

2016 年度 修士論文

踵部脂肪褥の厚さ及び機能の
発育・加齢変化とスポーツ活動の影響

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

5015A002-0

阿部平

研究指導教員： 鳥居 俊 准教授

目次

第1章	序論・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.	緒言	2
2.	目的	5
第2章	本論・・・・・・・・・・・・・・・・	6
	【研究1】踵部脂肪褥の経年変化と身体的特徴について-横断的研究-	
1-1.	緒言	7
1-2.	方法	8
1-3.	結果	12
1-4.	考察	21
	【研究2】発育期における踵部脂肪褥厚の変化	
2-1.	緒言	23
2-2.	方法	24
2-3.	結果	27
2-4.	考察	36
	【研究3】男子大学生における踵部脂肪褥厚の検討-競技による比較-	
3-1.	緒言	38
3-2.	方法	39
3-3.	結果	41
3-4.	考察	49
	【研究4】運動前後における踵部脂肪褥の変化の検討	
4-1.	緒言	51
4-2.	方法	52
4-3.	結果	54
4-4.	考察	58
第3章	総合考察・・・・・・・・	60
第4章	結論・・・・・・・・	63
	参考文献	65
	謝辞	69

第 1 章 序論

1. 緒言

踵部脂肪褥は踵骨下に存在する脂肪組織であり、踵部脂肪体、heel fat pad などとも呼ばれ、足底部への衝撃を吸収する shock absorber としての機能を有している (Jorgensen U.et al.1989;Rome K.et al.2001)。

踵部脂肪褥は、多数の中隔を持った脂肪組織である。着地の際に衝撃が加わると、コラーゲン性の隔壁のある袋の中で脂肪の粒が動き回り、それらの中隔が変形することで衝撃を吸収すると考えられている (矢部.2003;田中.2004)。この踵部脂肪褥が何らかの原因で薄くなってしまうと、衝撃吸収能が十分に果たせなくなり、踵骨への衝撃が増大してしまう恐れがある (Jorgensen U.et al.1988.)。

踵部底側の疼痛は Plantar Heel Pain (PHP) と総称され、足底腱膜炎、踵骨骨棘、踵骨疲労骨折などによって発生している (Prichasuk.1994)。一般的な踵接地の歩行では、踵部は最初に接地する身体部位であり、その際の圧迫力が足底腱膜炎や踵骨骨棘の形成の因子とも言われている (Kumai T.et al.2002;McCarthy DJ.et al.1979)。踵部痛は歩行や運動の際に個人の不快感を増長させ、運動への意欲や活動時間の減少をもたらす可能性がある。活動量の低下は運動機能の低下だけではなく、内科的な身体機能、さらには感覚や認知機能に至るまで、様々な悪影響を与える恐れがある。これらのことから現代社会において、運動の基本である下肢、特に地面に最も近い足部の健康は身体全体の健康へ多大に影響していると考えられる。

一般的な PHP の危険因子は、内因性と外因性に分けることができる (Irving DB.et al.2006.)。内因性の危険因子については年齢、BMI、関節可動域、足部アライメント、骨棘の有無などの研究がみられ、外因性

の危険因子については、活動性に関する研究がみられ、靴やインソールなどの関連も予想される。

以上の様な PHP の予防に対して、衝撃吸収能を有する踵部脂肪褥は内因性の関連因子として重要な役割を果たす組織であることが推察される。

踵部脂肪褥の衝撃吸収能に関連する要素には、踵部脂肪褥の厚さが考えられる。踵部脂肪褥が厚ければ、より多く衝撃を吸収することができ、そのため、薄くなってしまうと衝撃吸収の役割を十分果たせない可能性が予想される。

踵部脂肪褥厚に関しては、いくつか検討がなされているが、過去の研究においてはサンプル数が少ない、限定された年齢、特定の運動選手のみでの検討といったものに留まっている。踵部脂肪褥の厚さの経年変化や個人の特性、運動競技別における差異について十分に検討がなされているものはない。さらには、運動による影響の検討として、運動前後での変化についても比較したものもない。

踵部脂肪褥厚の測定には、X 線や、超音波診断装置などが用いられる。X 線における測定は、リアルタイムで厚さを観察しながらの測定ができないことや、放射線使用による被爆があることなどいくつか問題がある。それに比べ、超音波診断装置を用いた測定は、その瞬間の内部構造をリアルタイムで観察することが可能であり、プローブを動かすことで、より正確な位置を調整し、測定することが可能である。また、身体への侵襲も皆無である。その為、踵部脂肪褥の測定に関しては、超音波診断装置を用いることが、より望ましいと考える。

以上のことから、日常生活からスポーツ活動に至るまでの、足底部の痛みに対する対処法やリスクとなる因子を特定し、靴やインソールなど

の道具面での改良、足部に関連する環境の改善などに繋げる必要性がある。そのために踵部脂肪褥の特性を年齢、体格、運動といった多角的な側面から明らかにすることが求められる。

2.目的

本研究では、超音波画像診断装置を用いて、踵部脂肪褥の厚さを測定し、年齢・体格との関連、発育期における変化、運動競技における差異、運動前後における差異を検討する。

これらの結果より、踵部脂肪褥の厚さに関連する因子を明らかにすることを目的とした。

第 2 章 本論

【研究 1】踵部脂肪褥の経年変化と身体的特徴について-横断的研究-

1-1. 緒言

PHP については、疫学的な調査がいくつかなされており、アメリカで一般人を対象とした調査によると、1 年間に約 200 万名発症すると報告されている (Pfeffer GB,2001)。また、約 2000 名の長距離走者を対象とした研究では、足底腱膜炎の発症が 7.8%を占めるという報告 (Taunton JE,2002) や、軍人を対象とした調査では年間に 1000 名あたり、10.5 名の発生率という報告がある (Scher DL et al.2009)。

また、PHP は、40~60 歳での高い発生率が報告されており、脂肪褥の萎縮のような退行性変性との関連が示唆されている (Lapidus PW,1965) (Riddle DL,2003)。また、体格との関連も示唆されており、BMI 高値が PHP 発生率を増加させるとの報告もある (Riddle DL,2003)。

以上のように、一般人における PHP の報告は多数なされている。衝撃吸収能を有し、PHP の予防にも関係すると考えられる踵部脂肪褥についても、年齢や体格によって構造や性質が異なることが推察されるが、現在に至るまで十分な関連性を示す研究はなされていない。

これらのことから本研究においては、成人における踵部脂肪褥厚を検討し、年齢や体格との関連を明らかにすることを目的とした。

1-2.方法

1-2-1.対象

20代~90代の男女284名を対象とした。また、運動実施状況は大学部活動や社会人部活動に所属していない、一般的な集団である。測定足は右足283足、左足208足の合計491足であった。以下に、年代別、性別による対象者の内訳を示す（図1-1）。

なお本研究は早稲田大学「人を対象とした研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

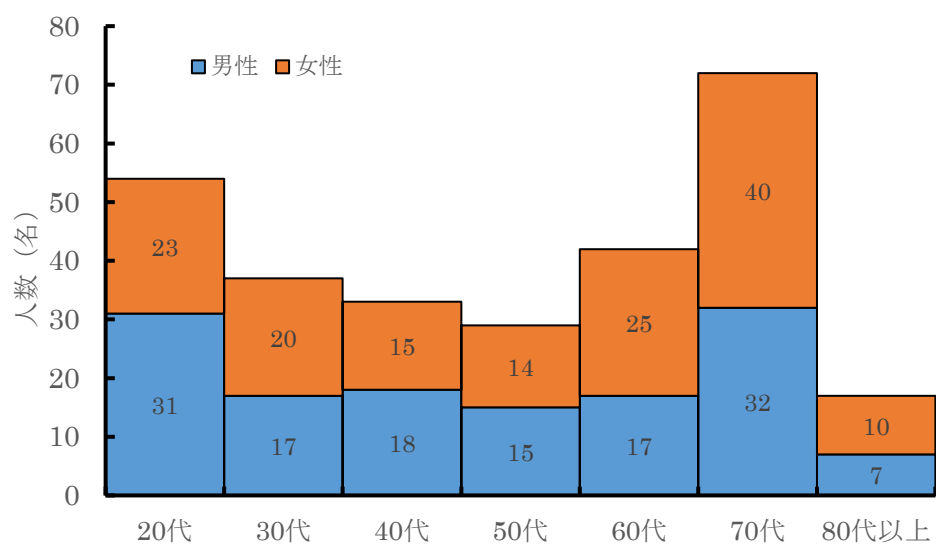


図 1-1 対象者の年齢内訳

1-2-2.測定項目

基本項目

基本情報として、年齢・性別・身長・体重を収集した。性別の内訳は、男性 137 名、女性 147 名であった。以下、表 1-1 にそれぞれの平均値±標準偏差を示す。

表 1-1 基本項目の平均

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
男性 (n=137)	50.9±20.8	169.7±6.1	67.5±7.9
女性 (n=147)	54.5±20.4	156.4±6.8	53.5±7.1

踵部脂肪褥厚

汎用超音波画像診断装置(SonoSite MicroMaxx:ソノサイト)を用い、Bモードにて撮像を行った。

測定肢位は対象者を長座にし、足部を浮かせる様に座らせた。足関節は中間位(底背屈 0°)とした(図 1-2)。

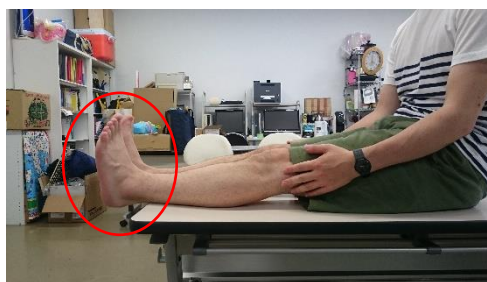


図 1-2 測定肢位

プローブを踵骨下に短軸方向に垂直にあて、踵骨隆起下縁部を探知した。同部位において、踵骨隆起下縁部から皮膚表面までの距離を計測し、踵部脂肪褥厚とした（図 1-3）。測定画像を印刷し、紙面上の距離を単位 mm で、小数第一位まで読み取った。その値を測定倍率で除し、実長換算を行った。

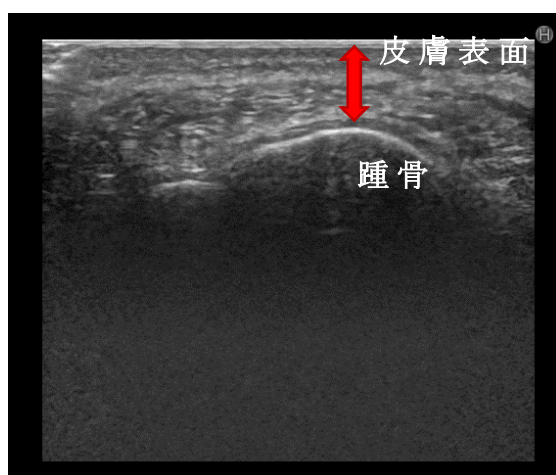


図 1-3 超音波画像における踵部脂肪褥厚

測定は皮膚面に触れさせただけの非荷重位（非圧迫）と、検者が最大まで押し当てた荷重位（圧迫）の 2 試行を撮像した（図 1-4）。なお全ての測定は同一の検者によって行われた。



非荷重位



荷重位

図 1-4 測定試行

求められた非荷重厚（mm）と荷重厚（mm）から、圧迫を加えた際の変化量（非荷重厚－荷重厚）を算出した。また、非荷重位からの変化の割合を検討するために、変化率（(変化量/非荷重厚)×100）を算出した。

1-2-3.統計処理

統計処理には SPSS Statistics 21（IBM 社）を用いた。非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率それぞれについて、年齢、体重との関係には Pearson の相関係数を用いた。さらに、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った。従属変数に左右の非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率を用い、独立変数には年齢、身長、体重、性別（ダミー変数：男性を 0、女性を 1）を用いた。有意水準は 5%未満とし、5%以上 10%未満を有意傾向ありとした。

