

体重免荷トレッドミルにおける体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係： 大学女子中・長距離競技者を対象とした場合

西崎魁人¹⁾, 金高宏文²⁾, 永原隆²⁾, 小森大輔²⁾, 松村勲²⁾

¹⁾ 柏市消防局東部消防署

²⁾ 鹿屋体育大学

キーワード：無線ウェアラブル足底圧力計, 足底圧力減少率, ストライド指数, ピッチ指数

【要 約】

近年, 空気圧を利用し, 体重を免荷したトレッドミル(体重免荷トレッドミル)が国内でも開発され, 販売されるようになった. しかし, 当該装置は静止立位時の体重を基準として免荷するだけで, 走行時に発生する着地の衝撃力をどの程度減少させているかは, 正確には把握できていない. 本研究では, 体重免荷トレッドミルを活用している大学女子中・長距離選手 7 名を対象に, 走行時の着地の衝撃への影響をインソール型の無線ウェアラブル足底圧力計を用いて, 体重免荷トレッドミルにおける体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係を明らかにすることを目的とした.

その結果, 体重免荷率の増加にともない免荷率 15%以降で平均的には足底圧力減少率も直線的に増加傾向を示し, その値は各体重免荷率の値の約 1/3~3/5 で体重免荷率よりも低い割合を示すことが明らかとなった. しかし, 個人の足底圧力減少率は, 走行速度や個人のコンディション(下肢の痛み等)・走動作(左右差, 接地の仕方等)により変動することも示唆された.

スポーツ傷害からの競技復帰等で体重免荷トレッドミルを使用する際に, これらの知見を活用されることが期待される.

スポーツパフォーマンス研究, 12, 87-99, 2020 年, 受付日: 2018 年 8 月 13 日, 受理日: 2020 年 3 月 18 日

金高宏文 891-2393 鹿屋市白水町 1 鹿屋体育大学 kintaka@nifs-k.ac.jp

Relation between percentage of body weight supported and reduction in plantar pressure when using a body-weight supported treadmill: women university mid/long distance runners

Kaito Nishizaki¹⁾, Hirofumi Kintaka²⁾, Ryu Nagahara²⁾,
Daisuke Komori²⁾, Isao Matsumura²⁾

¹⁾East Fire Station, Fire Department of Kashiwa City

²⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: wearable wireless pressure-sensitive foot insole meter, reduction in plantar pressure, stride length index, stride frequency

【Abstract】

Recently, a new type of treadmill, called a “body weight supported treadmill”, has been developed and is currently being sold in Japan. When that type of treadmill is used, the weight of the body is supported by air pressure. However, the machine supports the user’s weight when the person is standing still; it does not measure changes in landing impact while the user is running. The present study examined the relation between the percentage of weight supported and the amount of decrease in pressure on the sole of the foot when landing when the runner was using a body-weight supported treadmill, as measured by a wearable wireless pressure-sensitive foot insole. The participants were 7 women university mid/long distance runners who had already been using a body-weight supported treadmill.

The results indicated that the decrease in plantar pressure increased linearly as the percentage of body weight supported increased when over 15% of the person’s weight was supported. The extent of reduction in plantar pressure was $1/3 - 3/5$ of the percentage of weight that was supported. However, the extent to which plantar pressure decreased varied with the running speed, body condition (such as lower leg pain), running style (such as the difference between left and right), and landing style of each individual runner.

Information from the present study may help runners returning to competition after an injury, who are using a body weight supported treadmill.

I. 研究の背景と目的

近年、空気圧を利用し、体重を免荷したトレッドミル(体重免荷トレッドミル)が国内でも開発され、販売されるようになった(図1)。当該装置は、トレッドミルに下半身を覆うドームが装備され、ドーム内の空気圧を上昇させることで身体を押し上げ、走行における体重免荷を可能としている。



図1. 体重免荷トレッドミル(DREAM HUNTER, 昭和電機(株)製)

<http://www.showadenki.co.jp/terasu/product/dream/> 2018/1/6 閲覧

この体重免荷トレッドミルを使用した研究としては、空気圧や免荷率がそれぞれ血圧や酸素摂取量に及ぼす影響などを検証した生理学的な研究(David K.P. McNeill, 2015; 小山ほか, 2015; 宮崎ほか, 2013; 位高ほか, 2013), 前十字靭帯損傷等のスポーツ外傷や心臓疾患などのリハビリテーションの事例研究や報告(矢頭, 2016; 木本ほか, 2015; 梶本ほか, 2014; 木本ほか, 2012; Vinny Comiskey, 2010)が行われている。また松村ほか(2019)は、体重免荷トレッドミルを活用して競技力を向上させた事例を報告している。一方、当該装置は静止立位時の体重を基準として免荷するだけで、走行の着地時に発生する体への衝撃力をどの程度減少させているかについて提示していない。ランニング中に発生する体への衝撃力を体重免荷トレッドミルにより適切にコントロールするためにも、体重免荷率設定値と走行着地時に発生する体への衝撃力との関係を把握しておくことが重要と考えられる。

