

滑り止め機能を有するソックスがフェンシングおよびバスケットボール競技の敏捷性能力に及ぼす効果

WADA, Takemasa / 伊藤, マモル / 小坂, 博信 / 上岡, 尚代 / 泉, 重樹 / 和田, 武真 / 藤野, 大樹 / ITO, Mamoru / KOSAKA, Hironobu / KAMIOKA, Naoyo / IZUMI, Shigeki / FUJINO, Daiki

(出版者 / Publisher)

法政大学体育・スポーツ研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学体育・スポーツ研究センター紀要 / 法政大学体育・スポーツ研究センター紀要

(巻 / Volume)

31

(開始ページ / Start Page)

13

(終了ページ / End Page)

23

(発行年 / Year)

2013-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00008750>

滑り止め機能を有するソックスがフェンシングおよびバスケットボール競技の敏捷性能力に及ぼす効果

The effect that nonskid functional socks give to the agility of the fencer, basketball

伊藤 マモル (法政大学法学部)
Mamoru Ito, PhD
小坂 博信 ((株) ゴールドウイnteクニカルセンター開発部)
Hironobu Kosaka
上岡 尚代 (了徳寺大学健康科学部)
Naoyo Kamioka
泉 重樹 (法政大学スポーツ健康学部)
Shigeki Izumi
和田 武真 (日本フェンシング協会)
Takemasa Wada
藤野 大樹 (国際武道大学大学院)
Daiki Fujino

Key words : Fencing, Basketball, Nonskid functional socks, Agility
キーワード：フェンシング、バスケットボール、滑り止め機能ソックス、敏捷性

Abstract:

The purpose of this study is to investigate and find a method to improve the agility of an athlete. Therefore I am studying agility when I wore nonskid functional socks (TS).

The subjects were made up of 12 men and women who compete in fencing, along with 33 men and women basketball players. The subjects are the top athlete of the university student body.

Agility of fencing and basketball skill test items were Side step, Marche & Romp, Step 50, Circle dribble, Vertical jump.

Comparing regular socks with TS commercial sports socks (NS) the measurements were taken at intervals of three minutes and carries it out for four repetitions. TS and NS change during each measurement of activity for each individual athlete.

Result are as follows:

Wearing TS socks, agility improved. Furthermore, the possibility that TS did not reduce agility was suggested even as I felt fatigue beginning to set in addition, the possibility that the triple support function that TS had prevented foot and ankle injury was suggested.

However, the effects of condition setting of TS need to be clearer if the subject is to wear it properly. On the surface, the subject aligned it, and admitted needing to examine the characteristics, including the grounding state of the sole better.

論文要旨

本研究ではスポーツ選手の敏捷性を向上させるための手段を模索する観点から、シューズ内の滑りを抑制したソックス (Technical Grip Socks: 以下、TS) の着用が敏捷性能力に及ぼす効果を検証した。被験者は大学体育会に所属するフェンシング選手男女12人、バスケットボール選手男女33人であった。測定項目は、反復横跳び、マルシェ・ロンペ、ステップ50、サークルドリブル、垂直跳びであった。TSと比較したソックスは市販のスポーツソックス (以下、NS) であった。測定はインターバル3分で4回実施し、TSとNSを1回ごとに履き替えさせた。

その結果、TSの着用は、敏捷性を向上させ、疲労感が高まっている時であっても、敏捷性を低下させない可能性が示唆された。また、TSが有するトリプルサポート機能は足部に生じる傷害を予防する可能性が示唆された。しかし、TSの効果をより明確にするならば、被験者の条件設定や被験者が使用しているスポーツシューズを詳細に調べるとともに、サーフェイスおよび被験者のアライメントや足裏の接地状態などの特徴についても検討する必要性を認めた。

I. 緒言

瞬時に間断なく攻撃と防御のターンオーバーが必要とされるフェンシングやバスケットボールでは、持続的に素早い動作の切り替えが起こり、それが常時反復されるため、いわゆる敏捷性やアジリティ能力が重視される。このような競技特性は多くのスポーツ種目においても必要不可欠である。特に対人競技では、相手との駆け引きがある中で身体を思いのままに素早く移動または方向転換しなければならぬ。この敏捷性機能を高めるためには、身体の構造、体力、運動能力、技術などの様々な要因があり、数多くのトレーニング方法が考案され検討されている。

他方、敏捷性に及ぼす影響が大きいと考えられる要因にサーフェイスなどのスポーツを実施するための環境条件ならびにシューズやソックスなどの用具があげられる。サーフェイスに関する研究では、運動のしやすさ、疲労、安全性の観点からサーフェイスを評価するための測定方法や材質などが検討されている¹²⁾。また、屋外のスポーツサーフェイスで行われるスライディング動作時に生じる傷害予防の観点を含めた滑りに関する評価方法の検討³⁾や着地動作におけるスポーツ舗装材の圧縮変形と滑り摩擦による総合緩衝特性に関するスポーツシューズとサーフェイスに関する検討⁴⁾などがある。

サーフェイスとともに敏捷性や瞬発力などを左右する重要な用具であるスポーツシューズがパフォーマンスに及ぼす影響が大きいことは言うまでもない。シューズに関する研究では、複合的な歩行やランニングの着地動作時の足関節運動を観察した結果としてスポーツシューズの有効性が確認され⁵⁾、スポーツシューズにはランニングシューズの力学特性の測定と評価⁶⁾、衝撃吸収の効果⁷⁾などを含めた障害予防とパフォーマンスを向上させる機能が備わっている⁸⁾。また、20歳代を中心とするランナーは衝撃緩衝性、安定性、フィット性、軽量性などの機能を重視し、購入時には機能性と価格設定の一致、デザイン性やメーカーなどが目安にされており⁹⁾、スポーツシューズに対する高機能性やカスタマイズによる個々を配慮した最適化など、その要求は益々高まっていると言える¹⁰⁻¹¹⁾。

近年ではスポーツソックスに関しても市場からの要求は多彩な機能に及んでいる。それらはスポーツ種目やその用途によっても異なるが、耐久性、通気性、フィット感、肌触り感、素材感などの着用性能や快適性に留まらず、敏捷性や瞬発力などの高機能化を踏まえた運動能力の向上までも至る。このようなスポーツに有効と考えられる機能を有したソックスは、一般に機能性ソックスと呼ばれており、現在、その主流と思われるのは、下肢の静脈循環障害や浮腫を伴う疾患への保存療法に用いられる医療用具として使用されていた段階的圧迫機能を持つ弾性圧迫ストッキングを応用したソックスである¹²⁻¹⁶⁾。一方、別の視点からソックスの機能を高めた製品を検証した研究も散見する。三

村らは¹⁷⁾、キネシオテープやスパイラルテープなどのいわゆる伸縮性テープの理論をソックスに応用したテーピングソックスと従来の市販ソックスを体力測定とトレッドミルによる運動負荷テストで比較し、テーピングソックスの優位性を報告している。中務らは¹⁸⁾、ソックス形状およびインソール表面摩擦がシューズ歩行に及ぼす影響を検討し、疲労軽減効果が期待できることを示している。

