

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：23102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500719

研究課題名（和文） 足底圧分布の定量評価による末梢神経障害の影響軽減に関する研究

研究課題名（英文） A study on mitigation of influence of peripheral neuropathy by the quantitative evaluation of foot pressure distribution

研究代表者

菅井 清美（SUGAI KIYOMI）

新潟県立大学・国際地域学部・教授

研究者番号：60150299

研究成果の概要（和文）：抗がん剤の副作用による足部の抹消神経障害軽減のために、足圧測定と足趾筋力測定、足の動態測定が有用であるか否かを検討した。足圧や重心動揺測定結果を抗がん剤服用前後で比較することで、副作用による二次障害の発生を防ぎ、生活の質を保つことができることがわかった。足趾筋力の強化が足趾圧の増加にはそれほど影響を与えない結果となったが、さらなる立位時の身体保持の要因の検討を追求していきたい。

研究成果の概要（英文）：To mitigate foot peripheral neuropathy by the side effects of an antineoplastic drug, usefulnesses of foot pressure measurement, muscular power measurement of toes and dynamic state measurement were examined. By each comparison of foot pressure measurement and center-of-gravity agitation measurement, before and after administration of an antineoplastic drug, generation of side effects is mitigable. The measurements show that the quality of life could be maintained.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：足底圧，圧分布，足趾圧，足趾筋力

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省の平成15年の統計によると、我が国の死因の第一位は悪性新生物すなわち癌で、平成15年の全死亡者に占める割合は30.5%となっている。癌の治療は抗がん剤の投与、外科手術、放射線治療などが併用されているが、抗がん剤の副作用で起こる手足のしびれは日常生活を行ううえで重大な影響を及ぼす。手足のしびれは末梢神経障害のひとつであるが、近年、末梢神経

障害の副作用が出やすい薬剤の適用範囲が広がり、使用頻度が増えてこの症状を訴える患者が多くなっている。障害が出やすい代表的な抗がん剤がわかっているにも関わらず、十分な対策はなされていないのが現状である。抗がん剤による急激な身体変化とは反対に、最近のロコモティブシンドローム患者のゆっくりとした病状変化も急激な変化と同様に気づきにくく、対応が遅れて不自由になることがこれまで多かった。

身体の自由な運動能力は、足部の動きに依存するところが大きく、特に足趾の動きが注目され、定量評価が期待されている。

2. 研究の目的

老化に伴う歩行困難問題は古くから取り上げられているが、近年、抗がん剤服用による末梢神経障害の影響で、歩行困難・生活の質の低下をきたす問題や、ロコモティブシンドローム患者のようにゆっくりとした病状変化における歩行問題への対応が求められている。

本研究は歩行における足圧全体と足趾圧の関係、足趾圧と足趾筋力の関係、歩行動態等を実測し、その評価を行うとともに、末梢神経障害や加齢によって歩行困難となる前に、足部に関する症状の改善を考える提案を行うことを目的とするものである。

3. 研究の方法

足底圧の測定は、本研究費用で購入したフィンガルリンク社のウインポッド平衡機能測定・足圧分布測定装置を使用した。静的測定では、被験者は足幅や足角は任意として、できるだけ自然な立位を保持した。また、眼位と水平の前方約 2m に設置した指標を注視し、開眼静止立位を 30 秒保持した際の平均足圧分布を測定した。動的測定は通常歩行で左右一歩ずつ計 10 回の測定から評価した。

足趾筋力の測定は本研究費用で購入した竹井機器工業㈱の足指筋力測定器を用いた。椅座位、安静状態を保ち、測定する脚の膝関節を 90 度屈曲した状態で実施した。できるだけ多くの足趾で測定器の把持バーを握られるように、足部調節ネジで位置を固定し、把持バーを足趾でしっかりと把持できることを確認した。測定は左右それぞれ 4 回ずつ行った。

足趾圧と足趾筋力の測定は平成 24 年 2 月から 25 年 3 月にかけて行った。被験者は健康な 19 歳から 21 歳の男子学生 10 名と女子学生 20 名、高齢男性 3 名女性 3 名である。学内の倫理委員会で承認されたインフォームド Consent 書を説明・提示し、承諾が得られた人を被験者とした。

足部の動態測定は、青年男女各 3 名、高齢男女各 3 名の被験者で行った。被験者は自分の足のサイズにあった運動靴を履き、あらかじめ決めておいた動線にほぼ沿って、自然体でまっすぐ前を向いて歩く練習を繰り返したのち、測定を開始した。運動靴の先端には測定のための色テープを付けてマーカーとし、歩行側面から一定距離に設置したビデオカメラで各被験者の動態を撮影した。被験者は歩行を繰り返した。