1-3.結果

1-3-1.年齢と非荷重厚の関連

左右の非荷重厚についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、左の非荷重厚について有意な負の相関が認められた ($r=-0.138, p=0.047$) (図 1-5)。

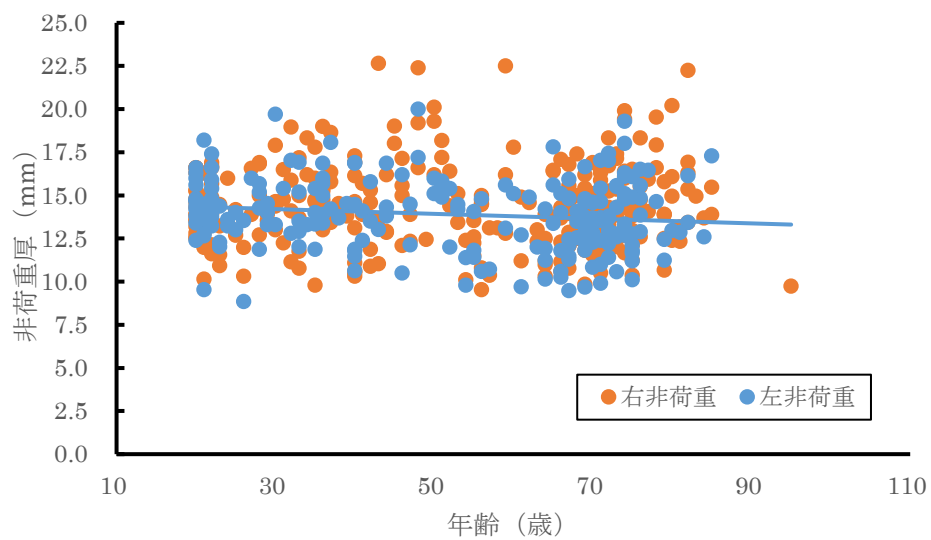


図 1-5 年齢と非荷重厚

1-3-2.年齢と荷重厚の関連

左右の荷重厚についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、いずれも有意な関係は認められなかった（図 1-6）。

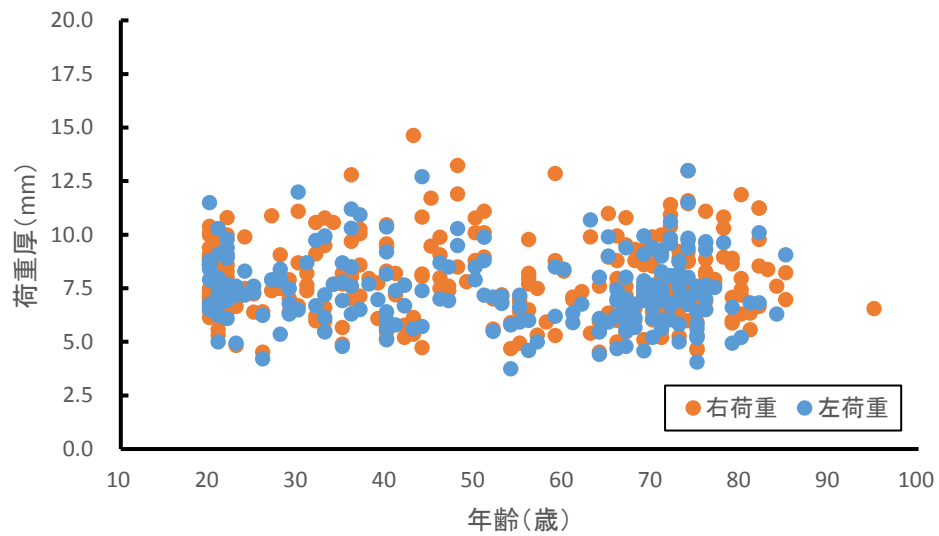


図 1-6 年齢と荷重厚

1-3-3.年齢と変化量の関連

左右の変化量（非荷重厚－荷重厚）についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、いずれも有意な関係は認められなかった（図 1-7）。

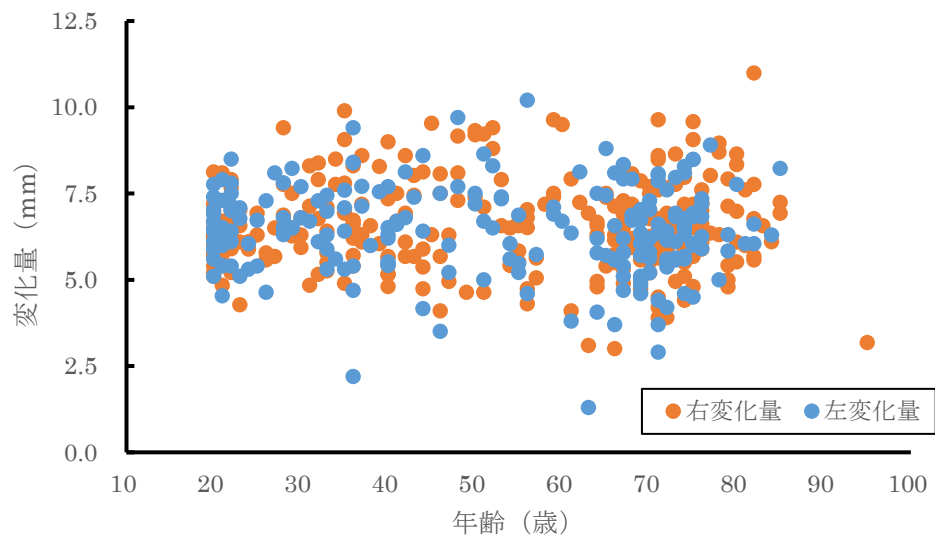


図 1-7 年齢と変化量

1-3-4.年齢と変化率の関連

左右の変化率（変化量/非荷重厚×100）についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、いずれも有意な関係は認められなかった（図 1-8）。

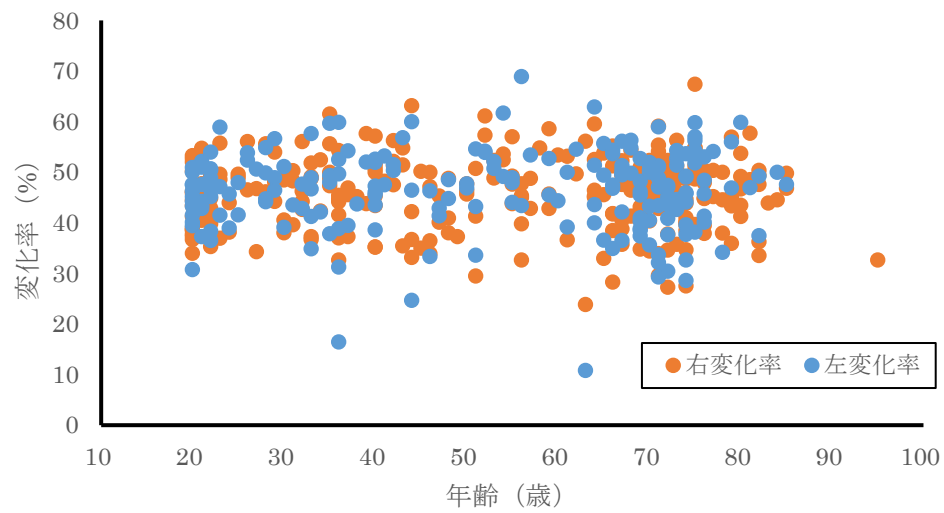


図 1-8 年齢と変化率

1-3-5.体重と非荷重厚の関連

左右の非荷重厚についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.418, p=0.00$ 、左： $r=0.491, p=0.00$ ）（図 1-9）。

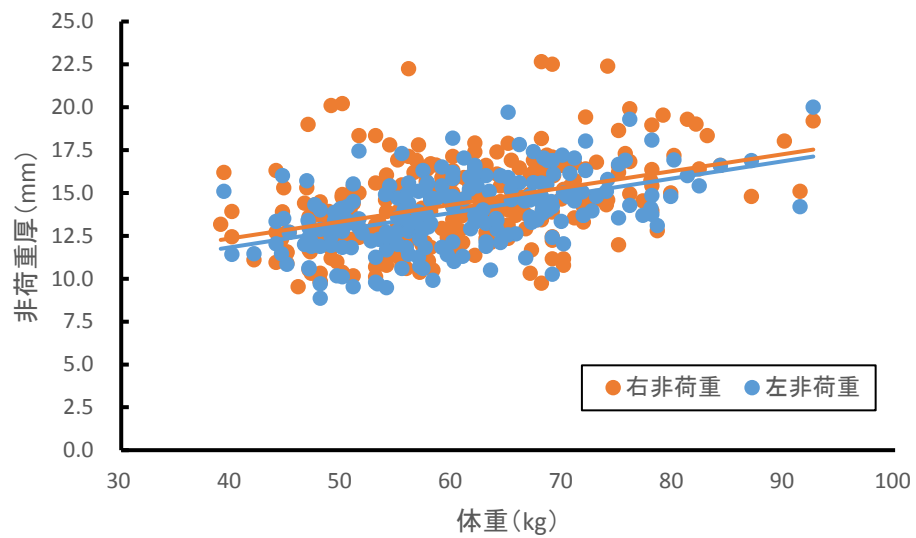


図 1-9 体重と非荷重厚

1-3-6.体重と荷重厚の関連

左右の荷重厚についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.426$, $p=0.00$ 、左： $r=0.406$, $p=0.00$ ）（図 1-10）。

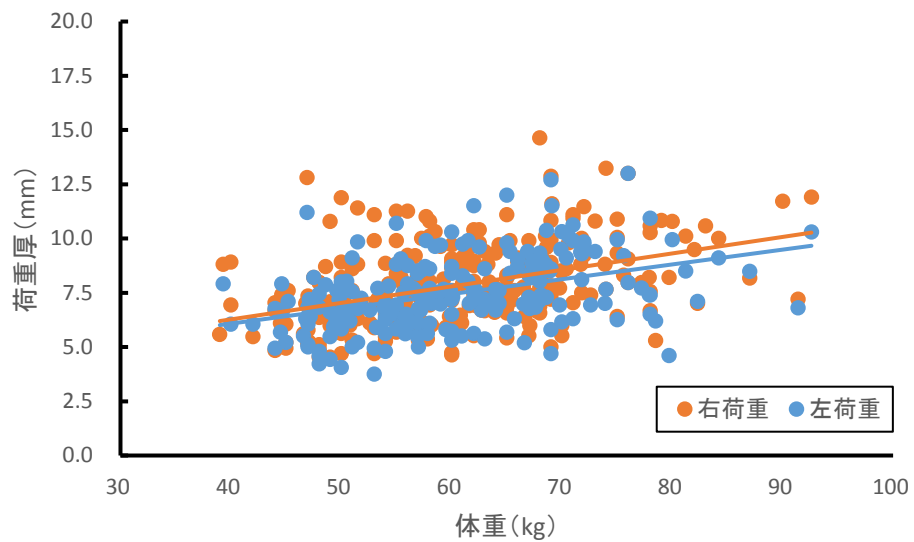


図 1-10 体重と荷重厚

1-3-7.体重と変化量の関連

左右の変化量（非荷重厚－荷重厚）についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.164$, $p=0.01$ 、左： $r=0.251$, $p=0.00$ ）（図 1-11）。