しかしながら、多くのスポーツ競技に必要とされる敏捷性機能に関して、機能性ソックスが有効であったかどうかを示唆する原著論文は、検索サイト CiNii (NII 論文情報ナビゲータ) および JDream II (科学技術医学文献データベース) を利用し、検索用語は「ソックス and スポーツ」、「ソックス and 着圧」、「ソックス and フェンシング」、「機能性ソックス」、「ソックス and 運動 and 機能」、「ソックス and 競技力」、「ソックス and 人体 and 影響」、「ソックス and パフォーマンス」を用いて1980年以降の文献を検索した限り見当たらず、機能性ソックスがスポーツ選手の敏捷性を高めるか否かについては未だ明らかにされていない。また、他のスポーツ種目と比較し、比較的狭いコートの中で選手が複雑に入り乱れてプレーするフェンシング(ピッチの広さ:14m×1.5~2.0m)やバスケットボール(コートの広さ:28m×15m)においては、体力・運動能力の中でも特に短い距離での瞬発的な速さや敏捷性能力が極めて重要だと言える。この敏捷性を高める効果を目的として、シューズ内での滑りを抑制するソックスが開発されたが、その効果を検証した原著論文はなく、スポーツ選手の敏捷性に及ぼす効果は明らかにされていない。

II. 目的

本研究は、スポーツ選手の敏捷性を向上させるための手段を模索する観点から、シューズ内の滑りを抑制したソックス(Technical Grip Socks:以下、TS)の着用が敏捷性能力に及ぼす効果を検証するものである。

本研究では、特にフェンシングおよびバスケットボールの大学体育会選手の協力を得て、敏捷性能力に関する測定を行い、市販されている一般的なスポーツソックス(以下、NS)とTSを比較することでその効果を明らかにすることを目的とした。

III. 方法

1. 被験者

被験者は法政大学体育会に所属するフェンシング部(Fen.M:8人)、女子(Fen.F:4人)、バスケットボール部男子(Bask.M:19人)、女子(Bask.F:14人)の本研究における全てのデータがそろっていた計45人であった(表1)。

表 1. 被験者

	人数	年齢〔歳〕	身長〔cm〕	足長〔cm〕	体重〔kg〕	
実験Ⅰ	Fen.M	8	19.4 ± 1.4	173.2 ± 5.9	26.7 ± 1.0	65.2 ± 6.4
	Fen.F	4	18.8 ± 0.5	160.5 ± 4.0	24.3 ± 0.5	53.7 ± 4.2
実験Ⅱ	Bask.F	14	19.7 ± 1.3	166.8 ± 8.1	25.0 ± 0.8	61.5 ± 5.8
実験Ⅲ	Bask.M1	10	20.5 ± 0.9	177.0 ± 8.2	28.2 ± 1.0	70.5 ± 8.8
	Bask.M2	9	19.7 ± 1.2	179.4 ± 9.2	28.9 ± 1.2	72.5 ± 7.4

平均値 ± 標準偏差

2. 実験用ソックス

TS は、図 1 に矢印で示した領域に摩擦係数が高い特殊加工糸が使用され、シューズ内での「ずれ」を抑制する効果 (= 滑り止め機能) がある。

また、足底部、足甲部、足首部には、図 2 に示した「トリプルアーチサポート部」と称する特殊加工糸を使用した弾性率の高い固定部によって着圧効果と足底部のアーチ構造の支持をサポートする機能を有するとともに、通気性を高めるためのメッシュ部を有する。

TS と比較するための NS (図 3) は、一般に市販されているいわゆるスポーツソックスであり特別な機能を有さない。

図 1 ~ 3



3. 測定の手順

本研究のすべてのプロトコルは、ヘルシンキ宣言にしたがい、事前に了徳寺大学研究倫理委員会の審査を受け、その指針(人に関する研究)に準拠して行われたものである。また、本研究に参加したすべての被験者は、事前に研究の目的、内容、利益や不利益に関する説明を行い、全員から協力の承諾を得た。

各実験における測定のプロトコルは図 4 および図 5 に示した。実験は種目特性を考慮して、実験Ⅰ~Ⅲを実施した。各実験において共通とした条件は、事前測定(身長、足長、体重の計測)、ウォームアップ時間(15分間)および各測定間のインターバル時間(3分間)であった。インターバル中の水分補給、休養とそのためストレッチや軽運動は自由に行わせた。また、TS と NS の履き替えはこのインターバル中に行わせた。

実験Ⅰの被験者は Fen.M および Fen.N とし、1 回目の測定は TS を着用(以下、TS1)し、2 回目の測定は NS を着用(以

下、NS2) した。3 回目の測定は TS を着用(以下、TS3)し、4 回目の測定では NS を着用(以下、NS4)した。

実験Ⅱでは Bask.F を被験者とし、1 回目の測定は NS を着用(以下、NS1)し、2 回目の測定は TS を着用(以下、TS2)した。3 回目の測定は NS を着用(以下、NS3)し、4 回目の測定では TS を着用(以下、TS4)した。

実験Ⅲでは Bask.M をさらに 2 群(Bask.M-1 および Bask.M-2)に分け、TS と NS の着用を互いにずらして測定を行うクロスオーバー比較試験を実施した。すなわち、Bask.M-1 は 1 回目の測定で TS を着用(以下、TS1)し、2 回目の測定は NS を着用(以下、NS2)、3 回目の測定は TS を着用(以下、TS3)、4 回目の測定では NS を着用(以下、NS4)した。Bask.M-2 は 1 回目の測定で NS を着用(以下、NS1)し、2 回目の測定は TS を着用(以下、TS2)した。3 回目の測定は NS を着用(以下、NS3)し、4 回目の測定では TS を着用(以下、TS4)した。

各回の測定の順序は、実験Ⅰおよび実験Ⅲでは最初に「反復横跳び」を行い、その後 10 分間の休息をとった後、「敏捷性のパフォーマンステスト」を行った。実験Ⅱでは、「反復横跳び」、「垂直跳び」、「敏捷性のパフォーマンステスト」、「サークルドリブル」の順であった。

図 4. 実験ⅠおよびⅡにおけるプロトコル

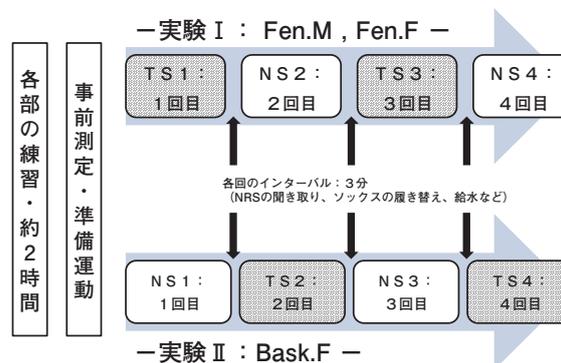
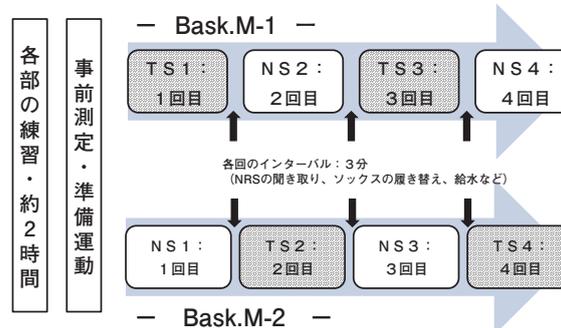