撮影画像のうち必要部分をソフトウェアを用いて切り出し、連続静止画として、静止

画のつま先マーカーの座標を割り出しデータ化した。

4. 研究成果

(1) 抗がん剤による末梢神経障害と歩行への影響

抗がん剤とは、それ自体が、がん細胞を殺す能力を持つものを指す。抗がん剤は、主にがんの細胞分裂過程に作用し、細胞の増殖を妨げる効果がある。しかしながら、抗がん剤の作用は、がん細胞だけではなく、正常な細胞にも作用するため、殆どのケースで副作用がある。特に多い副作用が、吐き気、脱毛、白血球減少等であるが、個人差が大きく、症状のでない人もいる。

抗がん剤の副作用で、手足の指先にピリピリ、じりじりするような痛みやしびれを感じる、いわゆる「手足のしびれ」は「抹消神経障害」と呼ばれている。これはある特定の抗がん剤を用いたときに、抹消神経（脳や脊髄から全身にはしる神経）細胞が損傷することによっておこる。がん治療中に、直接関係ない足趾にも、気づかぬうちに例えば、外反母趾になる、爪内に内出血、爪がはがれるなどの症状が進行し、初めて気がつくことが多い。足の場合、しびれが進行すると、足が地についている感覚が無くなり、歩きにくく、転倒するなど、生活の質の悪化を招く。

多くの場合、がんの治療が終わっても、末梢神経障害は完全に治らない場合があるとされており、治るにも長い時間がかかる。こうした二次障害を予防して生活の質を保つことが重要であり、足圧測定が足部の末梢神経障害の発見に有効であり、足趾筋力の強化が健康な歩行の維持に有効であろうと考えた。

(2) 足圧測定

末梢神経障害を起こしている被験者の足圧を測定した。前足部と踵部に大きな圧力がかかり、左右異なる位置で最大圧を示し、身体全体のバランスがとられていた。抗がん剤の影響で、気づかぬうちに左右の足趾とも外反母趾となってしまうが、足趾の圧力は前足部や踵部に比べ小さく、特に外反の度合いの大きい左足の母趾は、右足の母趾に比べ小さな足趾圧値を示した。また、左の趾の圧力は右に比べて小さく、特に左の第 2 趾は母趾の傾きとその圧力で趾が浮き、結果として圧力が小さくなったといえる。

末梢神経障害により足趾全体に軽いしびれがあり、特に左母趾の動作は不自由で、足圧測定において足趾圧が小さいことが確認され、これらが結果として爪内の出血や爪の剥離につながったといえる。これらは神経障害初期の段階で、意識的な足圧測定により回避できると考える。

健康な青年男性 10 人と女性 20 名の足底圧と足趾筋力の測定を行った。足底面積は 30 秒間立位時の男性の左右平均は 88.1 cm²、女性は 66.9 cm²、歩行時の男性 119 cm²、女性 94.9 cm²であった。安静立位時は足趾に圧があまりかからず立っているのに対し、歩行時は足底全体を使って移動するために接地面積は広く、身長と体重の勝る男性被験者のほうが足底面積は広がった。

被験者の足底の形状は、安静 30 秒立位時の足底圧画像から検討した。足底の形は 1954 年、1992 年のフットプリント実験の結果と本実験の足底圧の形と比較した。踵の後端と土踏まズの最凹部を結ぶ線の延長が通過する足趾の位置に基づいたものである。土踏まズの形状が 0 型、I 型、II 型、III 型、IV 型、V 型、Vo 型の 7 つに分類され、0 型と I 型をあわせて、いわゆるべた足とされている。測定年の異なる三時期とも III 型を中心としたほぼ正規分布曲線を示し、約 60 年の社会変化と履きものの変化の影響は本実験の少ない被験者数ではほとんど現れなかった。本研究では 0 型に分類される被験者が認められたものの、べた足の出現頻度は少ない傾向にあった。

足圧の最大圧は安静時の男性 1477 g/cm²、女性は 1685 g/cm²、歩行時は男性 2684 g/cm²、女性は 2786 g/cm²であった。安静時の足底の最大圧はほとんどの被験者が左右いずれかの踵でみられ、足趾の圧力が検出されない被験者が多かった。踵に重心をおいて立っていることがわかる。また、安静時に比べ歩行時の圧力が高いことが確認された。

足趾の圧力は安静立位時には検出されない被験者が多く、歩行時における足趾のみの最大圧力は、男性で 2407.5 g/cm²、女性は 2367.5 g/cm²であった。歩行時の足趾最大圧は、ほとんどの被験者が第 1 趾で認められたが、第 4 趾や第 5 趾で最大圧が認められた女性もあり、注目に値する。