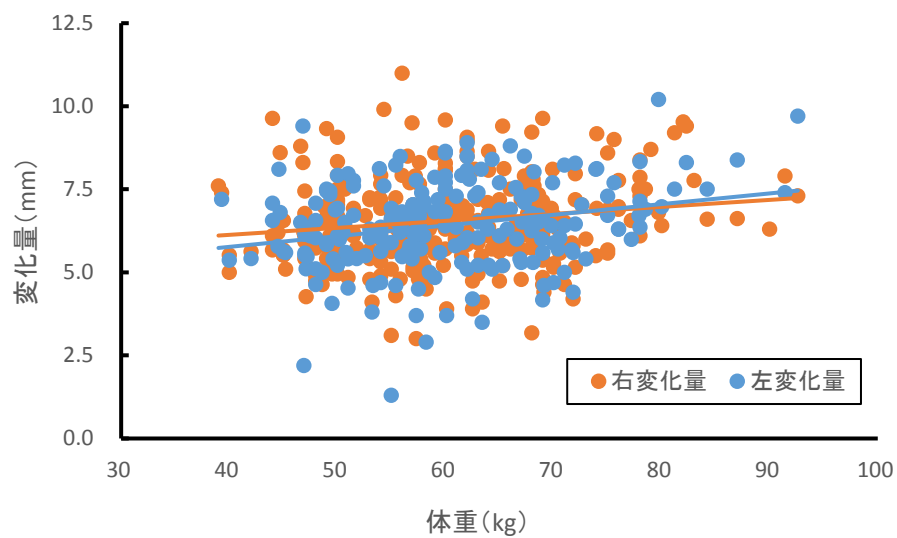


図 1-11 体重と変化量

1-3-8.体重と変化率の関連

左右の変化率（変化量/非荷重厚×100）についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、右では有意な負の相関（ $r=-0.246$, $p=0.00$ ）が認められ、左では負の相関傾向が見られた（ $r=-0.130$, $p=0.06$ ）（図 1-12）。

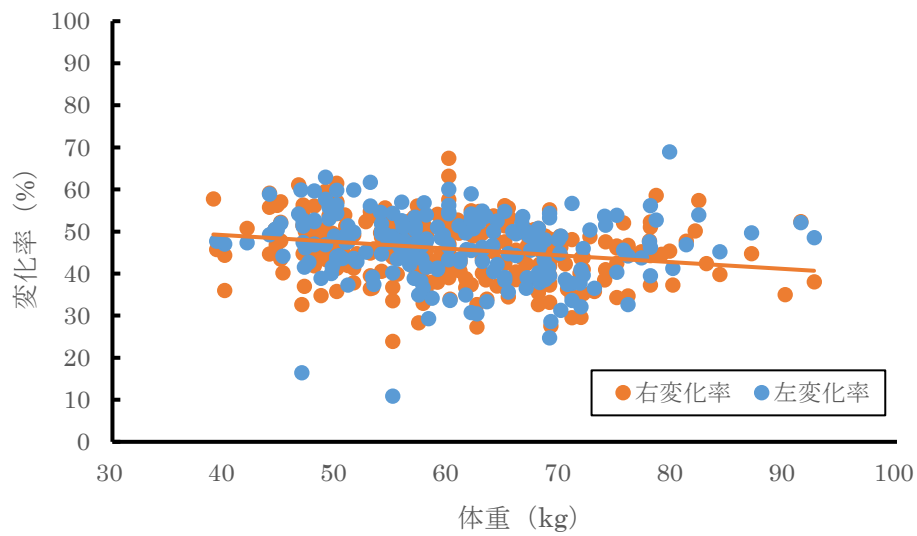


図 1-12 体重と変化率

1-3-9.重回帰分析

ステップワイズ法を用いて、重回帰分析を行った（表 1-2）。

右非荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.098 \times (\text{体重}) + 8.431, p < 0.01, \text{寄与率 } 17.2\%)$ 。

左非荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.100 \times (\text{体重}) + 7.830, p < 0.01, \text{寄与率 } 23.7\%)$ 。

右荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.076 \times (\text{体重}) + 3.231, p < 0.01, \text{寄与率 } 18.1\%)$

左荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.068 \times (\text{体重}) + 3.350, p < 0.01, \text{寄与率 } 16.5\%)$

右変化量では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.021 \times (\text{体重}) + 5.287, p < 0.01, \text{寄与率 } 2.5\%)$

左変化量では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=0.032 \times (\text{体重}) + 4.480, p < 0.01, \text{寄与率 } 5.9\%)$

右変化率では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=-0.161 \times (\text{体重}) + 55.579, p < 0.01, \text{寄与率 } 5.2\%)$

左変化率では、性別を独立変数とする有意な回帰式が得られた
 $(y=2.487 \times (\text{性別}) + 45.187, p < 0.05, \text{寄与率 } 2.0\%)$

表 1-2 重回帰分析の結果

従属変数	独立変数	B	β	p
右非荷重厚	体重	0.098	0.418	$p < 0.01$
左非荷重厚	体重	0.100	0.491	$p < 0.01$
右荷重厚	体重	0.076	0.426	$p < 0.01$
左荷重厚	体重	0.680	0.406	$p < 0.01$
右変化量	体重	0.021	0.164	$p < 0.01$
左変化量	体重	0.032	0.251	$p < 0.01$
右変化率	体重	-0.161	-0.236	$p < 0.01$
左変化率	性別	2.487	0.159	$p < 0.05$

1-4. 考察

1-4-1. 年齢

年齢と踵部脂肪褥厚の関連に関しては、左非荷重厚において有意な負の相関が認められたものの、その他の項目においては、有意な関連は認められなかった。また、ステップワイズ法を用いた重回帰分析においても独立変数からは除外された。先行研究では、踵部痛のリスクは40~60歳で最も高く、加齢による脂肪褥の萎縮が指摘されている（Lapidus PW.et al.1965）（Riddle DL.et al.2003）。また若年成人と高齢者で踵部脂肪褥の衝撃吸収能を比較した研究では、高齢者において衝撃吸収能が低いという報告がある（Kinoshita H.et al.1996）。これらのことから本研究においては、加齢によって踵部脂肪褥厚が低下することが予想されたが、踵部脂肪褥厚と年齢との間の明確な関連性は明らかにできなかった。本研究では、踵部脂肪褥の厚さという構造的な側面のみの検討であり、軟性や弾性といった質的な検討はなされていない。これら踵部脂肪褥の質についても衝撃吸収能に関連していることが予想され、加齢で質が変化することで、衝撃吸収能が低下し、PHPのリスクが高くなることが考えられ、更なる検討が必要である。

1-4-2. 体重

体重と踵部脂肪褥厚の関連に関しては、非荷重厚、荷重厚、変化量において有意な正の相関がみられた。また、重回帰分析でも、左の変化率を除く全てにおいて、独立変数として残る結果となった。これらの結果から、踵部脂肪褥厚は体重と非常に密接な関係にあり、体重が重くなればなるほど、踵部脂肪褥厚は厚くなることが明らかになった。これは、

体重が増加することで、踵部にかかる衝撃が増大し、その増した衝撃に対する適応として、踵部脂肪褥厚が増加したことが予想される。また変化率において負の相関がみられた。これは、体重増加あたりの非荷重厚の増加量と荷重厚の増加量が異なっていること、つまり体重増加によって変化量が増えていくことに起因すると考えられ、単位変化量あたりの衝撃吸収能が同程度であることが推察される。

【研究 2】発育期における踵部脂肪褥厚の変化

2-1. 緒言

発育期には、身体の成長に伴い、様々な障害が発生する。特に構造的に脆弱である成長軟骨部分での骨端症は発症率も高く、多くの子どもたちを悩ませている。骨端症で最も認知されているものとして、膝蓋腱の脛骨粗面への付着部で発生するオスグッド・シュラッター病がある。これは骨の成長に筋の成長が追いつかず、そのアンバランスによって、大腿四頭筋のタイトネスが高まり、脛骨粗面の牽引力が大きくなり発症する。発育期に頻発する骨端症には、他にも踵部で発生するシーバー病がある。これは、サッカーやバスケットボールなどの球技において好発し、子どもたちを悩ませている代表的な障害である。また、その他の踵部のトラブルとしては、成人でも発症する足底腱膜炎は陸上競技者などを中心に発育期でも多く発症する。上述した発育期における踵部の障害は足底への衝撃が発症因子の 1 つになると示唆されている（中村.2011）。このような観点から、発育期には踵部脂肪褥の持つクッション機能の役割が重要であることが推察される。

しかしながら、これまで踵部脂肪褥厚の発育様式や身体的特徴との関連を検討した研究は少なく、いずれの研究も対象の年齢や競技が限定されている。

本研究では、発育期の踵部脂肪褥厚を測定し、その発育様式を明らかにし、さらにどのような因子が踵部脂肪褥厚に関係するのかを検討することを目的とした。

2-2.方法

2-2-1.対象

4歳~17歳の男女378名（男子：320名、女子：58名）を対象とした。各年齢の人数構成を図2-1に示す。測定足は右足378足、左足375足の合計753足であった。

なお本研究は早稲田大学「人を対象とした研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

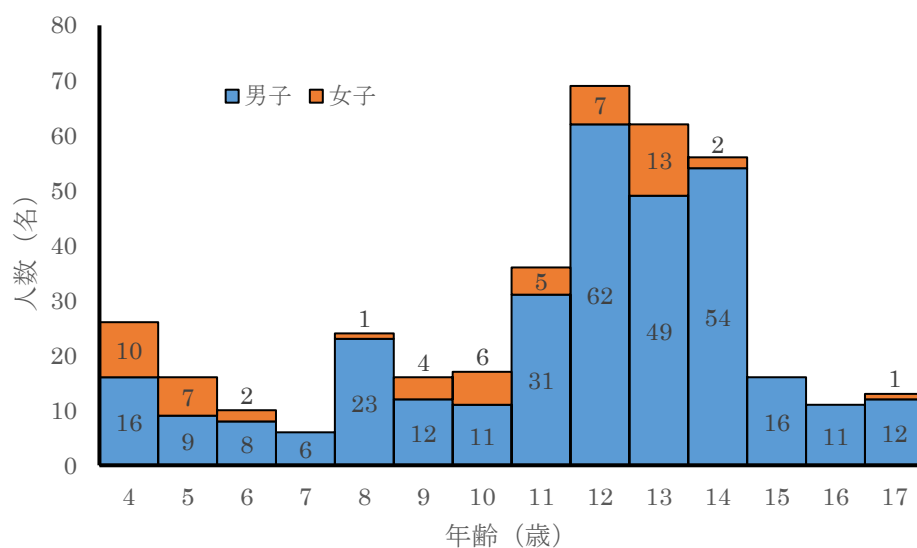


図 2-1 対象者の年齢内訳

2-2-2.測定項目

基本項目

研究 1 と同様に、基本項目として、年齢、性別、身長、体重を収集した。以下、表 2 に未就学年代（4～5 歳）、小学生年代（6～11 歳）、中学生年代（12～14 歳）、高校生年代（15～17 歳）に分類した基本項目の平均値±標準偏差を示す。

表 2-1 対象者の基本項目

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
4～5歳(n=42)	4.4±0.5	105.0±7.0	17.7±3.3
6～11歳(n=109)	9.2±1.6	135.3±10.9	32.2±7.8
12～14歳(n=187)	12.9±0.8	157.9±8.7	46.7±8.5
15～17歳(n=40)	15.9±0.8	172.2±5.5	66.6±9.4

踵部脂肪褥厚

研究 1 と同様の方法で、踵部脂肪褥厚を非荷重位と荷重位にて測定し、変化量（非荷重厚－荷重厚）、変化率（（変化量/非荷重厚）×100）を算出した。

2-2-3.統計処理

統計処理には SPSS Statistics 21 (IBM 社) を用いた。非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率それぞれについて、年齢、体重との関係に Pearson の相関係数を用いた。また、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った。従属変数に左右の非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率に用い、独立変数には年齢、身長、体重、性別 (ダミー変数: 男性を 0、女性を 1) を用いた。有意水準は 5%未満とし、5%以上 10%未満を傾向ありとした。

