

地下足袋タイプのトレーニング型ミニマリストの着用が 身体機能および足趾形状へ及ぼす影響

滝沢宏人*, 渡邊奈々**, 宇佐美彰規***, 天野勝弘****

Influence of wearing the Jika-Tabi (Japanese style work shoes) type Minimalists for 9 or 10 weeks on Physical Functions and Toe Shapes

Hiroto Takizawa*, Nana Watanabe**, Akinori Usami***, Katsuhiro Amano****

Abstract

The purpose of this study is to examine the effect on foot shape and function, and physical performance when wearing training footwear minimalist (hitoe Marugo Inc.) generated from Jika-Tabi (Japanese style work shoes) technology for 9 or 10 weeks. The subjects were three women and seven men belonging to the running club (age 31 to 57). The measurement items for effect verification were the toe muscle strength and toe shapes, and the four physical performance tests. As a result, although the improvement was shown by each item in the group which wore minimalist in the race period, the group which wore minimalist in the non-race period was not recognized more effective than the race period. As future issues, it was suggested to select the timing of intervention and to increase the period, frequency and time of wearing minimalist.

はじめに

ミニマリストとは、素足にできるだけ近づけた履物、最小限の機能しか備えていない履物と定義できる。歴史的に見れば人類は素足の生活から始まり、やがて履物を開発する。その履物はまさしくミニマリストであった。その後、長い年月をかけて、靴は足の機能をサポートするという側面から大きな進歩を遂げた。とりわけスポーツ競技においては、道具としての靴の存在が競技成績に深く関わるようになり、靴の機能的存在は注目的となっている。最近ではナイキ社製の厚底シューズにおける議論が活発である。その反面、人間に本来備わっている足の機能が、退化してきているという指摘がでてきた。それは、外反母趾にも見られるような足の変形、姿勢や歩き方の乱れなどに表れている。その原因は、身体活動量の減少にもよるが、足に合わない靴、あるいは足の機能を靴が代用することにもよると考えられている。そこで、足

の機能を見直す、あるいは退化した足機能を復活させるという視点から、裸足による歩きや走りをする試みが近年盛んになってきた。いわゆるベアフット・ランニングに代表される活動である（日本ベアフット・ランニング協会など）。さらに、素足の短所（ケガをしやすい、不衛生であるなど）を補いつつも素足に近い履物ということでミニマリストが誕生することになる。この履物には、現代の科学技術を用いて作られているという特徴がある。

一方で、現代的履物へ進化しないで、未だにミニマリストの形状を保ったままの履物もある。サンダルはその代表例であり、これで生活している人々もいる。また、ミニマリストの機能を備えた業務用の靴もあり、その代表が地下足袋である。

以上の議論は、我々の先行研究で詳しく述べられているのでそちらを参照されたい（天野ら(2020)）。

* 愛知大学名古屋体育研究室

** 國學院大學人間開発学部

*** 株式会社丸五

**** 環太平洋大学スポーツ科学センター スポーツパフォーマンスデザイン

Research Center of Physical Education, Aichi University-Nagoya
Faculty of Human Development, Kokugakuin University
Marugo Company Inc.

Institute of Sports Sciences, International Pacific University / Sports Performance Design

そのような中で、日本文化から生まれた地下足袋の特徴をベースに、身体機能、特に足趾の強化を目標としてトレーニング用ミニマリスタ(hitoe (株)丸五)が開発された。素足での行動の持つ利点とネガティブな側面を解消することが開発の意図である。ネガティブな側面は、長年靴を常用している人は靴を履くことを前提とした動きになっている点が指摘されている(Shu, Y. ら, 2015; Lieberman, D. E., 2014; Holowka, N. B. ら, 2018; Mizushima, J. ら, 2018; Wallace, I. J. ら, 2018)。例えば歩行や走行における初期接地のパターン(踵接地、足裏全体での接地、前足部での接地)や関節モーメントの違いなどになって表れている。また、地面や運動施設の接地面の素材も裸足には適していない(Ahamed, N. U. ら (2018))。