図 5. 実験Ⅲにおけるプロトコル



4. 測定項目

4-1. 実験Ⅰ

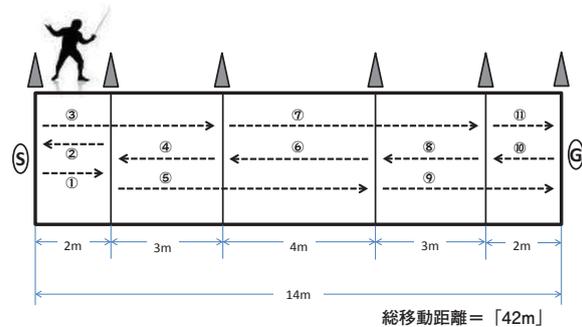
実験Ⅰでは、30 秒間における幅 1m の反復横跳びの最大反復回数(以下、30 秒反復横跳び)、および図 6 に示したフェ

ンシングの競技特性を反映した敏捷性のパフォーマンステストとして考案したフットワーク（以下、マルシェ・ロンペ）であった。

マルシェ・ロンペ測定は、フェンシング競技における基本的なフットワークであり、前進するときの「マルシェ」および後進するときの「ロンペ」と呼ばれる特徴的な技術である。ちなみに、フェンシング競技中の姿勢は、いわゆるアンギャルド（en garde：構え）のポジションを保持しなければならない。すなわち、フェンシングの一般的な姿勢は中腰姿勢であり、剣を持つ手の片側が前を向き、前足が後ろ足に対して垂直になるように立ち姿勢を構える。また、膝関節はその角度を20～30度屈曲状態にしたスクワットポジションを保持したままで、バリスティックな動作で前進後進を素早く繰り返さなければならない。

マルシェ・ロンペ測定における総移動距離は42mである。測定は、被験者がスタート位置（図6中の⑤）に立ち、片足をスタートラインの縁に置いて前後に足を開くアンギャルドの姿勢で待機した。その後、静止状態から被験者自身のタイミングで反動を使わずにスタートする。ストップウォッチによる時間計測の開始は、被験者の肩が動いた瞬間とする。被験者は最大努力で可能な限り素早く前進後進を10回切り替えてゴール位置（図6中の⑥）として示してある線を踏むまでの時間を計測した。計測は時間を空けて2回実施し、最も早かった時間を記録した。

図6. フェンシング部に課したフットワーク



4.2. 実験Ⅱ

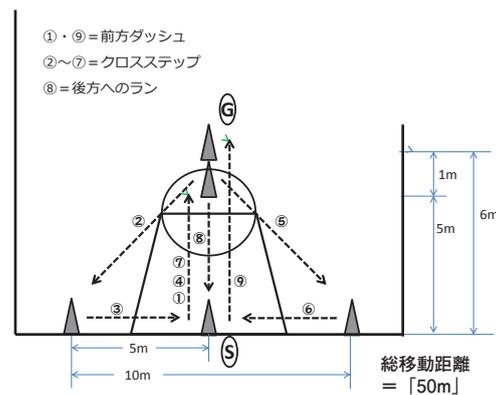
実験Ⅱでは、20秒間における幅1mの反復横跳びの最大反復回数（以下、20秒反復横跳び）、図7に示したバスケットボールの競技特性を反映したフットワーク（以下、ステップ50）^{19,20)}、バスケットボールコート内にあるセンターサークルをドリブルを行いながら5周した時間の計測（以下、サークルドリブル）、および直立姿勢から助走せずにその場で両脚の力を最大限に使って垂直に跳びあがるジャンプの高さの計測（以下、垂直跳び）の4種目であった。

バスケットボールでは、ジャンプ、ショートダッシュなどの高強度の運動がスリーポイントエリア内で多く行われる。ステップ50では、そのエリア内でのディフェンスの対応を

総合的に想定して、前方ダッシュ、クロスステップ、後方へのランなどを測定する^{19,20)}。

ステップ50測定における総移動距離は50mである。測定は、被験者がスタート位置（図7中の⑤）に立ち、片足をスタートラインの縁に置いて前後に足を開いて待機した。その後、静止状態から被験者自身のタイミングで反動を使わずにスタートする。ストップウォッチによる時間計測の開始は、被験者の肩が動いた瞬間とする。被験者は最大努力で図7に示した全てのコーンの外側を可能な限り素早く回り、方向が異なる前方ダッシュ、クロスステップ、後方へのランなどを計9回回りゴールを目指す。ゴール地点（図7中の⑥）では手を伸ばしたり飛び込んだりせず、そのまま走り続けるよう注意し、ゴールラインとして立ててあるコーンの頂点を被験者の身体が通過する時点までの時間を計測した。計測は時間を空けて2回実施し、最も早かった時間を記録した。

図7. バスケットボール部に課したフットワーク



4.3. 実験Ⅲ

実験Ⅲでは、30秒反復横跳び、ステップ50の2種目であった。

4.4. 疲労感

1～4回目までの各測定直前における疲労感を比較するために、各実験において数値評価スケール（Numeric Rating Scale：以下、NRS）を用いて主観的評価を共通に行った。

NRSを用いた測定では、全く疲労感がない状態を0とし、疲労感がこれ以上ない最も大きいと感じた場合を10として、0から10までの数値を選択させ、各測定開始直前に被験者個々から聞き取り記録した。

5. 分析

統計処理は、IBM SPSS Statistics Ver.19 for Windowsを使用した。図8～18までの結果は平均値±標準偏差で示し、各実験群の測定値の時系列的变化においては一元配置分散分析を行い、その後の多重比較ではScheffeを用いた。図16および図17のBask.M-1とBask.M-2の比較に

おいては、各回の平均値の差の検定を対応のない（独立サンプル）t検定で行った。統計処理後の分析にあたっては、有意水準は全て5%未満とした。

IV. 結果

1. 実験 I

30 秒反復横跳びの結果を図 8 に示した。Fen.M では、NS2 (94.7 ± 5.6 回) と NS4 (97.4 ± 5.9 回) に減少する傾向がみられ、TS1 (103.6 ± 9.0 回) と TS3 (109.1 ± 8.8 回) では NS4 と比較し有意な増加を示した。Fen.F でも TS3 (90.6 ± 10.5 回) に増加を示す傾向がみられたが NS2 (83.3 ± 10.0 回) と NS4 (82.6 ± 13.6 回) と比較して有意差は認められなかった。