2-3. 結果

2-3-1. 年齢と非荷重厚の関連

左右の非荷重厚についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.689, p<0.01$ 、左： $r=0.719, p<0.01$ ）（図 2-2）。

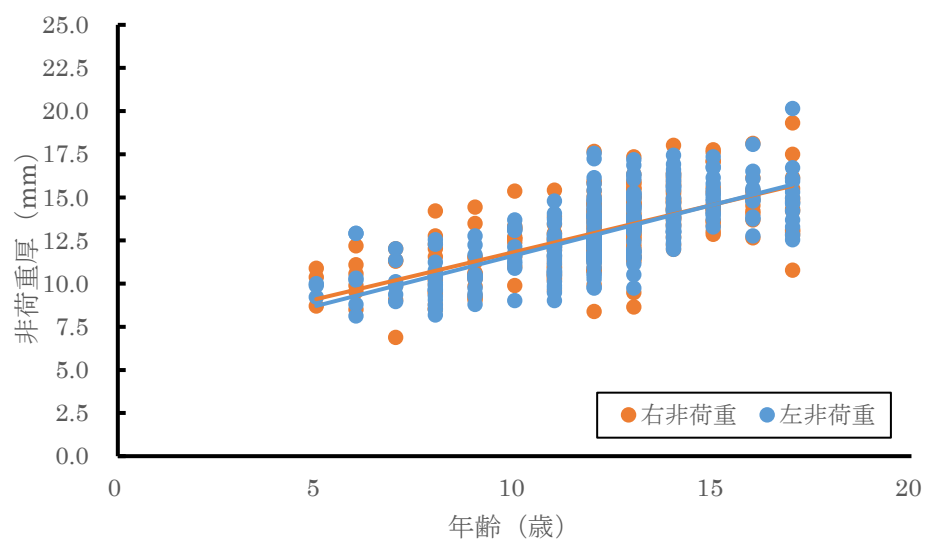


図 2-2 年齢と非荷重厚

2-3-2.年齢と荷重厚の関連

左右の荷重厚についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.478, p<0.01$ 、左： $r=0.459, p<0.01$ ）（図 2-3）。

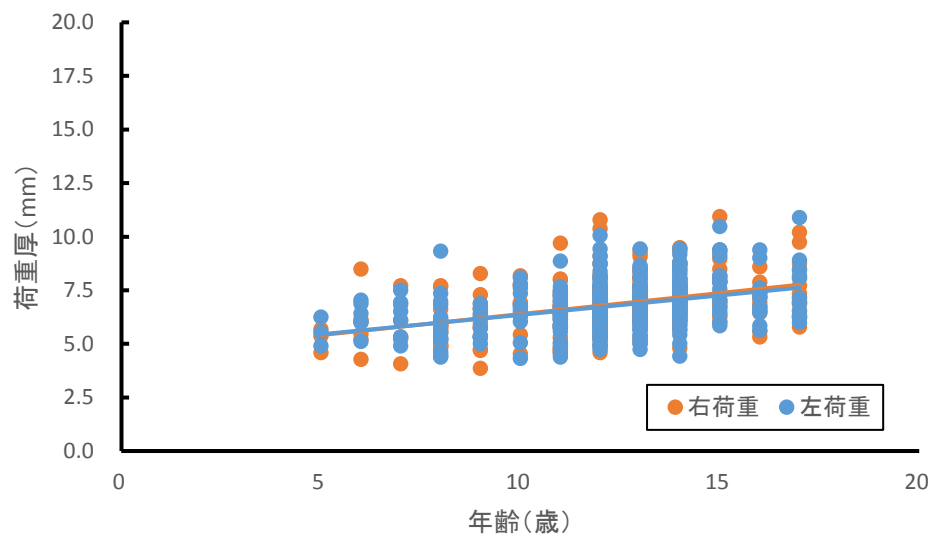


図 2-3 年齢と荷重厚

2-3-3.年齢と変化量の関連

左右の変化量（非荷重厚－荷重厚）についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.639$, $p<0.01$ 、左： $r=0.715$, $p<0.01$ ）（図 2-4）。

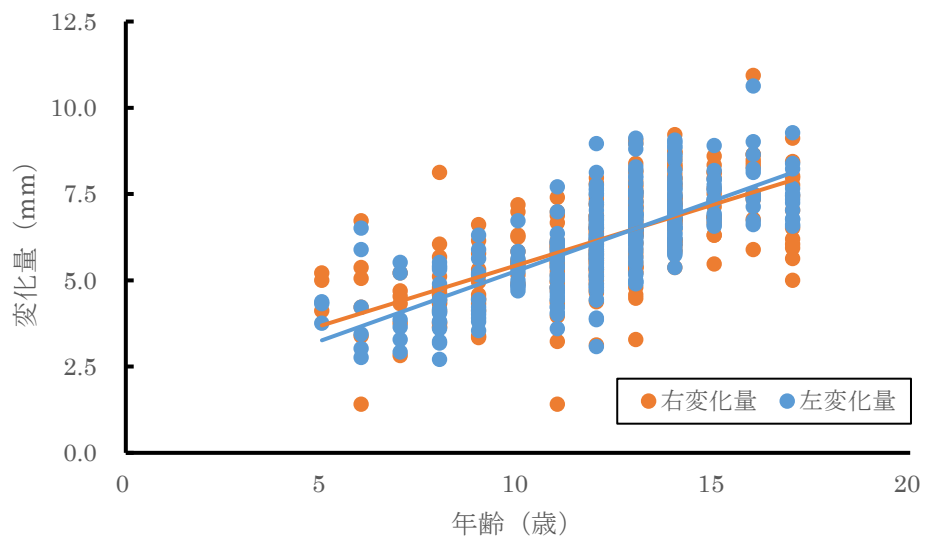


図 2-4 年齢と変化量

2-3-4.年齢と変化率の関連

左右の変化率（（変化量/非荷重厚）×100）についてそれぞれ年齢との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた

（右： $r=0.307, p<0.01$ 、左： $r=0.422, p<0.01$ ）（図 2-5）。

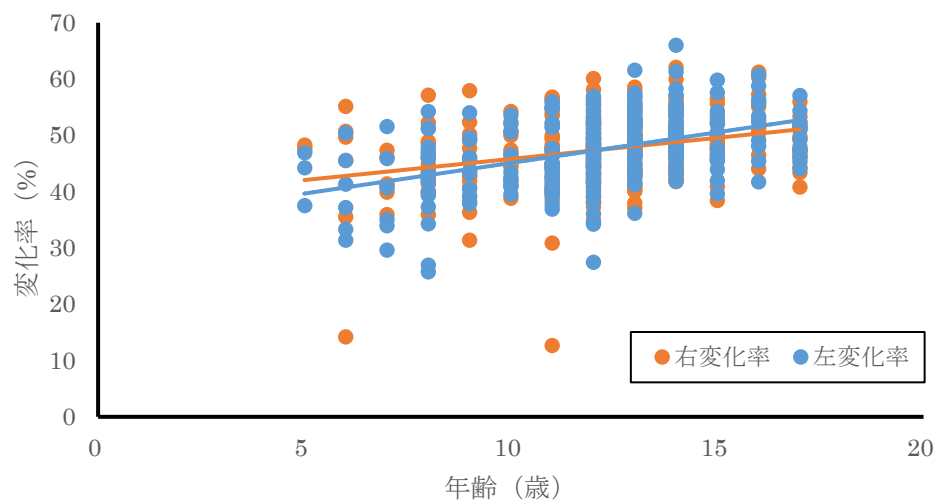


図 2-5 年齢と変化率

2-3-5.体重と非荷重厚の関連

左右の非荷重厚についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.712, p<0.01$ 、左： $r=0.744, p<0.01$ ）（図 2-6）。

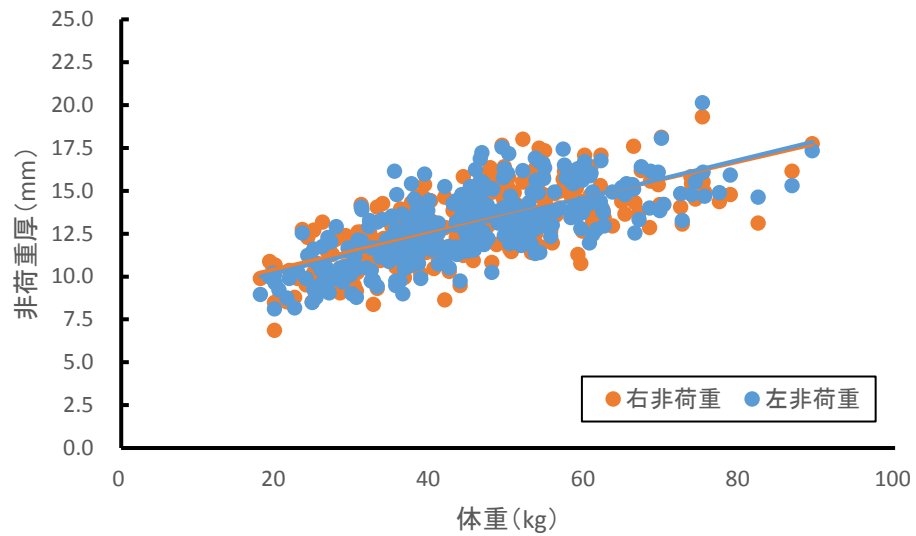


図 2-6 体重と非荷重厚

2-3-6.体重と荷重厚の関連

左右の荷重厚についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.508, p<0.01$ 、左： $r=0.501, p<0.01$ ）（図 2-7）。

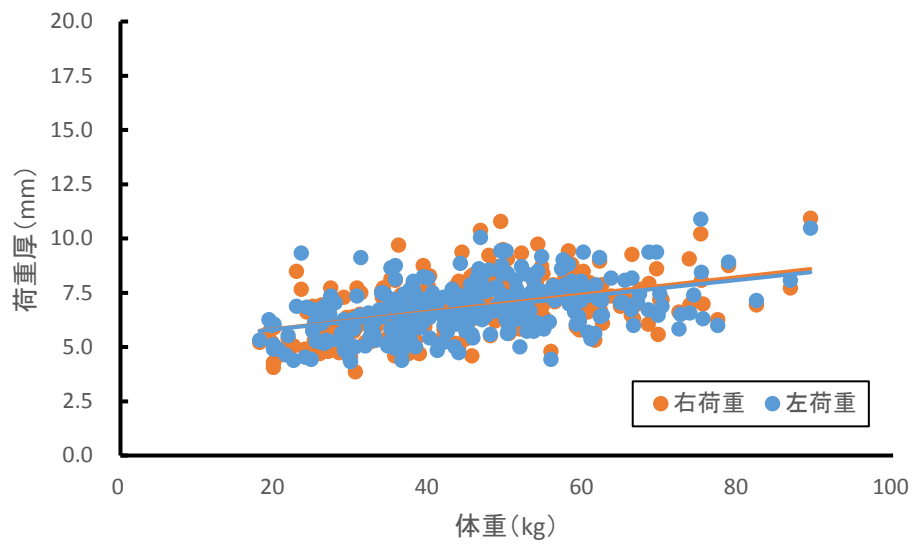


図 2-7 体重と荷重厚

2-3-7.体重と変化量の関連

左右の変化量（非荷重厚－荷重厚）についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた（右： $r=0.650$, $p<0.01$ 、左： $r=0.719$, $p<0.01$ ）（図 2-8）。

