変化あり群）と変化していない群（変化なし群）の人数と前年度とのタイム差を示した（表 2-6）。11 名のうち変化あり群は 5 名であり、RFS から MFS への変化が 4 名、MFS から FFS への変化が 1 名であった。変化なし群は 6 名であり全員が MFS のままであった。

表 2-6. 接地パターン変化あり群、なし群の人数と前年度とのタイム差

部位	人数	前年度とのタイム差
変化あり群	5 人	- 47 秒 17 ± 27 秒 29
変化なし群	6 人	- 50 秒 67 ± 21 秒 84

平均 ± SD

a. 接地パターン変化あり群とランニング障害

下記に、1 年時と接地パターン変化あり群について、ランニング障害の種類と障害の発生部位について示した（図 2-7~9）。障害の種類に関して、筋の障害およびシンスプリントがなくなり腱の障害のみとなった。障害の発生部位に関しては、足部の障害が発生件数、割合ともに増加した。また、内側部の障害が減り、前面の障害が増加した。

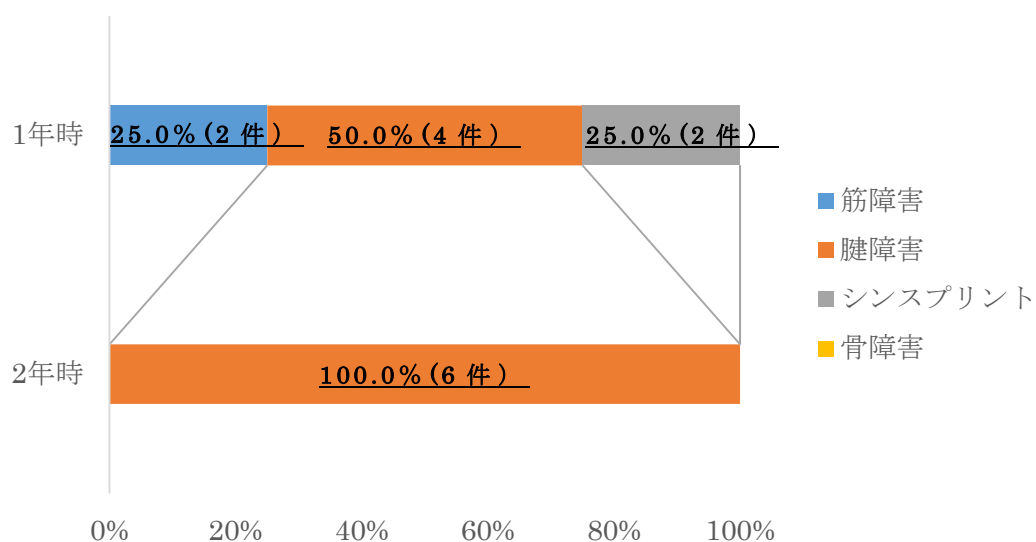


図 2-7. 変化あり群のランニング障害の種類と割合の変化

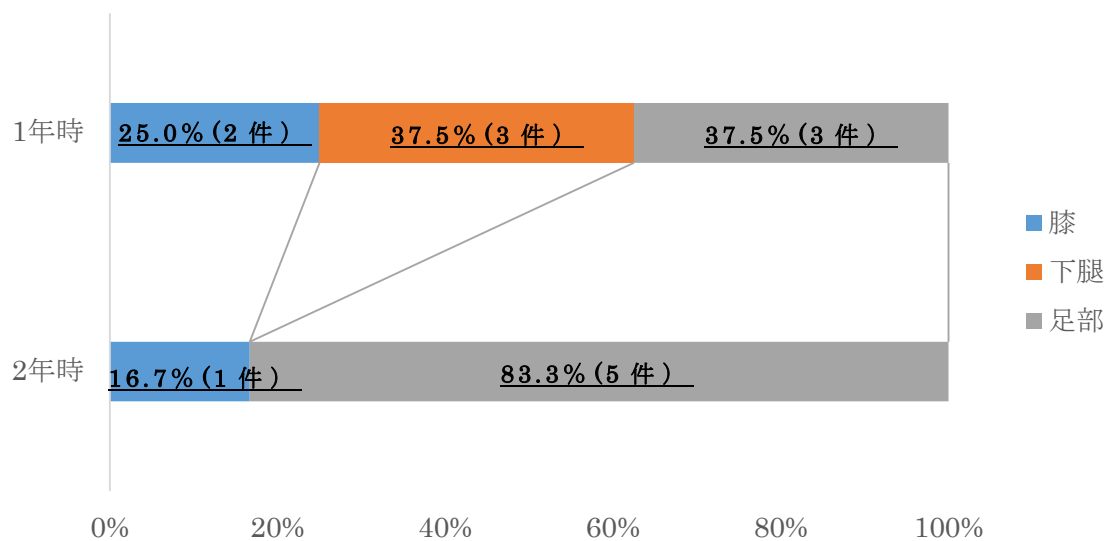


図 2－8. 変化あり群のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

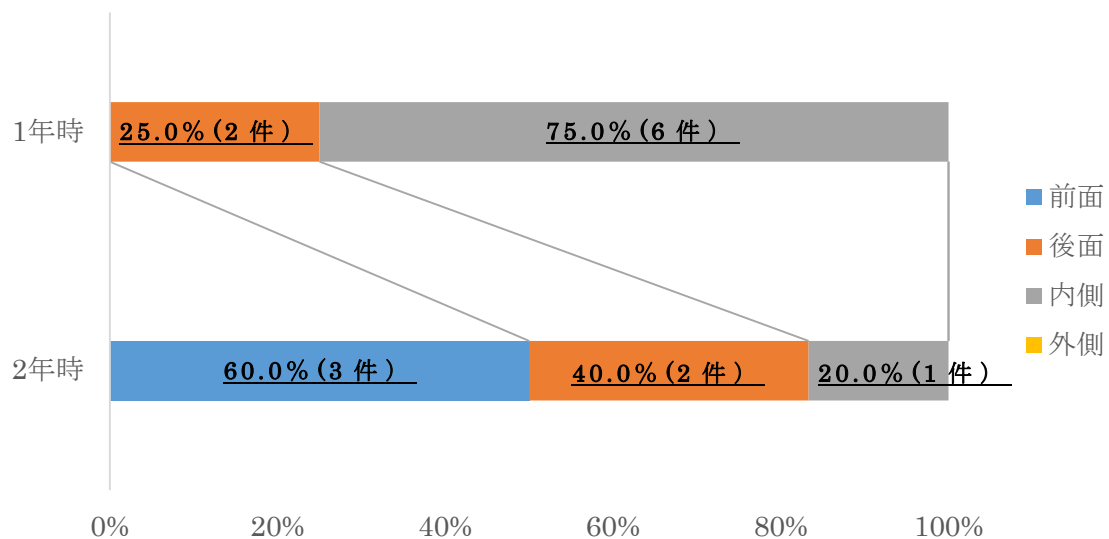


図 2－9. 変化あり群のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

b. 接地パターン変化なし群とランニング障害

下記に、1年時と接地パターンが変化なし群について、障害の種類と障害の発生部位について示した（図 2-10~12）。障害の種類に関して、シンスプリントと筋障害の割合が減少した。障害の発生部位に関しては、膝と下腿および後面と内側部が同程度の割合であり、それ以外の部位がなくなったことで発生部位が顕著になった。

