

足把持力の把持位置と日内変動および日間変動の検討

An examination of toe position while gripping and diurnal and daily variation in toe grip strength

山田 健二*, 須藤 明治**

Kenji YAMADA* and Akiharu SUDO**

Abstract

[Objective] Thus far, toe grip strength has been measured for several reasons, such as preventing falls by the elderly. Nevertheless, toe position while gripping has not been examined by measuring toe grip strength. The aim of the current study was to examine toe position while gripping and diurnal and daily variation in toe grip strength. [Subjects and methods] Subjects were 78 male college students. Toe grip strength was measured 3 times using a toe grip dynamometer. The gripping position of toes was measured at 5 sites 10 mm anterior to and posterior to the first metatarsophalangeal (MP) joint. Diurnal variation was determined by measuring toe grip strength 3 times per day. Daily variation was determined by measuring toe grip strength 3 times on different days. [Results] Results revealed that the MP joints and toes were elevated while gripping. In addition, conditions were the same for diurnal measurement of toe grip strength, and the first and third measurements on the same day were correlated. Conditions were the same for measurement of toe grip strength on different days, and measurements on day 1 and day 3 were correlated. [Conclusion] Results suggested that toe position while gripping should be determined based on the relative position of the MP joints rather than their absolute position. Results also indicated that the relative position is highly reliable.

Key words; toe grip strength, MP joint, diurnal variation

I. はじめに

これまで、ヒトの歩行において足趾の機能は軽視されていたが、歩行時の足趾の機能として体重

支持面積の増大と推進力機能の重要性^{2,3,16)}が明らかにされ、徐々に歩行以外の足趾の機能について注目されるようになった。これらを機に、足趾を用いて物を掴む・握る力いわゆる足把持力につ

* 国士館大学体育学部非常勤講師 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sports System, Kokushikan University)

いての研究が行われるようになった。

足把持力が高齢者の転倒予防^{10, 11)}や歩行時の推進力^{5, 17)}になることが明らかにされ、その測定方法の妥当性や信頼性、測定姿勢の影響についての検討がされている。相馬ら¹⁴⁾は座位にて異なる足関節角度での足把持力を比較し、足関節の底屈位での足把持力は底背屈中間位や背屈位に比べて有意に低値を示すことを報告している。中江ら¹³⁾は、立位と座位にて足把持力を比較し、両条件で有意な差はないと報告している。さらに、相馬ら¹⁵⁾は座位にて膝関節伸展位と90°屈曲位での足把持力を比較し、膝関節90°屈曲位の方が高値を示すことを報告している。これらのように測定姿勢についての研究が行われ、膝関節90°屈曲位、足関節底背屈中間位での椅座位が適切であると考えられている。これらについて検討されている一方で、力発揮を行う際に測定器に足趾をバーにかけるが、その足趾の位置についての検討は行われていない。足把持力は普段測定することがなく、力発揮に不慣れな被験者が多いことからバーを把持する位置の検討を行うことは、被験者の足把持力を十分に引き出すうえでも重要である。現在では、第1中足指節関節にバーを合わせるという先行研究がほとんどであるが、バーの把持位置についての検討が行われていないのが現状であり、この位置が最も力発揮ができるかについては明らかにされていない。被験者の力を最大限に引き出すためにも把持位置について検討を行うことは測定方法の基礎的な資料として重要な項目である。さらに、その最も力発揮できる把持位置における日内および日間変動を検討することにより、より信頼性の高い測定方法の確立につながるのではないかと考えられる。

そこで本研究では、足把持力測定における把持位置の検討および足把持力の日内・日間変動

を検討することで基礎的知見を得ることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

足把持位置の検討には男子大学生48名を対象とした。Table 1には、被験者48名の年齢、身長、体重、BMI (Body Mass Index)を示した。また、日内・日間変動の検討には男子大学生30名を対象とした。Table 2には、被験者30名の年齢、身長、体重、BMIを示した。各被験者の身長は、身長計を用いて計測した。体重およびBMIは、マルチ周波数体組成計 (TANITA Body Composition Analyzer MC-190, TANITA社製)を用いて計測した。なお、それぞれの被験者は、半年以上の足関節に疾患のない者で、本測定の趣旨、安全性などについて了承の得られた者とした。実験を開始するにあたり、口頭にて研究の目的、方法および実験に伴う安全性に関して、十分な説明を行った後に実験参加の同意を得た。なお、本研究は国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究倫理評価委員会の承認を得て行った。

2. 方法

足把持力の測定は、足趾筋力測定器 (竹井機器工業社製)を用いて計測した。この測定器は、

Table 1. Physical characteristics of subjects in toe position while gripping.

n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m ²)
48	21.1±0.8	171.0±3.7	64.1±4.5	21.9±1.1

Values are mean ± S.D..

