

靴紐の締め方が小学生の歩行状態に与える影響

Effect of Shoelace Tightness on Gait Condition of Elementary Schoolchildren

¹株式会社早稲田エルダリーヘルス事業団

²戸塚共立リハビリテーション病院 整形外科

³特定非営利活動法人オーソティックスソサエティー

¹Waseda Elderly Health Association Co., Ltd.

²Department of Orthopedic Surgery, Totsuka Kyouritsu Rehabilitation Hospital

³Nonprofit Organization of Orthotics society

伊藤 太祐¹⁾, 内田 俊彦²⁾³⁾

Taisuke Ito¹⁾, Toshihiko Uchida²⁾³⁾

Key words : 小学生 (Elementary Schoolchildren), 靴紐 (Shoelace), 靴サイズと足長の差 (Difference Between Shoe Size and Foot Length), 浮き趾 (Floated Toe), 歩行解析デバイス AYUMI EYE (Gait Analysis Device AYUMI EYE)

要 旨

健常小学生 69 名を対象に、靴サイズと足長の差、浮き趾スコアを計測し、3 軸加速度センサーを用いて、通常時の靴ならびに靴紐の状態、および靴を変えずに靴紐を理学療法士が締めた状態の 2 条件において歩行機能（歩行速度、歩幅、RMS (Root Mean Square)、歩行周期ばらつき) を測定し、靴紐の締め方が小学生の歩行状態に与える影響を検討した。歩行速度、歩幅および RMS において、条件間で有意差が認められた。また、重回帰分析において、有意な関連要因として抽出された因子はなく、小学生においては、年齢、足元の

状態に関わらず、靴紐の締め方が歩行状態に影響を与える可能性が示唆された。

緒 言

児童期は足部の骨格成長が著しい時期であり、女子は 13 歳で成人の足長に達するが、男子はそれより 2 年ほど遅れるとの報告がある¹⁾。そのため、この時期は一足の靴を着用し続けられる期間が大人に比較して非常に短く、それを保護者がもっていないと捉えているとの見方もあり²⁾、真に適合した靴を選択できていない例は多い。靴サイズについて、小学生の 60% 以上が不適切なサイズの靴を着用しているとの報告もあり³⁾、適切な歩行⁴⁾ならびに成長⁵⁾を阻害する要因として、不適切な靴の状態が与える影響は非常に大きいと考えられる。適正なサイズに比して大きな靴の着用下での歩行により、靴の中での足の安定性を求めて足趾が開き気味になり、靴が脱げたりしないように足趾が上を向く習慣がつくという報告もあり⁶⁾、前足部にお

(2020/12/25 受付)

連絡先：伊藤 太祐 〒108-0074 東京都港区高輪 4-24-58 株式会社早稲田エルダリーヘルス事業団
TEL : 03-5447-5470 FAX : 03-5447-5480
E-mail address : t_ito@waseda-e-life.co.jp



図 1. 足長計測



図 2. Pedoscope による浮き趾スコア算出

ける問題として取り上げられることの多い浮き趾³⁾との関連も示唆されている。

現在市場には機能性やファッション性を重視した多種多様なデザインの靴が出回っている。特に靴紐を配した靴に関しては、程度の差はあるものの、靴紐が靴を足にフィットさせる役割を担っている。靴紐の締め方が歩行速度⁷⁾に影響を及ぼすとの報告もあり、調整具として靴紐が持つ重要性は大きい。しかしその調整機能は一般的に重要視されているとは言い難く、着脱毎に締め直す人は少ないとされている⁵⁾。その中でも、特に小学生にお



図 3. 歩行解析デバイス AYUMI EYE

いては、靴紐の締め方が歩行速度や歩幅、あるいはバランスやリズムといった歩行状態へ与える影響の検討がなされておらず、靴サイズと足長の差や、浮き趾の有無との関連も明らかにされていない。今回、靴紐の締め方が小学生の歩行機能に与える影響を検討したので報告する。

対象と方法

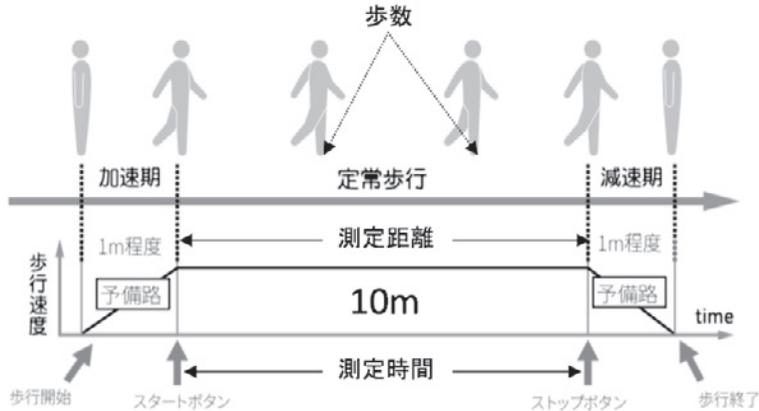
1. 対象

被験者は健常小学生（男性 69 名，平均年齢 9.5 ± 1.9 歳，平均身長 135.1 ± 10.4 cm，平均体重 29.9 ± 6.5 kg）を対象とし，靴サイズと足長の差，浮き趾スコア⁸⁾，歩行機能を測定した。なお実験実施に際しては，被験者保護者に口頭ならびに書面にて説明を実施し承認を得た。