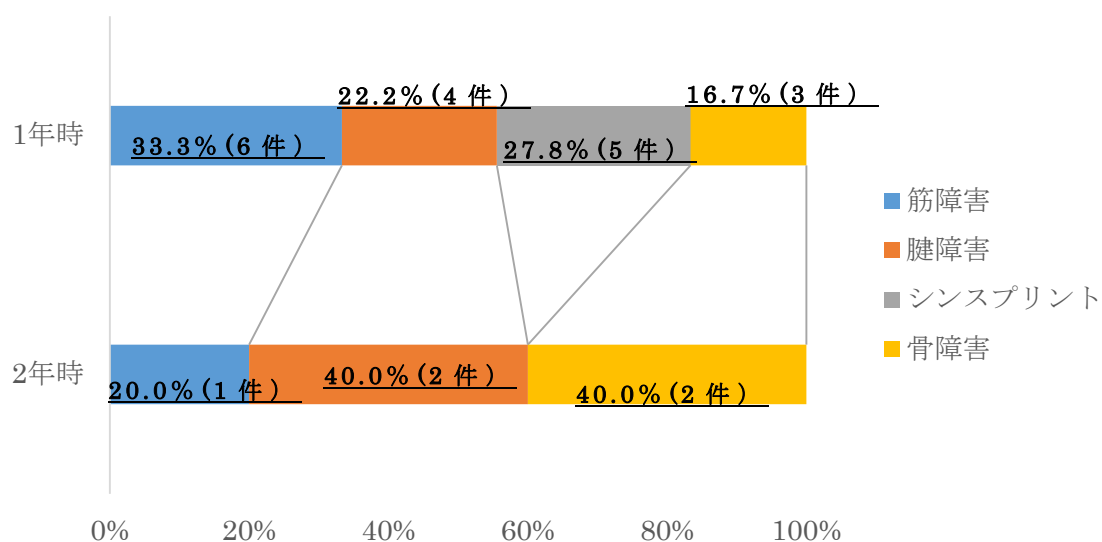


図 2-10. 変化なし群のランニング障害の種類と割合の変化

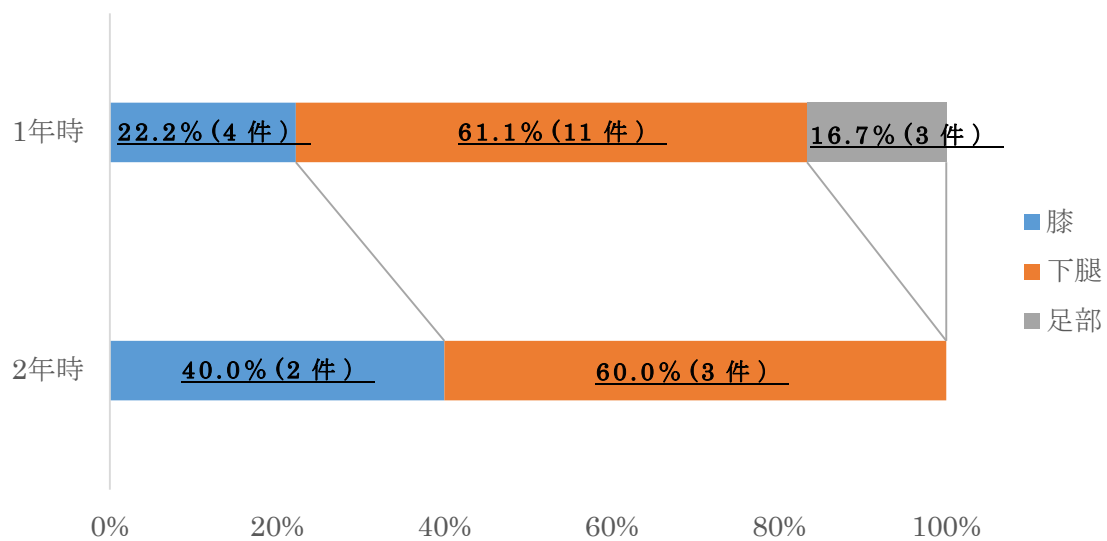


図 2-11. 変化なし群のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

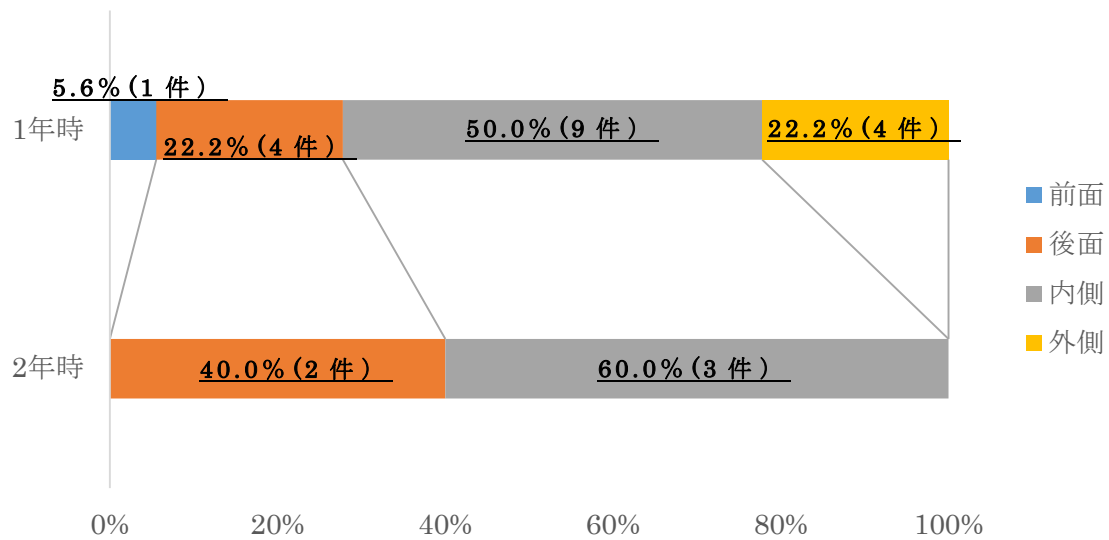


図 2-12. 変化なし群のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

2-3. 考察

本研究は高校生男子長距離走選手を対象とし、1年時に発生したランニング障害の種類や発生部位について、また、発生した障害と足部接地パターンの関連性について検討した。同様に、一年後の2年時に発生したランニング障害について、発生した障害と接地パターンを1年時と比較し、その相互変化の関連性についても検討した。

2-3-1. 身体各部の質量と各項目の血中濃度の変化

本研究の被験者の身体的特徴を全国平均と比較すると、1年時、2年時ともに身長と座高が同程度であり、体重は平均値より低い値を示していた。つまり本研究の被験者は痩身であると推察される。1年時から2年時にかけて全身除脂肪量が有意に増加していた。体幹部の除脂肪量は有意に増加し、下肢筋量は増加の傾向にあった。上肢の筋量に有意差は認められなかった。また、男性ホルモンであるフリーテストステロン値が成人基準値より低いまま有意な変化が認められなかった。これは身体の発育が未熟であることを示している。また、骨形成マーカーBAPと骨吸収マーカーTRACPどちらも成人基準値より高値を示したものの、一年間で有意に減少し、成人基準値へと近づいていた。骨代謝マーカーは高値であればあるほど骨代謝が盛んであり、身体の発育が未熟であることを示す。一年間で数値が減少し、成人の基準値へ近づいていることから発育途上であることがわかる。以上の結果から、本研究の被験者は身体の発育が未熟であり、筋、骨どちらにおいても未だ発育途上であると示唆された。同様に、長距離を走るために必要な筋や骨強度の獲得も不十分であったと推察される。

2-3-2. 障害発生部位

1 年時に好発したランニング障害の部位は下腿および内側部の障害であった。その内訳は、下腿の障害 14 件のうちシンスプリントが 7 件とその半数を占め、脛骨疲労骨折の 2 件を合わせて脛骨過労性障害と一括りにすると、約 65%が脛骨内側部の障害であることがわかる。また、内側部の内訳においても同様に、脛骨過労性障害の割合が高いことがわかる。この結果は先行研究と類似した結果であると言える。鳥居は、脛骨過労性障害は高校一年生に多く発生するという結果から、初心者や中断後の再開時に発生しやすいと報告している（鳥居，2004）。脛骨過労性障害の発生要因に関しては、様々な研究がされているが、通説として立位時のレッグヒールアライメントが大きく、足部の回内が関与していることや（Sommer et al., 1995；新名ら，2002）、シンスプリントはヒラメ筋や後脛骨筋、長趾屈筋など下腿の後面や内側の筋群の牽引によって引き起こされることが報告されている（Michael et al., 1985）。また、身長増加は除脂肪量や骨量の増加に先行し（Rauch et al., 2004）、相対的に筋腱複合体が伸長され過緊張状態になり、一時的に筋のタイトネスが増大するとの考えや（Michael et al., 2010）、下腿の疲労骨折は男子で 16 歳、女子で 15 歳時が発生のピークとされているため、骨の成長そのものと関連しているとする報告もある（公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 第 3 巻 スポーツ外傷・障害の基礎知識，2007）。

本研究の被験者は平均年齢 15.5 歳の高校一年生であり、身体の発育も未熟であると示唆された。また、新入部員で初心者ないし中断後の再開時であることから、長距離を走るために必要な筋群が十分に獲得できておらず疲労しやすかったと考えられる。そのため走動作中の足部の動

きが必要以上に大きくなり、その負荷もまた大きくなっていた可能性がある。以上のことから、本研究の被験者は脛骨過労性障害を好発しやすい時期であり、今回のような結果に至ったと推察した。

2 年時において、障害の種類の変化に着目すると、筋障害とシンスプリントが減少し、相対的に腱の障害が増加している。また、シンスプリントの減少により下腿および内側部の障害が減少し、相対的に足部および前面と外側部の障害が増えた。筋障害およびシンスプリントが減少した理由として、発育の要因と練習の要因と二つが考えられる。発育の要因として、骨代謝マーカーが 1 年時よりも低下し成人の基準値に近づいていることから、身体の発育が進み筋や骨強度が獲得されつつあると推察される。また、練習の要因として、長距離を走るために必要な練習やトレーニングを一年間積み重ねたことにより走動作に必要な下肢筋力が獲得されつつあること、ランニングフォームも負荷の少ないものへと変化しつつあることなどが考えられる。以上のことから、身体の発育と練習およびトレーニングの成果として下肢筋量が獲得されたことにより、筋障害が減少し、腱障害が増加したと推察した。