次に、平衡機能測定装置を用いて、足圧測定時の 30 秒間安静立位時の重心動揺を左右と前後で測定した。男性被験者では左右で 15.0 ± 6.21mm、前後で 17.5 ± 9.01mm、女性は左右で 11.2 ± 4.51mm、前後で 16.0 ± 8.00mmであった。男性、女性とも左右の動揺より前後の動揺のほうがふり幅は大きかった。日常、左右に倒れるより前後に倒れることが多いことが、結果として現れたといえる。人体形状からも前後の揺れに不安定であるといえる。咄嗟のつまずきなどによるその後の歩行困難を未然に防ぐためには、足趾で踏ん張る必要がある。

(3) 足趾筋力と足趾圧の関係

足趾筋力は男性被験者の左足趾で 18.1 ± 5.44kgf、右足趾で 19.4 ± 6.69kgf、女性の左

足趾で 12.5 ± 4.35kgf、右足趾で 13.0 ± 5.18kgf であった。女性の平均の足趾筋力は男性の約 68%であった。

歩行時の足趾の力を検討するため、足趾筋力と足趾の最大圧との関係を検討した。図 1 は女性右足の足趾最大圧と足趾筋力の関係を示したものである。図にみられるように、足趾筋力が強いと足趾の最大圧も高くなる傾向がみられた。しかしながら、相関係数は 0.188 と非常に低く、足趾圧への足趾筋力の影響は小さいという結果になった。

咄嗟のつまずきなどによる骨折や体力の低下などを防ぐためには、足趾筋力を鍛えることによって足趾最大圧も高まり、歩行における身体保持力が大きくなることが示唆されているが、被験者数がさらに増やして検討する必要がある。

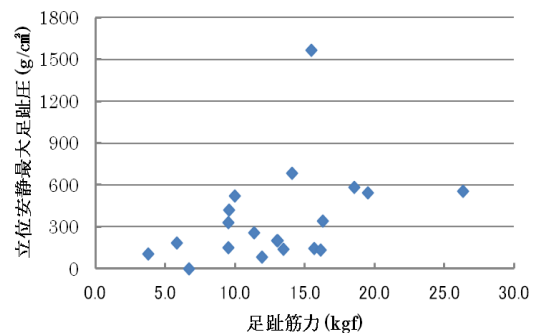


図 1 足趾筋力と足趾圧の関係

(4) 歩行動態測定

日常生活のなかで咄嗟の事故に遭遇したとき、高齢者ほどつまずき、転倒しやすい。足の筋肉の衰えにより、かかとで着地した後のあおりのきいた歩き方が難しくなっているからであるともいわれている。抗がん剤の副作用による足趾の抹消神経障害においても、体のバランスを崩した時に体幹を保持できずに倒れてしまう。足趾に力を込めて踏ん張ることが難しくなるからと思われる。

運動靴の先端を足趾端として捉え、歩行時における足趾の動きを測定値より作図した。結果のうち、代表的な例を以下に示す。図 2 は青年、図 3 は高齢者の右足一步を計測したもので、横軸は歩行距離 (cm)、縦軸はつま先高さ (cm) を表している。横軸ゼロのスタート地点は足底全体が床についた状態であり、その時のつま先マーカの位置をつま先高さゼロ (cm) とした。歩行はまず踵をあげ右足離地となる。その時、つま先が下がるため、図は急降下でマイナス値を示す。その後、左足より前に一步進めて、着地となる。

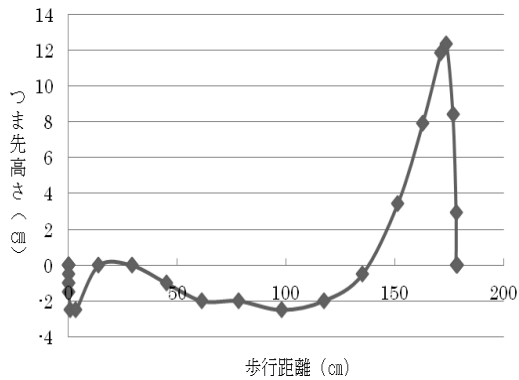


図2 青年の歩行動態

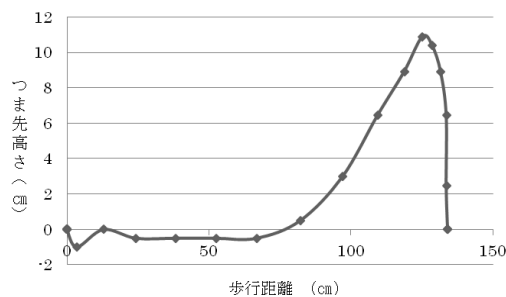


図3 高齢女性の歩行動態

自由歩行における年齢別のステップ長、歩調、歩行速度を比較すると、幼児・小児歩行に関するこれらの値はいずれも成人の値と大きく異なり、10歳前後から成人の値に近づく傾向にある。また、ステップや歩行速度は、75歳以上では値が下がる傾向にあることなどが検討されているが、つま先の動態についての詳述はない。

