

# カジュアルトレーニングシューズ「Be」の評価とその経緯

## Assessment of the casual training shoes "Be" and its background

○小林吉之(産総研) 尾田貴雄(ミズノ(株)) 金子靖仙(ミズノ(株)) 持丸正明(産総研)

Yoshiyuki KOBAYASHI, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Takao ODA, Mizuno Corporation

Yasunori KANEKO, Mizuno Corporation

Masaaki MOCHIMARU, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

**Abstract:** In this study, we assessed the new barefoot-type training shoe with unique insole that we developed recently; the shoe with a dip around toes which allow the users to move the metatarsophalangeal joints (MPJ) as if they walk with barefoot. We expected that the movements of MPJ activate the plantar muscles and it affect positively to walking and running performance. We compared kinematic and kinetic parameters of lower extremities during walking among following three shoe conditions to assess our expectation: walking with the new shoes (Mizuno Be (Be)), walking with the control shoes (Mizuno Wave-Rider-15 (WR)), and walking with barefoot (BF). The results clearly indicate that Be and BF walking use more energy around ankle joint than WR walking, especially during late-stance phase.

**Key Words:** Scientific Assessment, Walking, Barefoot shoes,

### 1. 諸言

#### 1-1 研究の経緯

近年、トレーニング効果を謳った様々なスニーカーが販売されている。多くの場合、そのような靴がもたらす効果については定量的に検証されているが、その内容によっては十分な科学的根拠を認められず、多額の賠償を求められるケースもある<sup>1)</sup>。このような背景から、産総研とミズノ社は共同でカジュアルトレーニングシューズ Be の科学的根拠に基づく開発とその評価を行った。本稿では Be の開発コンセプトと、評価結果について記す。

#### 1-2 研究の背景と目的

近年、裸足での歩行や走行運動を再現可能な靴の評価が数多く実施されている。Potthast らは、このような靴の中でも中足趾節関節の可動域が広がる効果のある靴は、長期的には足底部の筋のトレーニング効果があることを報告している<sup>2)</sup>。我々はこの先行研究の知見に基づき、裸足での歩行同様歩行中に中足趾節関節を動かせるように、インソールのつま先部にくぼみを設けた新しい靴をデザインした(図1)。本研究ではこの靴について定量的な評価を行うことを目的とした。

今回開発した靴は、歩行中に中足趾節関節を動かせるよ

うに、インソールのつま先部にくぼみを設けている。そのためこの靴での歩行では、特に立脚後期に、従来の靴での歩行に比べて足関節に関する運動学及び運動力学的な変数に差が認められると考えられる。また、裸足での歩行同様中足趾節関節を動かせるように工夫していることから、この靴での歩行と裸足での歩行との間には、立脚後期の足関節に関する運動学及び運動力学的な変数に差が認められないと考えられる。

### 2. 方法

上記の仮説を検証するために、我々は下記の3種の条件下で歩行した際の運動学及び運動力学的変数を比較した：①開発した靴(ミズノ Be)での歩行、②従来の靴(ミズノウェーブライダー15)での歩行、③裸足での歩行。このうち条件②で用いた靴は通常のインソールを持つ一般的なランニングシューズである。

被験者らが上記の3条件で歩行した際の身体座標と床反力を3次元動作計測装置(VICON MX, VICON製)と床反力計6枚(BP400600-1000PT, AMTI製)を用いて計測した。身体座標を記録するためにマーカを貼付した被験者体表の解剖学的部位は以下の通りである：第1、第2及び第5中足骨頭、外果、内果、踵骨後端、大腿骨外側及び内側上顆、大転子最凸部、上前蝶骨棘、及び仙骨。なお、下肢のマーカは左右両側に貼付し、身体座標は200Hzで、床反力は1000Hzで計測した。