2-3-3. 接地パターンと競技成績の関係

1 年時、NRFS 群の 5000m 平均タイムは RFS 群よりも速かった。Hasegawa ら (2007) や Kasmer ら (2013) は、長距離走選手の 7 割以上は RFS であるが、レース順位の高い選手ほど NRFS を採用していたと報告しており、本研究の結果は先行研究に類似していると推察される。1 年時から 2 年時の接地パターンの変化と競技成績の変化では、変化なし群の方が変化あり群よりも成績の向上が大きかったが、両群で平均して 48.5 秒の成績向上が見られたのに対し、両群の差は 3.5 秒であった。これは向上したタイムの 7%程度のタイム差であり、向上したタイムに比べると小さい差であると考ええる。先行研究では、レース中に走速度が速くなると RFS から MFS へ変化すると報告や (Kerr et al., 1983), 走速度によって接地パターンが変わるのは熟練者であるとの報告もあり (高橋ら, 1999)、本研究では異なる結果が得られた。先行研究と異なる結果となった要因として実験環境の違いと被験者の違いが考えられる。本研究では同日のレース中や実験中の走速度変化を測定したものではなく、一年後の測定時における接地パターンと競技成績を採用している。また、本研究の被験者は熟練者ではなく、身体の発育が未熟であり、筋を初めとする競技に必要な身体が不十分に獲得できていない高校生である。以上の結果から、先行研究とは異なる結果が得られたと推察した。本研究の結果から、接地パターンの変化が走速度や成績向上に影響を与えるのではなく、走速度の変化が接地パターンに影響を与える可能性が示唆された。

2-3-4. 接地パターンと障害の種類、発生部位との関係

1 年時、対象者 11 名のうち、RFS 群 4 名、NRFS 群 7 名であった。RFS 群は、障害の種類では腓の障害が多く、障害の部位では内側部が多かった。NRFS 群では障害の種類に大きな差はなく、障害発生部位では、下腿および内側部の障害が多かった。RFS は膝関節伸展位、足関節背屈位、足部の軽度外反および外転位で着地することが多いと報告されている (Daoud et al., 2012)。最大地面反力を受ける際の膝関節屈曲角度と足関節の背屈角度は NRFS よりも大きく、着地後から離地するまでの期間における両関節の矢状面上の動作範囲も大きいと考えられる。また、足関節の背屈および足部の外反および外転位は足部の内側を走行する後脛骨筋腓に伸長性ストレスを加える肢位である。以上のことから、膝の鵞足炎や下腿のシンスプリント、足部の後脛骨筋の腓鞘炎など内側部の割合が多いと推察された。

NRFS に関する先行研究では、Almonroeder ら (2013) が NRFS は RFS に比べて立脚時のヒラメ筋の活動量が多く、アキレス腱への負荷も高くなり、アキレス腱障害の発生リスクが高くなると報告し、Kulumala ら (2013) は、NRFS は膝への負荷が少ない一方で、足部の底屈筋やアキレス腱への負荷が大きく、足部の障害リスクが高くなると報告している。また、鳥居ら (2010) は、筋損傷の好発時期は高校一、二年生であり、腓損傷の好発時期は高校二、三年生であったと報告している。前述したように、Michael ら (1985) によりヒラメ筋や後脛骨筋など下腿後面や内側筋群の筋タイトネスは脛骨過労性障害の要因の一つとされているため、脛骨過労性障害や下腿三頭筋の肉離れなど下腿の障害が多発したと推察される。また、Almonroeder ら (2013) や Kulumala ら (2013)

の結果と異なり、アキレス腱障害ではなく下腿の障害が多発した原因として、本研究の対象者が 16 歳の高校一年生であり脛骨過労性障害が発生しやすい年代であったこと、競技に必要な筋の獲得が不十分であり、走動作時にかかる負荷に筋そのものが耐えられなかった可能性が挙げられる。今後、身体の発育の過程や練習を継続していく過程で必要な筋を獲得し強化していくことで、筋自体の損傷ではなく腱の損傷や付着部の損傷に変化し、先行研究のようにアキレス腱障害を代表とした腱の障害が増加する可能性がある。

2-3-5. 接地パターンの変化と障害の種類、発生部位の変化との関係

足部の障害が増加しつつある要因として、接地パターンの変化が考えられる。2年時に接地パターン変化あり群は5名であり、変化なし群は6名であった。変化あり群は、障害の種類が腓障害のみとなり、障害の発生部位に関しては、1年時と比較して足部と前面および後面の割合が増加していた。この結果は、1年時と比べて接地パターンが変化したことにより、走動作において使用する筋群や各部位への負荷、またその割合の変化に起因するものであると考えられる。いくつかの先行研究でNRFSはRFSよりもアキレス腱への負荷が高いと報告されているように(Almonroeder et al., 2013; Kulumala et al., 2013; 後藤, 2012)、RFSからMFS、MFSからFFSへと足部のより前方での接地に変化したことでアキレス腱への負荷が高くなり、下腿後面の筋や付着部である足部の障害に繋がったと推察される。また、前面の障害は全て足部であることから足部の障害が多いことがわかる。

変化なし群では全員がNRFSであった。障害の部位は筋障害とシンスプリントの発生件数が減少し、部位に関しては下腿および内側の障害が減少した。結果として、膝や下腿の後面や内側部における腓障害や骨障害が起こっていると推察された。これは本研究におけるNRFS群の特徴であると考えられる。先行研究では、NRFSはアキレス腱障害が増えるという報告されているが(Almonroeder et al., 2013; Kulumala et al., 2013; 後藤, 2012)、本研究では2年時のNRFS群に足部障害は発生していなかった。1年時のNRFS群と障害発生部位について考察した際に、走動作に必要な筋が獲得されておらず、筋自体に損傷をきたしている可能性を示したが、一年後の2年時においても下腿の割合が高いままであ

った。鳥居ら（2010）により、高校二年生は筋損傷も腱損傷もどちらも好発する時期であることが報告されている。筋損傷と腱損傷の発生に関しては、個々人の発育段階や身体組成と損傷の種類に関連について、より詳細な検討が必要である。この結果が、筋を十分に獲得できていないことによるものであるのか、新しい知見であるのか、今後も継続的に接地パターンと障害発生部位の調査を行っていく必要がある。

2-4. 研究 1 のまとめ

- (1) 高校生男子長距離走選手は 1 年時において、下腿および内側部にランニング障害を好発し、その大半が脛骨過労性障害である。これはランニングによる影響だけでなく、身体の発育段階の影響も考慮する必要がある。
- (2) 中足部接地の方が後足部接地よりも 5000m のタイムが速い。しかし、接地パターンが走速度に与える影響は定かではなく、走速度の変化が接地パターンの変化に影響を与えている可能性もある。
- (3) 中足部接地は、下腿および内側部にランニング障害を好発する。しかし、練習による走動作の獲得や身体の発育段階と身体組成の変化により、ランニング障害の種類や発生部位が変化する可能性がある。
- (4) 2 年時において 1 年時と比べて足部のより前方での接地に変化した場合、足部の障害が増えると推察される。

第 3 章

2 年時から 3 年時の接地パターンとランニング障害の変化に関する検討

3-1. 方法

3-1-1. 対象

高校の部活動として陸上競技部に所属し長距離走を専門に練習を行っている男子高校生 17 名を対象とした。対象者は全員 2013 年度に高校 2 年生であり、次年度の高校 3 年生時までの期間で追跡調査を行った。下記に被験者の年齢と身体的特徴、5000m のタイムを基礎データとして示した（表 3-1）。また、身長、体重、座高それぞれの計測値に、文部科学省が発表した『平成 25 年度の学校保健統計調査』の全国平均値をカッコ内に示した。なお、トレーニング量やトレーニング強度については、全員が同じ学校の部活動に所属して練習を行っていることや怪我等で練習を抜けた期間等が選手自身曖昧であり正確なデータが聴取できなかったことから、本研究の結果および考察では考慮しないこととした。

表 3-1. 被験者の基礎データ

	2013 年度 . 2 年生		2014 年度 . 3 年生	P 値
年齢 (歳)	16.3±0.47	→	17.3±0.47	-
身長 (cm)	171.2±5.2 (169.9)	→	172.6±5.5 (170.7)	<0.01
体重 (kg)	55.9±3.9 (61.0)	→	56.2±4.0 (62.8)	n.s.
座高 (cm)	91.2±2.8 (91.4)	→	92.2±3.0 (92.0)	<0.01
5000m のタイム	17 分 19 秒 9±48 秒 19		17 分 6 秒 78±54 秒 23	<0.05

平均 ±SD

3-1-2. 測定項目

本研究では、以下の項目を調査、測定した。測定方法は全て研究 1 と同一である。

A). 身体形態（身長、体重、座高、上肢筋量、体幹部除脂肪量、下肢筋量、合計除脂肪量）

B). 血液中の男性ホルモン値、骨代謝マーカー

C). ランニング障害の既往歴と競技成績

D). 走行時の足部接地パターン

なお、A、B は被験者の発育段階およびトレーニングによる身体的特徴の評価指標として用いることとした。

3-1-3. 統計処理

被験者の身体形態の変化を統計解析ソフトウェア（SPAW statistics18、IBM 社）を用いて対応のある t 検定を行った。危険率 0.05 未満を有意とし、0.05 以上 0.1 未満を有意傾向ありとした。障害発生部位の割合や接地パターンとの関係性は被験者数および症例件数が少ないため統計処理は行わず、数値のみの提示とする。