しかし、体重免荷トレッドミルを用いた走行中の着地時の体への衝撃力である鉛直地面反力を直接計測するためには、トレッドミルにフォースプレートを装備する必要がある。しかし、当該装置の構造・機能上、フォースプレートを装備することは困難である。そこで、足とシューズの間にインソール型の足底圧力計(図2)を挿入することで、地面から体に加わる衝撃力である鉛直地面反力を推定できないかと考えた。Thomas et. al.(2017)によれば、本研究で使用する足底圧力計はランニング時の鉛直地面反力波形を適切に反映するとともに、鉛直地面反力の最大値と高い相関関係($r = 0.8$ 以上)を有していることが確認されている。しかし、足底圧力の最大値は地面反力の62%程度となり、過小評価する特性がある(Thomas et. al., 2017)。それ故、体重免荷率の変更に伴う着地衝撃力の変化は、体重免荷率0%時の最大足底圧力を基準に、他の免荷率時にどの程度減少するか(足底圧力減少率)を求めることで把握することとした。



図2. 無線ウェアラブル足底圧力計

(http://www.moticon.de/science/) 2018/1/6 閲覧

そこで、本研究ではインソール型の無線ウェアラブル足底圧力計を用いて、体重免除トレッドミルにおける体重免除率と走行時の足底圧力減少率との関係を明らかにすることを目的とした。

なお、本研究では、体重免除トレッドミルを活用している大学女子中・長距離選手を対象に検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、陸上競技を専門とする大学女子中・長距離競技者 7 名(年齢:20±1 歳, 競技歴 8±2 年)とした。被験者のプロフィールは表1に示す通りである。被験者の中には、スポーツ傷害からの復帰過程で体重免除トレッドミルを使用しているものも含まれた。

なお、測定を開始するにあたり、研究の目的、測定方法を事前に説明し、同意を得て実施した。

表1. 被験者のプロフィール

対象者ID	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技年数 (年)	専門種目	自己ベスト	シーズンベスト	故障等
被験者A	20	155.5	46.40	8	5000m	17.05.22	17.12.78	無し
被験者B	20	162.7	47.85	8	5000m	16.26.38	16.33.31	無し
被験者C	20	155.7	54.40	8	5000m	16.50.00	無し	右シンスプリント違和感
被験者D	18	160.8	51.50	7	800m/1500m	2.11.63/4.29.51	2.11.63/4.29.51	右シンスプリント違和感
被験者E	20	158.0	47.95	8	1500m/5000m	4.27.01/16.25.93	4.28.09/16.25.93	両足首に軽度の痛み
被験者F	21	155.9	49.60	8	5000m	17.09.02	無し	無し
被験者G	21	162.7	58.05	12	800m	2.09.74	2.13.89	無し
平均	20	158.8	50.82	8				
標準偏差	1	3.3	4.16	2				

2. 実験試技および測定方法

1) 実験試技

実験試技は、体重免除トレッドミル(DREAM HUNTER, 昭和電機(株)製, 図1)を用い、一定速度でのランニングとした。

走行速度は、下肢のスポーツ傷害(故障等)を負った長距離女子選手の競技復帰で用いられている時速 16.3km(3 分 40.8 秒/km), 時速 15.0km(4 分/km)および時速 13.8km(4 分 20.8 秒/km)の 3 種

類とした(松村ほか, 2019). 各走行速度に対して, 体重免荷率を 0%から 50%までの計 11 段階にわたって 5%毎に連続的に増加させた. 図3は, 実験プロトコルの全体像を示している. 各体重免荷率における測定開始は, トレッドミルの起動時間及び速度変更等を考慮し, 免荷率 0%が 40 秒後で, その後は全て 30 秒後とした.