BMI: Body mass index.

Table 2. Physical characteristics of subjects in diurnal and daily variation.

n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m ²)
30	21.1±0.8	171.7±3.9	65.3±4.5	22.1±1.0

Values are mean ± S.D..

BMI: Body mass index.

バーに足趾をかけ、手の握力の測定と同様に足趾を屈曲することによって力発揮し、足趾の把持力を計測するものである。また、被験者によって利き足が異なるが、先行研究^{4, 12)}によって利き足と非利き足といった左右差は認められないことが明らかとなっている。そのため、本測定は被験者の把持しやすい任意の片足とした。現在の足把持力測定は、第1中足指節関節を基準に計測されていることから、第1中足指節関節(0mm)を中心につま先側に5mm、10mm、の2カ所、踵側に5mm、10mmの2カ所の計5カ所にインクペンを用いて、母趾にマーキングし、その位置での全力把持を行った。被験者の多くが若干の外反母趾の傾向にあったため、母趾の側面における種子骨やや前方を基準としてマーキングした。なお、つま先側をプラスとし、踵側をマイナスとして規定した。検者によってランダムに指示されたそれぞれの位置にて把持を3回行ってもらい、それぞれの最高値を採用した。バーに足趾をかける際に、第4趾および第5趾がかからない場合には、バーにかかる足趾のみでの測定とした。また、測定姿勢は、膝関節90°屈曲位、足関節底背屈中間位の椅座位とした。測定時に、足の痛みや足把持動作以外の動き(体の前傾、踵が浮く、椅子を握る)などが見られた場合には、失敗試技とし休憩後再度測定を行った。

日内および日間変動の測定は、第1中足指節関節にバーを合わせての最大努力にて行った。日内変動の検討のため、午前から夕方にかけて1日に3回の測定を行った。各測定間には3時間以上空け、被験者にはその間に激しい運動は避けるように指示した。また、日間変動の検討のため、3日間の足把持力の測定を行った。各測定日は3日以上の間隔を空け、被験者には測定日の前日および当日に激しい運動は避けるように指示した。なお、被験者の測定時間が3日とも同じ時間帯になるように調整し、同条件で測定でき

るよう考慮した。なお、それぞれ3試技における最高値を採用した。

本研究における測定値は平均値±標準偏差で示した。足把持位置の検討、日内および日間変動の検討には一元配置分散分析により検定した。要因に有意な効果が認められた場合にはBonferroniの多重比較検定を行い、各条件間における有意差検定を実施した。また、日内変動における1回目と3回目、日間変動における1日目と3日目について、Pearsonの積率相関分析を用い、無相関の検定より、相関関係の強さの検討を行った。有意水準はいずれも5%未満($p < 0.05$)をもって有意とした。なお、統計処理は、エクセル統計2010を用いて分析した。

Ⅲ. 結果

Fig.1は、足把持位置の違いによる足把持力の比較について示したものである。第1中足指節関節を中心につま先側および踵側に、それぞれ5mm、10mmの計5カ所での足把持力測定を行い、つま先側の5mmでの値が最も高く、第1中足指節関節(0mm)が次に高値を示した。10mm、5mm、0mmが踵側の-5mm、-10mmと比べて全ての測定位置で有意な差が認められた($p < 0.05$)。

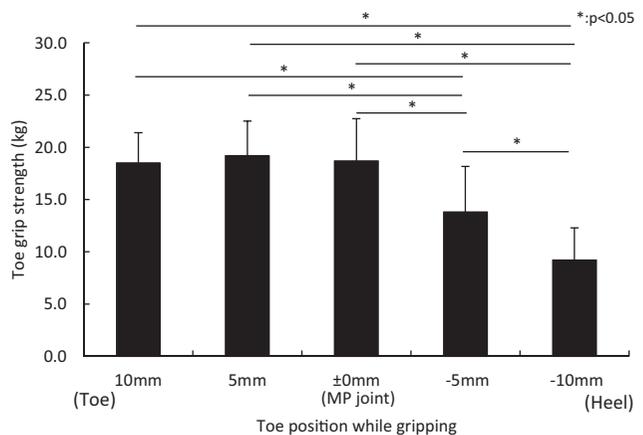


Fig. 1. Comparison of toe grip strength in toe position while gripping. MP joint : Metatarsophalangeal joint.