計測した生データには Butterworth フィルタ(身体座標：10Hz、床反力 56Hz)をかけ、Visual 3D (version 4.91.0, C-Motion 製)を用いて以下の独立変数を導出した：歩行速度、歩幅、歩隔、歩調、立脚時間、下肢3関節の関節角度、関節モーメント、関節パワー及び消費エネルギー。関節モーメントは体重で正規化した。また、各関節の角度、モーメント及びパワーについてはピーク値を比較した。

被験者は普段から運動習慣のある若年健常者20名とした(男性14名、女性6名、平均年齢±標準偏差：21.5±4.5歳)。実験は10mほどの直線歩行が可能で、タイルカーペットが敷かれた実験室で行った。各被験者の各実験条件において、左右独立の床反力1歩行周期分を3試行ずつ計測した。なお実験条件の実施順は被験者ごとにランダムと



Fig. 1 Newly designed shoe, Mizuno Be, has unique insole with a "dip" around toes. This may allow the users to move the metatarsophalangeal joints (MPJ) as if they walk with barefoot.

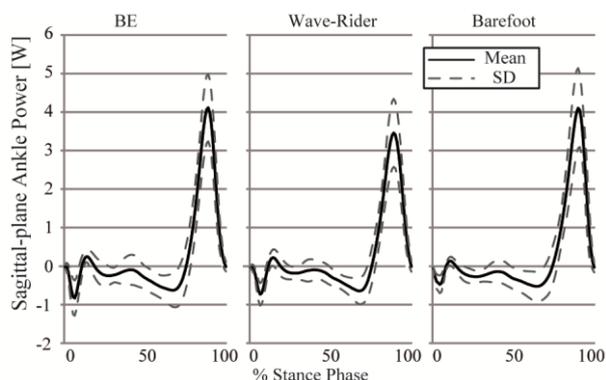
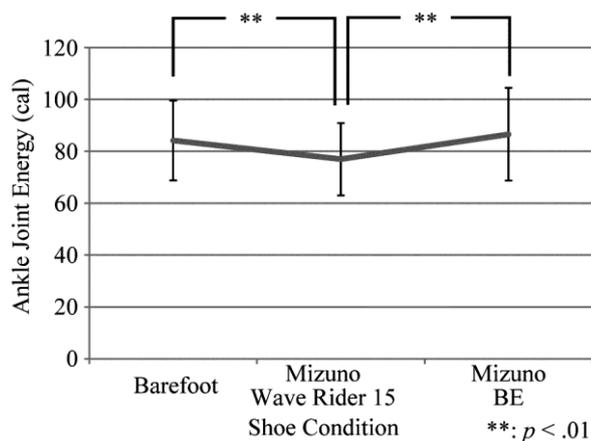
Tab. 1 Mean  $\pm$  SD and results of ANOVA for each independent variable among the conditions.

Parameters	BE	Wave-Rider	Barefoot	
Step Length (cm)	76.8 (5.3)	76.5 (4.5)	71.6 (4.4)	#, *
Step Width (cm)	10.1 (2.7)	9.9 (2.3)	9.5 (2.3)	n.s.
Cadence (steps/min)	112.8 (8.9)	112.6 (6.6)	118.9 (6.2)	#, *
Stance time (sec)	0.64 (0.04)	0.65 (0.04)	0.60 (0.03)	†, *
Velocity (km/h)	5.28 (0.40)	5.19 (0.36)	5.09 (0.31)	#
Hip joint energy (J)	91.3 (40.9)	85.9 (37.0)	83.0 (37.3)	#
Knee joint energy (J)	48.0 (14.0)	47.3 (11.8)	42.0 (9.6)	#
Ankle joint energy (J)	86.5 (17.9)	76.9 (13.9)	84.1 (15.4)	†, *
Peak normalized ankle joint plantar-flexion moment (Nm/kg)	1.50 (0.14)	1.47 (0.11)	1.48 (0.14)	n.s.
Peak ankle joint positive power (W) (Sagittal-plane)	4.17 (0.88)	3.51 (0.86)	4.20 (1.02)	†, *

† Significant differences between BE and Wave-Rider

# Significant differences between BE and Barefoot

\* Significant differences between Wave-Rider and Barefoot

Fig. 2 Mean  $\pm$  SD ankle joint power in the sagittal plane during the stance phase.Fig. 3 Mean  $\pm$  SD ankle joint energy in the sagittal plane during the stance phase.