そこで本研究の目的は、このミニマリスタを一定期間着用することによる身体機能および足趾形状へ及ぼす効果を検証することである。裸足やミニマリスタ着用の効果は先行研究によっていくつか報告されている。一つには足の形状に及ぼす効果で、習慣的に裸足で生活している人は、足幅が広く第1趾と第2趾の間隔が広いという報告がある(Shu, Y. ら (2015))。また、ミニマリスタの履物で生活している人の足の形状は、強い足のアーチ剛性を有しており(Lieberman, D. E. (2014))、アーチが高く剛性が大きく、強い拇指外転筋と小趾外転筋を持っていると報告されている(Holowka, N. B. ら (2018))。次に歩行や走行への影響として、Mizushima, J. ら (2018) が習慣的に靴を履いている子どもに全力走を靴と裸足でさせたところ、裸足では低走速度、高ケータン、低ストライドを示し、接地パターンは、後着地が靴で82%、裸足で29%であったと報告している。Francis, P. ら (2016) は、裸足と靴の走行ではスピードによりストライド長や腰、膝、足首角度について大きな差があることを示し、速度によるキネマティック(フォーム修正)を変更するには裸足走法が有用であると述べている。Lieberman, D. E. ら (2015) は、固い地面を走る時、習慣的に裸足であったり、経験が豊富な

ランナーであったりすると、着地パターンを変化させるケースが多いことを報告している。Xu ら (2017) によれば、現代の若者が裸足技術を使うにはミニマリスタは理想的な妥協案であることを示している。これまでの研究から、歩行や走行における歩容は裸足、ミニマリスタ、靴では違いがあり、ミニマリスタは裸足と靴の中間に位置しているとの見解が読み取れる。

また一定期間ミニマリスタを着用したときの効果として、Azevedo ら (2016) は、16週間の裸足トレーニングが、裸足だけでなく靴走行においても衝撃力を減らす効果があることを報告している。Bellar と Judge (2015) は、5週間のミニマリスタ介入を行う前後での代謝量を調べている。その結果、介入前にはミニマリスタは裸足に比べ高い代謝量を示していたが、介入後は同様になったと報告している。しかし、ミニマリスタによる一定期間介入の研究は少なく、しかも健康や身体機能への影響を見た研究はほとんどない。

そこで本研究は、以上のことを総合して、地下足袋技術から生み出された地下足袋タイプのトレーニング用の履物を一定期間着用したときの、身体能力への効果と足の形状におよぼす影響を検証することを目的とした。

方法

1. 使用したミニマリスタ

研究に用いたミニマリスタは(株)丸五が開発・製造・販売しているhitoe(写真1)である。詳しいスペックはメーカーホームページ



写真1 hitoe (ゼブラカラー)

<https://marugo-online.jp/shop/e/e901005/> を参照されたい。本稿では hitoe をミニマリスト H と表記することにする。

メーカーが表している特徴としては、

1. ホールガーメント製法：適度に伸縮性のある繊維を無縫製で立体的に編み上げた事で、足への刺激を減らしトレーニングに適した締め付け感を実現。

2. 柔軟性：足本来の動きや足底筋膜の力を妨げない絶妙なバランスの硬さに調整。軽さ、柔軟さ、耐久性を兼ね備えたアウトソール。

3. 最小限性：無縫製袋状アッパーに、ソールを貼り付ける今までにない構造。シューズ全体が1枚布のように引っ張り合いフィット感を高める。

4. 解剖学的フィッティング：1919年創立の丸五地下足袋のDNAを引き継いだ、解剖学的見地から作られたオリジナルの足型。足裏にソールが隙間なく沿い、裸足感覚のトレーニングが可能。

2. 被検者

千葉県習志野市にあるランニングクラブ (BNRC) に所属するメンバー10名であった。被検者のプロフィールは表1の通りである。被検者は2つの群に分けられた。A群 (C, D, G, I, J) は最初の9週間はミニマリストHを着用し、後の10週間はミニマリストHを着用しないで過ごしてもらった。逆にB群は、最初の9週間はミニマリストHを着用しないで、後の10週間はミニマリストHを着用する条件であった。

3. ミニマリストHの介入方法と期間

図1にはミニマリストHのグループ毎の介入期間が示されている。被検者には、ミニマリストH着用期間には1日に2時間以上、週5日以上以上の着用を依頼し、それを履いて散歩や軽いジョギングなどの活動をお願いした。一方、未着用期間においては何らの条件も与えなかった。ミニマリストH着用状況を日誌として記入してもらい、着用状況をチェックした。

表1 被検者のプロフィール

群	ID	性別	年齢	靴サイズ	競技歴 自己記録など
A	C	男	57	26.0 cm	フル3時間25分20秒
A	D	男	57	26.0 cm	フル4時間16分15秒
A	G	男	56	28.0 cm	フル3時間42分40秒
A	I	女	36	24.0 cm	14km2時間11分/山歩き・トレイルラン
A	J	女	31	24.0 cm	リレーマラソン等
B	A	男	51	24.0 cm	トライアスロン等
B	B	男	45	25.0 cm	フル5時間23分53秒
B	E	男	52	26.5 cm	10km51分39秒
B	F	男	45	27.0 cm	フル2時間59分41秒
B	H	女	45	22.5 cm	ハーフ1時間42分39秒