本実験において、青年と高齢者では足を前に進めるときにつま先高さの変化に差があるといえる。高齢者につま先高さは変動が小さく、前に足を進めるときにつま先高さは、スタート時の高さとの差が少ない。すなわち、踵をあまり上げず、そのためにつま先は下がらず、すり足状態で歩いていることが実験より確認された。

1977年に佐野裕司らは足首の垂直移動距離を計測し、この距離が小さいことをすり足歩行としている。実験ではヒールの高いほうが足首の垂直移動距離が小さく、ハイヒールのなかでは、パンプス、バックバンド、ウェッジヒールの順に低くなっているとしているが、多くの被験者の協力を得て、足趾の機能をその圧力強度や動きの変化から検討する必要がある。

(5) まとめ

足は人のもっとも特徴的な姿である直立

二足歩行を支え、また、自分の力で自分の身体を動かし、移動するために必要なものであり、近年、健康な生活を維持するために、また、運動の質を高めるために医療やスポーツの分野で足に関する研究が増えている。

抹消神経障害で見逃しがちになる足趾の障害は、特に注意が必要である。健康な足の指は靴のなかで無意識に圧迫を防ぐために動いているが、神経障害に侵されるとそれができないため、足趾が圧迫され、爪の内部出血や趾が浮いたりして初めて痛みを感じ、足趾を注視する状況にある。極めて主観的な感覚であり体験するまで分かりにくい。

左右あるいは全体の圧のバランスが立位時の身体保持や歩行に重要であるが、動揺に対する身体保持や身体を動かすための足の蹴り、さらには運動能力の向上にも足趾力が関係するので、足趾圧および足の動態解析を試みた。

足趾筋力と最大足趾圧との関係を比較した結果、足趾筋力が強いと足趾の最大圧も大きくなることが確認されたが、相関は低かった。青年と高齢者による足趾端の動きの比較では、歩行中のつま先高さの変化に差がみられた。足の筋肉の衰えにより、踵で着地した後のあおりのきいた歩き方が難しくなってきたことによる差であり、しびれによる障害でも同様の歩行変化が考えられる。

抹消神経障害による足趾の感覚の減少は無意識のうちに2次障害を引き起こすので、足趾圧の測定および重心動揺測定による観察が、こうした障害への注意喚起として、役立つ。また、抹消神経障害等にかかってしまった症状改善のために、足趾を開閉したり、足趾を回転する、またタオルなどをたぐる運動をするなどによって症状の改善を促すことが考えられるが、足趾筋力強化だけでは足趾圧を高めることはできず、神経障害が身体の立位やそのバランス保持に大きくかかわっていることが実験よりわかった。今後、個々の足趾筋力強化による影響評価の測定も必要である。

少なくとも足趾の圧力と筋力の測定を繰り返すことにより、自己の足部の状態を知ることができ、二次障害の発生を防ぎ、生活の質を高める評価手法として有効利用できるといえる。高齢者の歩行などにも応用が可能といえる。

また、すり足がつまづきの原因のひとつであれば、つま先の動態が歩行空間の段差や歩行空間内の“もの”の設計に役立つといえる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計5件)

① 萱井清美, 足部の動きに関する研究, 日本繊維製品消費科学会平成25年度年次大会, 平成25年6月1日, 相山女子大学

- ②菅井清美, 大代由美子, 瀧浦晃基, 足趾筋力の足趾圧に及ぼす影響, 日本人間工学会第54回大会, 平成25年6月1日, 日本大学
- ③菅井清美, 大代由美子, 瀧浦晃基, 足趾圧と足趾筋力の関係, 日本繊維製品消費科学会平成24年度年次大会, 平成24年6月24日, 文化学園大学
- ④菅井清美, 足趾圧の評価に関する研究, 日本足の外科学会, 平成23年9月21日, 奈良県新公会堂
- ⑤菅井清美, 大代由美子, 歩行における足趾圧の検討, 日本繊維製品消費科学会平成23年度年次大会, 平成23年6月25日, 武庫川女子大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅井 清美 (SUGAI KIYOMI)
新潟県立大学・国際地域学部・教授
研究者番号：60150299