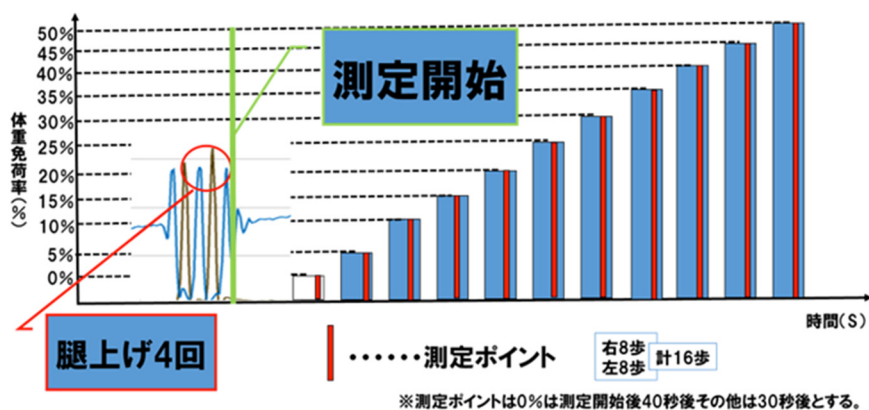


図3. 実験プロトコルの概要

2) 測定方法

足底圧力の測定は, インソール型の無線ウェアラブル足底圧力計 (SENSORINSOLE2, MOTICON 社製, 50Hz) を用いて行った(図2). 実験に先立って無線ウェアラブル足底圧力計はランニングシューズ内に両面テープで固定した.

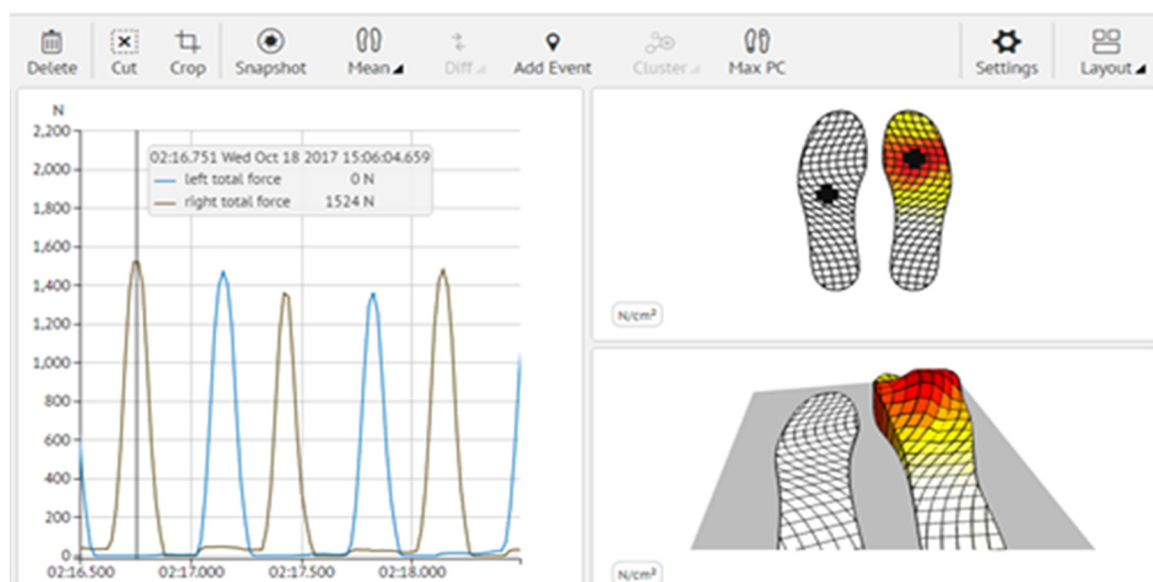


図 4. 無線ウェアラブル足底圧力計(左)とその計測・出力画面(右)の例

3. 分析項目

各体重免荷率の足底圧力データは、各体重免荷率における測定開始後 30 秒後の右・左各 8 歩、計 16 歩を対象とした(図3)。

分析項目は、以下の項目とした。

- 1) 足底圧力(N):右・左足における接地中の足底圧力のピーク値(図4)の足底圧力波形が示されているタイムライン[縦線]のところ)を求めた。足底圧力のピーク値を求めたのは、ランニングにおいて着地後 50ms 以内に生じる第 1 ピーク(着地衝撃または衝撃力)は、障害との関係が高い(Hreljac, 2004)という先行研究を考慮してのことである。
- 2) 体重あたり足底圧力(N/kg):足底圧力を被験者の身体質量(単位は「kg」)で除して求めた。
- 3) 各体重免荷率の足底圧力減少率(%):体重免荷率 0%を基準として、以下の式より求めた。