図1 ミニマリストHの介入期間

ミニマリストH介入前（4月30日）、ミニマリストH着用・未着用入れ替え時（7月1日）、介入終了時（9月9日）には効果検証測定を実施した。ミニマリストH入れ替え時期前後の期間が異なったのは、被検者の都合により測定日が想定より若干変化したためである。

4. 測定項目

(1) 足趾筋力

「足指力計測器チェッカーくん」（日伸産業株式会社、上尾市）により、拇指と第2趾で挟む力を測定した（写真2）。本報ではこれを足趾筋力と呼ぶことにする。



写真2 「足指力計測器チェッカーくん」

(2) 足趾形状

足裏バランス測定装置「フットルック」（株式会社フットルック、福岡市）により、写真3に示されている項目を測定した。

- ①母指角度（写真3 A）：外反母趾の程度
- ②小指角度（写真3 B）：内反小趾（小指変形）の程度
- ③足長（写真3 C）：足の長さ
- ④足幅（写真3 D）：足の最大幅
- ⑤開張角（写真3 E）：足の横アーチが崩れ前足部が広がっていると大きな値を示す

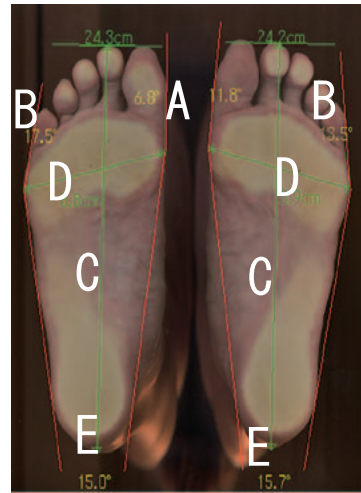


写真3 フットルック出力

また、両足趾を足部上方より写真撮影し（写真4）、足趾の配列を記録した。得られた写真から足趾頂点を座標化し、第2趾から第5趾の配列を回帰直線で定量化した。

(3) 足圧分布

フットビュー（ニッタ株式会社）により立位時（30秒）、歩行時の足圧分布の変化を記録した。

センサーユニットは、436mm×369mmの中に、6mm四方のセンサーが2288個、配置されている。サンプリング周波数は40Hzである。

(4) 歩容測定

30mの走路を被検者が通常歩行しているときの歩数と時間をストップウォッチにより計測した。得られたデータから歩幅（cm）、ケードンス（歩数/秒）、速度（m/秒）を算出した。

(5) ジャンプ能力

①ドロップジャンプ：40cmの台から跳びおり素早くジャンプする課題である。手は腰につけ、できるだけ短い接地時間で、できるだけ高く跳



写真4 足趾の撮影と座標化

ぶように要求した。すなわちリバウンドジャンプ指数(RJindex)を大きくするジャンプである。測定に際しては各条件とも2～3回の練習を実施した。

②リバウンドジャンプ：20秒間の連続その場ジャンプを課した。ドロップジャンプ同様、RJindexを大きくするよう指示した。

両ジャンプとも、被験者の矢状面から高速度ビデオカメラ(カシオF-1)で毎秒250コマで動作を撮影し、接地時間と滞空時間を計測した。滞空時間からは跳躍高を算出し、RJindexを求めた。

$$\text{跳躍高} = 1/8 \times \text{重力加速度} (9.8\text{m}/\text{秒}^2) \times \text{滞空時間}^2$$

$$\text{RJindex} = \text{跳躍高} / \text{接地時間}$$

(6) バランス能力

wii ボード(任天堂株式会社)および重心動揺計測ソフト(竹井機器工業株式会社)により重心動揺を計測した。条件は両足立位15秒、片足立位15秒、いずれも開眼であった。手は腰におき、片足の場合は得意な足(練習により把握)で支持させた。測定は両足、片足ともに原則1回ずつであるが、片足では明らかな失敗(15秒前に両足が床に触れる)の場合は再測定をした。サンプリング周波数は100Hzであった。得られたデータから総軌跡長を算出した。

(7) 運動能力テスト

①5-10-5アジリティテスト：敏捷性、瞬発力のフィールドテストであり、図2に見られるように、中央からスタートし、5m先のミニコーンにタッチし、反対側のミニコーンにタッチ(10m)、中央に戻る(5m)時間を計測する。

