

平成 22 年 4 月 16 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20700441

研究課題名 (和文) 足趾接地不良者の身体機能評価および理学療法介入効果の検討

研究課題名 (英文) Floating toe deformity: evaluation of physical function and effects of physical therapy intervention

研究代表者

長谷川 正哉 (Hasegawa Masaki)

県立広島大学・保健福祉学部・助教

研究者番号：10382376

研究成果の概要 (和文)：『浮き趾』は静止立位時および歩行時に足趾が地面に接地しない状態と定義づけられている。本研究成果から浮き趾は若年・高齢者問わず発症する事が確認された。また浮き趾者では足趾による安定した支持基底面 (身体の土台) の形成ができず、歩行中の重心の前方移動 (体重の移動) が困難であること、および中足骨頭部 (足趾の付け根部分) に荷重が集中し、足部アライメント (外反母趾や扁平足など) の異常につながる可能性があることなどが確認された。

研究成果の概要 (英文)：The people who have a floating toe deformity do not build a base of support. As a result, it is difficult to move the center of foot pressure forward when walking. In addition, people that have a floating toe deformity have concentrated pressure on the plantar metatarsal heads, and, therefore, floating toe deformities can cause foot alignment anomalies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：動作解析・義肢装具学・足部障害

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：動作解析・足部障害・浮き趾

## 1. 研究開始当初の背景

立位荷重時において足趾が接地していない、いわゆる「浮き趾」の状態が確認され関心を集めている。浮き趾の特徴として、自覚症状を伴わず幼児期から老年期にわたり幅広く発生し、腰痛やバランス能力等に影響を及ぼすと言われている。また、これまでに浮き趾発生の原因、浮き趾の評価方法の検討、浮き趾の治療方法等について報告されてい

る。足趾は直立時の前後方向の重心制動や、歩行中の前遊脚期における支持基底面の形成等、安定性向上の為の役割を担う事が知られており、足趾の機能低下や障害が転倒リスクを高める事が予想される。

## 2. 研究の目的

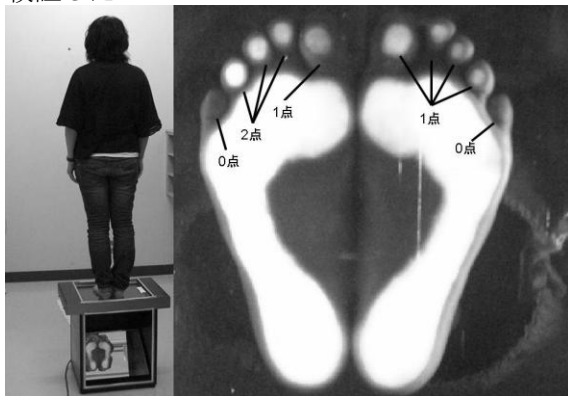
浮き趾が動作に与える影響について検討された報告は皆無であり、また、同様に浮き

趾に対する理学療法介入についての報告も少ない。本研究では浮き趾について、発生要因の解明から、身体に及ぼす影響、理学療法介入方法まで検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験1：足趾接地評価機器の試作と評価方法の検討について

初年度に購入する予定であったピドスコープが予算不足の為購入できなかったため、自らピドスコープを試作し、その評価機器の信頼性と妥当性の検証を行った。また、浮き趾の評価尺度を作成しその信頼性について検証した。



<図1 ピドスコープ試作機と評価方法>

ピドスコープは鏡、耐荷重ガラス、蛍光灯およびフレームを用いて製作し(左図)、暗所での撮影を行った。また得られたデータ(右図)について完全接地2点、一部接地(足趾面積の1~50%範囲)1点、浮き趾0点とカウントした。左右足一本でも浮き趾が認められるものを浮き趾群、一部接地が認められるものを不完全接地群、全足趾が接地したものを完全接地群と群分けした。また各足趾における発生率について調査を行った。対象は健康成人女性210名および、中高年女性49名とした。

#### (2) 実験2：浮き趾者の足部機能検査

浮き趾群15名、完全接地群15名に対し足部機能検査を行った。計測項目は足趾筋力および足趾じゃんけんを用いた足部機能評価、足底感覚検査であり、感覚検査における計測箇所は前足部内側・外側・中間、中足部内側、1~5趾、踵の計10箇所とし、Semmes-Weinsteinモノフィラメントを用いた計測を行った。