3-1-4. 倫理的配慮

本研究は早稲田大学スポーツ科学学術院「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。被験者には事前に研究の目的と概要を書面および口頭にて説明し、同意を得たうえで実施した。

3-2. 結果

3-2-1. 身体組成の変化

下記に 2 年時から 3 年時の上肢筋量、体幹部除脂肪量、下肢筋量、合計除脂肪量、体脂肪率、血中フリーテストステロン値、骨形成マーカー BAP、骨吸収マーカー TRACP の変化を示した。(表 3-2)。体幹部除脂肪量、合計除脂肪量、体脂肪率、フリーテストステロン値、骨形成マーカー BAP、骨吸収マーカー TRACP が有意に増加した ($p<0.01$)。

表 3-2. 身体各部の質量と各項目の血中濃度の変化

	2013 年度 . 2 年 生		2014 年度 . 3 年 生	P 値
上肢筋量 (g)	4890.5±440.7	→	4857.2±380.7	n.s.
体幹部除脂肪量 (g)	22021.1±1496.3	→	22541.0±1495.7	<0.01
下肢筋量 (g)	17225.7±1477.1	→	17279.1±1524.9	n.s.
合計除脂肪量 (g)	44137.4±3044.5	→	44677.3±3090.1	<0.05
体脂肪率 (%)	10.7±1.9	→	11.4±2.2	<0.01
フリーテストステロン (mg/ml)	6.1±2.9	→	9.3±2.8	<0.01
骨形成マーカー BAP (U/L)	42.2±15.3		31.9±8.5	<0.01
骨吸収マーカー TRACP (mU/dl)	903.4±227.1		768.8±200.6	<0.01

平均 ± SD

3-2-2. 障害発生部位

下記に、2年時から3年時に発生したランニング障害の部位別件数と部位毎の割合を表および図で、障害の種類の割合を図で示した（表3-3,4、図3-1~3）。2年時は下腿と内側部の障害が発生件数、割合共に多かったが、3年時には下腿および内側部の件数が減り、足部および前面や後面が増加した。特にアキレス腱炎が1件から5件と顕著に増えている。障害の種類では、筋障害が発生件数と割合ともに減少し、腱障害が増加している。

表3-3. 2年時のランニング障害の部位別発生件数（件）

部位	前面	後面	内側	外側	計
膝	0	0	2	3	5
下腿	0	3	3	2	<u>8</u>
足部	0	1	2	0	3
計	1	4	<u>7</u>	5	16

※下腿の内訳. 後：筋膜炎 3件

内：疲労骨折 3件

外：筋膜炎 2件

内側の内訳. 膝：鵞足炎 2件

下腿：疲労骨折 3件

足部：腱鞘炎 2件

表 3-4. 3 年時のランニング障害の部位別発生件数（件）

部位	前面	後面	内側	外側	計
膝	0→ <u>1</u>	0→ <u>0</u>	2→ <u>0</u>	3→ <u>3</u>	5→ <u>4</u>
下腿	0→ <u>0</u>	3→ <u>2</u>	3→ <u>2</u>	2→ <u>0</u>	<u>8</u> → <u>4</u>
足部	0→ <u>1</u>	1→ <u>5</u>	2→ <u>0</u>	0→ <u>0</u>	3→ <u>6</u>
計	0→ <u>2</u>	4→ <u>7</u>	<u>7</u> → <u>2</u>	5→ <u>3</u>	16→ <u>14</u>