②反復横跳び：20秒間計測した。2回測定し、よい方のタイムを採用した。

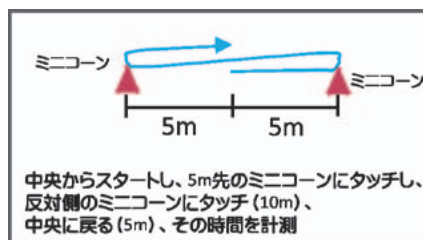


図2 5-10-5アジリティテスト

③立ち幅跳び：2回測定し、よい方の値を採用した。

④長座体前屈：2回測定し、よい方の値を採用した。

5. 統計分析

得られた結果の2変数の関係をみるためにピアソンの積率相関分析を行った。有意水準は5%とした。

結果

1. 各測定項目の結果

(1) 足趾筋力

表2には足趾筋力の結果が示されている。1stは4月30日測定、2ndは7月1日、3rdは9月9日の測定を表している(以下同様)。AグループはミニマリストH着用期間に右が1.7kg、63%、左が1.5kg、79%伸びた。未着用期間では右が0.3kg、6%、左は変化しなかった。BグループはミニマリストH着用期間の伸びは右0.3kg、6%、左-0.4kg、-8%であった。未着用期間(1st～2nd)は右80%、142%の伸びを示した。1stから3rd全体を通してみると、Aグループは右72%、左81%伸びており、Bグループでも右90%、123%の伸びを示した。

表2 足趾筋力の変化(kg)

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
右趾	2.8	4.5	4.8	2.4	4.2	4.5
	1.4	2.4	2.5	0.3	1.5	1.4
左趾	1.9	3.4	3.4	1.8	4.5	4.1
	0.9	1.4	1.9	0.7	2.2	1.8

上段：平均 下段：標準偏差

(2) 足趾形状

Aグループの1st時の足長は、右 $25.1 \pm 1.0\text{cm}$ 、左 $25.0 \pm 0.9\text{cm}$ 、足幅は右 $9.9 \pm 0.3\text{cm}$ 、左 $9.6 \pm 0.5\text{cm}$ であった。Bグループの1st時の足長は、右 $24.6 \pm 1.8\text{cm}$ 、左 $24.4 \pm 1.7\text{cm}$ 、足幅は右 $9.7 \pm 0.4\text{cm}$ 、左 $9.6 \pm 0.5\text{cm}$ であった。ミニマリストH着用期間の変化は、Aグループが足長で $-0.2\% \sim -1.0\%$ 、Bグループが $-4.1\% \sim -0.5\%$ と、減少したが有意な変化ではなかった。足幅についてはAグループが $4.8\% \sim 7.7\%$ の増加を示したのに対し、Bグループは $-2.2\% \sim -3.8\%$ と減少を示し、異なる結果となった。しかし、いずれも有意な変化ではなかった。

表3には拇指角度（外反母趾の程度）、小指角度（内反小趾の程度）、開張角の結果が示されている。Aグループでは、着用期間に拇指角度が左右とも減少した。しかし使用をやめると戻ってしまった。小指角度はやや増加し、開張角は変化なかった。Bグループでは、拇指角

度には変化は認められなかった。また小指角度はやや増加し、開張角は変化しなかった。

表4には、第2趾から第5趾の足趾頂点を座標化し、その配列を回帰分析した結果が示されている。値は回帰直線の傾きを示しており、値が大きい（-値が小さい）ほど傾斜が緩やかになったことを示している。Aグループでは、係数は右が減少したが左はやや増加していた。Bグループでは、左右とも減少しており、第2趾から第5趾にかけての傾斜が緩やかになったといえる。

(3) 足圧分布

両足立位時の加重の割合を、左前、右前、左後、右後に4分割して算出した結果が表5に示されている。Aグループでは、ミニマリストH着用期間に前加重の比率が増し（左前 $20.3\% \rightarrow 28.2\%$ 、右前 $24.1\% \rightarrow 30.1\%$ ）、その分、後加重の比率が減少した。Bグループでは変化が見られなかった。

表3 足趾形状の変化（度）

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
親指角右	9.9	7.1	9.2	10.4	9.3	11.7
	7.0	6.1	5.6	10.2	12.3	11.9
小指角右	16.9	18.2	17.4	17.7	18.2	18.0
	3.4	6.5	5.8	3.8	4.4	3.1
開張角右	17.0	17.4	17.1	17.2	17.7	17.7
	0.7	1.0	1.3	2.2	2.9	2.6
親指角左	7.2	5.4	6.5	10.7	10.8	11.2
	3.3	3.8	3.4	10.5	9.1	10.4
小指角左	15.7	16.8	15.2	15.7	14.1	15.9
	6.1	6.5	5.2	4.6	8.1	7.0
開張角左	16.0	16.1	16.1	16.4	16.4	17.2
	0.9	1.1	1.1	2.0	2.8	2.7