しかし、10mm、5mm、0mmの間には有意な差は認められなかった。5mm、0mm、10mm、-5mm、-10mmの順に高値を示した。

Fig.2は、足把持力の日内変動の比較について示したものである。1回目 $20.5 \pm 5.5\text{kg}$ 、2回目 $19.9 \pm 4.6\text{kg}$ 、3回目 $19.4 \pm 4.3\text{kg}$ であり、有意な差は認められなかった。Fig.3は、日内変動における1回目と3回目における相関関係を示したものである。1回目と3回目の間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.887$, $p<0.001$)。また、Fig.4は、足把持力の日間変動の比較について示したものである。1日目 $19.3 \pm 4.6\text{kg}$ 、2日目 $20.1 \pm 5.0\text{kg}$ 、3日目 $20.4 \pm 4.8\text{kg}$ であり、有意な差は認められなかった。Fig.5は、日間変動における1日目と3日目における相関関係を示したものである。1日目と3日目の間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.870$, $p<0.001$)。

IV. 考 察

1970年代後半から1990年代後半にかけて、ヒトの歩行において足趾に重要な機能があると報告され、足趾について注目されるようになった。しかしながら、足趾の筋力を測定する機器が当時市販されていなかったことから、1990年代から握力計を用いた改造測定器によって、足把持力の測定が行われるようになった^{1,7,9)}。これらの機器における級内相関係数 (ICC) や足把持力の信頼性・妥当性について検討され、半田ら¹⁾ や村田・忽那⁹⁾ の両研究ともに検者内信頼性 ICC (1, 1) が $R=0.973$ であり、信頼性の高い機器であることを証明している。2010年代に入ると足把持力を測定するための機器が販売されるようになり、その機器を使用した研究が多く行われるように

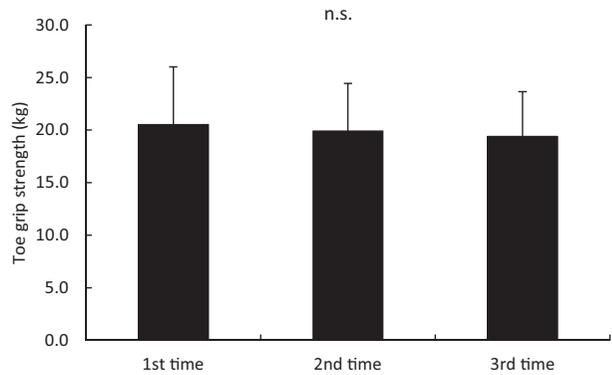


Fig. 2. Comparison of diurnal variation of toe grip strength.

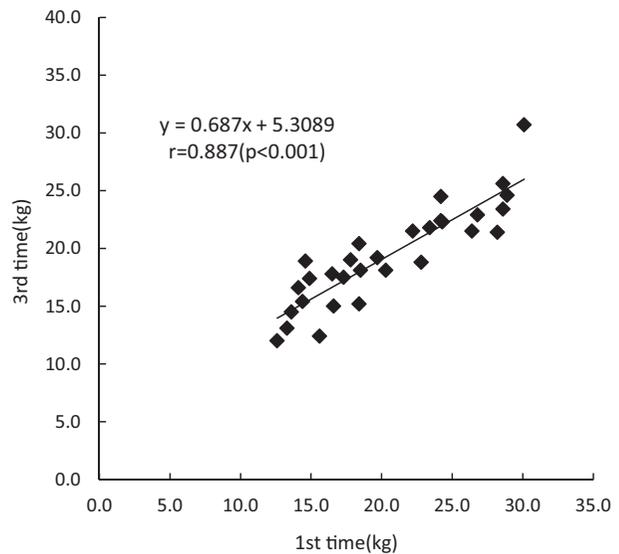


Fig. 3. Relationship between first time and third time in toe grip strength.