※下腿の内訳． 後：コンパートメント症候群 2 件

内：疲労骨折 2 件

外：0 件へ

内側の内訳． 膝：鷲足炎 2 件から 0 件へ

下腿：疲労骨折 3 件から 2 件へ減少

足部：腱鞘炎 2 件から 0 件へ

足部後面の内訳 ：アキレス腱炎 1 件が 5 件へ増加

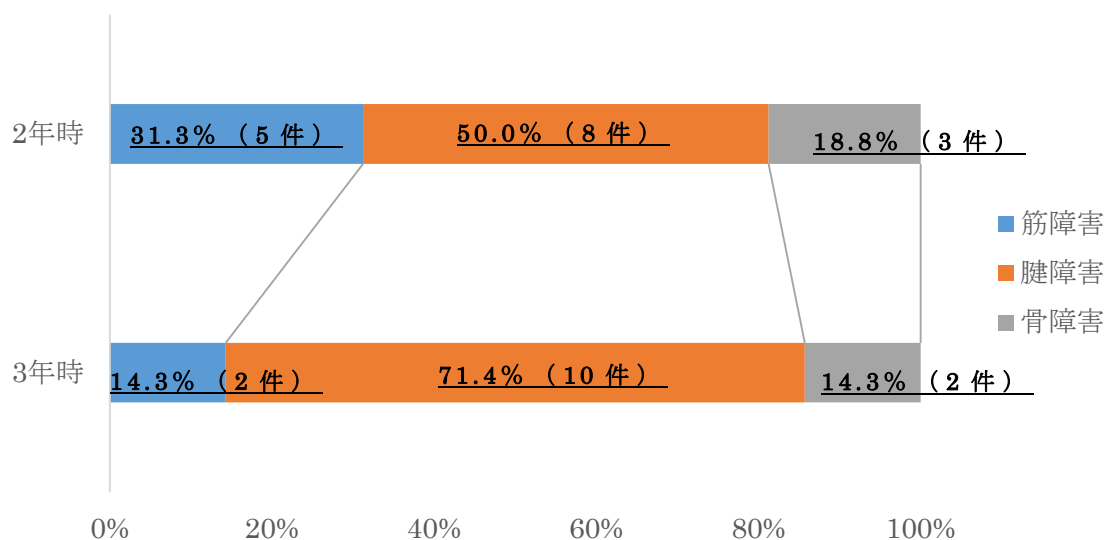


図 3-1. 2 年時から 3 年時のランニング障害の種類とその割合の変化

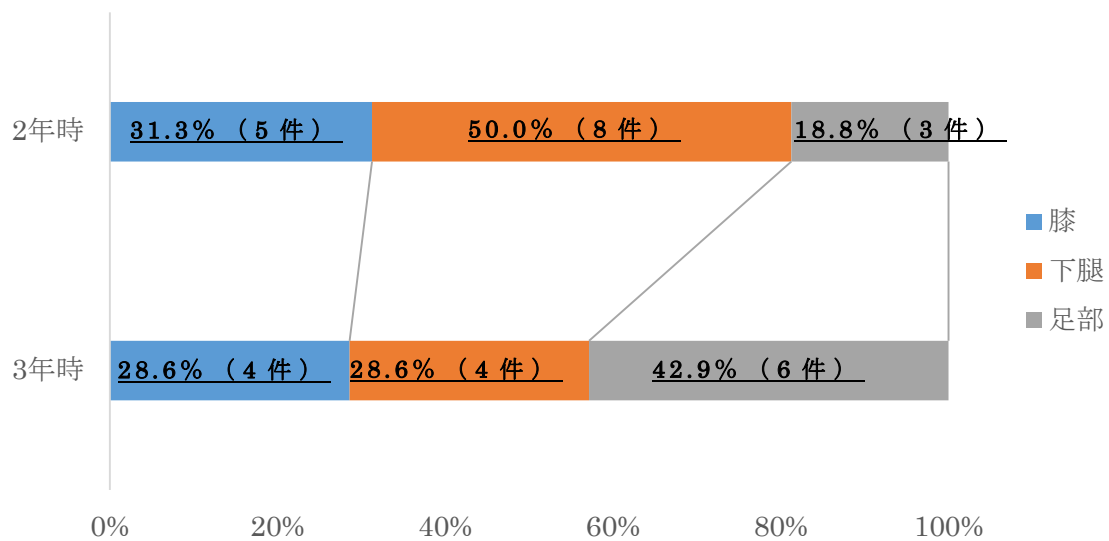


図 3-2. 2 年時から 3 年時のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

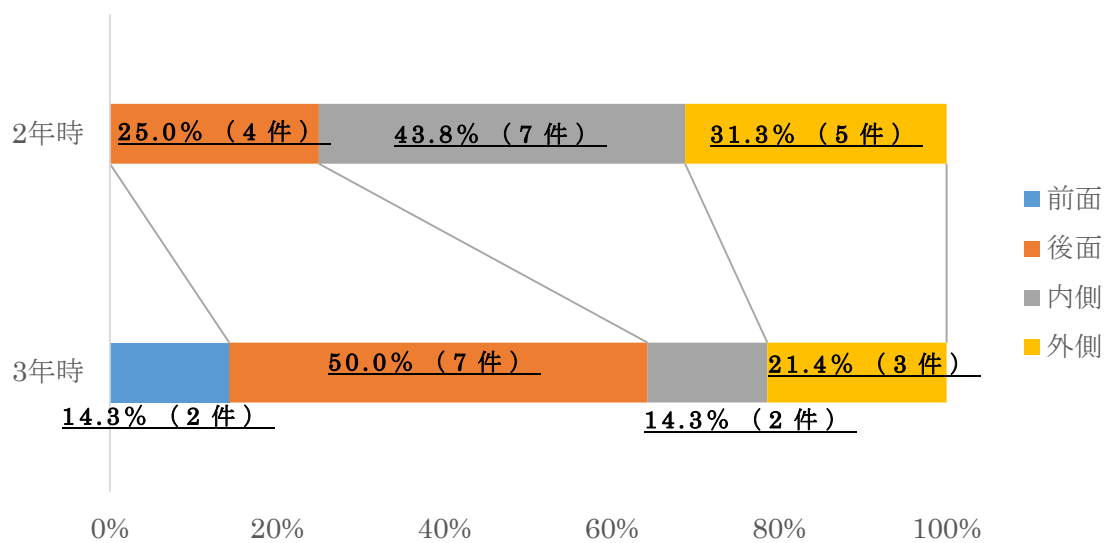


図 3-3. 2 年時から 3 年時のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

3-2-3. 接地パターンの変化と競技成績および障害発生部位の変化

下記に 2 年時の各接地パターンの人数と平均タイムを示した（表 3-5）。RFS 群の方が NRFS 群よりも平均タイムが速かった。また、2 年時と接地パターン変化あり群と変化なし群の人数と前年度とのタイム差を示した（表 3-6）。17 名のうち変化あり群は 6 名であり、RFS から MFS への変化が 4 名、MFS から FFS への変化が 2 名であった。変化なし群は 11 名であり RFS のままが 3 名、MFS のままが 8 名であった。

表 3-5. 1 年時の各接地パターンの人数と 5000m のタイム

部位	人数	5000m のタイム
RFS 群	7 人	17 分 15 秒 63±58 秒 96
NRFS 群	10 人	17 分 22 秒 91±42 秒 27

平均 ±SD

表 3-6. 接地パターン変化あり群、なし群の人数と 5000m のタイム、および前年度とのタイム差

部位	人数	5000m のタイム	前年度とのタイム差
変化あり群	6 人	16 分 41 秒 72±47 秒 91	-18 秒 22±16 秒 94
変化なし群	11 人	17 分 20 秒 45±54 秒 54	-10 秒 36±26 秒 31

平均 ±SD

a. 接地パターン変化あり群とランニング障害

下記に 2 年時と接地パターンの変化あり群について、障害の種類と障害の発生部位について示した（図 3-4~6）。障害の種類に関して、筋障害と骨障害が減少し、腱障害の発生件数と割合ともに増加した。障害の発生部位に関しては、下腿および内側部の障害が減り、足部および後面の障害が発生件数、割合ともに増加した。

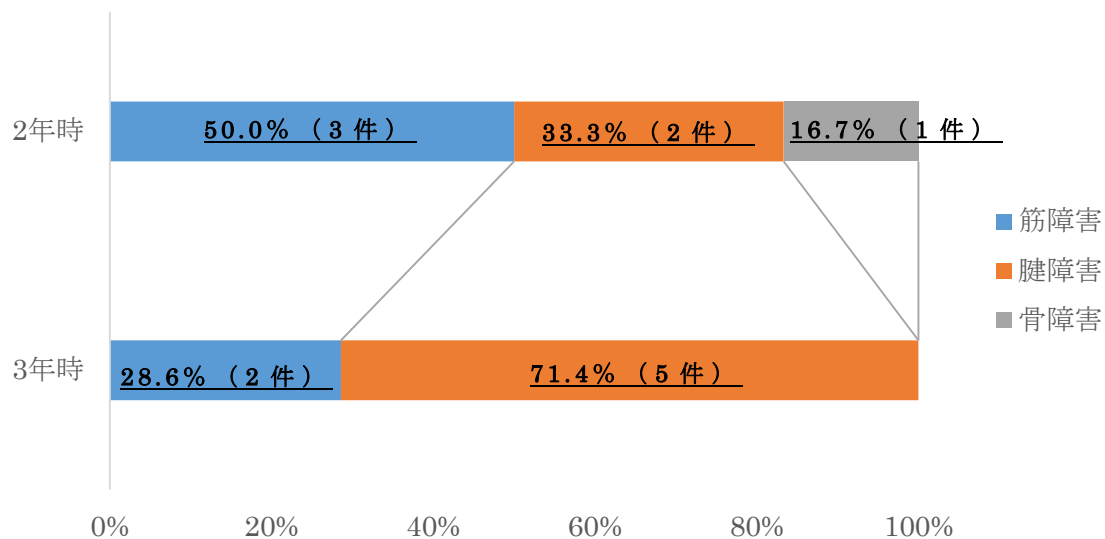


図 3-4. 変化あり群のランニング障害の種類と割合の変化

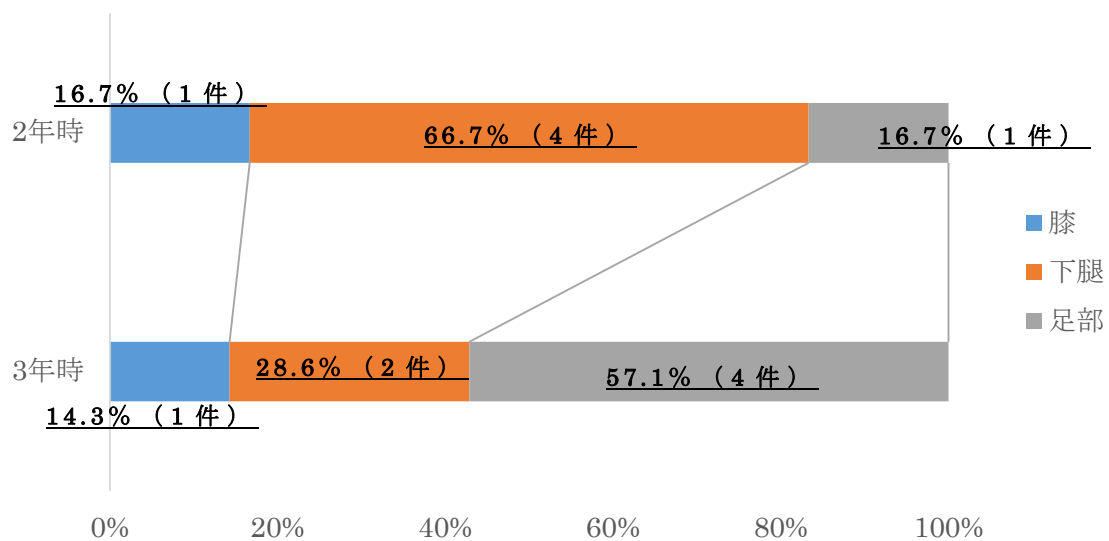


図 3-5. 変化あり群のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

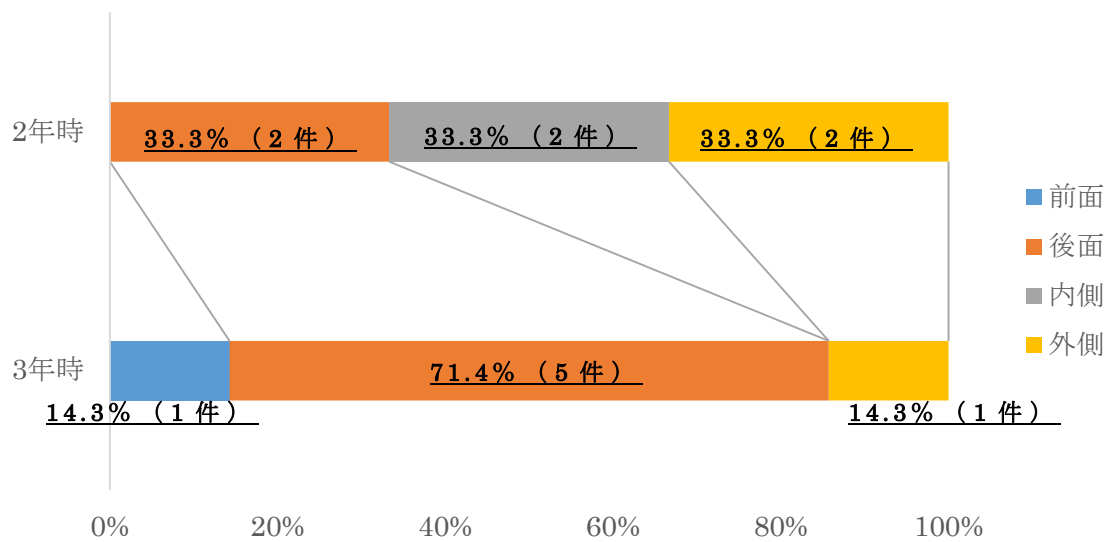


図 3-6. 変化あり群のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

b. 接地パターン変化なし群とランニング障害

下記に、2 年時と接地パターンの変化なし群について、障害の種類と障害の発生部位について示した（図 3-7~9）。障害の種類に関して、筋障害が減少し、腱障害と骨障害の割合が増加した。障害の発生部位に関して、内側部の障害が減ったことで好発部位が見られなくなった。