上段：平均 下段：標準偏差

表4 足趾配列の回帰係数

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
回帰右	-0.949	-0.929	-0.914	-0.904	-0.944	-0.902
	0.146	0.173	0.101	0.139	0.207	0.114
回帰左	-0.895	-0.908	-0.890	-0.901	-0.951	-0.884
	0.118	0.162	0.091	0.136	0.164	0.140

上段：平均 下段：標準偏差

(4) 歩容

表6には30mの走路を被検者が通常歩行しているときの歩数、時間、歩幅 (cm)、ケーデンス (歩数/秒)、速度 (m/秒) が示されている。Aグループでは、ミニマリストH着用により歩幅が増加し、ケーデンスは減少した。速度は増加した。Bグループでは歩幅、ケーデンスともに減少したので、速度も減少した。

(5) ジャンプ能力

表7にはドロップジャンプおよびリバウンドジャンプにおけるRJindexの値が示されている。Aグループのドロップジャンプでは、ミニマリストH着用によりRJindexは悪くなったが、リバウンドジャンプのRJindexはよくなった。Bグループのドロップジャンプでは変化はなく、リバウンドジャンプではやや悪くなった。

表5 両足立位時の4分割した加重割合 (左前、右前、左後、右後) (%)

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
左前	20.3	28.2	25.0	23.0	20.0	21.4
	3.1	6.5	5.3	5.1	3.4	2.5
右前	24.1	30.1	24.1	24.1	23.9	22.2
	6.8	4.0	6.2	9.4	3.4	4.8
左後	26.7	21.0	26.6	25.1	27.2	31.2
	5.0	6.6	3.6	8.5	5.7	5.4
右後	28.9	20.7	24.3	27.9	28.9	25.2
	8.5	4.6	8.9	5.9	6.4	6.6

上段：平均 下段：標準偏差

表6 歩容の変化

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
歩数 (歩)	44.2	40.8	40.5	46.1	43.5	44.0
	2.3	1.6	2.0	5.3	5.7	5.1
時間 (秒)	21.2	19.6	19.5	22.6	20.8	22.4
	1.2	1.1	1.5	3.7	3.4	3.4
ストライド (m)	0.68	0.74	0.74	0.66	0.70	0.69
	0.03	0.03	0.04	0.07	0.08	0.08
ケーデンス (歩/秒)	2.09	2.09	2.09	2.05	2.10	1.98
	0.06	0.10	0.13	0.14	0.12	0.20
速度 (m/秒)	1.42	1.54	1.55	1.35	1.47	1.36
	0.08	0.09	0.12	0.20	0.23	0.20

上段：平均 下段：標準偏差

表7 ジャンプ (RJindex) の変化

	Aグループ			Bグループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
ドロップJ	1.50	1.21	1.25	1.60	1.61	1.59
	0.17	0.28	0.41	0.20	0.13	0.25
リバウンドJ	1.04	1.37	1.35	1.13	1.54	1.42
	0.33	0.19	0.42	0.25	0.23	0.21

上段：平均 下段：標準偏差

表8 バランス能力（総軌跡長）の変化（cm）

	A グループ			B グループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
両足15秒	40.6	41.7	44.4	56.3	43.5	44.0
	2.8	3.3	5.7	32.2	5.8	4.9
片足15秒	127.7	147.0	151.3	83.6	117.6	106.7
	52.4	76.0	83.3	28.9	45.7	27.8

上段：平均 下段：標準偏差

表9 運動能力テストの変化

	A グループ			B グループ		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
5-10-5アジリティ (秒)	6.79	6.46	6.49	6.62	6.26	6.33
	0.69	0.60	0.53	0.36	0.41	0.47
反復横跳び (回)	47.0	48.0	45.2	44.2	46.6	45.8
	4.6	4.1	4.3	4.1	3.8	3.6
立ち幅跳び (cm)	166.6	168.0	173.8	163.2	170.0	178.2
	34.7	33.5	35.0	23.5	13.3	16.4
長座体前屈 (cm)	12.3	12.2	12.2	12.4	13.6	14.6
	7.5	10.9	8.0	2.9	3.2	3.2

上段：平均 下段：標準偏差

(6) バランス能力

表8には、15秒間の立位時における総軌跡長（cm）の結果が示されている。Aグループでは、両足立位ではミニマリストH着用による変化はなかったが、片足では悪くなった。Bグループでは、両足では変化はなかったが、片足は改善した。

(7) 運動能力テスト

表9には4種目の運動能力テストの結果が示されている。5-10-5アジリティテストは、ミニマリストH着用によりAグループでは改善したが、Bグループは変化しなかった。反復横跳びは、Aグループではやや改善したが、Bグループではやや悪化した。立ち幅跳びは、Aグループではやや改善し、Bグループでは改善した。長座体前屈は、Aグループでは変化なかったが、Bグループでは改善した。