マルシェ・ロンペの結果を図 9 に示した。Fen.M では、NS2 (11.1 ± 0.7 秒) と NS4 (11.5 ± 0.6 秒) に比較し、TS1 (10.5 ± 0.7 秒) と TS3 (10.2 ± 0.7 秒) が低値を示す傾向が見られ、NS3 と NS4 の間には有意差が認められた。Fen.F でも Fen.M と同様な速さの増減傾向がみられたが有意差は認められなかった。

疲労感の結果を図 10 に示した。Fen.M および Fen.F の平均値はいずれも毎回増加する傾向がみられた。Fen.M では、測定 1 回目 (3.57 ± 1.71) と測定 4 回目 (6.28 ± 0.48) の間に有意差が認められた。

図 8. 実験 I における 30 秒反復横跳びの結果

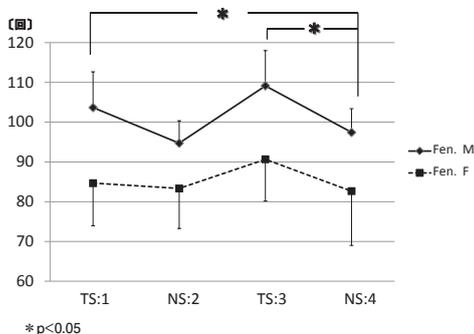


図 9. 実験 I におけるマルシェ・ロンペの結果

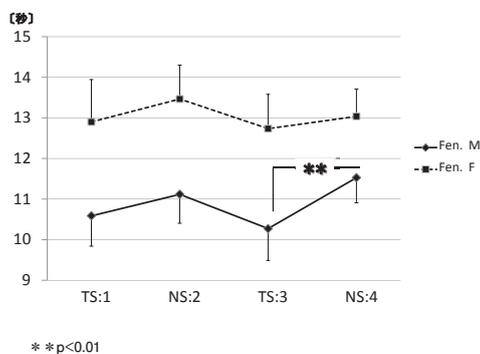
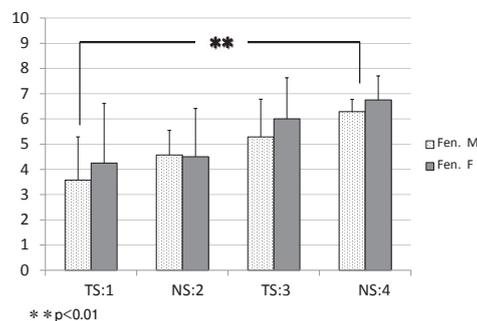


図 10. 実験 I における疲労感 (NRS)



2. 実験 II

20 秒反復横跳びの結果を図 11 に示した。NS1 (55.0 ± 4.3 回) と比較し TS2 (59.3 ± 4.8 回) は有意な増加を示し、NS3 (58.1 ± 2.7 回) は TS2 よりも減少する傾向を示し、TS4 (59.8 ± 3.7 回) は NS1 と比較し有意な増加を示した。

ステップ 50 の結果を図 12 に示した。NS1 (17.6 ± 0.7 秒) と比較し TS2 (16.6 ± 0.7 秒) は有意な低値を示し、NS3 (17.0 ± 0.7 秒) は TS2 よりも高値を示す傾向が見られ、TS4 (16.5 ± 0.7 秒) は NS1 と比較し有意な低値を示した。

サークルドリブルの結果を図 13 に示した。NS1 (8.77 ± 0.35 秒) と比較し TS2 (8.05 ± 0.29 秒) は有意な低値を示し、NS3 (8.40 ± 0.30 秒) は TS2 よりも高値を示す傾向が見られたが NS1 と比較して有意な低値を示した。また、TS4 (8.00 ± 0.23 秒) は NS1 と比較し有意な低値を示した。

垂直跳びの結果を図 14 に示した。TS2 (51.6 ± 5.9 cm) が最高値を示したが有意差は認められなかった。

疲労感の結果を図 15 に示した。各回の平均値はいずれも毎回増加する傾向がみられた。測定 1 回目 (1.60 ± 0.54) と比較し測定 3 回目 (4.50 ± 1.26) と測定 4 回目 (5.50 ± 1.50) では有意な増加が認められた。また、測定 2 回目 (2.40 ± 0.96) と比較し測定 3 回目と測定 4 回目は有意な増加を示した。

図 11. 実験 II における 20 秒反復横跳び

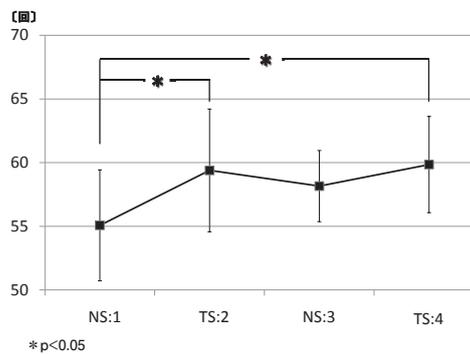


図 12. 実験Ⅱにおけるステップ 50

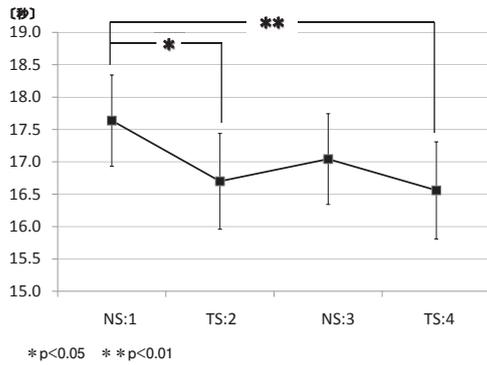


図 13. 実験Ⅱにおけるサークルドリブル

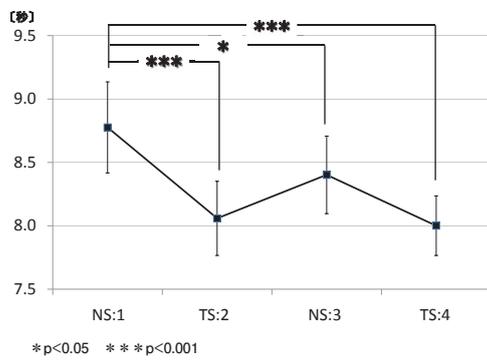


図 14. 実験Ⅱにおける垂直跳び

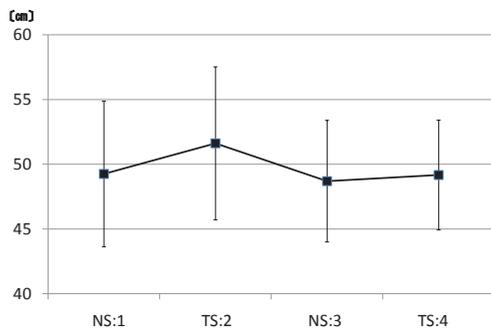
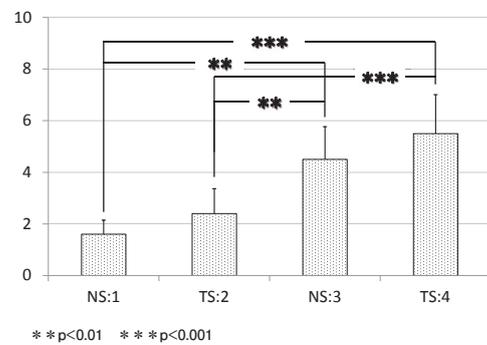