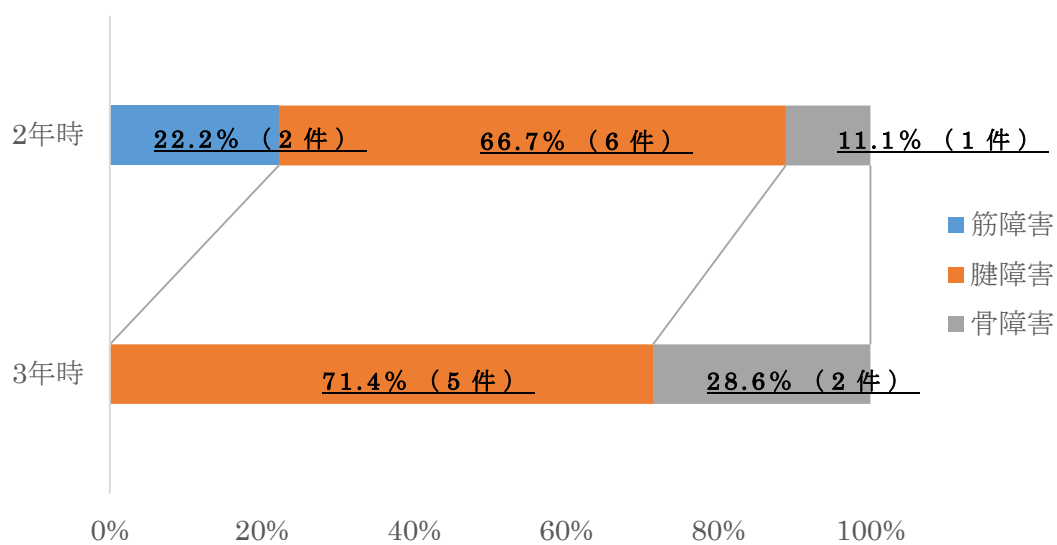


図 3-7. 変化なし群のランニング障害の種類と割合の変化

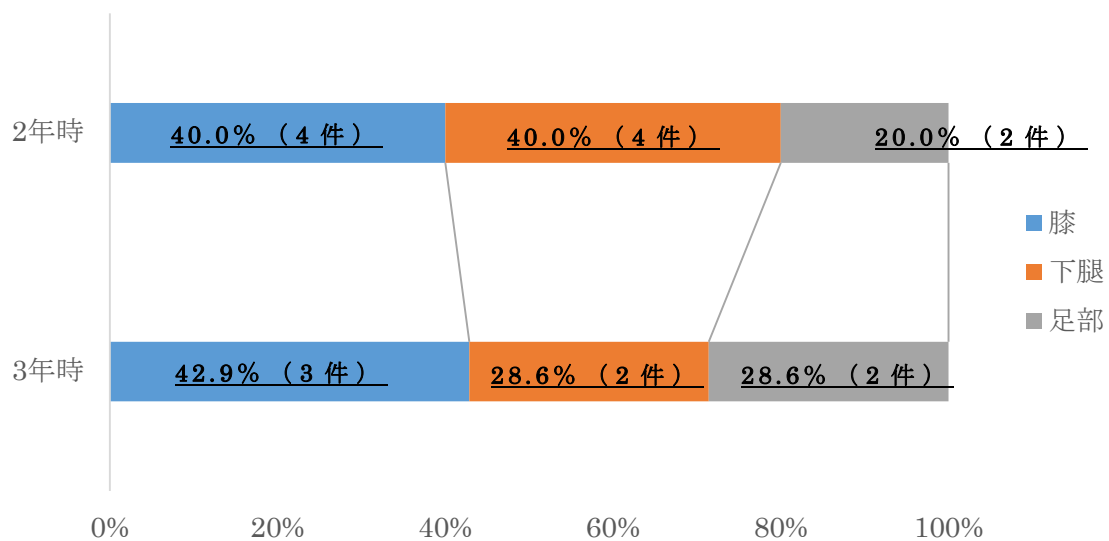


図 3-8. 変化なし群のランニング障害の発生部位と割合の変化 1

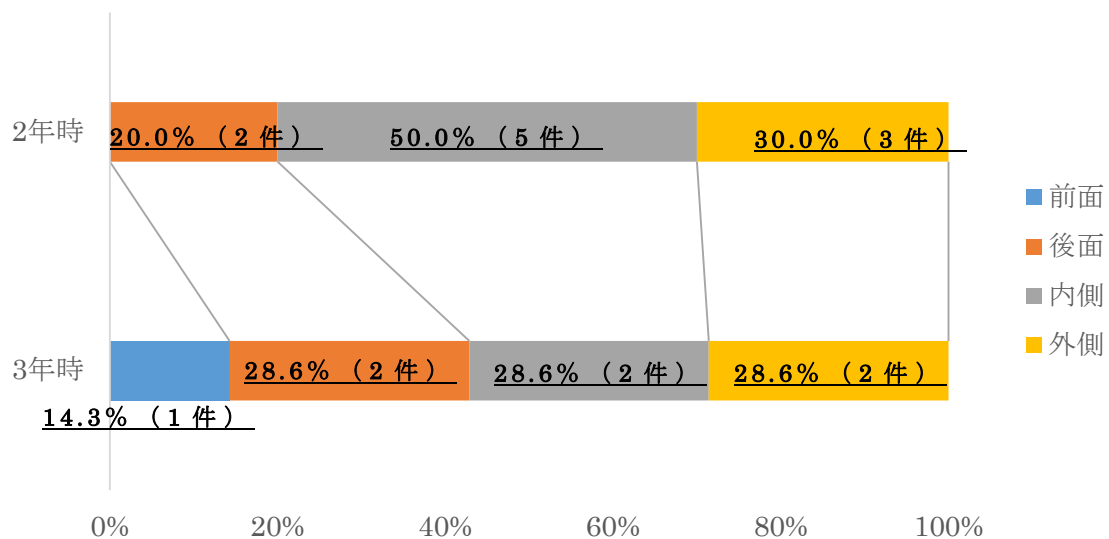


図 3-9. 変化なし群のランニング障害の発生部位と割合の変化 2

3-3. 考察

本研究は高校生男子長距離走選手を対象とし、2年時に発生したランニング障害の種類や発生部位と一年後の3年時に発生した障害を比較した。その変化について足部の接地パターンの変化との関連性を検討し、ランニング障害と接地パターンの関連性を明らかにすることとした。

3-3-1. 身体各部の質量と各項目の血中濃度の変化

本研究の被験者の身体的特徴を全国平均と比較すると、2年時、3年時ともに身長と座高が同程度であり、体重は平均より低い値を示していた。つまり本研究の被験者は痩身であると推察される。2年時から3年時にかけて全身の合計除脂肪量が有意に増加していた。体幹部の除脂肪量は有意に増加していたが、上肢と下肢の筋量に関しては有意な差は認められなかった。体幹部の発育は四肢より遅く、発育後期には体幹部の発育が大部分となる。また、2年時は成人基準値以下であったフリーテストステロン値が有意に増加し、3年時には成人基準値に達した。これは身体の発育が成人レベルまで進んできたことを示している。骨代謝マーカーは成人基準値より高い数値であったが、有意に減少し成人基準値に近づいていた。成人基準値より高値のため骨代謝が盛んであり、身体の発育は未熟であるが、一年間で減少して基準値に近づいていることから発育が進んでいることが推察される。これらの結果から、本研究の被験者は2年時には発育が未熟であったが、3年時では発育が落ち着きつつあることが示唆された。また、四肢の筋量に有意差が認められなかったことについては、身体の発育の側面と練習の継続の側面から2年時までに長距離を走るために必要な筋量を獲得できたと考えられる。

3-3-2. 接地パターンの変化と競技成績の関係

2 年時、RFS 群の 5000m 平均タイムは NRFS 群よりも速かった。先行研究において、レースの順位が高く、競技成績が良い選手ほど NRFS を採用していると報告されているが (Hasegawa et al., 2007, Kasmer et al., 2013)、Gruber ら (2013) や Ogueta-Alday ら (2014) は RFS の方が NRFS よりも RE が良いと報告している。本研究の結果は後者と類似する結果であった。2 年時から 3 年時の接地パターンの変化と競技成績の変化では、変化あり群の方が変化なし群よりも平均タイムが速く、タイム差も大きかった。先行研究では、レース中に走速度が速くなると RFS から MFS へ変化すると報告されている (Kerr et al., 1983)。以上の結果から、接地パターンの変化によってタイムが向上したのではなく、走速度が増加してタイムが向上していく過程で、走速度に合った接地パターンを獲得し、足部のより前方接地に変化したと推察された。