2. 測定項目間の関係

測定項目間に有意な相関が認められた結果を示す。

(1) 足趾筋力と運動能力テストとの関係

図3は足趾筋力・右とアジリティテストとの関係、図4は足趾筋力・左とアジリティテストとの関係を示している。このことから、足趾筋力が強い人ほどアジリティ能力に優れていることが示された。

図5は足趾筋力・右と立ち幅跳びとの関係、図6は足趾筋力・左と立ち幅跳びとの関係を示している。アジリティ同様、両者の有意な相関関係から、足趾筋力が強い人ほど立ち幅跳びの成績に優れていることが示された。

(2) 足趾形状とバランス能力との関係

図7は総軌跡長・片足と足趾の回帰係数（右）との関係を示している。総軌跡長が短い、すなわちバランスのよい条件には、足趾回帰係数が大きい、すなわち足趾の配列が緩やかであることが有効であるという結果である。図8は、総軌跡長・片足と足幅（右）との関係を示している。図7同様、バランスのよい条件には、足幅が広い方がよいということが示された。

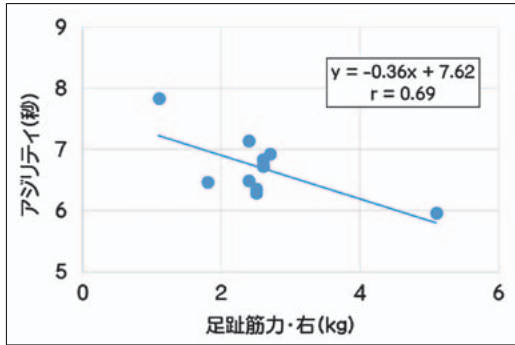


図3 足趾筋力・右とアジリティテストとの関係

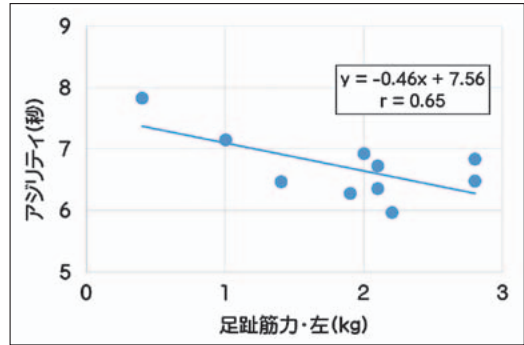


図4 足趾筋力・左とアジリティテストとの関係

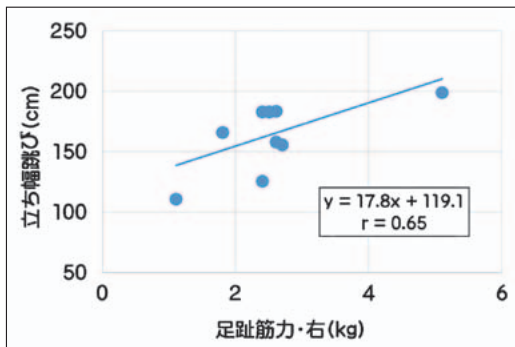


図5 足趾筋力・右と立ち幅跳びとの関係

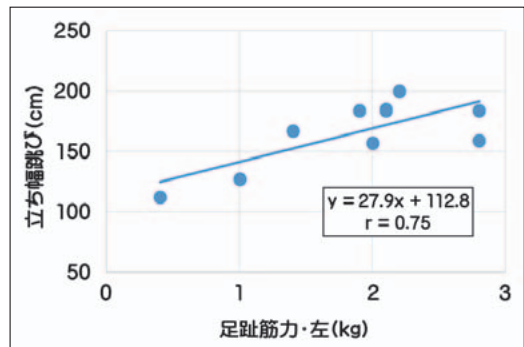


図6 足趾筋力・右と立ち幅跳びとの関係

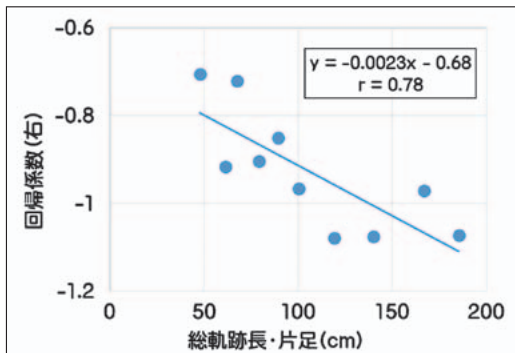


図7 総軌跡長・片足と足趾回帰係数(右)との関係

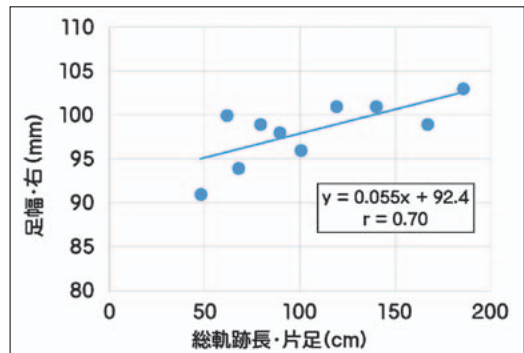


図8 総軌跡長・片足と足幅(右)との関係

考察

1. ミニマリストH着用の効果

一定期間(9~10週間)、ミニマリストHを1日に2時間以上、週5日以上着用し、散歩や軽いジョギングなどの活動をする条件で、足趾形状、足趾機能、運動機能などへの効果を調べた。検証のために、被検者を最初にミニマリス

トHを着用し、その後同じ期間未着用という群と、最初は未着用で、その後着用条件という群に分けた。その結果、次の結論を得ることができた。

足趾筋力は、Aグループは上がったが、Bグループは変化しなかったため、足趾筋力への効果は確定できない。

足指形状は、AグループではミニマリスタH着用期に親指角度が左右とも減少した。しかし使用をやめると戻ってしまった。Bグループは変化なかったので、足趾形状への効果も確定できない。ただし、着用で改善し、使用をやめると戻るという点は、長期使用による効果を検証する価値を示唆していると思われる。

回帰分析による足趾配列については、Aグループでは回帰係数は右のみが減少し、Bグループでは左右とも減少した。このことから、ミニマリスタH着用による第2趾から第5趾までの配列を変化させる効果が認められた。本研究の短期の介入で足趾の解剖学的構造が変化するとは考えにくいので、丸まっていた足趾が伸び床をとらえたと考えられるかもしれない。この点は、さらなる研究課題の提起としてとらえたい。