$$\text{体重免荷率 } X\% \text{ 時の足底圧力減少率 } (\%) = (\text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時の足底圧力} - \text{体重免荷率 } X\% \text{ 時の足底圧力}) / (\text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時の足底圧力}) \times 100 \text{ とした。}$$
- 4) ピッチ(step/s):16 歩目の左足の足底圧力のピーク値が示した時間から 1 歩目の右足の足底圧力のピーク値が示した時間を引いて 16 で割って求めた。
- 5) ピッチ指数:以下の式より求めた。

$$\text{ピッチ指数} = \text{ピッチ} \cdot (\text{身長} \cdot g^{-1})^{1/2}$$
- 6) 各体重免荷率のピッチ指数変化率(%):体重免荷率 0%を基準として、以下の式より求めた。

$$\text{体重免荷率 } X\% \text{ 時のピッチ指数変化率 } (\%) = (\text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時のピッチ指数} - \text{体重免荷率 } X\% \text{ 時のピッチ指数}) / (\text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時のピッチ指数}) \times 100 \text{ とした。}$$
- 7) ストライド(m):トレッドミルの設定速度(秒速)をピッチで除して求めた。
- 8) ストライド指数:ストライドを被験者の身長*で除して求めた。[*:Alexander(1977)は下肢長で計算しているが、本研究では下肢長を反映する身長とした]
- 9) 各体重免荷率のストライド指数変化率(%):体重免荷率 0%を基準として、以下の式より求めた。

$$\text{体重免荷率 } X\% \text{ 時のストライド指数変化率 } (\%) = (\text{体重免荷率 } X\% \text{ 時のストライド指数} - \text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時のストライド指数}) / (\text{体重免荷率 } 0\% \text{ 時のストライド指数}) \times 100 \text{ とした。}$$

4. 統計分析

足底圧力減少率、ストライド指数変化率及びピッチ指数変化率について、被験者毎に各走行速度における各体重免荷率の左右あわせた 16 歩の平均値を求めた。これらの項目について、二要因(走行速度×体重免荷率)の分散分析(対応のない)を行った。交互作用が有意であった場合、単純主効果の検定と Bonferroni の方法による群間の多重比較を行った。また、主効果が有意、交互作用が有意でない場合、Bonferroni の方法による要因水準の多重比較を行った。いずれも統計的有意水準は 5%未満で判定した。なお、分析ソフトは、SPSS ver.25(IBM 社製)を用いた。

III. 結果及び考察

本研究では、インソール型の無線ウェアラブル足底圧力計を用いて、体重免荷トレッドミルにおける体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係を明らかにすることを目的とした。

分析は、大学女子長距離選手を対象に、体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係について平均的傾向を検討した。さらに、被験者の中で平均的傾向からずれている個人の特徴についても検討を加えた。

1. 全被験者の平均的特徴

1) 各走行速度および各体重免荷率における足底圧力減少率の比較

図5は、各走行速度および各体重免荷率における被験者7人の左右足を合わせた体重あたりの足底圧力と足底圧力減少率の平均値を示したものである。体重あたりの足底圧力は、体重免荷率の増加にあわせて減少傾向を示し、足底圧力減少率は、体重免荷率の増加にあわせて増加傾向を示した。

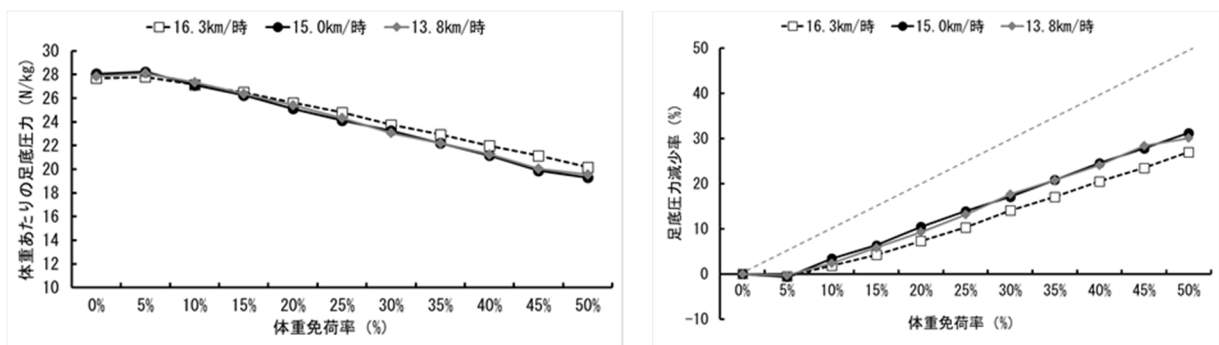


図5. 被験者7人の左右足を合わせた体重あたりの平均の足底圧力(左)とその減少率(右)

注) 右図中の点線は、体重免荷率と足底圧力減少率が同値で変化した場合を示している。

足底圧力減少率に関する二元配置の分散分析の結果(表2)、走行速度×体重免荷率に交互作用はみられなかった($F(20, 198)=0.385$, $p=0.993$). しかし、走行速度、体重免荷率それぞれに対して主効果が認められた(走行速度 $F(2, 198)=9.447$, $p<0.001$; 体重免荷率 $F(10, 198)=139.240$, $p<0.001$).