3-3-3. 障害発生部位の変化と接地パターンの変化との関係性

2 年時は下腿および内側部にランニング障害が好発していたが、3 年時にはどちらの部位も減少していた。3 年時に好発した部位は足部および後面の障害であり、具体的にはアキレス腱炎が 1 件から 5 件へ増えていた。障害発生部位の変化と接地パターンの変化との関連について、変化あり群は、2 年時に下腿の障害が多かった。3 年時には下腿が減少し、足部の障害発生件数と割合がともに増加していた。また、後面の障害が 7 割以上を占めるようになった。変化なし群は、2 年時と 3 年時の障害発生部位を比較して、下腿および内側部が減少し、他の部位との差が消失した。以上の結果から、2 年時から 3 年時にかけて見られたランニング障害の発生部位の変化は、足部接地パターンの変化が影響していると考えられる。

先行研究において、NRFS は RFS よりもアキレス腱への負荷が高く、アキレス腱障害や足部の障害の発生リスクが高くなると報告されている

(Alomonroeder et al., 1985; Kulumala et al., 2013; 後藤, 2012)。

本研究において、接地パターン変化あり群の障害発生部位は下腿や内側部の障害から足部や後面の障害へと変化が見られた。これは RFS から MFS、MFS から FFS へと足部のより前方で接地するパターンに変化したことによって下腿の筋およびアキレス腱への負荷が増し、足部や後面の障害が増えたと推察される。下腿の筋だけでなくアキレス腱そのものや付着する足部に障害が発生した理由として、筋損傷の好発時期と腱損傷の好発時期の違いが考えられる。鳥居ら (2010) は、筋損傷の好発時期は高校一、二年生であり、腱損傷の好発時期は高校二、三年生であると報告している。本研究において、被験者の下肢筋量は 2 年時から 3 年

時の一年間で有意な差は認められなかった。また 2 年時には未熟であった身体の発育段階が 3 年時では成熟に近づいていることから、本研究の被験者は長距離を走るために必要な筋量が獲得されつつあると推察される。負荷に耐えられうる筋量を有する一方で、腱やその付着部では十分な耐性が獲得されていない可能性や、腱そのものの伸長性に限界がある可能性が、以上のような結果に繋がったと考えられる。

本研究の限界として、走動作をより前方接地型に変化させることを可能とする要因を明らかにするため、足部や下腿といったより細かい身体組成の変化を明らかにする必要がある。

3-4. 研究 2 のまとめ

- (1) 2 年から 3 年の間に長距離走に必要な筋を獲得している可能性がある。その結果として、筋の障害から腱の障害へと変化していく可能性が示唆された。
- (2) 走速度が増加してタイムが向上していく過程で、走速度に合った接地パターンを獲得し、足部のより前方接地に変化したと推察された。
- (3) 足部のより前方で接地することによって足部および後面における腱の障害が増えることが示唆された。

第 4 章 総合考察

研究 1 では高校生男子長距離走選手を対象に 1 年時から 2 年時まで、研究 2 では 2 年時から 3 年時までのランニング障害の発生部位と足部の接地パターン、またその相互変化の関係性について検討した。この二つの研究で 1 年時から 2 年時の変化の特徴、2 年時から 3 年時の変化の特徴を明らかにし、その結果を総合的に検討することで、ランニング障害と足部接地パターンの経時的変化、また相互の関係性を明らかにした。

4-1. 1 年時に好発したランニング障害について

1 年時は下腿および内側部の障害が好発し、その大半は脛骨過労性障害であった。これは研究 1 の考察で示したように、平均年齢 15.5 歳の高校一年生という被験者の特徴が要因であると推察される。鳥居（2004）により、脛骨過労性障害は 16 歳（高校一年生）に多く、各競技の初心者や中断後の再開時に発生しやすいと報告されている。Rauch ら（2004）は身長増加のピークは除脂肪量や骨量増加のピークに先行すると報告し、Michael ら（2010）は、両者の増加時期の違いにより一時的に筋のタイトネスが増加すると報告している。Michael ら（1985）はヒラメ筋や後脛骨筋など下腿後面や内側筋群の牽引により障害が引き起こされると報告している。また、本研究の身体質量の変化や血液の主要マーカーの結果から、1 年時には発育が未熟であったと推察される。これら好発時期や身体の発育時期および発育段階、脛骨過労性障害の発生機序などに関する先行研究と本研究の結果を総合的に検討すると、高校 1 年生では下腿の内側部に好発する脛骨過労性障害を発生しやすかったと推察される。

4-2. 足部接地パターンと競技成績

研究 1 の 1 年時から 2 年時、研究 2 の 2 年時から 3 年時において、競技成績は有意に向上していた。接地パターンと競技成績の関係について、研究 1 の 1 年時は NRFS 群の方が RFS 群よりも平均タイムが速く、研究 2 の 2 年時は RFS 群の方が速かった。走速度の速い選手は RFS よりも NRFS を採用していると報告している先行研究がある一方で (Hasegawa et al., 2007, Kasmer et al., 2013)、RFS の方が NRFS よりも RE が良く競技成績も良いと報告する研究もあり (Gruber et al., 2013 ; Ogueta-Alday et al., 2014)、見解は様々である。よって先行研究および本研究の結果から、競技力向上という面において、どちらの接地パターンがより優れているかを判断することは難しい。接地パターンの変化と競技成績の変化に関して、研究 1 では接地パターン変化なし群の方が変化あり群と比較して、より速くなっていたが、両群の差は向上したタイムに比べて小さいものであった。研究 2 では、変化あり群の方がより向上しており、平均タイムも速かった。以上のことから、接地パターンの変化が走速度や競技成績に影響を及ぼすのではなく、走速度が増加してタイムが向上していく過程で、走速度に合った接地パターンを獲得し、足部のより前方接地へと変化したと推察された。

4-3. ランニング障害の発生部位と足部接地パターン

1 年時の NRFS は下腿および内側部にランニング障害が多かった。先行研究において、NRFS は RFS に比べてアキレス腱への負荷が高く、アキレス腱障害や足部の障害の発生リスクが高まると報告されており (Alomonroeder et al., 2013; Kulumala et al., 2013; 後藤, 2012)、本研究の結果とは異なるように思われる。しかし、一概にそう言い切ることはできないと考える。その理由は本研究の被験者の発育段階である。研究 1 では、1 年時から 2 年時にかけて下肢の筋量は増加傾向にあった。男性ホルモン値や骨代謝マーカーは成人の基準値に達していなかった。これらの結果から本研究の被験者が身体の発達が未熟であったと示唆された。そのため、長い距離を走るために必要な筋肉の獲得が不十分であったと推察される。そして筋を含む身体の発達が不十分のまま練習を続けた結果、下腿の筋や筋を包んでいる筋膜に障害が発生し、下腿や内側部の障害が増えたと推察した。また、研究 2 では 2 年時から 3 年時において体幹部除脂肪量および合計除脂肪量は有意に増加し、四肢の筋量には変化がなかった。男性ホルモン値が成人の基準値に達し、骨代謝マーカーも成人基準値に近づいていた。以上のことから、2 年時から 3 年時にかけて発育が進み、発育段階も落ち着きつつあると推察された。ランニング障害の種類に関しても、筋の障害が減り腱の障害が発生件数、割合ともに増加しており、障害の好発部位も下腿や内側部から足部や後面に変化している。鳥居ら (2010) は、筋損傷の好発時期は高校一、二年生であり、腱損傷の好発時期は高校二、三年生であると報告している。以上の結果から、1 年時に好発していた下腿および内側部の障害は足部および後面へと変化し、腱の障害が増加すると推察された。

4-4. 障害発生部位の変化と接地パターンの変化の関係

研究 1 の接地パターンあり群と研究 2 の接地パターン変化あり群、どちらも RFS から MFS、MFS から FFS へと、足部のより前方接地へと変化した。つまり、変化あり群は全員 NRFS であった。前述したように、先行研究では NRFS はアキレス腱障害の発生リスクが高く (Alomonroeder et al., 2013 ; Kulumala et al., 2013 ; 後藤, 2012)、筋障害の好発時期より腱障害の好発時期の方が遅い (鳥居ら, 2010) と報告されている。本研究において、1 年時の NRFS 群は下腿および内側部の障害が多かった。また、研究 1 の変化あり群は足部が、研究 2 の変化あり群は足部および後面の割合が増加していた。研究 2 における障害の種類の変化では、筋障害が減少し腱障害の割合が増加していた。この結果は先行研究の結果に類似した結果であると考ええる。足部のより前方で着地することによって下腿の筋およびアキレス腱とその付着部である足部に負荷が増える。身体の発育が未熟であり、初心者でもある 1 年時には長距離を走るために必要な筋力が十分に獲得されていない。そのため、負荷に耐えられなくなった筋そのものが損傷され下腿の障害が増える。学年が上がり、身体の発達と日々の練習およびトレーニングの継続の影響で必要な筋が獲得されてくると、筋そのものの損傷から腱の損傷や付着部である足部の障害へと変化すると推察した。