2. 方法

靴は被験者が普段着用しているものを使用し，表記されている足長サイズを記録した。また，各被験者の足長計測を実施し³⁾，靴サイズと足長の差を測定した。（図 1）浮き趾スコアは，Pedoscope（丸手印靴工房製）を使用して足趾接地状態を調査し，先行研究の方法に準じて算出した⁸⁾。（図 2）

歩行機能は 3 軸加速度センサー（歩行解析デバイス AYUMI EYE⁹⁾：株式会社早稲田 EHA 製；図 3）を用いて，通常条件（来所時の靴・靴紐の状態）とタイト条件（靴を変えずに靴紐を理学療法士が締めた状態）の順に，各条件 1 本計 2 本，



歩行分析項目

- **歩行速度 (m/s)**
[測定距離] ÷ [測定時間]
- **歩幅 (cm)**
[測定距離] ÷ [歩数] ※スタート・ストップを押す前後の中途半端な歩数も内部的に補正
- **RMS (Root Mean Square: 左右加速度の二乗平均平方根)**

$$RMS\{a(t)\} = \left(\frac{1}{T} \int_t^{t+T} a^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} + v^2$$
a = 左右加速度
v = 歩行速度
- **歩行周期ばらつき (秒)**
1歩行周期にかかる時間の標準偏差

図4. 歩行計測の実施概要

10m 快適歩行にて計測し、(図4) 歩行速度、歩幅、歩行時の横揺れの程度の指標としてRMS (Root Mean Square: 左右加速度の二乗平均平方根を歩行速度の2乗で正規化)、時間的な安定性の指標として歩行周期ばらつきを算出した。

条件間の比較には Wilcoxon 符号付順位和検定を用いた。また、歩行機能の条件間の変化量を従属変数に、年齢、靴サイズと足長の差、浮き趾スコアを独立変数に投入した重回帰分析(強制投入法)を行った。いずれの検定も有意水準は5%未満とした。

結 果

来所時に、タイト条件に準ずる状態にある被験者はおらず、どの年代に関しても靴紐はしっかり締められていなかった。靴サイズ、靴サイズと足長の差、浮き趾スコアの平均値はそれぞれ、21.9

±1.7cm, 6.7±5.9mm, 15.7±3.0であった。靴サイズと足長の差に関しては、9人が15mm, 2人が25mmあり、適切なサイズの靴を選択できていない被験者が一定数存在した。(図5) 浮き趾スコアに関しては、17点以下(47人)が18点以上(22人)の人数を大きく上回っていた。(図6)

歩行速度、歩幅およびRMSにおいて、条件間で有意差が認められた(歩行速度 (m/s): 1.12±0.20 vs 1.21±0.20, 歩幅 (cm): 57.8±8.9 vs 60.6±9.3, RMS (1/m): 2.11±0.62 vs 1.96±0.54, 歩行周期ばらつき (秒): 0.04±0.02 vs 0.04±0.02)。(図7) 重回帰分析において、多重共線性の問題はなく、歩行機能の条件間の変化量は年齢・靴サイズと足長の差・浮き趾スコアと有意な関連を持たなかった。(図8)

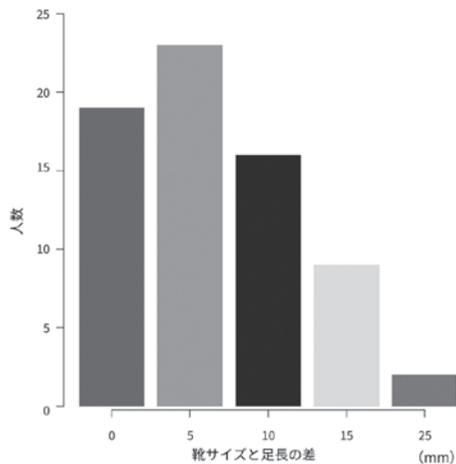


図5. 靴サイズと足長の差

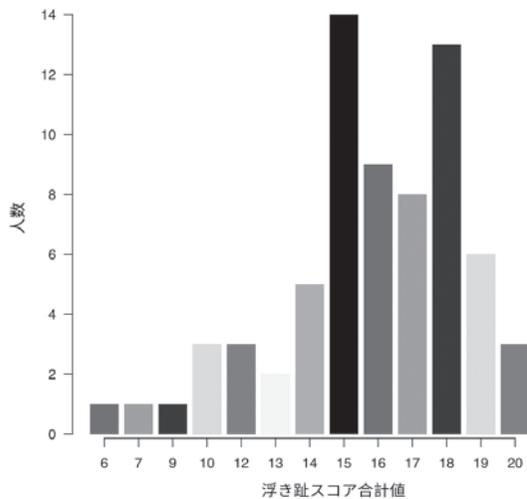


図6. 浮き趾スコア

考 察

児童期において靴のサイズ、着用方法を誤ることで、下肢症状を訴え通院する例は多く、ほとんどの場合、靴をスリップオンで着用し、足と靴がフィットしていないとの報告がある⁴⁾。本研究に関しても、全ての被験者において靴紐がしっかり締められているとは言い難い状況であった⁴⁾。また靴のサイズ選択が適切でない³⁾、あるいは複数趾が接地していない被験者も多数認められたことも³⁾、先

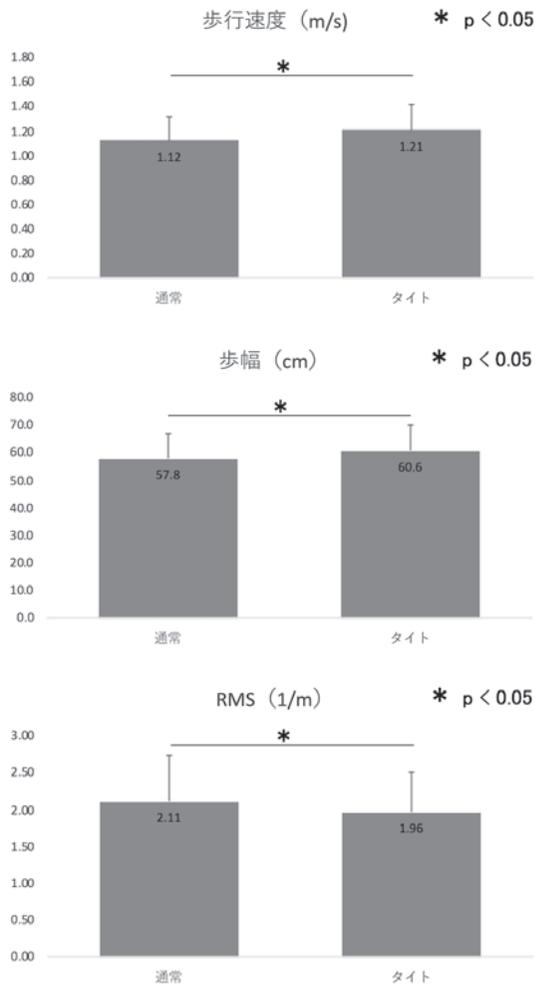


図7. 歩行機能

行研究と同様の結果を示した。

本研究において、通常条件と比較してタイト条件において、歩行速度・歩幅が増大し、かつRMSが減少したことから、通常条件では、靴サイズと足長の差が大きくなることによって、足と靴がフィットせず、足部が靴内で滑ることで、蹴り出しが不十分な状態となり、不要な横揺れが大きくなるが、靴紐をしっかり締めることでこれらが一定程度改善されると推察された。靴紐の締め方は歩行速度に影響を与える⁴⁾とされており、本研究結果を支持している。また、重回帰分析において、

歩行速度の変化量

	回帰係数	p	VIF※
年齢	-0.010	0.221	1.108
靴と足長の差	0.002	0.437	1.069
浮き趾スコア	-0.005	0.370	1.041

※VIF: Variance Inflation Factor

歩幅の変化量

	回帰係数	p	VIF※
年齢	-0.059	0.843	1.108
靴と足長の差	-0.043	0.644	1.069
浮き趾スコア	-0.251	0.179	1.041

※VIF: Variance Inflation Factor

RMSの変化量

	回帰係数	p	VIF※
年齢	0.027	0.065	1.108
靴と足長の差	-0.003	0.521	1.069
浮き趾スコア	0.004	0.658	1.041

※VIF: Variance Inflation Factor

歩行周期ばらつきの変化量

	回帰係数	p	VIF※
年齢	0.000	0.781	1.108
靴と足長の差	0.000	0.879	1.069
浮き趾スコア	0.000	0.752	1.041

※VIF: Variance Inflation Factor

図 8. 重回帰分析

有意な関連要因が抽出されなかったことから、小学生においては、年齢、靴サイズと足長の差、および浮き趾の有無に関わらず、靴紐が歩行状態に影響を与える可能性が示唆された。足長に対する適合サイズよりも靴が大きくなると、歩行の蹴り出し時に靴内で前足部が滑ることで、腓腹筋の活動が増加し、蹴り出し時の床反力が小さくなるとともに蹴り出しに要する時間が長くなり、荷重点移動軌跡に再現性が低くなる傾向がみられたとの報告がある¹⁰⁾。さらに、足長によらず靴のサイズが大きくなることで、歩行時の上半身の動揺量と軌跡長、歩行周期時間が有意に増加するとされており⁴⁾、本研究はそれらを追認する結果となったこ

とから、小学生においても、靴紐の締め方が歩行状態に影響を与えると考えられる。一方で、靴内での足の滑りに関しては、足長サイズよりも足囲サイズの影響が大きいことが報告されているが¹⁰⁾、本研究では考慮されていない。また、靴紐の締める圧力に関しては、担当した理学療法士の裁量に任されており、靴と足の適合の程度に関して定量化できていない。これらに関しては、今後十分な検討の必要がある。

児童期さらには小児期より、サイズの適合した靴を適切な方法で着用することの重要性は多くの先行研究で認められており²⁾⁵⁾、浮き趾との関連も言及されている³⁾⁶⁾。保護者が不適切なサイズの靴を着用することに対する弊害を正しく理解し、小児期より適切な靴を着用できる文化が醸成されていくことが望まれるが、子ども靴のもったいないサイクル²⁾という表現に代表されるように、足の成長が著しい時期における靴の選択においては、費用対効果が優先されているのが現状であり、またそのことに関して同情的な声が多数存在することも現実である。その中で本結果は、足長に比して大きいサイズの靴を着用している場合や、浮き趾がある状態であっても、少なくとも靴紐だけでもしっかり締めれば、一定程度歩行状態を改善できることを明らかにした。サイズの大きい靴の靴紐の役割に関する可能性に言及している先行研究もあるが⁵⁾、本研究は現状で実施可能な取り組みについて、積極的に実行すべきであることを明示した報告として意義深いと考えられる。今後は、靴紐をしっかり締めることの影響について、女性や高齢者など異なる属性の被験者においてみられる特徴、ならびに長期的に実行した場合にもたらされる変化に関して、横断的、縦断的調査によって明らかにしていきたい。将来的には、靴紐が靴着用状態に与える影響が、保護者を含め一般的に浸透し、着脱毎に靴紐を締め直すことが習慣化されていくことが望まれる。

結 語

通常着用している靴の靴紐をしっかり締めることで、歩行速度、歩幅およびRMSにおいて、有意に改善が認められた。また、重回帰分析において、有意な関連要因として抽出された因子はなく、小学生においては、年齢、靴サイズと足長の差、浮き趾スコアに関わらず、靴紐の締め方が歩行状態に影響を与える可能性が示唆された。

文 献

- 1) 一般社団法人 日本皮革産業連合会. 足サイズ計測調査事業 (4歳~18歳) 報告書. 2013: 15-101.
- 2) 吉村真由美. 労働科学研究所公益財団法人. 子どものための靴教育・シューエデュケーション®. 人間生活工学 2013; 14 (2): 19-24.
- 3) 内田俊彦, 藤原和朗, 高岡 淳他. 小学校5, 6年性の足型計測. 靴の医学 2001; 15: 19-23.
- 4) 村野良太, 佐藤 健, 加藤麻樹. 留め具がない靴のサ

- イズと足長との相違が歩行姿勢に与える影響. *Hum Factors Japan* 2019; 24 (1): 11-8.
- 5) 塩之谷香. 不適切な靴が原因と考えられる成長期の下肢障害. 靴の医学 2008; 22 (2): 83-8.
 - 6) 矢作 毅, 根本光明, 福山勝彦. 草履を中心とした浮き趾の治療および腰痛の改善について. 靴の医学 2004; 18 (2): 66-71.
 - 7) 清水新悟, 昆 恵介, 佐橋政次, 加藤幸久. 靴ひもの結び方が10mTUGテストに与える影響と靴ひもの緩みについての検討. 靴の医学 2018; 31 (2): 16-20.
 - 8) 福山勝彦, 丸山仁司. 浮き趾評価の信頼性と浮き趾の抽出法について. 理学療法科学 2012; 27 (4): 497-502.
 - 9) Ito T, Ota Y. Comparison of gait analysis between a triaxial accelerometer-based device and an optical motion capture system. *Preprints (www.preprints.org)*. Published online December 14, 2020. doi: 10.20944/preprints202012.0336.v1
 - 10) 林 亮誠, 細谷 聡, 佐藤雅人. 靴の足長及び足囲サイズの不適合が歩行動作に及ぼす影響. 靴の医学 2013; 26 (2): 58-63.