図 15. 実験Ⅱにおける疲労感 (NRS)



3. 実験Ⅲ

30 秒反復横跳びの結果を図 16 に示した。Bask.M-1 では TS1 と TS3 が増加を示す傾向が見られ、Bask.M-2 でも TS2 と TS4 が増加を示す傾向が見られた。しかし、これらの変化に有意差は認められなかった。

ステップ 50 の結果を図 17 に示した。Bask.M-1 では TS1 と TS3 が低値を示す傾向が見られ、Bask.M-2 でも TS2 と TS4 が低値を示す傾向が見られた。このうち、Bask.M-2 では、NS1 (13.7 ± 0.2 秒) と比較し TS2 (13.7 ± 0.4 秒) は有意な低値を示し、NS3 (14.2 ± 0.4 秒) は TS2 と比較し有意な高値が認められた。

疲労感の結果を図 18 に示した。各回の平均値はいずれも毎回増加する傾向がみられた。Bask.M-1 では測定 1 回目 (5.11 ± 2.57) と比較して測定 3 回目 (8.11 ± 1.36) において有意な増加を示した。また、測定 3 回目の値は測定 2 回目 (6.66 ± 2.23) と比較して有意な増加であり、測定 2 回目と比較して測定 4 回目 (9.44 ± 0.52) は有意な増加を示した。Bask.M-2 では、測定 1 回目 (3.90 ± 1.59) と比較し測定 3 回目 (6.40 ± 0.84) と測定 4 回目 (7.80 ± 0.78) が有意な増加を示した。

図 16. 実験Ⅲにおける 30 秒反復横跳び

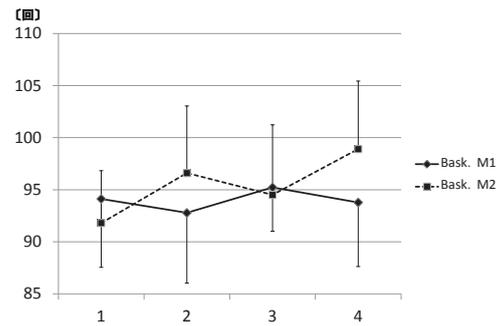


図 17. 実験Ⅲにおけるステップ 50

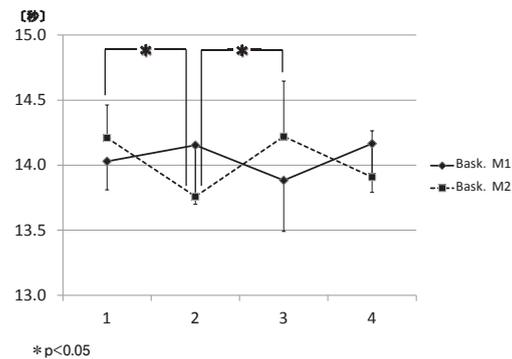
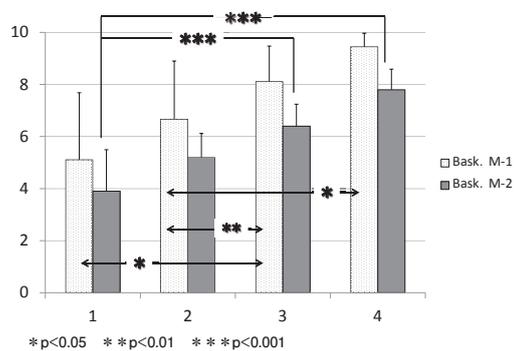


図 18. 実験Ⅲにおける疲労感 (NRS)



V. 考察

1. ソックスに関する研究

ソックスに対する考え方は昔とは大きく異なり、履ければ良いという考え方は少ないと思われる。市場からの要求は多岐にわたり、単に履くという機能から、脚部の形状、着用感、衣服圧などの快適性が求められている。大平らは、ソックス素材の違いが足趾皮膚温に及ぼす効果を検討しており²¹⁾、辻坂はソックスの機能を多角的に検討し、ソックスのずれ落ちと製編条件²²⁾、靴下の先端部の圧力値と圧迫感²³⁾、滑りにくい素材感²⁴⁾、部分的編構造の違いと温熱的快適性²⁵⁾、ソックス踵部の編成形状と履き心地²⁶⁾などを追究している。スポーツ用ソックスに関しても多彩な機能が求められており、スポーツ種目やその用途によって、耐久性、通気性、フィット感、肌触り感、素材感などの様々な着用性能や快適化に留まらず、敏捷性や瞬発力などの高機能化を踏まえた運動能力向上までもが要求されている。しかし、機能性ソックスの効果に関して敏捷性を検討した研究はほとんど見られず、しかも大学体育会に所属するトップアスリートを被験者にした研究はほとんど見られない。

本研究では、より高い敏捷性が必要とされるフェンシング選手とバスケットボール選手を被験者にした。この被験者らは常に敏捷性を高めるためのトレーニングを繰り返しているため、そのパフォーマンスをさらに高めることは非常に難しいと思われる。もし、敏捷性能力をさらに高めるとするならば、何らかのモチベーションを与えることで潜在的な能力を引き出すか、または疲労を十分に解消したりスポーツ傷害を予防するための措置などを講じてパフォーマンスを高める方法が考えられる。そのため、機能性ソックスを着用させるだけで被験者らの敏捷性能力が高まるか否かに関しては大変興味深い点であった。

また、多くのスポーツでは基本的にソックスがスポーツサーフェイスに直接触れることはない。そのため、TSに施されたようなソックスの摩擦抵抗を高めることを意図した滑り止め機能を付加したとしても敏捷性が高まるとは素直に考え難い。TSのような滑り止め機能には、シューズ内の滑りを抑制する効果が十分に期待され、シューズ内におけ

るグリップ力を向上させると考えても良い。しかし、それがスポーツサーフェイスに直接接地するスポーツシューズの接地面（靴底）の摩擦抵抗に影響を及ぼすとは到底考えられない。したがって、ソックスの滑り止め機能が競技スポーツの技術やパフォーマンスを高めることに期待することは極めて困難であると考えていた。

2. TSが敏捷性に及ぼす効果

本研究ではBask.Fにおける垂直跳び以外の全ての測定において、TS着用時のパフォーマンスが高くなるという傾向が示された。三村らが行ったテーピングソックスの効果の検証では¹⁷⁾、体力テスト項目として垂直跳びが測定され、その結果に従来品との有意差はなかったものの、被験者の42%にテーピングソックス着用時の測定値に増加が見られたという。垂直跳びの増加にはパワーを伴う脚筋力の増加だけでなく、腕を勢いよく振り上げたり、背筋力を利用したジャンプの方法が考えられる。TSのような足底部にアーチ機能を有するソックスであったとしても、それが筋パワーの増加に影響したとは考えられないため、垂直跳びにはTSの影響はほとんどないと思われる。