4-5. 本研究の限界

本研究は高校生男子長距離選手を対象とし、同一被験者の一年間の変化を検討した縦断的研究である。高校生という時期は身体の発育期にあたる。そのため、本研究の結果には身体の発育による影響と練習やトレーニングによる影響、そして足部の接地パターンによる影響が考えられ、それぞれの影響を明確に区別することは難しい。これが本研究における限界点である。また、先行研究において女性や熟練者を対象とした研究や質問紙調査でランニング障害の発生部位等を報告したような研究はされているものの、男子高校生を対象とした研究や同一被験者を縦断的に検討した研究は存在しない。そのため、本研究の結果を純粹に比較することができないということも限界点である。更に、縦断的検討という特性から被験者や症例数が少なく、統計学的にその変化を説明することが困難であった。今後の課題として、対象者を増やして研究を行っていくこと、トレーニングの量や強度の把握や筋活動量の測定など検討項目を追加し、より詳細な考察をすることが重要であると考ええる。

しかし、発育期であり経験の少ない男子高校生を対象とし、入学後から一年後、二年後とランニング障害の発生部位を継続的に調査した本研究およびその結果は、発育期の男子ランナーとランニング障害、身体の発育変化と障害発生部位の変化に関する基礎資料として価値のあるものであると考える。本研究の結果を元に、発育期のランナーを対象とした研究や他種目での研究など新たな研究がなされ、発育期のスポーツ障害の予防に関する研究やその成果が出ることを強く期待する。

第 5 章 結 論

- (1) 高校生男子長距離選手は、1 年時において下腿および内側部にランニング障害が好発し、その大半が脛骨過労性障害である。その要因はランニングだけでなく、学年や年齢、身体の発育なども関係している可能性が示唆された。
- (2) 1 年時は身体の発育が未熟であり、長距離走に必要な筋力等も未獲得であると推察された。また、その獲得は 2 年時以降であると示唆された。
- (3) 中足部接地や前足部接地では筋が未発達だと考えられる 1 年時には、下腿の後面や内側部などの筋に障害が発生しやすい。2 年時以降は、筋を含む身体の発育発達や練習およびトレーニングの継続による筋骨格系の発達により筋そのものの障害から腱や付着部での障害へと変化する可能性が示唆された。
- (4) 長距離を走るための練習やトレーニングの成果として走速度が増加し、競技タイムが向上していく過程で、走速度に合った接地パターンを獲得し、足部のより前方接地に変化する可能性が示唆された。
- (5) 足部のより前方接地に変化すると、下腿の後面や内側部の筋や腱、その付着部での障害が増加すると推察された。障害の種類や部位は身体の発育や練習による身体組成の変化が関与している可能性がある。

参考文献

- 飯本雄二，小林一敏，中田了．足の着き方と着地衝撃の関連性についての力学的研究．東京体育研究(10):31-34, 1983.
- 後藤晴彦，鳥居俊．アキレス腱障害を有する長距離ランナーのランニング動作の特徴．関節外科 31(9):1052-1058, 2012.
- 後藤晴彦．陸上競技長距離種目の接地パターン－レース中の変化およびパフォーマンスとの関係－．早稲田大学大学院スポーツ科学研究科修士論文，2014.
- 財団法人 全国高等学校体育連盟．「平成 15 年度加盟登録状況」，「平成 26 年度加盟登録状況」

http://www.zen-koutairen.com/f_regist.html

- 財団法人 日本体育協会．公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 第 3 巻 スポーツ外傷・障害の基礎知識．文光堂，2007.
- 財団法人 日本陸上競技連盟 編．陸上競技指導教本アンダー16・19〔初級編〕基礎から身につく陸上競技．大修館書店，2013.
- 笹川スポーツ財団「10代のスポーツライフに関する調査」2013.
- 笹川スポーツ財団「スポーツライフに関する調査報告書」2012.
- 杉本龍勇 監修．スポーツに生きる！正しい走り方講座．スタジオタッククリエイティブ，2012
- 高嶋康司．ケニア人長距離選手のランニング動作における着地方法とパフォーマンスの関係について．早稲田大学大学院スポーツ科学研究科修士論文，2013.

- 高橋昌宏，前田正澄，野村治夫．ランニングにおける長距離選手の足底圧分布．日本体育学会大会号(50):68, 1999.
- 鳥居俊，阿江通良，石井好二郎，杉浦克己．インターハイ入賞選手に対するスポーツ障害に関する質問紙調査．財団法人 日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要． 6, 148-152, 2010.
- 鳥居俊．下肢疲労骨折とシンスプリントのアスレティックリハビリテーション．日本整形外科スポーツ医学会雑誌 24(2):197-202, 2004.
- 新名真弓，江川陽介，池亀志帆，鳥居俊．シンスプリント（脛骨過労性骨膜炎）の発生に関与する身体要因にかんする研究．臨床スポーツ医学 19(11):1355-1359, 2002.
- Newton. 2012 年 8 月号．株式会社ニュートン プレス．東京．
- 増田雄一 編．ランニング障害のリハビリテーションとリコンディショニング:リスクマネジメントに基づいたアプローチ．文光堂, 2012.
- Michael J 著．藤井均訳．柔軟性に関連する特殊な要素．山本利春監訳．柔軟性の科学．1 版．大修館書店． 2010.
- 村上秀孝，野口蒸治，宮本義明．一般市民ランナーにおける下肢のランニング障害－佐伯番匠マラソン大会におけるアンケート調査より－．整形外科と災害外科 46(4):1214-1216, 1997.
- 山川晃司，奥江章，佛淵孝夫，中島勝也，岸川陽一，菊池直士，久枝啓史，鳥井芳邦．中・高生におけるランニング障害．整形外科と災害外科 47(3):983-986, 1998.
- ライフネット生命「ジョギング・ランニングに関する研究」 2009.
<http://www.lifenet-seimei.co.jp/newsrelease/2009/2162.html>

- Almonroeder T, Willson JD, Kernozek TW. The effect of foot strike pattern on Achilles tendon load during running. *Annals of Biomedical Engineering*. 41(8):1758-1766, 2013.
- Daoud, AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: A retrospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 44(7):1325-1334, 2012.
- Donald BS, Stanley LJ. Biomechanics of running. *The Journal of the American Medical Association*. 205(11):721-728, 1968.
- Government of Canada. Fitness and amateur sport. Fitness and lifestyle in Canada. Ottawa: Government of Canada, 1993.
- Gruber AH, Umberger BR, Braun B, Hamill J. Economy and rate of carbohydrate oxidation during running with rearfoot and forefoot strike patterns. *Journal of Applied Physiology*. 115(2):194-201, 2013.
- Hasegawa H, Yamauchi T, Kraemaer WJ. Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(3):888-893, 2007.
- Kasmer ME, Liu XC, Roberts KG, and Valadao JM. Foot-strike pattern and performance in a marathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 8(3): 286-292, 2013.

- Kerr BA, Beuchamp L, Fisher V, Neil R. Footstrike patterns in distance running. Proceeding of the international symposium on Biomechanical aspects of sport shoes and playing surface. 135-142, 1983.
- Kulmala JP, Avela J, Pasanen K, Parkkari J. Forefoot strikers exhibit lower running-induced knee loading than rearfoot strikers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 45(12):2306-2313, 2013.
- Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 136(1):161-170, 2003.
- Michael RH, Holder LE. The soleus syndrome. A cause of medial tibial stress (shin splints). *American Journal of Sports Medicine*. 13(2):87-94, 1985.
- Ogueta-Alday A, Rodríguez-Marroyo JA, García-López J. Rearfoot striking runners are more economical than midfoot strikers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 46(3): 580-585, 2014.
- Participation-Ranked by Total Participation. National Sporting Goods Association. 2010.
<http://www.nsga.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3482>
- Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The ‘muscle-bone unit’ during the pubertal growth spurt. *Bone*. 34(5):771-775, 2004.
- Sommer HM, Vallentyne SW. Effect of foot posture on the incidence of medial tibial stress syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 27(6):800-804, 1995.

謝 辞

本論文の作成にあたり、本当に多くの方々にご協力を賜りました。全ての皆様に感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

研究指導員である鳥居俊先生には、学部生を合わせ四年半の間、大変お世話になりました。研究計画の立案や方法などを丁寧に指導していただきました。鳥居先生は決して否定的なことは言わず、「こうしてはどうか？やってみよう。」「それはもう少し自分で考えてみよう。」と優しさの中に厳しさのある、そんな先生に導かれ本論文を執筆することができました。ここに深く感謝申し上げます。

また、ご多忙の中副査を快諾してくださり、研究計画を立てるにあたり、様々な助言をくださった金岡先生、広瀬先生の御二方にも心より御礼申し上げます。

助手の戸島美智生先生にクリスマス、大晦日、お正月はなく、ご多忙の中、私の論文を読み、丁寧に指導していただきました。本当にありがとうございました。

そして、被験者を快く引き受けてくださった K 高校の皆様、実験や測定を手伝ってくれた院生の皆様、学部生の皆様、皆様がいなければ実験すら成り立ちませんでした。皆様、ありがとうございました。

最後に高校卒業後に一年間の浪人生活、大学卒業後に修士課程に二年間と勉強する時間を与えてくれて、必死に支え続けてくれた両親には何と御礼を言ったら良いかわかりません。与えてもらった時間に得た知識を世のため、人のために使い、胸を張って生きていくことで感謝の言葉に替えさせていただきたいと思います。