#### (3) 実験3：浮き趾者のバランス検査

浮き趾群15名、完全接地群15名に対してバランス検査を実施した。計測項目は総軌跡長、単位軌跡長、単位面積軌跡長、矩形面積、外周面積、実行値面積、A-P (Anterior-Posterior) テストを実施した。

計測にはANIMA社製重心動揺計を用いた。

#### (4) 実験4：浮き趾を発生した高齢者における身体機能調査

浮き趾者の身体機能の特性および動作への影響を検討する目的で実験を実施した。前述の評価方法を用いて、独歩可能な高齢女性30名の接地状態を評価し、完全接地群8名と浮き趾群8名を抽出した。各群に対し、足趾筋力、足趾じゃんけん(図2)、FRT(Functional Reach Test)および爪先立ちFRTを実施した(図3)。またその際の足底圧中心の移動についてNitta社製F-scanを用いて計測を実施した。

数値	グー	チョキ	パー
3			
2			
1			
0			

<図2 足趾じゃんけん>



<図3 FRTおよび爪先立ちFRT>

#### (5) 実験5：静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響

浮き趾群20名および完全接地群15名における歩行中の足底圧計測を行い、足趾および前足部の荷重量、足底圧軌跡の前後長を抽出し比較検討した。また軌跡の形状を「あおり型」「直線型」「非あおり型」、軌跡の終着点を「足趾到達型」「止まり型」「もどり型」に分類し比較検討した。

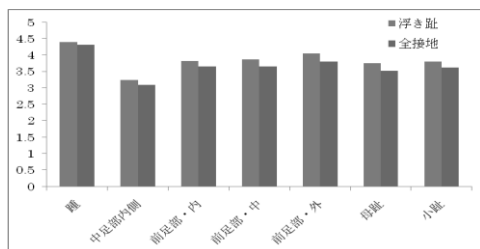
### 4. 研究成果

(1) 実験1(足趾接地評価機器の試作と評価方法の検討について) 要約：評価機器の再現性 ICC(1,1), 評価における験者内信頼性 ICC(1,1), 評価における験者間信頼性 ICC(2,1)共に0.9以上と高い信頼性を示し、評価機器および評価指標としての有効性が示された。健康者および高齢者の評価を行ったところ、健康成人では完全接地群31.4%、

不完全接地群 40.5%，浮き趾群 28.1%となり、足趾接地状態が不良であるものは68.6%であった。なお、浮き趾は第5趾に多く、210名中左32人(15.2%)，右40人(19.0%)にみられた。足趾を地面に接地させるよう指示したところ(努力閉足立位)完全接地群77.6%，不完全接地群16.2%，浮き趾群6.2%となり、足趾接地状態が改善した。同様に中高年女性の浮き趾の発生率は、完全接地群26.5%，不完全接地群47.0%，浮き趾群26.5%となり、足趾接地状態が不良であるものは73.5%であった。なお、中高年者の場合浮き趾は第2趾，第5趾に多く、第2趾は左4人(8.2%)，右4人(8.2%)，第5趾は左4人(8.2%)，右3人(6.1%)にみられた。また、努力閉足立位では、完全接地群63.3%，不完全接地群28.6%，浮き趾群8.2%であり、足趾接地状態が改善した。中高年者の2・5趾の浮き趾では外反母趾や内反小趾などの足部アライメントの異常が合併しており、他の足部の変形に起因するものが認められた。また、努力閉足立位にて足趾の接地状態が改善することから、浮き趾の原因の一つとして足趾屈筋群と足趾伸筋群のアンバランスが考えられた。草履の着用や足趾把持練習による浮き趾の改善が報告されていることから、浮き趾自体が可逆的であり足趾屈筋の筋力強化や伸筋群のストレッチにより改善する可能性が示唆された。

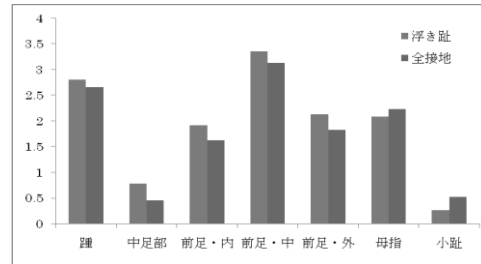
(2) 実験2 (浮き趾者の足部機能検査)