足圧分布から得られた重心位置では、Aグループでは、着用期間に前加重の比率が増し、後加重の比率が減少した。Bグループでは変化が見られなかった。したがって、重心位置への効果も確定はできない。

歩容については、Aグループでは歩幅が増加し、ケーデンスが減少し、速度が増加した。すなわち、ストライド型の歩行へ変化したといえる。一方Bグループは、歩幅、ケーデンスともに減少したので、速度も減少した。ここでは2グループで反対の効果となり、歩容への効果も確定はできないといえる。

バランス能力については、Aグループは両足立位の総軌跡長に変化をもたらさなかったが、片足では悪くなった。Bグループは両足立位には変化ないが、片足は改善した。したがって、バランス能力への効果も確定はできない。

RJindex から評価したジャンプ能力では、Aグループはドロップジャンプは悪くなり、リバウンドジャンプはよくなった。Bグループはドロップジャンプは変化なく、リバウンドジャンプはやや悪くなった。この能力にもミニマリスタH着用の効果は認められなかった。

運動能力テストについては、アジリティテストでは、Aグループは改善したが、Bグループ

では変化しなかった。反復横跳びでは、Aグループはやや改善し、Bグループはやや悪化した。立ち幅跳びでは、Aグループはやや改善し、Bグループも改善した。長座体前屈では、Aグループは変化しなかったが、Bグループは改善した。以上まとめると、瞬発力の指標である反復横跳びには一定の効果が認められた。

2. 足趾筋力と足趾形状

本研究の仮説は、先行研究の結果から構築したものであり、ミニマリスタH着用により足趾筋力が増加するということであった。そして、足趾筋力の強化は、運動能力、バランス能力、足趾形状（特に外反母趾改善）に効果があると期待された。この点は、ミニマリスタH着用の効果とは別であるが、図3～6において示唆されると考えられる。また、バランス能力はやはり足趾の形状と関係があるようである（図7～8）。本研究のミニマリスタHの介入条件では足趾形状を変化させるまでには至らなかったが、介入期間を増やす（例えば半年～1年）、使用頻度や時間を増やす（例えば毎日、通常の履物として使用する）などの条件で変わるかもしれない。

3. 今後の課題

本研究結果を総合的にみると、AグループではミニマリスタH着用の効果があったが、Bグループでは認められなかったというものである。ただし、BグループのミニマリスタH未着用期間では様々な項目に改善が認められている。言い換えればAグループもBグループも同じ時期には改善が見られたということになる。この点について、介入後に被検者に聞き取りを行ったところ、前半期間（5月～6月）は、レース時期であり、季節的にも練習量が多かったようだ。一方、後半期間（7月～8月）はレースもなく、また夏期中で練習量も少なめだったということである。この普段の活動状況がミニマリスタH着用の効果を上回ったとも考えられる。この点は、本研究の不備であったといわざるを得ない。