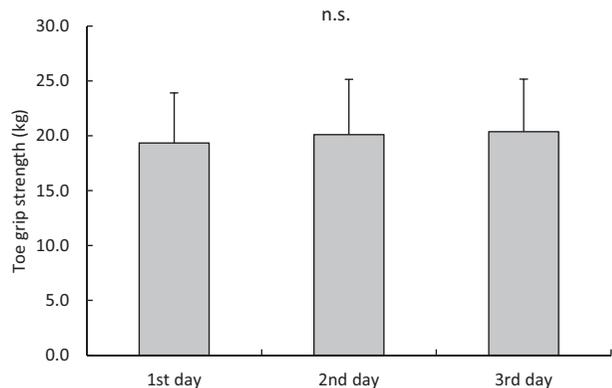


Fig. 4. Comparison of daily variation of toe grip strength.

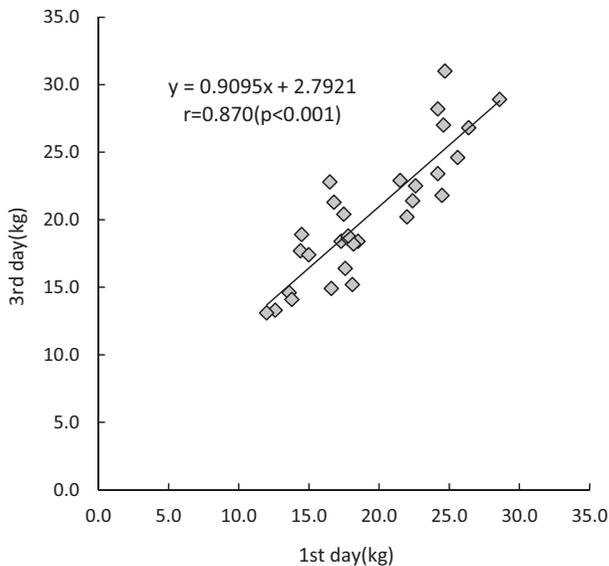


Fig. 5. Relationship between first day and third day in toe grip strength.

なった。信頼性や妥当性についての検討がされているものの、実際の測定では、力発揮を行う際にバーにかける足趾の位置についての検討は行われておらず、普段測定することがなく力発揮に不慣れた被験者が多いことからバーを把持する位置の検討を行うことは、被験者の足把持力を十分に引き出すうえでも重要であると考えられる。類似した測定として体力測定などで用いられる握力が挙げられ、新体力テスト実施要項⁸⁾において“人差し指第2関節がほぼ直角になるように握り幅を調節する”と基準があるが、足把持力での足趾の位置に関する報告はない。近年注目されてきている体力測定であることから、足趾をかける位置を規定する基準を明らかにし、信頼性の高い測定方法を確立する必要がある。現在の足把持力の測定では、第1中足指節関節にバーを合わせるといふ先行研究がほとんどであるが、その位置が至適なバーの把持位置であるのかについて検討が行われていないのが現状であり、最大筋力発揮ができるかについては明らかにされていない。さらに、その最も力発揮できる把持位置における日内および日間変動を検討することにより、より信頼性の

高い測定方法の確立につながるのではないかと考えられる。これらを検討するため、本研究では、市販測定器を用いて第1中足指節関節を中心とし、つま先側および踵側にそれぞれ5mm、10mmの5か所にマーキングし、各位置での足把持力を測定した。その結果、第1中足指節関節(0mm)よりつま先側の10mmまでにおいて、中足指節関節より踵側の足把持力に比べて有意に高値を示し、0mmから10mmの間には有意な差は認められなかった。これにより足把持力における最大努力を引き出すことのできる把持位置は、第1中足指節関節及びややつま先側であることが明らかになった。しかしながら、母趾が外反傾向のある者や第5趾が短くバーに掛からない者など足部の形状は様々であり、被験者によって

はつま先側の方が高値を示す者もみられた。このことより、絶対的な基準として用いるのではなく、“第1中足指節関節を基準に被験者の把持しやすい位置”とすることが望ましいと考えられる。これまでの先行研究では、把持位置における検討が行われず、第1中足指節関節を基準として測定されており、体力や運動能力との関係について検討されていた。本研究の結果より、第1中足指節関節及びややつま先側が足把持力の高値を示したことから、これまでの足把持力の研究結果は、被験者の最大努力での筋力が引き出されていることが推察された。さらに、この結果を受け、第1中足指節関節における日内変動および日間変動について検証した。その結果、同日に3回の測定を行った日内および3日以上の間隔を空けて行った日間変動における足把持力には、それぞれ有意な差は認められなかった。また、1回目と3回目の日内変動、1日目と3日目の日間変動での足把持力の関係について検討した結果、ともに正の相関関係が認められ、再現性の高い測定であることが明らかになった。半田ら¹⁾は改造測定器を用いて、同日に2回の足把持力の測定を行い、有意な差は認