反復横跳びではFen.M、Bask.FにおいてNSと比較しTSには有意な増加が認められた。三村らの研究においてもテーピングソックス着用時の反復横跳びが有意な増加を示しており¹⁷⁾、三村らは検証したソックスに付加されたテーピング機能が有効であった可能性を述べている。すなわち、テーピング機能によって足関節の伸筋支帯を固定することで、筋・腱・付着部の位置関係・力の方向がより有効になり、背屈筋群が筋力を発揮しやすい角度が得られ、瞬時に背屈する能力を向上させたからだと説明している。本研究におけるFen.Mのマルシェ・ロンベ、Bask.Fのステップ50およびサークルドリブル、Bask.M-2のステップ50の結果においても同様なメカニズムのあったことが考えられる。

Fen.Fの反復横跳びおよびマルシェ・ロンベ、Bask.M-1、Bask.M-2における反横跳び、Bask.M-1のステップ50の結果において有意な変化が認められなかった理由として、事前測定の前に各部が行っていた約2時間の練習強度の違いの影響が大きいと考えられ、疲労感が測定1回目からそもそも高かったことの影響が強かった可能性が推察される。本研究で被験者としたトップアスリートの測定データを検討することは重要である反面、実験に際して被験者の身体状態をコントロールすることが難しい。すなわち、全国優勝を目指している被験者らに対して、シーズン中の練習中止や練習内容のコントロールに協力してもらうことは現実的には困難だということである。そのため、反復横跳びおよびステップ50の結果に有意な変化が認められたBask.Fの疲労感が測定1回目で 1.60 ± 0.54 であったのに対して、Fen.Fでは 4.25 ± 1.94 と約2.6倍大きかったのではないかとと思われる。また、Bask.M-1の疲労感は 5.11 ± 2.23 であり、Bask.M-2は 3.90 ± 1.59 と、いずれも疲労感が大きかつ

た。また、クロスオーバー比較試験を行った Bask.M では、TS 着用時に結果が良くなる一方で NS 着用時に結果が悪くなるという傾向がみられた。しかし、ステップ 50 の結果では Bask.M-2 には有意な変化が認められ、Bask.M-1 には認められなかった。この点に関しても、Bask.M-1 と Bask.M-2 の疲労感を比較すると、測定条件は一定であったにもかかわらず疲労感 Bask.M-1 の方が大きかった。Bask.M を 2 群に分ける時、無作為に名簿順に従って分類したが、何らかの理由で Bask.M-1 に疲労感がそもそも高い被験者が集まったことの影響を受けた可能性が推察される。

しかしながら、Fen.F では測定 3 回目の疲労感が 6.00 ± 1.63 まで高まっていたが反復横跳びの値は NS2 と比較し TS3 が増加を示した。同様に、Bask.M-1 は TS3 の疲労感 8.11 ± 1.36 まで高まっていたが反復横跳びの値は NS2 よりも増加し、Bask.M-2 は TS4 の疲労感が 7.80 ± 0.78 と最高値であったが反復横跳びの値は NS3 と比較し増加する傾向を示した。このように疲労感が増加しているにも関わらず、TS の結果が減少しない理由には、TS に付加された足底部、足甲部、足首部のトリプルアーチサポートによる足底部の着圧機能およびアーチ構造の支持機能が疲労を軽減する効果を有する可能性が考えられる。

3. 着圧機能と疲労軽減効果

スポーツ用弾性圧迫ソックス、いわゆる着圧機能をもったソックスの効果に関する研究では、浮腫および運動能力に及ぼす影響¹⁴⁾、動脈ステイフネスに及ぼす影響¹⁵⁾などが検討され、浮腫の予防効果や下肢の筋力発揮に効果があったことが報告されている。藤原は¹⁶⁾、下腿部へのソックスの着圧が運動時の下肢血流に及ぼす影響を調べ、運動時の下腿部への高着圧により、下腿部では動脈流入量が増加し、大腿部では運動の初期に動脈流入速度が増加、運動の中盤には血管抵抗が低下することを示している。特に、運動時には活動筋への血流を優先しながら身体全体の循環調節が行われることに対して、運動時の末梢循環における血流調節に関与するいくつかのメカニズムを下腿部への高着圧が促進し、血流を増加させることで運動パフォーマンス向上の可能性を示唆している。TS にはトリプルアーチサポート部以外においても着圧機能が施されており、静脈うっ滞の軽減および足底部や下腿部の血流速度を増加させたことが¹²⁾、疲労を軽減させる効果を高めたと考えられる。

4. TS におけるトリプルアーチサポートが疲労軽減と傷害予防に及ぼす効果

アーチの形成を解剖学的にみた場合、長腓骨筋は腓骨の外側から足関節外果を回って足底部を横切り第 1 中足骨に付着する。後脛骨筋は脛骨の後方から足関節内果を回って第 1 趾に付着し、足底部で後脛骨筋と長腓骨筋が相互にクロスして引っ張り合いアーチ構造を支持している。また、脛骨筋腱は各足趾に広がってアーチの形成に寄与している。

これらの構造をトリプルアーチサポートが足底部に広がる後脛骨筋とも相まって支持する状態を形成し、また、立方骨に対してもほぼ真下から支持する構造が TS には備わっているため、TS には疲労によるアーチの低下を防ぐ効果があったと考えられる。すなわち、TS のトリプルアーチサポート機能が、反復横跳び、マルシェ・ロンペ、サークルドリブル、ステップ 50 のフットワーク時に内側縦アーチと横アーチの相互連動を動的に安定させた可能性があり、このことがアーチの衝撃吸収性や方向転換時に蹴り出す際の筋の剛性を高め、滑り止め機能によって効率よく筋力を発揮し、疲労を増加させなかったことに寄与したことが推察される。

このアーチ構造を支持するトリプルアーチサポートの機能に関して、今回の研究ではスポーツ傷害との関連性に言及するための実験は行っていないが、足底部に多くみられる傷害と足底部のアーチ構造との関連性を考えると、TS は傷害予防にも寄与する可能性が考えられる。青木らは²⁷⁾、統計学的にシンスプリントの者は足アーチ高が有意に低かったことを報告している。足アーチ高が低い場合、回内足傾向がみられるが、TS ではこの回内足を抑制する可能性がある。また、過度な疲労によって足底筋膜の柔軟性が低下すれば、アーチそれ自体で衝撃を軽減する機能が損なわれるだけでなく、前述したような足底部の構造からアキレス腱や足底筋膜などの負担を高めアキレス腱炎や足底腱膜炎などの障害に至る可能性がある。しかし、この点に関しても TS が有するトリプルアーチサポートが有効に機能すれば、足底部にかかる急激な加重や衝撃を和らげ傷害発症のリスクを軽減する可能性が考えられる。