要約：各群間における足趾筋力および足趾機能に有意差は認められず、健常者では浮き趾による足部運動機能に対する影響は認められなかった。一方、足底感覚検査の結果、浮き趾群において全ての測定部位で感覚閾値の増加が確認された。足底感覚には皮膚の角質、メカノレセプターの分布および受容器の賦活頻度が影響を及ぼすものと考えられる。メカノレセプターは足趾部に多い事が知られており、より荷重の多い全接地群において同部位の感覚閾値の低下が認められたものとする。一方踵部では角質が形成されやすくまたメカノレセプターの分布も少ない為、荷重量の多い浮き趾群において感覚閾値の上昇が認められるものと考えられた。



<図4 足底感覚閾値>

各足底部における感覚閾値を示す。浮き趾群にて閾値の上昇が認められる。



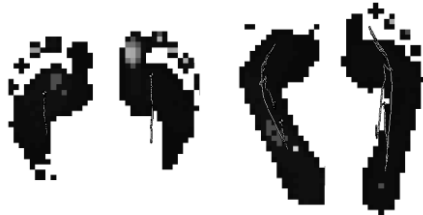
<図5 同部位の荷重量 (単位はkg/体重)> 各部位に対応する部分の荷重量を示す。浮き趾群では後足部が、浮き趾群では足趾部の荷重量の増加が認められる。

(3) 実験3 (浮き趾者のバランス検査)

要約：完全接地群における総軌跡長，単位軌跡長，単位面積軌跡長，矩形面積，外周面積において増加傾向が認められた。これは足趾を含む支持基底の広さが影響を及ぼしている可能性，および感覚センサーとしての足趾の働きが影響している可能性が示唆された。またAPテストでは側方および前方における最大振幅に有意な差は認められず、健常成人における浮き趾はバランス能力に影響を与えない可能性が示唆された。高齢者と比較し健常成人では前庭，体性感覚，視覚によるバランス調整等，その他の制御機構を用いている可能性やその予備能が高いため，浮き趾による影響が認められなかったものと考えられる。また，より動的な場面では浮き趾の影響が認められる可能性があり，歩行やより動的な姿勢制御を必要とする場面での評価が必要と考えられた。

(4) 実験4 (浮き趾を発生した高齢者における身体機能調査)

要約：高齢者を対象とした実験において，全足趾接地群と比較して浮き趾群では足趾筋力およびFRT距離，爪先立ちFRT距離，およびFRT時の足趾荷重量が有意に減少した。また，全足趾接地群ではFRTおよび爪先立ちFRT実施時の足底圧軌跡が足趾部まで到達しているのに対し，浮き趾群では中足骨頭部で停止していた(図6，図7)。足趾じゃんけんの合計値における有意差は認められなかったものの，グー(足趾屈曲)の点数が浮き趾群で有意に低下した。浮き趾群における足趾筋力の低下が確認され，実験1と同様に，特に足趾の屈筋力の低下が浮き趾の発生に関連しているものと考えられた。また浮き趾群では，足趾による支持基底面の形成が出来ず，重心の前方移動が困難になるためFRT距離および変法FRT距離の減少につながるものと考えられた。足趾による支持基底面の形成は歩行中の前遊脚期において重要になると考えられ，歩行時の安定性に影響を及ぼすものと考えられた。



＜図6 浮き趾者の足底圧軌跡＞  
足底圧軌跡の短縮が認められ、荷重中心が足趾部まで到達していない。また通常の FRT 時では足趾部の荷重が認められない。



＜図7 全接地者の足底圧軌跡＞  
足底圧軌跡は足趾部まで到達しており、通常の FRT 時においても足趾部の荷重が認められる。

(5) 実験5 (静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響) 要約: 完全接地群および浮き趾群の特徴的な足底圧および足底圧軌跡を図8に示す。足長比軌跡長(%FL: Foot Length)は完全接地群と比較し、浮き趾群で有意に短いことが確認された。また、体重比荷重量(%BW: Body Weight)は1~5趾ともに浮き趾群で有意に小さいことが確認された。次に足底圧移動軌跡について一般に正常な足底圧移動軌跡とされるあおり型は完全接地群で多い傾向にあり、浮き趾群では直線型が多く認められた。また足底圧消失軌跡について完全接地群では足趾到達型が多く認められ、浮き趾群では止まり型およびもどり型の割合が増加した。