められず、高い相関係数であったことを報告している。本研究の結果からも、足把持力の計測において第1中足指節関節を基準とした把持位置が高い再現性や信頼性であることが明らかになった。三浦ら⁶⁾は改造測定器と市販測定器を用いて、どちらも高い級内相関係数であり、信頼性の高い測定器であることを証明している。これらのことから、足把持力の測定における足把持位置で最も適しているのは、第1中足指節関節を基準とすることが明らかになり、これまでの第1中足指節関節に把持位置を設定していた研究を支持する結果であり、足把持力の研究を支える基礎的知見であると考えられた。

引用文献

- 1) 半田幸子・堀内邦雄・青木和夫：足趾把握筋力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究。人間工学, 40 : 139-147, 2004.
- 2) Hughes, J., Clark, P. and Klenerman, L. : The importance of the toes in walking. J Bone Joint Surg (Br), 72-B (2) : 245-251, 1990.
- 3) 門野邦彦・田中康仁・坂本達哉・谷口晃・米田岳史・大内一夫・秋山晃一・柿花剛・高倉義典・玉井進：歩行時の各趾における圧分布の測定—荷重時足部X線撮影と圧計測センサーシステムを併用した足低圧分析法を用いて—。日本足の外科学会雑誌, 20 (1) : S68, 1990.
- 4) 甲斐義浩, 村田伸, 田中真一：利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋筋力の比較。理学療法科学, 22 : 365-368, 2007.
- 5) 前田明, 西薮秀嗣, 江橋博・芝山秀太郎：歩行運動時の中足指節関節の可動がキック力発揮に及ぼす影響。Ann Physiol Anthropol, 12 : 371-378, 1993.
- 6) 三浦紗世, 世古俊明, 隈元庸夫：握力計を用いた足趾把持測定法の再現性と妥当性の検討。理学療法科学, 31 : 847-850, 2016.
- 7) 三輪恵, 井原俊秀：足指・足底把持力測定器。関節外科, 1 : 41-43, 1995.
- 8) 文部科学省：新体力テスト実施要項(12~19歳対象)。
- 9) 村田伸, 忽那龍雄：足把持力測定の試み—測定器の作成と測定値の再現性の検討—。理学療法科学, 17 : 243-247, 2002.
- 10) 村田伸, 忽那龍雄：在宅障害者の足把持力と転倒との関連性。国立大学医学療法士学会誌, 24 : 8-13, 2003.
- 11) 村田伸・津田彰・稲谷ふみ枝・田中芳幸：在宅障害高齢者の注意と転倒との関連。久留米大学心理学研究, 4 : 61-70, 2005.
- 12) 村田伸・甲斐義浩・田中真一・山崎先也：ひずみゲージを用いた足把持力測定機の開発。理学療法科学, 21 (4) : 363-367, 2006.
- 13) 中江秀幸・村田伸・甲斐義浩・相馬正之・佐藤洋介：端座位と立位における足趾把持力と足関節周囲筋の筋活動の比較。ヘルスプロモーション理学療法研究, 3 : 11-14, 2013.
- 14) 相馬正之・村田伸・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介：足関節の角度変化による足趾把持力の比較。ヘルスプロモーション理学療法研究, 3 (1) : 21-23, 2013.
- 15) 相馬正之・村田伸・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介：膝角度変化時の足趾把持力の比較—大腿部の筋収縮の特徴—。ヘルスプロモーション理学療法研究, 3 (4) : 169-172, 2014.
- 16) Stocks, I.A., Hutton, W.C., Stott, J.R. and Lowe, L.W. : Forces under the hallux valgus foot before and after surgery. Clin Orthop Relat Res, 142 : 64-72, 1979.
- 17) 宇佐波政輝・中山彰一・高柳清美：足趾屈筋群の筋力増強が粗大筋力や動的運動に及ぼす影響—足趾把持訓練を用いて—。九州スポーツ学会誌, 6 : 81-85, 1994.