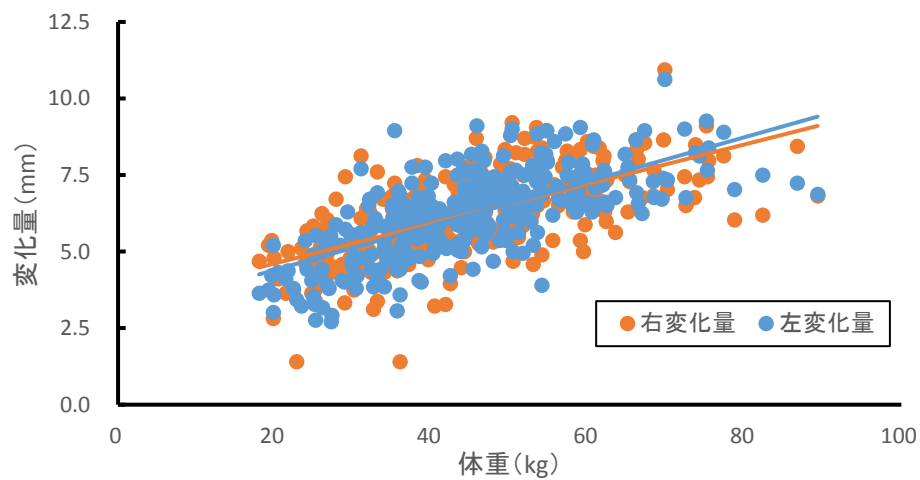


図 2-8 体重と変化量

2-3-8.体重と変化率の関連

左右の変化率（（変化量/非荷重厚）×100）についてそれぞれ体重との関連を検討した結果、左右ともに有意な正の相関が認められた

（右： $r=0.286, p<0.01$ 、左： $r=0.385, p<0.01$ ）（図 2-9）。

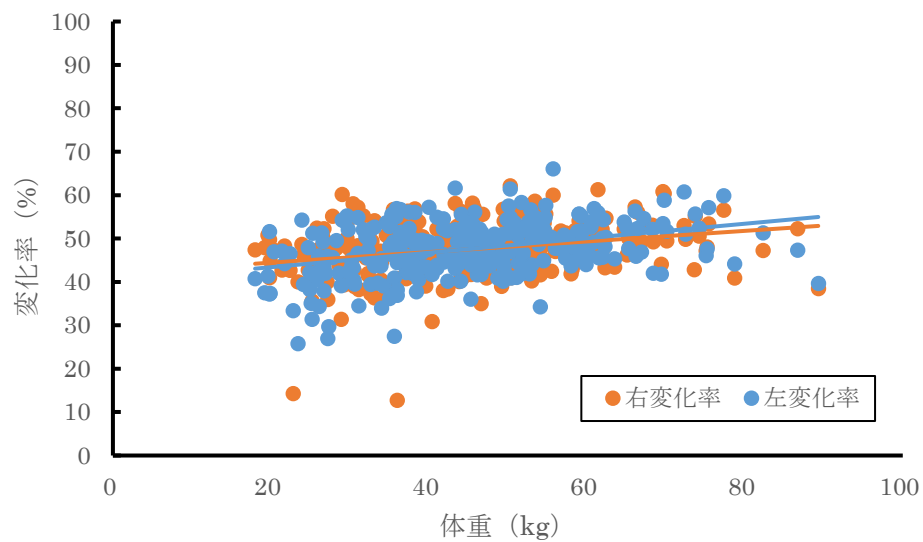


図 2-9 体重と変化率

2-3-9.重回帰分析

ステップワイズ法を用いて、重回帰分析を行った（表 1-2）。

右非荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.101 \times (\text{体重}) + 8.472, p < 0.01$, 寄与率 50.7%）。

左非荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.108 \times (\text{体重}) + 8.085, p < 0.01$, 寄与率 55.4%）。

右荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.039 \times (\text{体重}) + 5.028, p < 0.01$, 寄与率 25.8%）。

左荷重厚では、体重を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.039 \times (\text{体重}) + 4.992, p < 0.01$, 寄与率 25.1%）。

右変化量では、身長を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.045 \times (\text{身長}) - 0.630, p < 0.01$, 寄与率 43.1%）。

左変化量では、身長を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.051 \times (\text{身長}) - 1.541, p < 0.01$, 寄与率 53.9%）。

右変化率では、身長を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.100 \times (\text{身長}) + 32.375, p < 0.01$, 寄与率 10.7%）。

左変化率では、身長を独立変数とする有意な回帰式が得られた

（ $y=0.130 \times (\text{身長}) + 27.974, p < 0.01$, 寄与率 19.2%）。

表 2-2 重回帰分析の結果

従属変数	独立変数	B	β	p
右非荷重厚	体重	0.101	0.712	$p < 0.01$
左非荷重厚	体重	0.108	0.744	$p < 0.01$
右荷重厚	体重	0.039	0.508	$p < 0.01$
左荷重厚	体重	0.039	0.501	$p < 0.01$
右変化量	身長	0.045	0.657	$p < 0.01$
左変化量	身長	0.051	0.734	$p < 0.01$
右変化率	身長	0.100	0.328	$p < 0.01$
左変化率	身長	0.130	0.438	$p < 0.01$

2-4. 考察

発育期の踵部脂肪褥厚に関して、体格との関連を中心に検討を行った。年齢と体重のそれぞれで、有意な相関が認められた。さらに細かく関連因子の検討を行うために、重回帰分析を行った結果、非荷重厚、荷重厚、では体重が独立変数として残り、変化量、変化率に関しては、身長が独立変数として残った。

以上のことから、踵部脂肪褥厚に関しては、体重との関連が強いことが明らかとなった。研究 1 においても同様の結果が得られたことから、発育期において踵部脂肪褥厚が増加するのは、体重増加に伴う適応によるものだと推察される。

また、変化量、変化率に関しては重回帰分析において、身長が独立変数として残った。成人では身長が残らず、発育期で残った理由として身長が発育段階を表している可能性があり、発育によって脂肪褥の質的变化が生じている可能性がある。今後は PHV 年齢を分析に加えることで、脂肪褥厚やその物性を決定する要因が身長自体であるか、発育であるかを明らかにできると考えられる。

以上から、発育期の踵部の障害予防という点においては、急激な踵部への衝撃増加は障害リスクとなる危険性が示唆され、それを予防するためにも幼児期から適度な活動量を確保させ、踵部脂肪褥の厚さを十分に確保することが重要であると考えられる。

本研究の限界点としては、横断的な研究であったため、より正確に発育期における踵部脂肪褥厚の変化を捉えることはできなかった。そのためにも今後は縦断的な検討を行うことが必要であると考えられる。さらに活動量の違いによって踵部脂肪褥厚に差異があるのか、そして発育後の踵部脂肪褥厚に影響を及ぼすのかを検討することが求められる。以上

のことを検討することで、将来的な踵部の健康への関連因子を明らかに
することができると思う。

【研究 3】 男子大学生における踵部脂肪褥厚の検討-競技による比較-

3-1. 緒言

踵部脂肪褥は足底の衝撃を吸収する機能を有している。スポーツ現場において、様々な運動様式があるため、足底部に掛かる衝撃は競技種目によって違うことが予想される。また、足底腱膜炎、踵骨骨棘、踵骨疲労骨折などのスポーツ障害は、本格的に競技を行っている選手にとって、競技活動への大きな妨げとなる。このような点からも、踵部脂肪褥が果たす役割は少なくないと推察される。

研究 1 の結果から、体重が踵部脂肪褥厚を決定する強い因子であることが示唆された。この結果から、踵部への衝撃が大きくなれば、その適応として踵部脂肪褥が厚くなる可能性が推察された。また、研究 2 では、成長とともに変化率という質的变化が生じていたことから、スポーツにおける負荷でも質的变化を生じる可能性が推察される。以上のことから、踵部への衝撃の強さが異なる様々なスポーツ競技でも踵部脂肪褥厚に差異があることが予想される。

しかしながら、これまでは踵部脂肪褥厚を競技別に比較した検討はない。競技毎の踵部脂肪褥厚を比較することで、それぞれの競技での踵部の障害リスクの大きさや予防、治療の一助となる可能性がある。また、競技毎に体格は異なるため、正確に競技の影響を検討するためには、体重の影響を排除する必要があると考える。

本研究では、運動様式の異なる 5 つの競技と特定の競技に偏らない一般群を加えた、6 群で体重の影響を排除した上で、踵部脂肪褥厚を検討し、それぞれの競技における特徴と、影響する因子を明らかにすることを目的とした。

3-2.方法

3-2-1.対象

対象は男子大学生 115 名であり、競技における内訳は、柔道群 30 名、アメリカンフットボール（以下アメフト）群 15 名、相撲群 7 名、陸上長距離（以下長距離）群 19 名、バスケットボール（以下バスケ）群 28 名、対照としての一般群 16 名である。

なお本研究は早稲田大学「人を対象とした研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

3-2-2.測定項目

基本項目

研究 1 と同様に、基本項目として、年齢、性別、身長、体重を収集した。以下に競技毎の平均値±標準偏差を示す（表 3-1）。

表 3-1 各競技における基本項目

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
相撲(n=7)	21.6±0.5	173.0±6.6	107.0±15.1
柔道(n=30)	20.2±1.1	174.0±5.0	71.3±14.7
アメフト(n=15)	20.1±1.1	173.5±4.6	81.1±12.0
バスケ(n=28)	20.3±1.2	180.0±7.6	77.7±8.0
長距離走(n=19)	19.1±1.0	171.2±5.2	57.3±5.6
一般(n=16)	21.2±1.2	169.1±3.7	65.2±6.1

踵部脂肪褥厚

研究 1 と同様の方法で、左右の踵部脂肪褥厚を非荷重位と荷重位にて測定し、変化量（非荷重厚－荷重厚）、変化率（（変化量/非荷重厚）×100）を算出した。

3-2-3.統計処理

統計処理には SPSS Statistics 21（IBM 社）を用いた。競技内における体重との関連には競技間における左右それぞれの非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率を比較した。比較には体重を共変量とした、共分散分析を行い、多重比較検定として Bonferroni 法を用いた。有意水準は 5%未満とし、5%以上 10%未満を傾向ありとした。

3-3.結果

3-3-1.右非荷重厚

右足の非荷重厚において体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、柔道群はアメフト群に比べ有意に低値であり、相撲群はその他 5 群と比べ、有意に高値であった。(図 3-1)

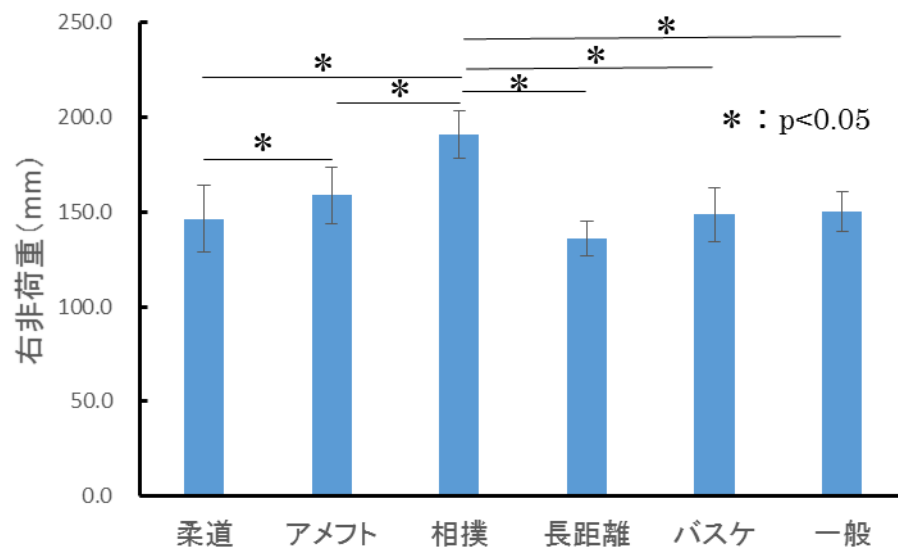


図 3-1 右非荷重厚

3-3-2. 左非荷重厚

左足の非荷重厚において体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、相撲群はその他 5 群と比べ、有意に高値であり、長距離群はその他 5 群に比べ有意に低値であった（図 3-2）。

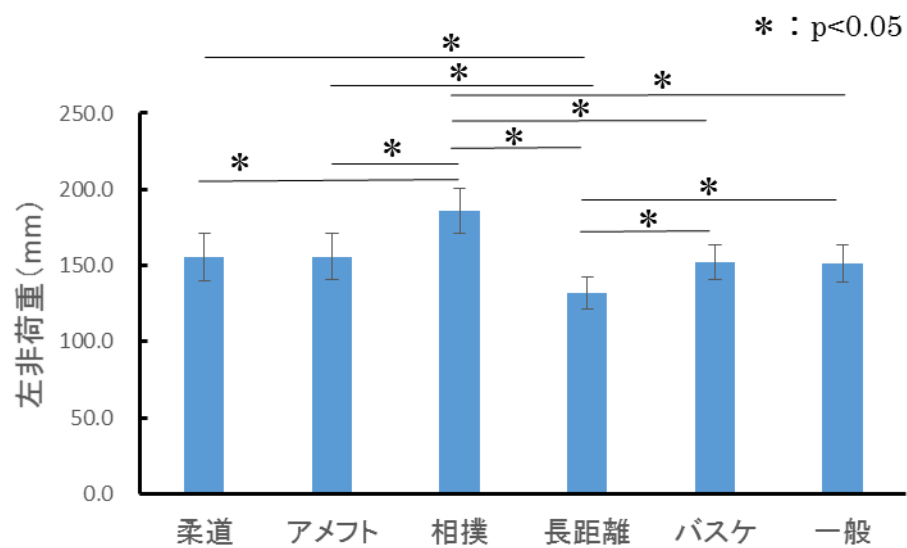


図 3-2 左非荷重厚

3-3-3.右荷重厚

右足の荷重厚において体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、相撲群はその他 5 群と比べ、有意に高値であり、一般群がバスケット群に比べ、有意に高値であった（図 3-3）。

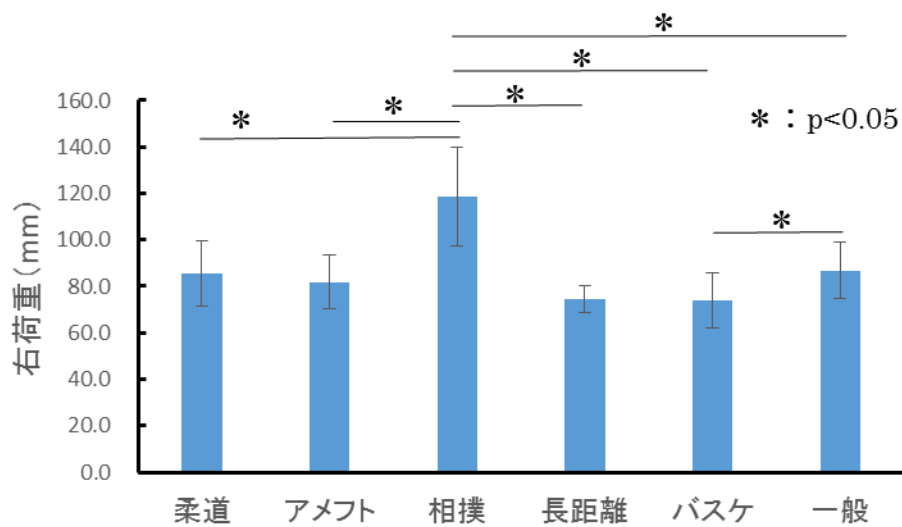


図 3-3 右荷重厚

3-3-4.左 荷 重 厚

左足の荷重厚において体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、相撲群は一般群を除く 4 群に比べ有意に高値であった。柔道群と一般群はバスケ群に比べ有意に高値であった（図 3-4）。

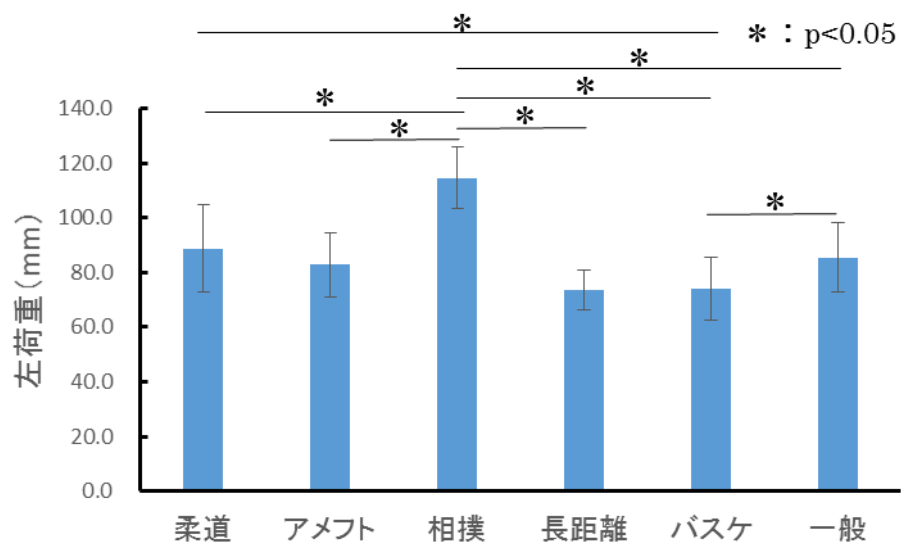


図 3-4 左 荷 重 厚

3-3-5.右変化量

右足の変化量（非荷重・荷重）を6群間で体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、アメフト群は柔道群と長距離群と一般群に比べ有意に高値であった。バスケ群は柔道群と長距離群に比べ有意に高値であった（図3-5）。

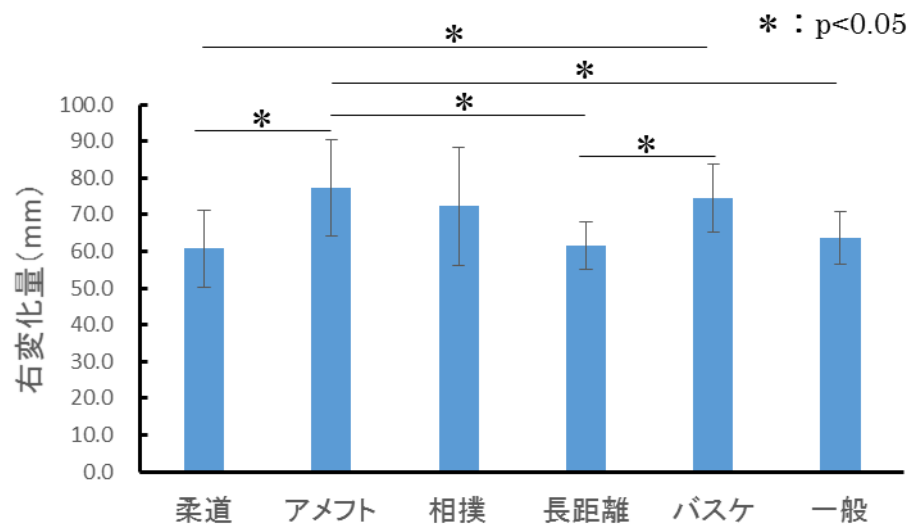


図 3-5 右変化量

3-3-6.左変化量

左足の変化量（非荷重・荷重）を6群間で体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、アメフト群は長距離群に比べ、有意に高値であった。バスケ群は柔道群、長距離群、一般群に比べ有意に高値であった（図3-6）。

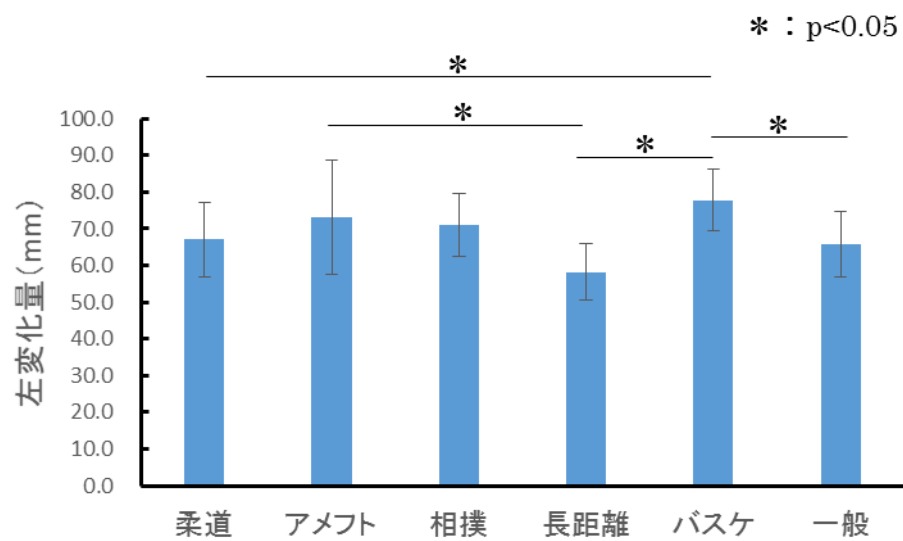


図 3-6 左変化量

3-3-7.右変化率

右足の変化率（（変化量/非荷重厚）×100）を6群間で体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、アメフト群は柔道群、相撲群、一般群に比べ有意に高値であった。バスケ群は柔道群、相撲群、長距離群、一般群に比べ、有意に高値であった（図3-7）。

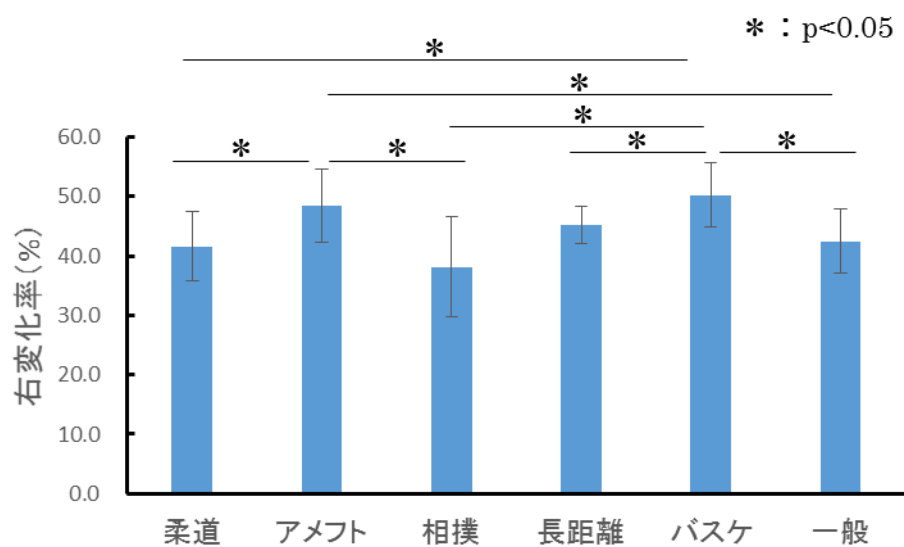


図 3-7 右変化率

3-3-8.左変化率

左足の変化率（（変化量/非荷重厚）×100）を6群間で体重を共変量とした、共分散分析を行った結果、バスケ群は柔道群、相撲群、長距離群、一般群に比べ有意に高値であった（図3-8）。