した。

実験結果を1元配置分散分析を用いて統計的に分析し、主効果が有意であった際の多重比較はBonferroniの手法を用いた。なお統計処理にはSPSS (version 19.0.0, IBM製)を用いた。

### 3. 結果と考察

#### 3-1 実験結果

各独立変数の結果を表1にまとめる。結果より、開発し

た靴を履いた歩行及び裸足では従来の靴を履いた歩行に比べて、立脚後期に有意に大きな正の足関節パワーを発揮しており、それに伴い足関節のエネルギーも有意に大きいことが確認された(図2及び図3)。

#### 3-2 考察

中足趾筋関節の動きに寄与する長母趾屈筋や長趾屈筋は、立脚中期から後期にかけて活動することや、歩行中における下肢筋活動の増加は筋力の増強につながるということが先行研究で報告されている<sup>3), 4), 5)</sup>。先行研究の知見と今回の実験結果より、今回新しく開発したインソールのつま先部にくぼみを設けた靴を中長期的に使用することにより、従来の靴と比較して、下腿部から足底にかけての筋のトレーニング効果が期待できる可能性が示唆された。

また歩行による健康増進の観点から、1日1万歩の歩数を確保することが理想とされている。これは身体活動量と死亡率などとの関連をみた疫学的研究<sup>6)</sup>の結果に基づいており、国内でも平成24年に全部改正された「国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針(いわゆる健康日本21(第2次))」<sup>7)</sup>において、10年後の平成34年度までに国民の1日当たりの平均歩数を1,000歩~1,300歩(時間で約10~15分、距離で600~800m程度)増加することが目標として掲げられている。このような考えに基づくと、微量でも一歩ごとの消費エネルギーを増加できる靴を履いての歩行は、より少ない歩数で目標とする身体活動量が達成できるため、非常に有効であると考えられる。

以上のような経緯や結果に基づき、我々は、今後は本研究で実施したようなバイオメカニクス的な観点だけでなく、生理学的な観点など学際的な立場から科学的な評価を行い、利用者のニーズに合う靴を開発していくことが必要であると考えている。

#### 参考文献

- (1) Federal Trade Commission, Reebok to Pay \$25 Million in Customer Refunds To Settle FTC Charges of Deceptive Advertising of EasyTone and RunTone Shoes, Sept. 28, 2011: <http://www.ftc.gov/opa/2011/09/reebok.shtm>
- (2) Potthast, W., Niehoff, A., Braunstein, B., Goldmann, J., Heinrich, K., and Bruggemann, GP., Change in Morphology and Function of Toe Flexor Muscles are Related to Training Footwear, Proc. Footwear Biomech. pp.118-119, 2005.
- (3) Tylkowski, Lovell & Winter's pediatric orthopaedics, JB Lippincott, 1990.
- (4) Romkes, J., Rudmann, C., Brunner, R., Changes in gait and EMG when walking with the Masai Barefoot Technique, Clin Biomech, vol.21, no.1, pp.75-81, 2006.
- (5) Sacco, IC., Sartor, CD., Cacciari, LP., Onodera, AN., Dinato, RC., Pantaleão, E. Jr., Matias, AB., Cezário, FG., Tonicelli, LM., Martins, MC., Yokota, M., Marques, PE., Costa, PH., Effect of a rocker non-heeled shoe on EMG and ground reaction forces during gait without previous training, Gait Posture, vol.36, no.2, pp.312-315, 2012.
- (6) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC., Physical activity, all-cause mortality and longevity of college alumni. N Engl J Med., vol.314, pp.605-613, 1986.
- (7) 厚生労働省, 国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針, 厚生労働省告示第四百三十号, 2012.