多重比較の結果、走行速度について 15.0km/時と 13.8km/時の間に有意な差は認められなかったが、16.3km/時との間では 15.0km/時と 13.8km/時が有意に高値を示した(表2). このことは、本研究で用いた体重免荷トレッドミルにおいて、走行速度が足底圧力減少率に影響することを示す。そして、レースペースに近い 16.3km/時は低・中速域である 15.0km/時と 13.8km/時よりも実際の免荷率が低いことを示している。

表2. 足底圧力減少率における走速度間の多重比

走速度	13.8km/h	15.0km/h	16.3km/h
13.8km/h			
15.0km/h			
16.3km/h			

: $p<0.05$

体重免荷率については、体重免荷率 0%と 5%と 10%の間に有意な差は認められなかった(表 3). 体重免荷率 15%以降では、各体重免荷率の前後 5%の体重免荷率の間に有意差は認められなかった. しかし、それ以外の体重免荷率との間では有意差が認められ、足底圧力減少率も体重免荷率と同じような増減傾向を示した. このことは、体重免荷率 5~10%において生じる足底圧力が免荷なし(体重免荷率 0%)における足底圧力と変わらないことを示している. したがって、本研究で用いた体重免荷トレッドミルにおいて、走行時に足底圧力の軽減が生じるのは、平均的には体重免荷率 15%以上からと考えられる.

さらに、体重免荷率 15%以降の被験者全体の足底圧力減少率は、体重免荷率 15%時の約 5%から増加し、体重免荷率 50%時に約 30%となり、各体重免荷率の値の約 $1/3 \sim 3/5$ の値となっていた(図 5). このことは、本研究で用いた体重免荷トレッドミルにおける体重免荷率が足底圧力減少率よりも過大評価されていることを示している.

表 3. 足底圧力減少率における体重免荷率間の多重比較

免荷率	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
0%											
5%											
10%											
15%											
20%											
25%											
30%											
35%											
40%											
45%											
50%											

 : $p < 0.05$

従って、本研究で用いた体重免荷トレッドミルは、下肢への負担度を示す足底圧力が走行速度や免荷率(15%以上)に影響されることを考慮して活用する必要があるといえよう. さらに、その足底圧力減少率も体重免荷率値の約 $1/3 \sim 3/5$ の値となり、体重免荷率の増加にともない、実際に減少する足底圧力の割合が高まることも考慮する必要があるといえそうである.

2) 各走行速度および各体重免荷率におけるストライド指数変化率の比較

図 6 は、各走行速度および各体重免荷率における被験者 7 人の左右足を合わせたストライドとその変化率の平均値を示したものである. ストライドは、体重免荷率の増加にあわせて増加傾向を示した.

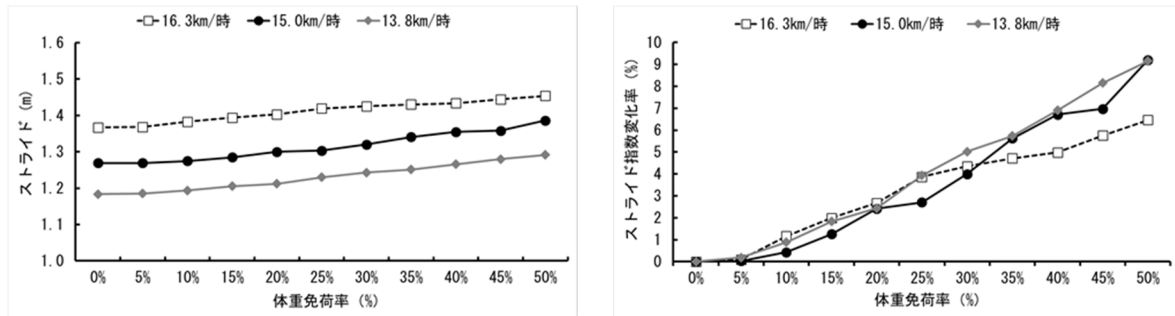


図 6. 被験者 7 人の左右足を合わせた平均のストライド(左)とその指数変化率(右)