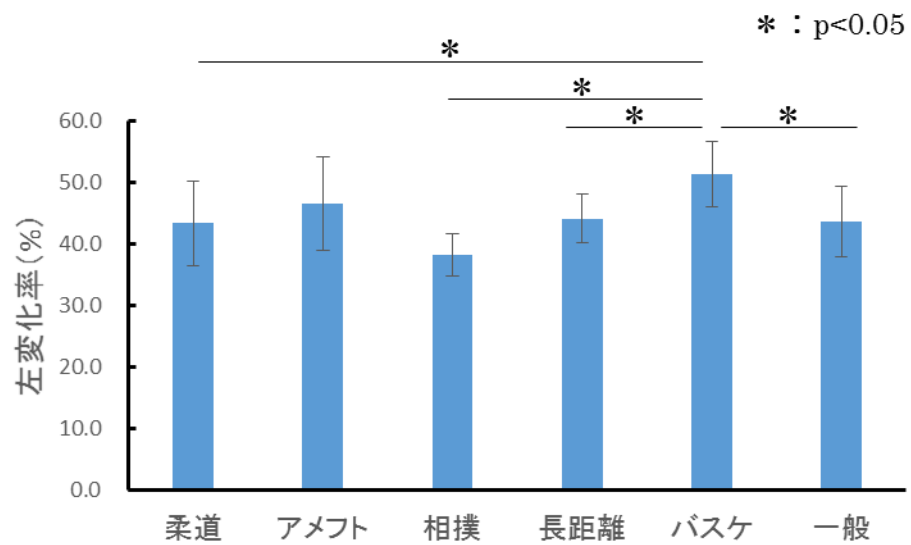


図 3-8 左変化率

3-4. 考察

各競技において体重との関連を検討したところ、アメフト群の左荷重厚、バスケ群での左非荷重厚、左右荷重厚を除き、その他では有意な関連性は認められなかった。全体で体重との関連を検討したところすべての項目で正の有意な相関が認められた。また、体重の因子を除き、競技間で踵部脂肪褥厚を検討したところ多数の競技の間で有意な差が認められた。このような結果から、競技による因子と体重による因子を比べた際には、競技における因子の方が踵部脂肪褥に与える影響が大きいことが推察された。細かく注目してみると、非荷重厚、荷重厚においては、他に比べ相撲群での厚さが高値であることが際立っていた。相撲は高重量の選手が裸足で行い、かつ土の上で行う競技である。ランニングシューズと裸足での片脚着地動作の際の踵部脂肪褥厚の変化を比較した先行研究では、ランニングシューズ使用の方が、踵部脂肪褥厚の変化率が小さいと報告されている（秋山ら,2013）。その為、裸足ではシューズなどの道具による足底部への衝撃の緩和ができず、他の競技に比べ大きな圧力が加わることが推察される。また同様に柔道に関しても裸足で行われる競技であるが、こちらは畳の上で行うスポーツである。畳では板に比べ、衝撃力が半分近くになるという報告ある（徳田ら,1974）。相撲群と柔道群の間においても差は認められたが、それは土と畳という異なるサーフェスの影響が考えられる。

荷重変化率については、バスケ群で両側において高い値を示した。バスケットボールは、ジャンプ動作が繰り返される競技であり、着地の際に繰り返し大きな圧力がかかる。これが高い変化率と関連している可能性が予想される。変化率が高いということは、より押し潰されるということであり、他の競技に比べ、踵部脂肪褥の軟性が高いことが予想され

る。しかし、この軟性の高さは、繰り返される着地衝撃によって組織の変化が起こったものなのか、衝撃吸収をするための適応として起こったことなのかという因果関係については不明であり、今後更なる検討が必要であると考ええる。

また、荷重厚に関わる因子として、皮膚の硬さも影響を及ぼしていると考えられる。皮膚が硬いことにより荷重した際の変化が小さくなる可能性があり、特に裸足で行う柔道や相撲はシューズを履いている競技に比べて、より皮膚が硬質化している可能性がある。柔道や相撲での変化率の低さは、脂肪褥の変化だけではなく、この皮膚の硬度による影響も考えられる。

【研究 4】 運動前後における踵部脂肪褥の変化について

4-1.緒言

42.195km を走るフルマラソンは非常に過酷な競技であり、身体が受ける負担は大きい。特に足底部は、走行中常に衝撃を受け続けるため、負担が大きいと考えられる。長距離走におけるピッチは毎分約 160~200 歩前後であり（檜村ら.2005）、仮に 3 時間で走り終えたとすると、約 29000~36000 回もの接地動作を行っている計算となる。ランナーに多く発症する踵部の障害としては、足底腱膜炎や踵部脂肪褥炎・踵骨骨棘形成などがあげられる。これらはいずれも踵部への衝撃や、負担が発症因子になるとも言われている（Kumai T.et al.2002:McCarthy DJ.et al.1979）。特に長距離走では踵接地のランナーが大半を占めており、約 90%との報告がある（Kasmer.et al.2013）（Larson.et al.2011）。このような観点からも踵部への衝撃を軽減させることが、障害予防の観点において重要であると考えられる。そのため、フルマラソンを通して踵部脂肪褥が持つ衝撃吸収能はランナーの負担を軽減するのに重要な役割を果たすことが考えられる。

以上のことからフルマラソンにおいては長時間に及び踵部脂肪褥に衝撃を受けることが考えられ、その影響で踵部脂肪褥の構造や性質が変化している可能性が考えられる。しかしながらフルマラソン前後において踵部脂肪褥を検討した研究はなされていない。そこで本研究ではフルマラソンの前後における、踵部脂肪褥厚を検討し、その変化を明らかにすることを目的とした。

4-2.方法

4-2-1.対象

対象は一般参加可能なフルマラソン大会に出場した大学生男女 10 名 10 足であった。本研究では右足のみを測定対象とした。

なお本研究は早稲田大学「人を対象とした研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

4-2-2.測定項目

基本項目

基本項目として、年齢、性別、身長、体重、レースタイムを収集した。以下にそれぞれの平均±標準偏差を示す（表 4-1）。

表 4-1 基本項目

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	レースタイム(min)
全体(n=10)	20.6±1.3	168.1±8.4	57.6±5.2	250.7±37.7
男性(n=6)	20.8±1.3	173.8±4.3	60.4±3.1	243.1±42.2
女性(n=4)	20.3±1.1	159.5±5.1	53.3±4.8	262.1±25.9

踵部脂肪褥厚

研究 1 と同様の方法で、踵部脂肪褥厚を非荷重位と荷重位にて測定し、変化量（非荷重厚－荷重厚）、変化率（（変化量/非荷重厚）×100）を算出した。

測定は、フル馬拉ソンの 2 日前（pre）とフル馬拉ソン直後（post）に行った。post 測定は全てゴール直後 1 時間以内であった。

4-2-3.統計処理

統計処理には SPSS Statistics 21（IBM 社）を用いて、非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率それぞれの pre 値と、post 値において、対応のある t 検定を行った。有意水準は 5%未満とし、5%以上 10%未満を傾向ありとした。