浮き趾群 完全接地群  
＜図8 各群における特徴的な荷重＞

足趾は「変移した重心を支持する機能」および「変移した重心を中心に押し戻す機能」を持ち、重心の前後方向の移動に関与するものと考えられる。また歩行中における足趾は、踵離地から立脚終期に支持基底面を形成し歩

行時の安定性に寄与するとともに、ウィンドラス機構により足部全体の剛性を高め、駆動力を効率良く床面に伝達する役割を担うことが報告されている。そのため、浮き趾群では安定した支持基底面が確保できず重心の前方移動が制限されるとともに、足部の剛性が低下し非効率的な歩行になる可能性が示唆された。

表1 足底圧解析結果

	完全接地群	浮き趾群
足長比軌跡長	71.7±4.2%	67.5±4.6% *
第1趾体重比荷重量	15.5±5.5%	9.5±5.2% **
第2趾体重比荷重量	3.3±1.6%	2.1±1.3% *
第3趾体重比荷重量	2.2±0.9%	1.2±0.9% **
第4趾体重比荷重量	1.4±0.7%	0.7±0.5% **
第5趾体重比荷重量	1.0±0.9%	0.4±0.4% **
(Mean±SD)		*p<0.05, **p<0.01

次に、歩行中の足趾は前足部と同等に荷重を支持することが報告されている。しかし、浮き趾群では各足趾の荷重量が減少し、足底圧軌跡が中足骨頭部付近で消失する傾向が認められた。そのため、蹴り出し時の荷重が中足骨頭部に集中しているものと考えられた。先行研究により外反母趾などの足趾のアライメント異常では足趾部による荷重支持が困難なため、中足骨頭下に荷重が集中することが報告されており、足趾に荷重が出来ない浮き趾群においても同様の傾向が認められたものと考えられる。荷重量と足部変形の因果関係は定かではないが、荷重量の増加により足部アーチが低下し扁平足につながるとの報告及び、足趾変形を伴う糖尿病足では中足骨頭部に圧が集中し胼胝の誘因になることが報告されている為、浮き趾に対する介入を行い足趾部の荷重量を増大させることで障害発生や胼胝形成の予防につながる可能性が示唆された。実験1により浮き趾に外反母趾などの変形を合併するケースが認められており、浮き趾者の足部アーチの状態や胼胝の有無、その他の足部障害の合併について詳細に調査していく必要がある。

最後に足底圧軌跡のパターン分類について、浮き趾群の多くが「止まり型」「もどり型」の足底圧消失軌跡を呈することが確認された。「止まり型」および「もどり型」は蹴り出し時における足趾荷重量の減少が影響しているものと考えられる。特に「もどり型」では支持基底面内で一旦前方に移動した荷重中心が後方に変移しており、これは蹴り出し時に中足骨頭部に荷重が集中した結果を反映するものとする。静止立位時における足趾の不接地が身体重心の後方変移を引き起こすことが先行研究により報告されており、動作時においても足趾の接地状態が身体重心の移動に影響を及ぼしたものとする。また、裸足および裸足に近い下駄着用中の

歩行では「あおり型」「足趾到達型」など正常とされる足底圧軌跡が多くみられるのに対し、スニーカーなどの履物を着用した場合「止まり型」「もどり型」の割合が増加することが報告されている。これは、スニーカーやハイヒールのトゥスプリングやアウトソールの硬さなどの特性が影響し、足のロッカーファンクションやウィンドラスメカニズムなど、本来足部に備わる機能を使用せずに重心の前方移動を行った結果と考えられる。また、スリッパや緩い履物を履いた場合、靴が脱げないよう足趾が過伸展することが浮き趾の原因になるという報告と共に、足趾の使用を促すサンダルを着用により浮き趾が改善したとの報告も見られる。そのため、足趾の不使用が足趾の接地状態に影響を及ぼすと共に、履物により修飾された足底圧を知覚しながら外部環境に適応し、誤った運動パターンが習慣化した結果、浮き趾につながる可能性が示唆された。