ストライド指数変化率における二元配置の分散分析の結果、走行速度×体重免荷率に交互作用はみられなかった ($F(20, 198)=0.527, p=0.953$)。走行速度に主効果は認められなかった ($F(2, 198)=1.681, p=0.189$)。しかし、体重免荷率においては主効果が認められた ($F(10, 198)=26.467, p<0.001$)。このことは、本研究で用いた体重免荷トレッドミルにおいて走行速度がストライド指数変化率に影響しないことを示している。

多重比較の結果、体重免荷率において、各体重免荷率の前後 10～15%の体重免荷率の間に有意差は認められなかった(表 4)。しかし、それ以外の体重免荷率との間では有意差が認められ、ストライド指数変化率も変化率は異なるものの体重免荷率と同じような増減傾向を示した。これは、体重免荷率の増減に伴って身体を上方向に持ち上げる外力が変化し、主に着地期より時間が長い滞空期で体を浮かせる時間(滞空時間)を増減させて生じていると考えられる。

従って、本研究で用いた体重免荷トレッドミルでは、ストライドが体重免荷率の増加に従って増加すると考えられる。

表 4. ストライド指数における体重免荷率間の多重比較

免荷率	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
0%											
5%											
10%											
15%											
20%											
25%											
30%											
35%											
40%											
45%											
50%											

■ : $p<0.05$

3) 各走行速度および各体重免荷率における平均ピッチ指数変化率の比較

図 7 は、各走行速度および各体重免荷率における被験者 7 人の左右足を合わせたピッチとその変化率の平均値を示したものである。ピッチは、体重免荷率の増加にあわせて減少傾向を示した。

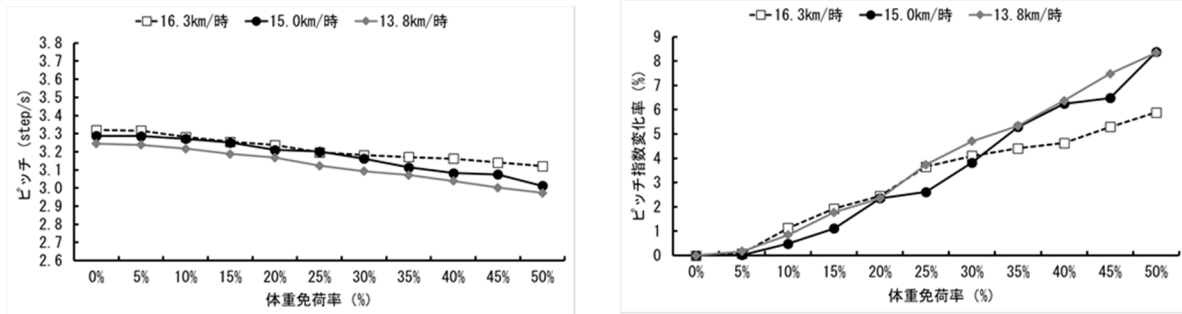


図 7. 被験者 7 人の左右足を合わせた平均のピッチ(左)とその指数変化率(右)

ピッチ指数変化率における二元配置の分散分析の結果, 走行速度×体重免荷率に交互作用はみられなかった($F(20, 198)=0.529$, $p=0.952$). 走行速度に主効果は認められなかった($F(2, 198)=1.671$, $p=0.191$). しかし, 体重免荷率においては主効果が認められた($F(10, 198)=26.847$, $p<0.001$). このことは, 本研究で用いた体重免荷トレッドミルにおいて走行速度がピッチ指数変化率に影響しないことを示している.

多重比較の結果, 体重免荷率において, 各体重免荷率の前後 10~15%の体重免荷率の間に有意差は認められなかった(表 5). しかし, それ以外の体重免荷率との間では有意差が認められ, ピッチ指数変化率も変化率は異なるものの体重免荷率と同じような増減傾向を示した. これは, 体重免荷率の増減に伴って身体を上方向に持ち上げる外力が変化し, 主に着地期より時間の長い滞空期で体を浮かせる時間(滞空時間)を増減させて生じていると考えられる.

従って, 本研究で用いた体重免荷トレッドミルでは, ピッチが体重免荷率の増加に従って減少すると考えられる.