5. TS が有する滑り止め機能の効果

TS が有する滑り止め機能は独自開発された機能であるが、ソックスの滑り感に対する素材特性については辻坂が 2005 年に報告している²⁴⁾。辻坂はソックスを着用して歩行した時に生じる滑り感に対して、綿ソックスと綿・アクリルソックスが滑りにくく肌触りが良いと評価している。また、靴の中での滑り感はソックス編地の厚さと強い相関があるが、摩擦係数とはほとんど相関がないとしており、厚さが 0.8mm 以下のときに滑りやすくなると結論している。本研究で検証した TS (図 1) には摩擦係数が高い特殊加工糸が使用され、シューズ内での「ずれ」を抑制する効果を期待した。本研究ではこの機能が有効に働き反復横跳びやマルシェ・ロンペなどの敏捷性に関するパフォーマンスを高めた可能性が示唆された。

他方、最近のバスケット選手には、ヒップホップファッションが流行し、バスケットボールシューズにおいては、自分自身のサイズよりも大きいサイズのシューズを履いている選手が多いという印象がある。そこで、被験者らが足長や足幅などのサイズよりも大きいシューズを履いていた場合を想定して考察を試みる。西林らは²⁸⁾、整形外科医の立場から我が国の男子バスケットボールプレーヤーに多発す

るヒップホップシンドロームと呼ばれる足部障害について症例研究を行っている。ヒップホップ障害とは、足のサイズに比べ大きなバスケットボール用シューズや極端に短いソックスを履くことが原因で生じる障害である。例えば、大きすぎるシューズを足にフィットさせるために靴紐を強く結んだ結果、運動中に生じる摩擦によってソックスの折り返し縫製部が当たっていた箇所に長趾伸筋腱鞘炎を生じることがある。このようなメカニズムによって生じるアキレス腱痛、踵部外側の強い運動痛、足背部痛などが、バスケットボール愛好者に流行しているヒップホップファッションの一部であるフットウエアが原因となっていたことから西林らが命名した。このヒップホップシンドロームの原因は西林らによってほとんど特定されている。すなわち、本来の足のサイズよりも大きなシューズを着用するバスケットボールプレーヤーでは、靴紐をいくら強く結んでも、急激なストップやスタート動作時には、大きなシューズの中で足は大きく移動する。シューズが足に適性にフィットしていなければ、ストップを中心とした激しい制動動作時には足とシューズの間に大きなズレが生じ、その結果、本来有している敏捷性を発揮できない可能性が十分に考えられる。本研究ではシューズサイズと足のサイズに関して精査していないため軽率な考察はできないが、本研究の被験者であったバスケットボール選手の多くがヒップホップファッションに近い服装であったことから、足に適性にフィットしていないシューズを履いていた可能性がある。そう仮定すれば、TSが有する滑り止め機能が効果を発揮した可能性は極めて高い。また、フェンシング選手においては、シューズの大きさだけでなく、シューズの着脱を容易に行うために靴紐をしっかり締めていなかった可能性があり、そのために生じていたズレがTSによって抑制されたと考えられる。また、こうしたシューズ内で足が移動するズレを抑制することは、足裏のウオノメやタコ、外反母趾や足趾の障害などを予防する観点から非常に重要だと思われる。しかしながら、この問題は本来TSのようなソックスで解決する以前に、シューズやソックスなどのフットウエアの正しい使用方法を教育する必要性を示唆しているとも言える。

このように傷害予防の観点からTSの滑り止め機能の有効性を考察したが、滑らないことで生じる可能性が考えられるアキレス腱炎や腓腹筋の肉離れ、あるいは足関節捻挫などの傷害発症の可能性も一方では否定できない。他方、斉藤らが行ったスポーツシューズの形状変化が腰部および下肢部へ与える影響に関する研究²⁹⁾によれば、シューズ内側の摩擦が最も多かった部分はインソール母趾球部分であったことは、TSに今後必要となる補強部分を示唆している。また、斉藤らの研究ではシューズの摩擦部位は練習量や使用状況によって変化することが示されており、TSにおいても滑り止め機能の耐久性の持続性を検討する必要があると思われる。この点は、本研究の被験者が行っているフェンシングのアンギアルドのポジション保持や剣を持つ手の

片側が常に前を向いていることから、前後の足に加わる荷重が異なることを考慮する必要がある。同様にバスケットボールにおいても頻回に行う疾走後のストップでは、非利き手側の足を後ろ足にして主荷重肢とし、利き手側の足を前足にして制動を行うことが多いため、利き足側の足部障害発生が顕著であることもTSの改良点を示唆している²⁸⁾。

河村らの研究では³⁰⁾、リアルタイム3次元動作解析システムを用いて、左第1足趾と右第5足趾を独立させた左右非対象構造のゴルフ専用ソックスの効果を検討し、ソックスの形状の違いにより、筋出力や関節モーメントに微妙な変化が生じることを報告している。そして、その理由を各関節のサポート機能が筋出力の向上と効率的な重心移動を可能にしたこと、また、最も力が発生する場面において床面との回旋摩擦が減少し、力の伝達に有効な関節モーメントが増大したことで、効率的な重心移動と力の伝達が行われていると結論し、ゴルフのパフォーマンス向上には左右非対称のソックスが寄与する可能性が高いことを示唆している。この効果と同様な効果は、TSの滑り止め機能を利用すれば得られる可能性も考えられ、本研究で検討した敏捷性だけでなく、ゴルフのような重心動揺やスイングの安定性が求められるスポーツにおいても有効であることが推察される。今後TSの改良が行われる場合は、摩擦する部分の補強を含め、ソックスの機能を非対称にする必要性も視野に入れて検討することが重要であると推察される。

VI. 結論

シューズ内の滑りを抑制したTSの着用がフェンシング選手およびバスケットボール選手が有する敏捷性能力に及ぼす効果を検証した。その結果、以下のような結果が得られた。

1. TSの着用は、反復横跳び、マルシェ・ロンペ、サークルドリブル、ステップ50などの敏捷性を伴うパフォーマンスを向上させる可能性が示唆された。
2. 疲労感が高まっている時であっても、TSを着用することで敏捷性を伴うパフォーマンスを低下させない可能性が示唆された。
3. TSが有するトリプルサポート機能は足部に生じる頻度が高い傷害を予防する可能性が示唆された。
4. TSの滑り止め機能は、適切にフィットしていない本来の足よりも大きいシューズを履いている場合の敏捷性を伴うパフォーマンスを向上させ、ヒップホップシンドロームを予防する可能性が示唆された。
5. 今後の改良点として、持続的に使用した場合に摩擦が予想される箇所の補強、およびスポーツの競技特性を考慮した非左右対称性機能の開発などが提言できる。

以上のことを踏まえ、より明確なTSの効果を明らかにするためには、被験者が実験に参加する条件を適切にコントロールすることや、被験者が使用しているスポーツシューズの使用期間、使用頻度、使用する環境やサーフェイスに

加え、被験者のアライメントや足裏の接地状態などの特徴に関して検討する必要性を認めた。

本研究に関する既学会発表

本稿で報告した内容は、下記の既学会発表の内容に加えて新たな実測結果、分析結果を加えてまとめたものである。

- 1) 伊藤マモル, 小坂博信, 上岡尚代, 泉重樹 (2012): 滑り止め機能を付加した機能性ソックスがアジリティ能力に及ぼす効果., 第 67 回日本体力医学会 (岐阜).
- 2) 伊藤マモル, 小坂博信, 上岡尚代, 泉重樹 (2013): 滑り止め機能を付加した機能性ソックスがアジリティ能力に及ぼす効果., 体力科学, 62 (6), 161.