4-3. 結果

4-3-1. フルマラソン前後における非荷重厚の変動

非荷重厚を pre 値と post 値を比較した結果、有意な差は認められなかった ($p=0.694$) (図 4-1)。

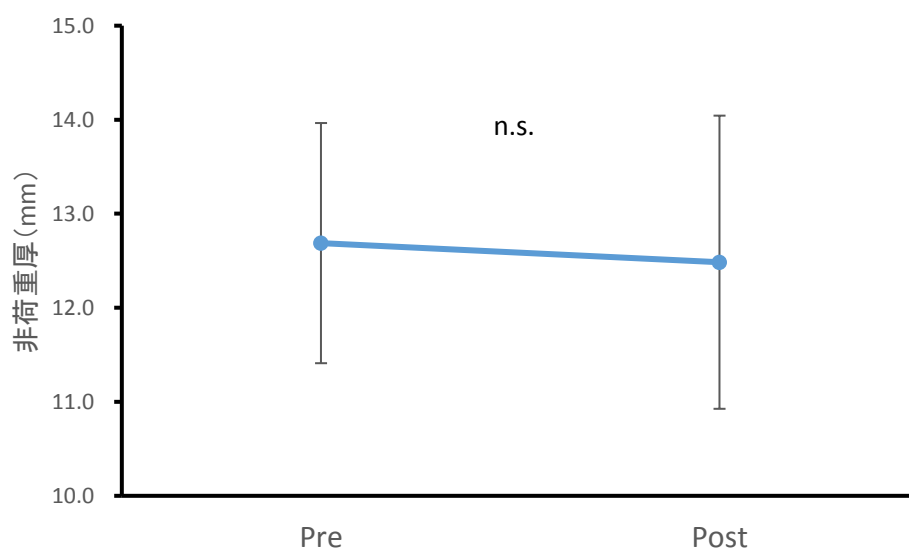


図 4-1 非荷重厚

4-3-2.フルマラソン前後における荷重厚の変動

荷重厚を pre 値と post 値を比較した結果、post 値の有意な低下が認められた ($p=0.046$) (図 4-2)。

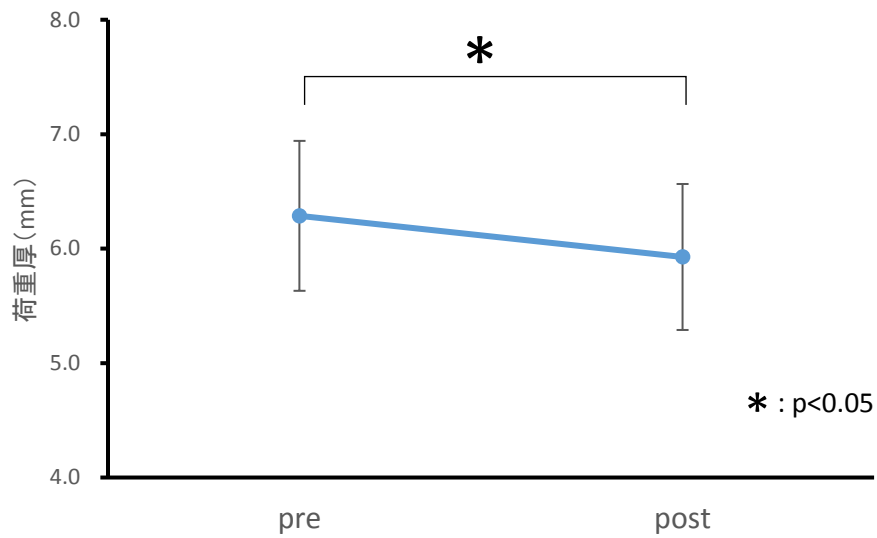


図 4-2 荷重厚

4-3-3.フルマラソン前後における変化量の変動

変化量（非荷重厚－荷重厚）を pre 値と post 値を比較した結果、有意な差は認められなかった（ $p=0.729$ ）（図 4-3）。

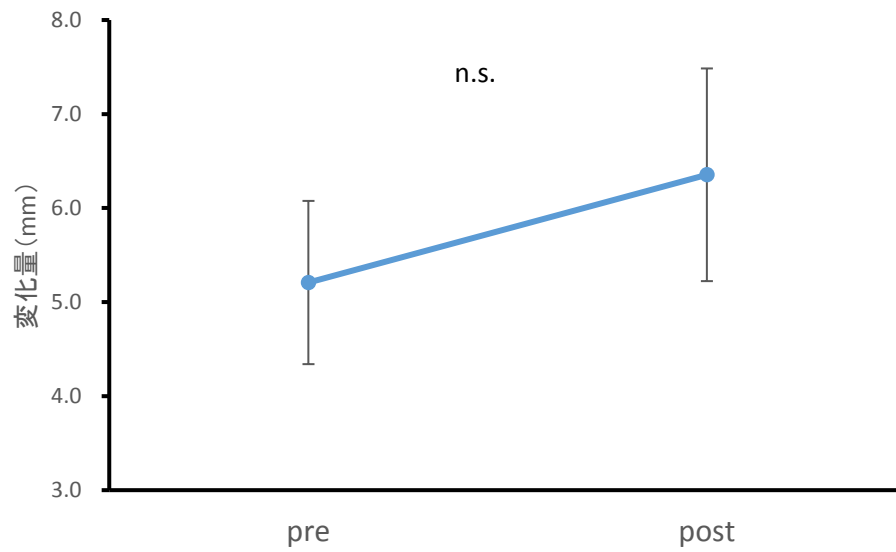


図 4-3 変化量

4-3-4.フルマラソン前後における変化率の変動

変化率((変化量/非荷重厚)×100)を pre 値と post 値を比較した結果、有意な差は認められなかった (p=0.278) (図 4-4)。

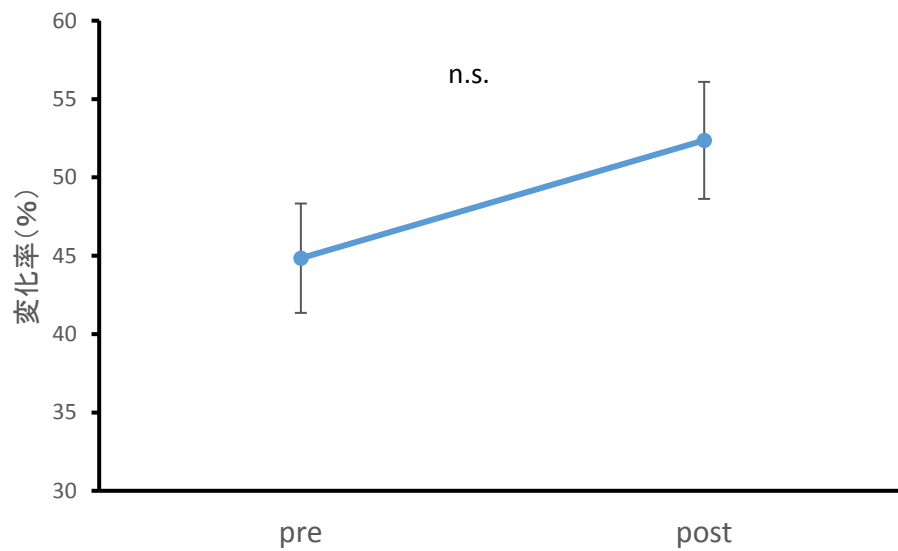


図 4-4 変化率

考察

本研究では、フル馬拉ソン前後における踵部脂肪褥厚の変動を検討した。なお、研究 3 における長距離走群において踵部脂肪褥の左右差を検討したところ、非荷重厚、荷重厚、変化量、変化率の全ての項目において、有意な差が認められなかったため、本研究においては、右足のみの検討とした。

非荷重厚、変化量、変化率では有意な差は認められなかったが、荷重厚でフル馬拉ソン後の有意な低下が認められた。非荷重厚で変化がみられず、荷重厚のみで低下がみられたことから、踵部脂肪褥の軟性が増大していることが考えられる。フル馬拉ソンは高いレベルの選手でもゴールするまでに 2 時間以上を要するスポーツであり、基本的には途中で休息することや、ジャンプ動作や繰り返し動作などの動作の変化も無く、同じ負荷を同じ部位に長時間受け続ける。長距離走における接地時の鉛直方向の地面反力は体重の約 3 倍と報告されており（阿江ら,1984.）、踵部脂肪褥が受ける負荷は非常に大きくなることが推察される。踵部脂肪褥は多数の中隔を持った脂肪組織であるが、この長時間に及ぶ負荷によって、軟性が増大したことが予想される。そしてこの軟性の増大が、プローブを押し当てた際の荷重厚の低下として現れた可能性が示唆された。

また、非荷重厚で有意差が認められなかったのは、脂肪褥内部が構造的に変化したわけではなく、軟性という質的な変化によって、もたらされたものであることが予想される。しかしながら、本研究では統計的に有意な差は認められなかったものの、非荷重厚もフル馬拉ソン後は低値に変化するような動きが見られたため、構造的な変化も少なからず、起きていることが考えられる。

変化量と変化率に統計的な差が見られなかったのは上述したように荷

重、非荷重の両方において数値の低下は見られたが、荷重厚では統計的な差が示されたのに対し、非荷重厚では統計的な差が示されなかった影響もあるのではないかと考えられる。これらは今後対象数を増やすことにより、非荷重厚の変化が見られる可能性が考えられる。

第 3 章 総合考察

研究 1～4 を通して、踵部脂肪褥の特徴を明らかにするために、年齢、体格、発育期、運動の種類や運動前後での検討を行った。

年齢に関しては、本研究では明確な因子として明らかにすることはできなかった。しかしながら、加齢による PHP の発生も報告されており、構造的な厚さ以外にも、踵部脂肪褥の質的な因子として、軟性や弾性、についても検討する必要性が考えられる。

踵部脂肪褥の厚さを決定する因子として関連性が強いものに、体重があげられた。体重は年齢や競技に関わらず、踵部脂肪褥厚に影響する最も強い要因であり、これは踵部下にかかる衝撃に対する適応によるものであることが推察された。しかしながら、その適応がどのように発生していくのかということは明らかにできなかった。この適応において、体重の増加と並行して脂肪褥厚の増加が起こるとは考えにくいため、体重が増加し、その適応として脂肪褥厚も増加すると考えられる。そのため、急激な体重増加は踵部脂肪褥の適応が追いつかず、体重に対して必要なクッション機能を獲得できておらず、それが PHP のリスクとなる可能性が示唆される。今後の検討事項として、体重増減の前後における踵部脂肪褥厚の追跡が必要であると考えられる。

また、競技の違いも踵部脂肪褥厚に関わる因子として、あげられた。これは競技によって、踵部への衝撃の大きさが異なることが影響していると考えられ、競技毎の動作の違いに加えて、サーフェスやシューズ、インソールなどの環境的な因子の関連も示唆された。裸足で行う競技では、皮膚の軟性や弾性にも違いがあると考えられるため、超音波診断装置での測定では組織の硬度を反映しないことから、その影響も示唆された。これらの影響を完全に排除することは本研究においては不可能であった。今後の検討事項として、同様の種目におけるサーフェスの違いや

シューズなどの道具の違いについても関連性の検討が必要であると同時に、皮膚の硬度や脂肪褥自体の硬度についても評価する必要があると考えられる。

フル馬拉ソン前後における踵部脂肪褥厚の変動は、フル馬拉ソン後の荷重厚においてのみ低下が認められた。このことから繰り返し受ける衝撃によって踵部脂肪褥の衝撃吸収能が一時的に低下する可能性が示唆された。特に軟性や硬度などの質的な変化が発生すると考えられ、今後そのような質的な変化を定量化して検討することが必要である。また、フル馬拉ソンだけではなくその他の運動においても同様に変化するか検討し、競技の違いにおける運動前後の変動についても検討することで、競技毎のリスクを明らかにすることができると考えられる。

第 4 章 結 論

踵部脂肪褥厚は、体重と正の相関がある。

運動競技によって踵部脂肪褥厚に差異があり、これは動作や環境など違いによるものであることが示唆された。

フルマラソン後は、荷重した際の踵部脂肪褥厚が薄くなり、衝撃吸収能が低下している可能性があり、それを補う処置が望ましい。

以上から、踵部脂肪褥の厚さは踵部へのメカニカルストレスに起因することが明らかになり、それは長期的な構造の変化をもたらすが、運動前後における一時的な変化も生じることが示された。

参考文献

Jorgensen U,Bojsen-Moller F.Shock absorbency of factors in the shoe/heel interaction—with special focus on role of the heel pad.*Foot Ankle*.9:294-299.1989.

Jorgensen U,Ekstrand J.Significance of heel pad confinement for the shock absorption at heel strike.Int J Sports Med. 9:468-473.1988.

Kasmer Mark E,Liu Xue-cheng,Roberts Kyle G,Valadao Jason M.Foot-strike pattern and performance in marathon.International journal of sports physiology and performance.8:286-292.2013.

Kinoshita H, Peter R. Francis. Tomohiko Murase Satoru Kawai Takenori Ogawa. The mechanical properties of the heel pad in elderly adults. Eur J Appl Physiol. 73:404-409.1996.

Kumai T,Benjamin M.Heel spur formation and the subcalcaneal entheses of the plantar fascia.J Rheumatol. 29:1957-1964.2002

Lapidus PW,Guidotti FP.Painful heel:report of 323 patients with 364 painful heels.Clin Orthop Relat Res.39:178-186.1965.

Larson Peter,Higgins Erin,Kaminski Justin,Decker Tamara,Preble Janine,Daniela Lyons,Mcintyre Kevin,Normile Adam,Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race.Journal of Sports Science.29(15):1665-1673.2011.

McCarthy DJ,Gorecki GE.The anatomical basis of inferior calcaneal lesions.A cryomicrotomy study.J Rheumatol. 69:527-536.1979

Pfeffer GB.Plantar heel pain.*Instr Course Lect.* 50:521-531.2001.

Pfeffer GB.Plantar heel pain.Instr Course Lect.50:521-531.2001.

Prichask S,Subhadrabandhu T.The relationship of pes planus and calcaneal spur to plantar heel pain.Clin Orthop Relat Res.306:192-196.1994.

Prichask S.The heel pad in plantar heel pain.J Bone Joint Surg Br.76:140-142.1994.

Riddle DL,Pulisic M,Pidcoe P,Johnson RE.Risk factors for plantar fasciitis:a matched case control study.J Bone Joint Surg Am.85:872-877.2003.

Rome K,Webb P,Unsworth A,Haslock I.Heel pad stiffness in runners with plantar heel pain.Clin Biomech(Bristol,Avon). 16:901-905.2001.

Scher DL,Belmont PJ Jr,Bear R,Mountcastle SB,Orr JD,Owens B D.The incidence of plantar fasciitis in the United States Military.J Bone Joint Surg Am.91:2867-2872.2009.

Taunton JE,Ryan MB,Clement DB,McKenzie DC,Lloyd-Smith DR,Zumbo BD.A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries.Br J Sports Med.36:95-101.2002.

阿江通良,横井孝志,宮下憲,大木昭一郎,渋谷侃二,橋原孝博.疾走中の地面反力の変化－疾走速度増大による影響.日本体育学会第35回大会,1984.

樫村修生,中井誠一.中年ランナーにおける夏季ランニング時の体重減少の実態－特に水分補給の面から－.日生氣誌.42(4):137-144.2005.

秋山圭,深野真子,福林徹.片脚着地時における踵部脂肪体厚変化.日本臨床スポーツ医学.21:664-669.2013.

中村耕三.整形外科臨床パサージュ 9足の痛みクリニカルプラクティス.中山書店.2011

田中尚喜.腰痛・下肢痛のための靴選びガイド.日本医事新報社.47-49.2004.

徳田喜平,竹田完治.柔道投技における衝撃に関する研究.武道学研究.7:54-55.1974.

矢部裕一郎,加藤哲也,田中尚喜.踵部脂肪褥炎(heel pad lesion)の治療.靴の医学.17:60-66.2003

謝 辞

本論文の作成にあたり、多くの方々のご指導、ご支援を賜りました。指導教員の鳥居先生には学部から数え、5年近くもの期間に渡りご指導いただきました。沢山の事を学び、経験させていただいたことは人生の財産です。副査を快諾していただきご助言いただいた金岡先生、広瀬先生にもこの場を借りて厚く御礼申し上げます。また鳥居研の戸島助手にも2年間丁寧なご指導をいただき、大変お世話になりました。

大伴助手、飯塚さんのお二人には鳥居研の先輩というお立場から修士論文含め、様々なことでお世話になりました。修士のみの研究室において、お二人のご助言、サポートは非常に有り難いものでした。

研究室の同期、後輩の皆様にも大変お世話になりました。皆様の支えがあったからこそ、修士論文の作成にも集中することができ、そして毎日を楽しく過ごすことができました。

また本研究では被験者や協力者を含め、延べ1000名を超える方々にご協力いただきました。これは私一人の力では決して成し得なかったことです。これまでの人生においてこれほど多くのご助力をいただき、感謝を感じたことはありません。この場を借りて全ての方々へ感謝を述べさせていただきますと思います。

最後に私の大学院進学を支え、応援してくれた家族に感謝を申し上げたいと思います。少しづつでも恩返しができるようこれからも精進いたします。本当にありがとうございました。