表 5. ピッチ指数における体重免荷率間の多重比較

免荷率	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
0%											
5%											
10%											
15%											
20%											
25%											
30%											
35%											
40%											
45%											
50%											

■ : $p<0.05$

2. 個人的な特徴の例

被験者の多くは, 平均的な傾向のように直線的かつ同じような比率での足底圧力減少率の変動を示したが, 被験者によっては体重免荷率 30%のあたりから足底圧力減少率が直線的な変化をしない事例が認められた. 特に, 体重免荷率 50%において足底圧力減少率が増加せず, 低下する場合が認められた(図 8). どちらも被験者 E で, 走行速度が異なるときに生じていた.

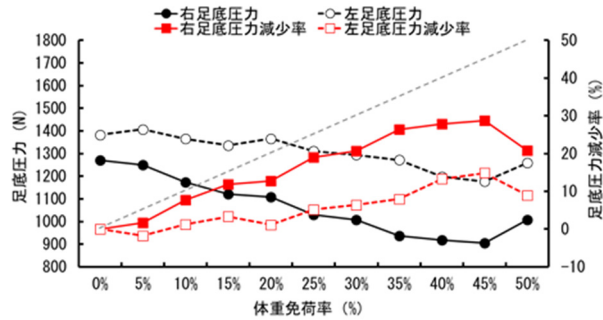


図 8. 体重免荷率 50%において足底圧力減少率が低下した事例(被験者 E の 16.3km/時)
 注1:左図中の灰色の破線は、足底圧力減少率(y)と体重免荷率(x)の $y=x$ ラインを示している。

また、被験者によっては、左右足で大きく異なる足底圧力の変化を示す事例も認められた。特に、被験者 E は両足首に僅かに痛みをかかえた状態での走行もあり、足底圧力の左右差およびその変化も平均的な傾向とは大きく異なっていた。被験者 E は、無意識であったが、左右での接地のパターンも大きく異なっていた。図 9 左の着色部は被験者 E の 16.3km/時における左右足の 8 歩ずつの足底圧力及び足底圧力減少率を示している。図 9 右は体重免荷率 0%時と体重免荷率 35%時におけるインソール内の圧力中心[中央図の+]の座標を示している。被験者は 0%免荷時には左右差があまり見られないが、35%免荷時では図の青丸で囲った部分のように僅かに痛みを有する右足のほうが左足よりも圧力中心が Y 軸正の方向すなわち前足部へ集中している。これは、実験による走行時間の経過により痛みを避けるために、接地が変更し、前方に圧力の中心が移動したことも考えられる。同時に、体重免荷率が大きくなることで、体が上方に釣り上げられて接地での重心位置が高くなり、前足部付近からの接地への変更が可能になったと考えられる。

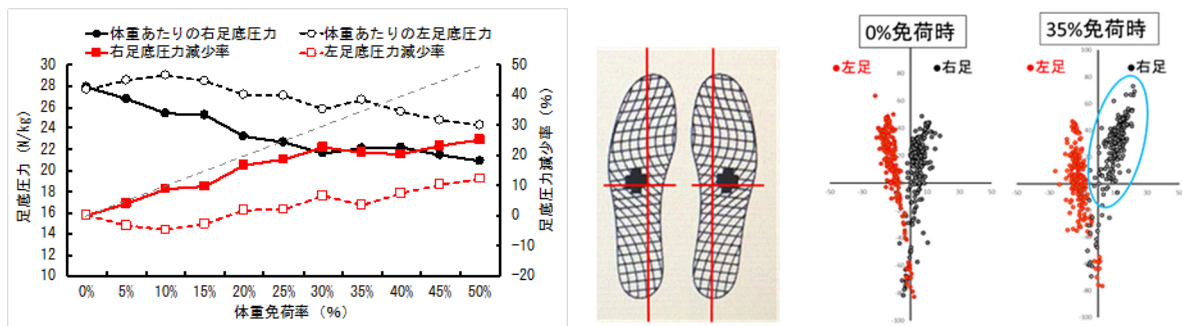


図 9.被験者 E における 16.3km/時の左右差の検討

注 1) 左図中の灰色の破線は、足底圧力減少率(y)と体重免荷率(x)の $y=x$ ラインを示している。
 注 2) 右図の点は、中央の図で示す左右の足底圧力計における接地中の圧力中心[+]の座標を示している。原点は中央の図の足底圧力計の XY 座標の交点を示す。計測単位は「mm」。

このことは、本研究で用いた体重免荷トレッドミルでは、使用者のコンディションやスポーツ傷害の有無等により、体重免荷率の増加にともなう左右同じように足底圧力を減少しないことがあることに配慮する必要がある可能性を示している。

3. 今後の検討課題

本研究では、大学女子中・長距離競技者を対象として体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係を検討した。そのため、比較的にランニング動作が安定し、体重免荷にも素早く対応出来たと考えられる。しかし、ランニング動作が安定していない一般の被験者やその他のスポーツ種目を専門とする競技者でも、今回のような平均的傾向が生じるかを検討する必要があるだろう。

IV. 結論

本研究は、体重免荷トレッドミルにおける体重免荷率と走行時の足底圧力減少率との関係を明らかにすることを目的とした。

体重免荷率の増加にともない15%以降で平均的には足底圧力減少率も直線的に増加傾向を示し、その値は各体重免荷率の値の約 $1/3 \sim 3/5$ で体重免荷率よりも低い割合を示すことが明らかとなった。しかし、個人の足底圧力減少率は走行速度や個人のコンディション(下肢の痛み等)・走動作(左右差、接地の仕方等)により変動することも示唆された。

従って、スポーツ傷害からの競技復帰等で体重免荷トレッドミルを使用する際にこれらの知見を活用されることが期待される。

謝辞

本研究は、鹿屋体育大学・金高宏文研究室と昭和電機(株)との共同研究における成果の一部である。体重免荷トレッドミルおよび研究費の支援を受けて実施されたものである。ここに記して感謝申し上げる。

文献

- Alexander, R.M. (1977) Terrestrial locomotion. In: Alexander, R.M. and Goldspink, G. (Eds) Mechanics and Energetics of Animal Locomotion. Chapman and Hall: London, pp. 168-203.
- David K.P. McNeill, John R. Kline, Hendrick D. de Heer, J. Richard Coast (2015) Oxygen Consumption of Elite Distance Runners on an Anti-Gravity Treadmill. Journal of Sports Science and Medicine. 14 (2) , 333-339.
- Hreljac A (2004) Impact and overuse injuries in runners. Med Sci Sports Exerc 36, 845-849.
- 位高駿夫, 廣川彰信, 宮崎誠司 (2013) 反重力トレッドミルの負荷の違いが最大運動時の運動強度に及ぼす影響. 東海大学紀要 体育学部 (43), 83-88.
- 梶本泰志, 堀弘明, 千葉健, 由利真, 堀享一 (2014) 反重力トレッドミルを使用し歩行練習を実施す

- ることにより歩行機能が改善した症例. 国立大学リハビリテーション療法士学会大会誌(35), 86-89.
- ・ 木本龍, 宮原小百合, 河野めぐみ, 篠原竜也, 渡邊昌, 宗村浩美, 常泉美佐子, 菅原成元, 輪座聡, 遠藤洋毅, 大隅雄一郎, 柴田大輔, 鈴木洋平, 菅谷睦(2012)ACL 再建術後患者における反重力トレッドミル「Alter G」の有用性についての検討. 日本理学療法学術大会抄録集. (40), 2.
 - ・ 木本龍, 渡辺淳也, 竹内正人, 菅谷睦(2015)ACL 再建術後の症例における反重力トレッドミル『Alter G』の有効性について. 理学療法の科学と研究 5(1). 23-28.
 - ・ 小山尚子, 千葉健, 堀弘明, 由利真, 堀享一(2015)反重力トレッドミルの荷重率・歩行速度の変化が酸素摂取量・心拍数に与える影響. 理学療法士 Supplement2014 (0), 1786.
 - ・ 松村勲, 田中克典, 盛山鈴奈, 中畑敏秀, 小森大輔, 瓜田吉久, 金高宏文(2018)下肢にスポーツ外傷・障害を抱えた女子長距離ランナーの体重免荷トレッドミルを活用した競技復帰事例ー日本インカレ女子 10000mで優勝した選手の場合ー, ランニング学研究, 30(1) 41-56.
 - ・ 宮崎誠司, 位高駿夫, 廣川彰信(2013)反重力トレッドミルを用いた運動時の心拍数の変化. 東海大学紀要 体育学部(43), 97-104.
 - ・ Thomas Stoggl, Alex Martin(2017)Validation of Moticon's OpenGo sensor insoles during gait, jumps, balance and cross-country skiing specific imitation movements. Journal of Sports Sciences, 35(2), 196-206.
 - ・ Vinny Comiskey(2010)前十字靱帯(ACL)再建術&マイクロフラクチャー
http://www.alter-g.jp/case_study/cs007.pdf(2017年1月10日閲覧)
 - ・ 矢頭透(2016)膝蓋骨骨接合術後, 早期競技復帰を目指し, 反重力トレッドミルを使用した症例. 九州理学療法士・作業療法士合同学会 筑後Ⅱ支部 症例報告会大会誌.
<http://www.ekasc.com/pdf/160219rep.pdf> (2018年8月12日閲覧).