引用文献

- 1) 小野英哲, 橋田浩, 横山裕 (1986): スポーツサーフェイスのすべりの評価方法に関する研究., 日本建築学会構造系論文報告集, 359, 1-9.
- 2) 三上貴正, 横山裕, 大野隆造, 地濃茂雄, 小野英哲 (1998): 屋外スポーツサーフェイスのかたさの評価指標および評価方法の提示-屋外スポーツサーフェイスのかたさの評価方法に関する研究 (第 2 報)., 日本建築学会構造系論文報告集, 396, 1-8.
- 3) 小野英哲, 竹本喜昭, 高橋宏樹, 川村清志 (1996): スライディング時のすべりからみた屋外スポーツサーフェイスの評価方法., 日本建築学会構造系論文集, 487, 47-54.
- 4) 小林一敏, 湯川治敏 (2007): 着地動作におけるスポーツ舗装材の圧縮変形と滑り摩擦による総合緩衝特性 (シューズ・サーフェス)., ジョイント・シンポジウム講演論文集, スポーツ工学シンポジウム, ヒューマン・ダイナミクス 2007, 147-150.
- 5) Nigg, B. M. (1986): Biomechanics of running shoes, 1st. Ed., Human Kinetics, Ill.
- 6) WOO Sock Heng, 宇治橋貞幸, 伊能教夫 (1998): ランニング・シューズの力学特性の計測と評価法., 日本機械学会論文集・C 編, 64 (623), 2395-2402.
- 7) 西脇剛史 (2012): 衝撃をとめるランニングシューズ., 日本機械学会誌, 115 (1123), 376-377.
- 8) 磯部真志 (2012): スポーツ用シューズ設計: パフォーマンス向上と障害予防の観点から (特集 スポーツバイオメカニクスの最近の進歩), 臨床スポーツ医学, 29 (7), 703-707.
- 9) 内藤真人 (2012): ランニングシューズに関する研究「性別」と「競技レベル」による選択・使用傾向., 法政大学スポーツ健康学研究, 3, 9-14.
- 10) 勝眞理 (2011): ランニングビジネスにおける新たな取り組み: スポーツシューズにおけるマスカスタマイゼーション (〈小特集〉未来の店舗技術)., 日本機械学会誌, 114 (1110), 360-362.

- 11) 磯部真志 (2012): スポーツシューズにおける最適化シミュレーション (「システムデザインのための応用マルチスケールシミュレーション」特集号)., システム制御情報学会誌, 56 (12), 610-614.
- 12) Sigel B, Edelstein AL., Savitch L, Hasty JH., Felix WR (1975): Type of compression for reducing venous stasis. A study of lower extremities during inactive recumbency. Arch Surg, 110 (2), 171-175.
- 13) Coleridge-Smith PD, Hasty JH., Scurr JH (1991): Deep vein thrombosis: Effect of graduated compression stockings on distension of the deep veins of the calf., Br J Surg, 78, 724-726.
- 14) 三浦隆, 福島丈晴, 岩寄徹治, 柳沢修, 福林徹 (2007): 段階的圧迫機能を持つスポーツ用弾性圧迫ソックスの運動時着用効果., 体力科学, 56 (6), 879.
- 15) 三浦隆, 岩寄徹治, 岡本孝信 (2010): 段階的圧迫機能を持つ弾性ソックスの着用が動脈ステイフネスに及ぼす影響, 体力科学, 59 (6), 736.
- 16) 藤原素子 (2012): 下腿部へのソックスの着圧が運動時の下肢血流に及ぼす影響., 日皮協ジャーナル, 67, 86-94.
- 17) 三村寛一, 辻本健彦, 織田恵輔, 北野裕大, 川崎新也, 正村勇 (2009): 競技者におけるテーピングソックスの効果の検証., 大阪教育大学紀要・第 IV 部門, 57 (2), 181-191.
- 18) 中務雄太, 細谷聡 (2012): ソックス形状及びインソール表面摩擦がシューズ歩行に及ぼす影響., 靴の医学, 25 (2), 97-100.
- 19) 関東大学バスケットボール連盟: 関東大学バスケットボール連盟におけるフィジカル測定の試み., www.kcbbf.jp/news/index.php?nc=331&fc=1 (アクセス 2011 年 11 月 2 日)
- 20) 関東大学バスケットボール連盟強化部トレーナー部会: 世界で戦うためのフィジカルフィットネス., www.kcbbf.jp/news/index.php?nc=228&fc=1 (アクセス 2011 年 11 月 2 日)
- 21) 大平哲也, 岡田睦美, 宇野充子, 永野英子, 野村義治 (2005): 靴下素材の違いが足指皮膚温に及ぼす効果., Biomed Thermology, 24 (2), 28-33.
- 22) 辻坂敏之, 東義昭 (2004): ソックスのずれ落ちにおける製編条件の影響., 奈良県工業技術センター研究報告, 30, 1-4.
- 23) Tsujisaka T., Azuma Y., Matsumoto Y., Morooka H. (2004): Comfort pressure of the top part of men's socks., Text Res J., 74 (7), 598-602.
- 24) 辻坂敏之 (2005): ソックスの滑り感に対する素材特性の影響., 奈良県工業技術センター研究報告, 31, 1-4.
- 25) 辻坂敏之, 北村栄治, 三木靖浩 (2012): ソックスの部分的編構造の違いが温熱的快適性に与える影響., 奈

- 良県工業技術センター研究報告, 38, 1-5.
- 26) 辻坂敏之, 北村栄治, 三木靖浩, 岸根延幸, 藤田初芽, 向井道郎, 藤原博文 (2012): ソックスかかと部の編成形状が履き心地に及ぼす影響., 奈良県工業技術センター研究報告, 38, 6-9.
- 27) 青木喜満, 安田和則, 大野和則 (1990): シンスプリントと扁平足., 臨床スポーツ医学, 7 (9), 1041-1045.
- 28) 西林保朗, 西村望 (2006): わが国の男子バスケットボールプレーヤーに多発する新しい足部障害—ヒップホップ症候群—, 神戸学院総合リハビリテーション研究, 1 (1), 69-74.
- 29) 齋藤誠二, 永井由美子, 山川正信 (2006): スポーツシューズの形状変化が腰部および下肢部へ与える影響に関する調査研究., 大阪教育大学紀要 IV・教育科学, 55 (1), 143-150.
- 30) 河村顕治, 酒井孝文, 川上真幸 (2009): リアルタイム 3次元動作解析システムによるゴルフ専用ソックスの評価., 「OUS フォーラム 2009」 アブストラクト集, 福祉・健康・医療機械 ステーション, <http://www.ous.ac.jp/renkei/forum/f09>