そこで、今後は先にも述べたように、介入時期の選定やミニマリスタH着用の期間・頻度・

時間を増やすこと、できるだけ普段の生活の影響を受けない工夫をするなどして、ミニマリストHの効用を探っていきたいと考えている。

要約

本研究の目的は、地下足袋技術から生み出された地下足袋タイプのトレーニング用の履物 (hitoe Marugo CO.) を9~10週間着用したときの、足の形状と機能、および身体能力への効果を検証することである。被検者はランニングクラブに所属する男女10名であった (年齢31歳~57歳)。検証項目は、足趾筋力および足趾形状、4種目の運動能力テストであった。

その結果、試合期にミニマリストを着用したグループでは各項目で改善が認められたが、非試合期に着用したグループでは試合期よりも効果が認められなかった。今後の課題として、介入時期の選定や、ミニマリスト着用の期間・頻度・時間を増やすことが示唆された。

謝辞

本研究のモニターとして協力いただいた美走ならしのRCのみなさまに深く感謝いたします。また、参加者のとりまとめをしていただいたRC代表・コーチの市川美歩様および、測定会場の手配をいただいた市川隼人様にお礼申し上げます。

引用文献

Ahamed, N. U., Kobsar, D., Benson, L., Clermont, C., Kohrs, R., Osis, S. T. and Ferber, R. (2018): Using wearable sensors to classify subject-specific running biomechanical gait patterns based on changes in environmental weather conditions. *PLOS ONE*. 13 (9): e0203839.

天野勝弘, 宇佐美彰規, 渡邊奈々 (2020) 地下足袋タイプのミニマリストの着用が足の形状および機能へ及ぼす影響. *養生学研究* 13巻1号 (印刷中).

Azevedo, A. P., Mezêncio, B., Amadio, A. C. and Serrão, J. C. (2016) 16 Weeks of Progressive Barefoot Running Training Changes Impact Force and Muscle Activation in Habitual Shod Runners. *PLOS ONE*. 11 (12): e0167234.

Bellar, D. and Judge, L. W. (2015): Effect of training in

minimalist footwear on oxygen consumption during walking and running. *Biol. Sport*, 32: 149-154.

Byun, K. (2018): Kinematic characteristics of barefoot sprinting in habitually shod children. *PeerJ*, 6: e5188.

Francis, P., Ledingham, J., Clarke, S., Collins, D. J. and Jakeman, P. (2016): A Comparison of Stride Length and Lower Extremity Kinematics during Barefoot and Shod Running in Well Trained Distance Runners. *J. Sports Sci. Med.* 15: 417-423.

Holowka, N. B., Wallace, I. J. and Lieberman, D. E. (2018): Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs. conventionally-shod populations. *Scientific Reports*, 8: 3679.

Lieberman, D. E. (2014): Strike type variation among Tarahumara Indians in minimal sandals versus conventional running shoes. *J. Sport and Health Sci.* 3 (2): 86-94.

Lieberman, D. E., Castillo, E. R., Otarola-Castillo, E., Sang, M. K., Sigei, T. K., Ojiambo, R., Okutoyi, P. and Pitsiladis, Y. (2015): Variation in Foot Strike Patterns among Habitually Barefoot and Shod Runners in Kenya. *PLoS One*. 10 (7): e0131354.

Mizushima, J., Seki, K., Keogh, Justin W. L., Maeda, K., Shibata, A., Koyama, H. and Ohyama-Byun, K. (2018): Kinematic characteristics of barefoot sprinting in habitually shod children. *PeerJ*, 6: e5188.

日本ベアフット・ランニング協会 <http://hadashirunning.jp/>

Shu, Y., Mei, Q., Fernandez, J., Li, Z., Feng, N. and Gu, Y. (2015): Foot Morphological Difference between Habitually Shod and Unshod Runners. *PLOS ONE*. 10 (7): e0131385.

Wallace, I. J., Koch, E., Holowka, N. B. and Lieberman, D. E. (2018): Heel impact forces during barefoot versus minimally shod walking among Tarahumara subsistence farmers and urban Americans. *R Soc Open Sci.* 5 (3): 180044.

Xu, Y., Hou, Q., Wang, C., Simpson, T., Bennett, B. and Russell S. (2017): How Well Can Modern Nonhabitual Barefoot Youth Adapt to Barefoot and Minimalist Barefoot Technology Shoe Walking, in regard to Gait Symmetry. *BioMed Research International*, Volume 2017, Article ID 4316821.