#### (6) 研究概要のまとめ

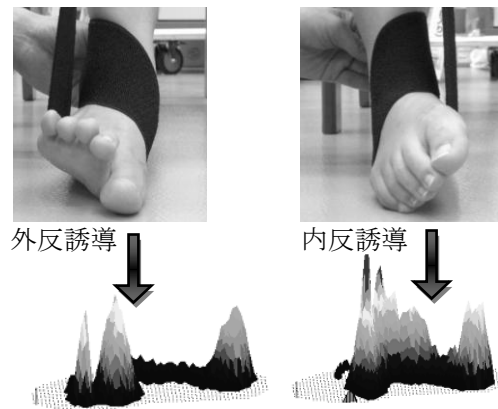
- ・作成した評価機器および評価方法は足趾接地状態の評価に有効である。
- ・浮き趾は年齢を問わず発症し、主に第5趾に認められた。
- ・高齢者では浮き趾にその他の足部障害を合併している例が認められた。
- ・高齢者における浮き趾群では足部筋力や足趾機能、足趾における体重支持機能が低下しており、足趾部の評価手法として有用である。
- ・健常成人における浮き趾はバランス能力に影響を及ぼさない可能性が示唆された。
- ・歩行等の動的制御を必要とする動作において浮き趾者における重心の前方移動量の減少および、中足骨頭部への圧集中が認められ、足部変形につながる可能性が示唆された。

#### (7) 今後の展望

本研究により浮き趾者の足趾筋力の機能低下が認められ、また足趾部への荷重量の低下が感覚や高齢者のバランスに影響を及ぼす事が確認された。また、履物による足趾トレーニングが浮き趾改善に効果的との報告が見られることから、現在足趾トレーニング方法の確立に取り組んでいる。

- ・アンクルストラップを用いた足趾荷重量のコントロール (図9)

アンクルストラップを用いて、足部内反/外反コントロールを行い、足部の荷重量を調整する方法を考案した。足部の外反にて足趾部の荷重量が増加し、外反にて中足骨頭部の荷重量が増加する。現在、この機構を取り入れたシューズの開発に取り組んでおり、外反誘導を行うことで足趾部のトレーニングにつながるものとする。



<図9 各誘導条件における荷重変化>

外反誘導により足趾荷重量が増加し、内反誘導で中足骨頭部の荷重量が増加している。

- ・不安定路面を用いた足趾荷重量のコントロール

不安定路面における歩行により、前足部内側および足趾部の荷重量が増加する事が確認され、足趾とトレーニング方法としての可能性が示唆された。現在、インソールの開発や歩行用トレーニングマットの開発に取り組んでいる。



<図10 靴の開発および研究の展望>

裸足に近い状態で歩行可能なシューズの開発、不安定路面(砂浜)での歩行による足趾トレーニング方法の検討



スニーカー 裸足 試作靴

<図11 各種条件における荷重特性>

試作した靴では足趾方向への荷重偏移が認められ、外反誘導パターンと類似した足圧中心の移動が認められる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①山本征孝, 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作, 沖貞明, 大塚彰, 足指接地評価機器の試作と評価方法の検討について, 靴の医学, 査読有り, Vol23(2), 2010, 66-70

②長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作, 沖貞明, 清水ミシェルアイズマン, 六車晶子, 大塚彰, 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響, 理学療法科学, 査読有り, Vol25(3), 2010, 掲載決定

[学会発表] (計4件)

①長谷川正哉, 山本拓哉, 田原岳治, 島谷康司, 金井秀作, 大塚彰, 坂口颯, 足趾接地状態の不良と身体機能の関連性について—第一報—, 第43回日本理学療法学会大会, 2007

②Masaki Hasegawa, Shusaku Kanai, Koji Shimatani, Michele Eisemann Shimizu, Takeya Ono, Sadaaki Oki, Akira Otsuka, Tomoaki Shimada, The effect on gait on the lack of ground connection by the toes in standing, 10<sup>th</sup> Asia Confederation for Physical Therapy, 2008

③山本征孝, 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作, 沖貞明, 大塚彰, 足指接地評価機器の試作と評価方法の検討について, 第23回日本靴医学会学術集会, 2009

④田坂厚志, 河野正明, 遠藤竜治, 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作, 小野武也, 大塚彰, 沖貞明, 第41回日本人間工学会中国四国支部大会, 2008

[図書] (計2件)

①大塚彰編, 長谷川正哉・他著, 健康応援都市みはら, 第6章砂浜歩行の効果と実践方法～運動学的分析から～, 2009, 117

②嶋田智明, 大峯三郎編, 長谷川正哉・他著, 腰痛の病態とその理学療法アプローチ, ミニレクチャー, 履物は腰痛にどう影響する, 2008, 185

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 正哉 (Hasegawa Masaki)

県立広島大学・保健福祉学部・助教

研究者番号: 10382376

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: