

浮き趾例における足趾機能

福 山 勝 彦

The function of floating toes

Katsuhiko Fukuyama

Reprinted from

Medical and Health Science Research, Volume 5, pp. 15–40

March 2014

総 説

浮き趾例における足趾機能

福山勝彦

つくば国際大学医療保健学部理学療法学科

【要 旨】 近年、前足部における問題として、浮き趾が取り上げられている。著者は、「浮き趾とは、立位時に足趾が地面に接していない状態、歩行時においても趾先まで体重移動が行われない状態」と定義し、独自に開発した「浮き趾スコア」という評価法を用いて研究を進めている。本論文では、浮き趾例における足趾機能について論じた。浮き趾と呼ばれるものの中には、動的場面において接地可能な「擬浮き趾」が存在することが判明した。足趾機能からみると、浮き趾例では、足趾把持力、重心の前方移動能力、の低下がみられた。歩行に関しては、浮き趾例では、離地時に趾先まで体重移動が行なえず、安定した基底支持面を確保できないことで中足骨頭に荷重が集中し、滑らかな踏み返しが行なえていないことが確認できた。さらに、正確な運動を遂行するために必要な感覚的要素を含む、運動調節能力も低下していることが確認できた。今後は、浮き趾が身体に及ぼす影響について検討する必要がある。（医療保健学研究 第5号：15-40頁／2014年3月14日採択）

キーワード： 浮き趾，足趾機能，浮き趾スコア，足趾把持力，前方重心移動，運動調節能力

序 論

二足歩行を行なう人間の足部は、高さのある身体を支える重要な基盤である。直立歩行という不安定な条件下における基底面としては、きわめて小さい。歩行は、この小さい足部の上で、体重を前方に移動させながら、衝撃を吸収、体重支持、蹴り出しの繰り返し動作が行なわれており、この安定の下、さまざまな運動が展開されている。戦国時代には「足半(あしなか)」と

いわれる足趾と踵が出る草履が着用されていた。これは足趾でしっかりと地面を把持し身体の安定を図ることで上肢を自由にし、剣や槍での戦いに効果を与えたと言われている。また現在では、船頭が不安定で滑る船上で利用している(図1)。また、足底は唯一、地面に接している部分であり、床面からの刺激を感受し、姿勢を制御する基盤でもある。この安定性と運動性の相反する機能と、刺激の入力口としての機能を発揮するために、足趾の役割はきわめて重要である。



図1. 足半（あしなか）

連絡責任者：福山勝彦
〒300-0051 茨城県土浦市真鍋6-8-33
つくば国際大学医療保健学部理学療法学科
TEL: 029-826-6039
FAX: 029-826-6776
E-mail: k-fukuyama@tius.ac.jp

足は一般的に足部（前足部、中足部、後足部）と足関節が含まれ、一つの機能ユニットと考えられている。前足部は末梢から、末節骨、中節骨、基節骨、中足骨からなり、第1趾のみが手と同様に末節骨と基節骨の2節からなっている。4足歩行から2足歩行を可能にした人間にとって、足でしっかりと地面を踏ん張り身体の安定を図り、力強く歩行、走行へとつなげるためには、前足部の機能がきわめて重要である。中足部は5個の足根骨、すなわち舟状骨、立方骨と3個の楔状骨からなる。後足部は足の頂点を形成し、足関節の一部分でもある距骨と直接地面と接する踵骨からなる。

足の筋は足底の筋と足背の筋に分けられる。足底筋は母趾球筋（母趾外転筋、短母趾屈筋、母趾内転筋）、小趾球筋（小趾外転筋、短小趾屈筋、小趾対立筋）、中足筋（短趾屈筋、足底方形筋、虫様筋、底側骨間筋、背側骨間筋）からなる。足背の筋としては、短母趾伸筋と短趾伸筋がある。下腿から起こって足に至る外来筋は、伸筋群（前脛骨筋、長母趾伸筋、長趾伸筋、第三腓骨筋）、外側伸筋群（長腓骨筋、短腓骨筋）、屈筋群（下腿三頭筋、足底筋、後脛骨筋、長趾屈筋、長母趾屈筋）がある。前足部すなわち推進力としての足趾の運動に関与する筋は、足趾屈筋群や下腿三頭筋であるが、これらの機能を効率よく発揮させるためには足部アーチの形成に関与する足底筋膜や足趾伸筋、母趾外転筋、後脛骨筋、腓骨筋の役割が重要となってくる。

足底の表層には足底筋膜が存在する。足底筋膜は踵骨の内側結節より起こり、前方に進み5つの帯に別れ、それぞれの趾に付着している。足底筋膜の機能は縦アーチを支持する作用であり、足趾の伸展でより堅固となる。これは5つの帯に別れた後に筋膜の前遠位帯が基節骨の基底部に付着しているために、基節骨の伸展が足底筋膜の緊張を増大させるためである。この現象はウィンドラスの巻上げ現象とよばれ、歩行時の蹴り出しの際に足部全体の剛性を高めテコとして機能している。

山嵯(1997)によれば、足趾は長趾屈筋により

体重支持の土台として安定し、効果的に反対側の足へと移行できるとしている。足趾が安定した土台として機能している歩行を推進歩行、足趾が安定した土台として機能していない歩行を非推進歩行と呼んでいる。一侧の足趾が安定した土台であれば、反対側の下肢が十分な歩幅をもって移行でき、逆に安定していなければ反対側の下肢は十分な歩幅をもって機能しないということである。

前述したように、足趾の機能は歩行や走行に加え、立位での上肢の動作においても重要であり、高齢化社会を迎えているわが国では、特にバランス改善、転倒予防として足趾の役割や障害が見直されてきている。

足趾の変形には、外反母趾、槌趾、開張足といったものが一般に知られているが、近年、足趾が床面に接地せず、歩行の際、趾先まで体重移動できないとされる「浮き趾」が問題視されるようになった(図2)。本論文では、浮き趾の定義、評価法、発生状況、原因、足趾機能について、諸家の報告に、著者のこれまでの研究内容を加えてまとめる。

なお、著者の研究に関しては、全ての被験者に対し事前に研究の趣旨、および方法を説明、また本研究への協力は自由意志であり、辞退、途中棄権しても、何ら不利益のないこと、得られたデータは、個人が特定できないように管理し、本研究以外には用いないことを説明し同意を得ている。また、国際医療福祉大学倫理審査委員会、つくば国際大学の倫理審査委員会の承認を得て実施した。



図2. 浮き趾

浮き趾の定義

浮き趾についての確かな定義はないが、多くの研究者が、表1に示すような考えのもと、研究を進めている。表現の仕方に多少違いはあるが、「立位時に足趾が地面に接していない」「歩行時に趾先まで体重移動が行なわれない」「これにより歩行時の駆動力が低下している」状態と要約できる。

浮き趾は、指上げ足とも呼ばれ、近年、雑誌やテレビでも取り上げられるようになってきたが、それ自体が無症状であることが多く、扁平足や外反母趾のように、見た目で判断されることが少ないため、まだまだ一般的なものとは言えない。しかし、浮き趾の研究者は、浮き趾という変形自体を問題にしているのではなく、それが引き起こす身体への影響を問題にしている。具体的には、浮き趾によるアライメントの異常が、腰痛や肩こり、頸部痛を引き起こす原因となったり、歩行効率の低下や、高齢者においては、バランスの障害による転倒をあげている。

欧米においては、Floating toe と表現されている。Thomas(1987)は、Hammer toe とは、足趾と中足趾節関節(MP 関節)の筋のアンバランスであり、Floating toe とは、MP 関節が不安定なことによる屈筋力の低下であると述べて

いる。その他の報告としては、外科的手術に関する報告が多い。Friend(1986)；Lawrence and Papier(1980)は、足部に痛みがあり歩行困難な症例に対し、中足趾節関節のアライメントの改善と疼痛の軽減を図り、Floating toe を改善させる外科的方法について報告している。また Migui *et al* (2004)は、足部外科手術の一つである Weil 骨切り術の後遺症として浮き趾の出現を指摘しており、近位趾節間関節(PIP 関節)の固定が浮き趾の出現につながることを報告している。Hofstaetter *et al* (2005)は、Weil 骨切り術の後遺症に浮き趾の出現はあるが、疼痛の軽減、歩行能力の拡大からみれば、有効な手段であるとしている。Weil 骨切り術は、足趾や中足骨部の変形や疼痛に対し、中足骨を短縮し、末梢骨片を水平移動することで、荷重に有利な骨切り術ではあるが、足底腱膜の弛緩による足趾の安定性が損なわれることにより、基節骨が伸展され、Floating toe が発生することになる。

しかし、Floating toe の足趾機能や、身体への影響について言及している報告は、見当たらない。

日本においても、欧米においても、浮き趾の足趾機能やバランス能力、歩行の特徴、身体への影響等について、具体的な研究データをもとにして、「浮き趾の問題を提示されていないこと」が、まだまだ一般化されない原因でもある。

表1. 各研究者の浮き趾に対する見解

研究者	見解
Thomas F (1987)	MP 関節不安定による屈筋力の低下。 立位や歩行において、荷重面を得られない。(Floating toe として)
矢作 (2004)	立位時に足趾が床面に接地しない。歩行時、足尖まで体重が移動せず、地面に対する踏み返しが行なえない。
大貫 (2005)	歩行時や立位時に足趾が接地しない。
恒屋 (2006)	足趾が地面に接地していない状態。
荒木 (2008)	足趾が床面に完全に接地できない状態。
久利 (2009)	足趾が地面に接地していない状態。
阿部 (2011)	立位時、歩行中に足趾が接地しない、歩行における、あおり運動が少ない。
松田 (2011)	足趾が地面に接地していない状態。
笠原 (2012)	足趾で踏ん張れず、踵と趾の付け根だけを使った歩行を呈する。
高尾 (2012・NHK)	足趾が接地せず、歩容が不良となり、腰痛、膝痛を引き起こす。

しかし、足趾が地面に接しない状態での動作、歩行の継続は、身体のアライメントの崩れや筋活動の乱れを招き、様々な影響を及ぼすことは容易に想像できる。この解明が、外反母趾や扁平足といった足部の障害と並んで一般化され、問題視されることにつながるものと考える。

しかし、これまで浮き趾の研究を進める中で、安静立位において足趾が接地していなくても、努力接地（足趾把持）や前方へ重心移動するといった動的な場面において、正常に接地する例が多いことに気付いた。図3に、その一例を示す。つまり、浮き趾は可逆的で、その多くは動作場面において正常に接地することが可能であり、足趾がその機能を果たしていることが考えられる。これまでの報告はすべて安静立位時のものであり、努力接地、前方移動といった意識的に足趾を接地させた状態での浮き趾の発生状況、そこで接地可能なものの足趾機能に異常があるのかという視点から、浮き趾の分類や抽出を検討されてはいない。

そこで著者は独自に、「浮き趾とは、立位時に足趾が床面に接地していない状態。動作、歩行時においても足趾が接地せず、趾先まで重心が移動できないことで、正常な足趾機能が発揮されない状態」と定義し、研究を進めている。この定義の妥当性に関しては、以下の各研究報告の中で述べたい。

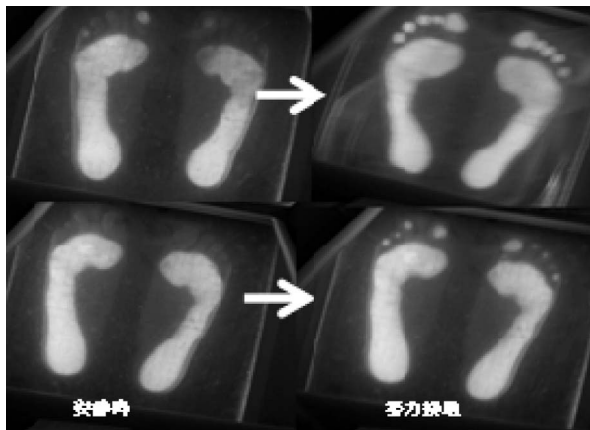


図3. 擬浮き趾と真浮き趾の一例
上段：擬浮き趾 下段：真浮き趾

浮き趾の評価、抽出

浮き趾の判定や抽出の基準については、個々が独自の考えに基づき、浮き趾を抽出しているのが現実である。基本的には、Pedoscope や Foot print を使用し、接地状況を、完全接地、不完全接地、無接地の3段階に分類している。しかし、ここからの判断基準が個々で異なり、内田他(2001)；井上他(2009)は、不完全接地、無接地を全て浮き趾としている。また、大貫他(2005)；青木他(2009)；松田他(2011)は、一本でも無接地のあるものは、浮き趾としている。平松他(2005)は、第1趾と第2～4趾を分けて評価し、第5趾は対象とせず判定している。個々の研究者の浮き趾抽出の見解について、表2に提示する。

ここで、著者の行なっている「浮き趾の評価と抽出」について紹介する。著者は浮き趾の評価に、自作の Pedoscope で撮影した足底画像を用いている。この Pedoscope は、床面から30cmの高さのステージ上面に固定した強化ガラス上に被験者を起立させ、蛍光灯からの光を用いて足底を照射し、ステージの側面に斜めに固定した鏡を経由して、デジタルカメラで撮影する構造になっている(図4)。Pedoscope で撮影された足底画像から「浮き趾スコア」という点数化を試みてきた。これは左右10本の足趾に対し、完全に接地しているものを2点、接地不十分なものを1点、まったく接地していないものを0点とし、20点満点で評価するものである。研究を進める上で、浮き趾スコア18点以上かつ



図4. Pedoscope (自作)

表2. 各研究者における浮き趾の評価, 分類

著者	使用機器	浮き趾の評価, 分類方法
内田他 (2001)	フットプリント	無接地, 不完全接地を浮き趾と評価. (靴の医学)
矢作他 ¹⁾ (2004)	Pedoscope	浮き趾スコア (完全接地 2 点, 不完全接地 1 点, 無接地 0 点) の合計点で評価. 靴の医学)
著者他 (2005)	Pedoscope	浮き趾スコアより, 18 点以上を「正常群」, 17 点～11 点を「不完全接地群」, 10 点以下を「浮き趾群」と分類. (日本理学療法学会)
大貫他 (2005)	フットプリント	すべての趾がプリントされれば正常, 1 本でもプリントされない趾は浮き趾と評価. 「疑い」を提示するも詳細不明. (作業療法)
平松他 (2005)	ビジュアル ピドセラピー システム	接地良好群と接地不良群を第 1 趾と第 2～第 4 趾に分けて評価, 第 5 趾は, 対象とせずに判定. (老年看護学)
恒屋 (2006)	Pedoscope	接地足底の境界部の形状 (タイプ A～C) と, 個々の足趾の接地状況 (グレード: 完全, 不完全, 無接地) で評価. 独自の判定基準で浮き趾を分類. (理学療法学)
井上 (2009)	フットプリント	接地, 不完全接地, 無接地で評価. 不完全接地, 無接地は浮き趾と判断. (京都教育大学紀要)
三村他 (2009)	Pedoscope	全接地, 片脚浮き趾, 小趾浮き趾, 多数浮き趾, 拇趾浮き趾に分類. 接地の程度は評価せず. (大阪教育大学紀要)
青木他 (2009)		一本でも接地不十分を浮き趾とする. (教育医学)
松田他 (2011)	Pedoscope	完全接地していない趾を浮き趾とし, 1 本でも浮き趾があれば「浮き趾あり」と判断. (岐阜聖徳短大紀要)

両側第 1 趾とも 2 点のものを「正常群」、17 点から 11 点のものを「不完全接地群」、10 点以下のものを「浮き趾群」と分類している (図 5)。特に第 1 趾においてはその機能がきわめて重要であろうと考え、浮き趾スコアにおいて 18 点以上あっても第 1 趾が 1 点または 0 点の場合は「正常群」には分類していない。さらに、浮き趾に分類されたものに関しては、動的な場面の評価を加味し、さらに 2 群に分類する。動的な場面とは、足趾で床を把持した状態 (努力接地)、および、身体の重心を前方に最大移動し静止した状態 (前方移動) における画像を用いている。静的、動的画像より、安静立位スコア 10 点以下で努力接地と前方移動のいずれかが 18 点以上のものを「擬浮き趾群」、安静立位スコア 10 点以下で努力接地と前方移動のいずれも 18 点未満のものを「真浮き趾群」 (いずれも仮称) と定義した。

この「浮き趾スコア」については、安静時浮き趾スコアをもとに、その信頼性を確認してい



図 5. Pedoscope の画像と浮き趾スコア

左上はすべて 2 点で浮き趾スコア 20 点
 右上は第 1 趾 1 点, 第 5 趾 0 点, その他は 2 点で浮き趾スコア 14 点
 左下は第 5 趾は 0 点, その他は 1 点で浮き趾スコア 8 点
 右下はすべて 0 点で浮き趾スコア 0 点

る(福山と丸山, 2012)。その内容は、130名の被験者に対し、3名の検者(内訳は、著者：浮き趾スコアを用いた研究歴8年、経験者：浮き趾スコアを用いた研究協力歴3年の理学療法士、未経験者：2年目の理学療法士)により、評価者3名全員による検者間信頼性 ICC(2,1)、著者と経験者、著者と未経験者、および経験者と未経験者それぞれの検者間信頼性 ICC(2,1)を求めた。また、被験者に対し、初回、1時間後、1週間後の3回の撮影を行ない、検者内信頼性 ICC(1,1)を求めた。その結果、浮き趾スコアの3名の検者間信頼性 ICC(2,1)、および著者と経験者、著者と未経験者、経験者と未経験者の検者間信頼性 ICC(2,1)は、いずれも0.9を上回った。また、初回、1時間後、1週間後の検者内信頼性 ICC(1,1)は0.944と高値を示し、いずれも高い信頼性を確認している(表3)。

最近、この方法は、他の研究者による評価手法にも導入されており、Pedoscope の撮影に替えて、Foot print が使用されることも多く、いずれも床面と足底の接地状態を視覚的に評価するものである。Pedoscope や Foot print は、比較的安価で操作も簡便なものであり、シューズの開発やインソールの作成、効果判定等に用いられている。

他の研究者の評価法として、長谷川他(2010)は、Foot print と足趾に対する紙の挿入により浮き趾を検出している。彼らの方法は、まず静止立位における Foot print の採取により足趾の接地状況を確認(計測1)、次に静止立位にて厚さ0.12mmの紙を1から5趾の中足趾節関節の

底面部まで挿入し足趾の接地状況を確認した(計測2)。計測1および計測2の双方ですべての足趾の接地が確認できたものを「完全接地」、計測1のみで足趾の接地が認められないものを「不完全接地」、計測1および計測2双方で足趾の接地が確認できなかったものを「浮き趾」としている。久利(2009)も市販の付箋紙を用い、足趾と床面の間に付箋紙が抵抗なく差し込めることが出来るか否かで浮き趾の評価を行なっている。

しかし、浮き趾スコアや長谷川の方法では接地形状の違いや浮いている趾がどの足趾かという検討はできない。恒屋と臼井(2006)は、足趾の接地本数や足趾境界部の形状、接地部分の形状などにより浮き趾を6つのタイプに分類している。特に興味深いのは、完全に接地しているものにおいて、Type A を接地足底部と接地足趾部が完全に離れており、かつ接地足底部と接地足趾部の間に接地痕が見られるもの、Type B を接地足底部と接地足趾部が完全に離れており接地足趾部が島状の形状を示すもので中間に接地痕が見られないもの、Type C を接地足底部と接地足趾部が完全に離断しておらず、半島状の形状を示し境界が見られないものの3つに分類している点である(図6)。この中で Type C のような半島状の接地に関しては、足趾屈筋腱の緊張が低下することで前足部の横アーチが下降し、基節骨が床面に接している状態にあると述べている。これに対し島状に接地している場合、足趾屈筋腱の緊張がある程度以上あって、MP 関節の伸展拘縮がなく、趾腹のみが床面に接している状態と述べている。このことは、

表3. 浮き趾スコアの検者間、検者内信頼性

	ICC	95%信頼区間
検者間 ICC (2, 1)		
検者 3 人	0.934	0.912-0.951
著者 × 経験者	0.950	0.930-0.964
著者 × 未経験者	0.925	0.895-0.946
経験者 × 未経験者	0.925	0.896-0.947
検者内 ICC (1, 1)		
	0.944	0.926-0.958

Pedoscope の画像上、足趾が接地しているように見えても、足趾屈筋の緊張が低下した浮き趾と同じ状態にあるものが存在すると考えられる。

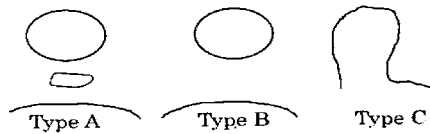


図6．設置部分の形状による分類
(恒屋他, 2006年の文献より)

このように、浮き趾の評価、抽出には、様々な方法が提示されているが、本論文においては著者の考案した「浮き趾スコア」を用いた評価、分類法をもとに、検討を進める。

浮き趾の発生状況

浮き趾の発生状況については、様々な報告を散見する。恒屋と臼井(2006)は、成人男性155例(16～49歳)を対象に足趾接地状況を調査した結果、両側のいずれかの趾の接地不十分な例は、男性で66%、女性で76%みられたと報告している。三村他(2009)は、幼児204例における足趾接地状況の調査により、年齢に若干の差はあるものの、足趾が完全に接地している幼児は、40～50%であったことを報告している。井上他(2009)も、小学生303例を対象とした調査により、完全接地は男児44%、女児47%であったことを報告している。また、各足趾ごとの浮き趾発生について内田、他(2002)は、幼稚園児193例の足趾接地状況の計測により、完全な浮き趾、不完全な浮き趾をあわせると、第5趾で74.2%、

第4趾で29.0%、第3趾で18.6%、第2趾で26.4%みられており、外側の足趾ほど浮き趾の発生率が高いことを報告している。

これらの報告に基づき、先に述べた動的場面を加味した方法での、浮き趾の発生状況について調査を行なった。健常成人175名を対象とし、安静立位、動的立位における浮き趾スコアを算出した。被験者を Pedoscope ステージの強化ガラス上に、開眼で2 m前方の目の高さに設定された目標点を注視した状態で起立させた。趾先に力を入れたり重心を移動したりせず、安楽な姿位になるよう指示した上で、身体の動揺が落ち着いている状態で安静立位時の足底画像の撮影を行なった(安静立位)。次に、足趾で床を押した状態(床を噛むように指示)での立位(努力接地)、および踵を浮かせたり体幹を屈曲させたりせず、身体の重心を前方に最大移動し静止した状態での立位(前方移動)の足底画像を撮影した。得られた画像より、安静立位、努力接地、前方移動それぞれの浮き趾スコアを算出し、前述した方法で、正常群、不完全接地群、擬浮き趾群、真浮き趾群の4群に分類した。また、擬浮き趾群、真浮き趾群に対し、第1趾～第5趾それぞれの足趾に対する浮き趾スコアの割合と、不完全接地(1点)、無接地(0点)が、努力接地、前方移動により完全接地(1点)となった完全接地率を求めた。被験者全体、男女別の4群におけるグループ分類の割合を、表4に示す。男女間におけるグループ分類の分布については、有意差がみられなかった($\chi^2=1.45$, $df=1$, $p>0.05$)。擬浮き趾群(33名、各66趾)と真浮き趾群(21名、各42趾)の各足趾における浮き趾スコア

表4．4群間の分布

	全体 (n=175)	男性 (n=82)	女性 (n=93)
正常群	63 (36.0)	29 (35.4)	34 (36.6)
不完全接地群	58 (33.1)	27 (32.9)	31 (33.3)
擬浮き趾群	33 (18.9)	18 (21.9)	15 (16.1)
真浮き趾群	21 (12.0)	8 (9.8)	13 (14.0)
症例数(%)			

表5. 真浮き趾群と擬浮き趾群の各足趾における浮き趾スコアの割合

浮き趾	1趾			2趾			3趾			4趾			5趾		
	安	努	前	安	努	前	安	努	前	安	努	前	安	努	前
2点	7.1	50.0	52.4	0.0	69.0	69.0	2.4	71.4	73.8	4.8	52.4	66.7	0.0	9.6	4.8
男性	6.3	37.5	62.5	0.0	87.4	81.3	6.3	93.8	87.5	6.3	75.0	81.2	0.0	18.8	12.4
女性	7.7	55.7	46.2	0.0	57.7	61.5	0.0	57.7	65.4	3.8	38.5	57.7	0.0	3.8	0.0
1点	64.3	50.0	47.6	64.3	23.8	31.0	73.8	28.6	26.2	59.5	45.2	33.3	14.3	45.2	59.5
男性	87.4	62.5	37.5	81.3	6.3	18.7	87.4	6.2	12.5	68.7	18.7	18.8	12.5	31.2	43.8
女性	50.0	42.3	53.8	53.8	34.6	38.5	65.4	42.3	34.6	53.8	61.5	42.3	15.4	53.8	69.2
0点	29.6	0.0	0.0	35.7	7.2	0.0	23.8	0.0	0.0	35.7	2.4	0.0	85.7	45.2	35.7
男性	6.3	0.0	0.0	18.7	6.3	0.0	6.3	0.0	0.0	25.0	6.3	0.0	87.5	50.0	43.8
女性	42.3	0.0	0.0	46.2	7.7	0.0	34.6	0.0	0.0	42.4	0.0	0.0	84.6	42.4	30.8

擬浮き趾

擬浮き趾	1趾			2趾			3趾			4趾			5趾		
	安	努	前	安	努	前	安	努	前	安	努	前	安	努	前
2点	1.5	90.9	100.0	1.5	100.0	100.0	4.5	100.0	100.0	7.6	100.0	98.5	1.5	56.1	75.8
男性	2.8	88.9	100.0	2.8	100.0	100.0	5.6	100.0	100.0	11.1	100.0	97.2	0.0	38.9	72.2
女性	0.0	93.3	100.0	0.0	100.0	100.0	3.3	100.0	100.0	3.3	100.0	100.0	3.3	76.6	80.0
1点	87.9	9.1	0.0	59.1	0.0	0.0	77.3	0.0	0.0	81.8	0.0	1.5	48.5	31.8	19.7
男性	83.3	11.1	0.0	58.3	0.0	0.0	75.0	0.0	0.0	80.6	0.0	2.8	44.4	44.4	19.5
女性	93.3	6.7	0.0	60.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	83.3	0.0	0.0	53.3	16.7	20.0
0点	10.6	0.0	0.0	39.4	0.0	0.0	18.2	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	50.0	12.1	4.5
男性	13.9	0.0	0.0	38.9	0.0	0.0	19.4	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	55.6	16.7	8.3
女性	6.7	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	43.4	6.7	0.0

安：安静立位 努：努力接地 前：前方移動 単位：%

擬浮き趾群と真浮き趾群において、浮き趾スコア0点、1点のものが、努力接地または前方移動により2点になった完全接地率を、表6に示す。擬浮き趾群、真浮き趾群ともに、安静立位に関しては足趾の完全接地は少なく、どの趾においても浮き趾スコア2点のものは10%未満であった。しかし、擬浮き趾群においては、努力接地や前方移動において、第5趾を除きほぼ完全に接地した。つまり、擬浮き趾は可逆的で、その半数以上は正常な接地が可能であることは

浮き趾の原因

浮き趾の原因について、いくつかの報告がある。大貫他(2005)は、5歳児の保育条件の違いに着目した。1年間の平均的な外遊びの延べ時間をもとに、Foot print と写真撮影により比較検討した結果、有意に室内遊び群での浮き趾発生率が高かったことを報告している。原田(2001)は、幼児の足において、20年間にける

真浮き趾群

		1 趾	2 趾	3 趾	4 趾	5 趾
努力接地	全体	46.2	69.0	70.7	50.0	9.5
	男性	33.5	87.5	93.3	73.3	18.8
	女性	54.2	57.7	55.7	36.0	3.8
前方移動	全体	48.7	69.0	73.2	65.0	4.8
	男性	60.0	91.3	86.7	80.0	12.5
	女性	41.7	61.5	65.4	56.0	0.0

單位：%

擬浮き趾群

		1 趾	2 趾	3 趾	4 趾	5 趾
努力接地	全体	90.8	100.0	100.0	100.0	55.4
	男性	88.6	100.0	100.0	100.0	38.9
	女性	93.3	100.0	100.0	100.0	75.9
前方移動	全体	100.0	100.0	100.0	98.4	75.4
	男性	100.0	100.0	100.0	96.9	72.2
	女性	100.0	100.0	100.0	100.0	79.3

單位：%

足部の評価を行なった結果、20年前に比べ、明らかに浮き趾の増加と土踏まず形成の激減を報告、その原因の一つに自転車や自動車による通園をあげている。これらのことから幼児期、学童期における外遊びの頻度や、裸足保育等の生活様式、生活習慣が、浮き趾の発生に影響していることが考えられる。大貫他（2005）や原田（2001）の報告では、浮き趾の発生に加え、内側アーチの低下、つまり扁平足が同時に発生していることが述べられている。

学童期から成人においては、履物や靴下等が浮き趾の発生に関与していることを、内田、他（2001）；矢作、他（2004）；Kapandji（1998）が報告している。特に矢作は、緩めの靴やサンダルを履いて歩行することは、靴の中での足の安定性を求めて足趾が開き気味になると同時に、靴が脱げたりしないように足趾が上を向く習慣がつくことを問題視している。

Kapandji（1998）は、小さすぎる靴やハイヒールの着用などにより、足趾は靴の先端にぶつかって中足骨頭が低下する。特にハイヒールの場合、靴の傾斜によって足部は前方に滑り落ち、足趾が過伸展するとともに、踵と足趾が接近し凹足を呈する。これに伴い、中足骨頭はさらに低下、わし爪趾の変形を呈し、足趾跡が消失していることが考えられると述べている。この場合には、足底内側アーチは、MP 関節の伸展と足底腱膜の緊張により上昇され、Pedoscope においても、図7の左上に示したように、足趾接地不良に加え、内側が広範囲に接地しない画像を呈するものを確認できる。

高齢者においては、脊柱の変形や股関節、膝関節の屈曲拘縮等により、後方重心となることで足趾に体重がのらなくなることも浮き趾の原因と考えられる（矢作他，2004；平松他，2005）。

しかし、逆に歩行時は、杖や歩行器を使用したり、前方に重心を移動し足趾に力を入れてバランスをとることで、高齢者における浮き趾の発生率が低いという報告があることも事実である（糟谷他，2010）。

大貫他（2005）や Kapandji（1998）の報告から、

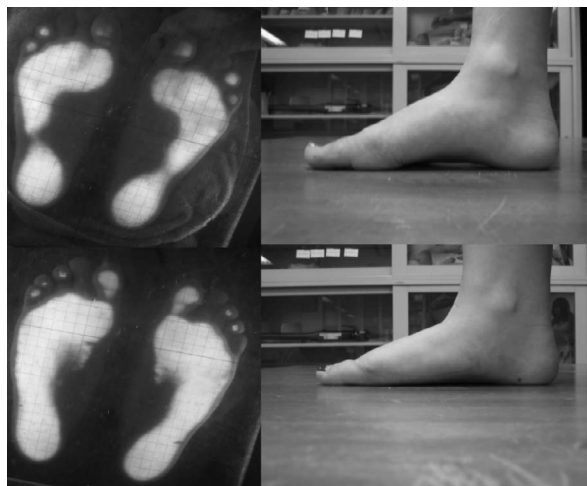


図7. アーチの高いタイプ（上）と低いタイプ（下）

浮き趾の発生にはアーチ形成が関与している可能性が考えられる。そこで、浮き趾と内側アーチの関係について検討を行なった（Fukuyama and Maruyama, 2011）。成人女性65名を対象に、Pedoscope の画像から正常群と浮き趾群を抽出した。正常群、浮き趾群に対して、座位と立位のアーチ高率の測定およびアーチ高率差（座位のアーチ高率から立位のアーチ高率を減じた値）を求め、両群間で比較検討した。アーチ高率計測には、臨床上で理学療法士が簡便に測定できる、舟状骨高を足長で除して百分率で求める方法を採用した。被験者を床面に水平な作業台上に10cm開脚位で2 m前方の目の高さにある目標点を注視して起立させた。舟状骨粗面にマーキングを行ない、床から隆起部までの高さ（舟状骨高）と踵骨後面（足部の後面）から第1趾先端までの長さ（足長）を定規とノギスを用いて測定、舟状骨高を足長で除してアーチ高率を求めた。この結果を、表7に示す。座位のアーチ高率、および、立位のアーチ高率には、両群間に有意差はみられなかった。しかし、アーチ高率差は、浮き趾群において有意に低下がみられた。このことから浮き趾には、内側アーチの高いタイプと低いタイプが存在していることが判明した。そこで、アーチの低いタイプの浮き趾と、高いタイプの浮き趾に分けて、その発生機序を論じたい。

まず、アーチの低いタイプの浮き趾については、長母趾屈筋や長趾屈筋、長母趾外転筋、後

表7. 正常群と浮き趾群のアーチ高率

	正常群 (n=23)	浮き趾群 (n=18)	p 値
座位アーチ高率 (%)	21.23±1.59	20.88±2.72	0.362
立位アーチ高率 (%)	18.47±1.41	18.85±2.66	0.839
アーチ高率差 (%)	2.75±0.67	2.03±0.75	0.020
Mean ± SD.			

脛骨筋などの内側アーチ形成に関与する筋の機能低下がその原因の一つに挙げられる。これらの筋の筋力低下が、内側アーチを低下させ、第1趾の接地を不十分なものになっている。また、この場合、荷重により足部が回内し、体重が足底内側にかかるようになると、足部の固定性が低下することで、さらに足趾屈筋の効率を低下させる。また、足底方形筋がうまく機能できず、長趾屈筋の収縮方向がずれることで、外側の趾が浮き上がることもなる。また、歩行時の足圧中心 Center of Pressure (COP) の軌跡は、踵から足部外側、小趾球、母趾球を通り母趾に抜ける。体重は踏み切ろうとするとき、第5趾にはあまりかからないことも、外側趾接地を不良にしているものと思われる。

以上のことから、扁平足を呈するような要因がこのタイプの原因と考えられ、大貫他(2005)も、幼児の頃の外遊びや裸足保育の有無が浮き趾の発生に関与することを報告している。

次に、アーチの高いタイプの浮き趾については、足趾伸筋、足底腱膜の緊張した状態と考えられる。小さすぎる靴やハイヒールの着用は、靴の先端に趾がぶつかったり、靴の傾斜によって足部が前方に滑り落ちる。また、サンダルや大きい靴は、靴が抜けないように足趾を背屈させて歩くようになる。このような歩行では、踵と足趾が接近し、内側アーチが上昇した凹足を呈する。内側アーチが上昇することで、体重は踵と中足骨頭で支えるようになる。これが継続されると、骨間筋や虫様筋による足趾の安定が破綻し、足趾伸筋のさらなる過緊張により、MP関節が過伸展し、足趾の接地が障害される。次いで、骨間筋の背側脱臼により、基節骨も背

側へ滑り、屈筋群の短縮、PIP関節の上方移動に伴う伸筋の脱臼により、筋の作用の逆転やアンバランスが起こり、足趾は屈曲位に引き寄せられる。この時、DIP関節に屈曲が生じると、足趾は全趾が接地しているように見えても、その面積が小さい画像を呈する。足趾伸筋のさらなる緊張、骨間筋や虫様筋による固定性の低下は、前足部の横アーチが扁平化をきたし、第2～第4趾中足骨頭に荷重が増大することで、第5中足骨頭より下降した状態、つまり前足部横アーチが逆転する。これが、アーチの高いタイプにみられる、図8に示すような、第1、第5趾が接地不良となる原因と推測する。

アーチ高率差が浮き趾群において有意に低下していたことから、浮き趾群では正常群に比べ、荷重によるアーチの下降が少ないことが伺える。これはアーチが低いタイプの浮き趾、アーチが高いタイプの浮き趾両者にみられている。アーチが低いタイプの場合は、もとよりアーチ形成が不十分なため、荷重によりアーチが下降してもほとんど差が出ないこと、アーチが高いタイプは、足趾伸筋、足底腱膜の緊張などにより足

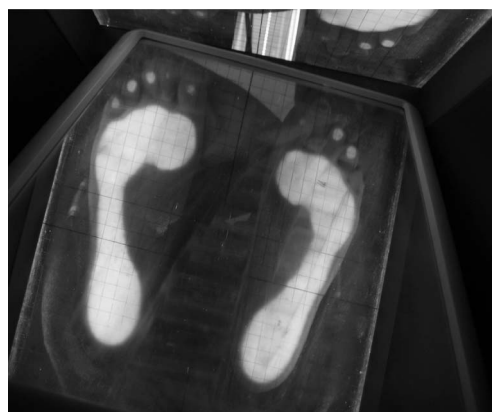


図8. 第1、第5趾の浮き趾

部の柔軟性が低下し、荷重しても十分下降しないことが原因と考えられる。浮き趾とともに発生するアーチの異常は、床面と荷重に関わる足部の緩衝作用を低下させ、歩行や動作の安定性を阻害することになる。

浮き趾例の足趾機能（足趾把持力、前方移動能力）

浮き趾例における足趾機能については、運動機能と感覚機能に分けて論じる。さらに運動機能は、足趾把持力、重心の前方移動能力、歩行時の床反力より論じる。本章においては、足趾把持力、前方移動能力について論じ、次章で歩行時床反力について論じたい。

浮き趾の発生状況やアプローチについての報告は多数みられるが、浮き趾と足趾機能について論じている報告は、意外に少ない。その中で長谷川他(2008)は、浮き趾群と全趾接地群の足趾把持力、および、彼らが足趾機能分類の指標としている足趾ジャンケン点数表を用いて両者を比較した結果、浮き趾群では全趾接地群に比べ、足趾把持力が低下しており、足趾機能分類の合計値における有意差は認められなかったものの、ゲー(足趾屈曲)の点数が低下していたと報告している。

このように、浮き趾例において低下していると思われる足趾把持力という視点に基づいて、重心移動、バランス能力、歩行効率等について検討したものは数多く報告されている。

村田と忽那(2002)は、足趾把持力と重心動揺計を用いた静止片脚立位のバランスについて検討した結果、足趾把持力と重心動揺の間には負の相関があり、足趾把持力が姿勢の安定に関与することを報告している。半田他(2004)は、足趾把持力と握力、重心動揺、片脚立位保持時間、Functional Reach Test(FRT)、10m歩行時間の関係について検討した結果、足趾把持力は加齢により低下し、低下率は握力よりも大きい傾向を示した。さらに、足趾把持力と握力、片脚立位保持時間、FRT および10m歩行時間の間に相

関がみられたことを報告している。また福田と小林(2008)も、足趾把持力と10m全力歩行速度、歩幅の関係から、足趾把持力の増加は、踏み切り時の推進力を増し歩幅を広げることで、歩行速度の増加がみられることを報告している。山口(1989)は、足趾把持力および足関節底屈筋力と、片脚立位時の足圧中心動揺の検討を行なった結果、足関節底屈筋力と足圧中心動揺の間には相関はみられなかったが、足趾把持力との間には有意な相関を認め、特に前後方向との関係が有意であったと報告している。以上の報告からも、浮き趾は足趾が接地していないだけでなく、足趾把持力も低下しており、運動機能に影響を及ぼしていることが予測される。

先に述べた研究結果から、安静時における足趾の接地画像からでは識別できない「擬浮き趾群」が存在することが判明した。「疑浮き趾群」は、動作時には足趾がその機能を果たしていることが予測されるが、将来「浮き趾群」に移行する可能性も秘めている。

そこで本章においては、足趾把持力、前方移動能力からみた浮き趾例の足趾機能について検討することに加え、正常群、擬浮き趾群、真浮き趾群について、足趾が動作場面において、その機能を発揮しているかについて検討することで、この分類が機能的な面からも分類されるものかを明らかにしたい。

足趾把持力に関しては足指筋力測定器を、前方移動能力に関しては重心動揺計を使用し、健康成人161名を対象に検討した。

被験者を前述した方法により、正常群、不完全接地群、擬浮き趾群、浮き趾群に分類した。内訳を表8に示す。今回の被験者における足趾接地状態の分類も、前回調査したグループ分類の結果とほぼ一致した割合となった。この中から、正常群、擬浮き趾群、浮き趾群に対し、足趾把持力、重心の前方移動能力の計測を行なった。

足趾把持力は、足指筋力測定器(竹井機器工業社製：0.1kgまで表示)を使用し(図9)、椅子座位で一番握りやすい位置に足指把持バーを設

表8. 4群間の分類

	全体	男性	女性
正常群	60 (37.3)	23 (34.9)	37 (38.9)
不完全接地群	52 (32.3)	22 (33.3)	30 (31.6)
擬浮き趾群	30 (18.6)	13 (19.7)	17 (17.9)
真浮き趾群	19 (11.8)	8 (12.1)	11 (11.6)

症例数 (%)

定し足趾把持力を計測、体重で除して正規化し、足趾把持力とした(%TGP：% Toe Grasp Power)。

前方移動能力は、キネトグラビコーダ G-7100 (アニマ社製)を使用し、10秒間の安静立位時重心動揺を計測した。次に体幹を屈曲させたり、踵を浮かせたりすることなく、身体重心を前方に最大移動した状態で保持させ、10秒間の重心動揺を計測した(図10)。前方移動時の MY (MEAN OF Y：動揺平均中心偏位)値から、安

静立位時の MY 値を減じ、さらに足長(踵の後面から最長趾先端までの距離)で除して正規化し、前方移動能力とした(%COP：% Center of Pressure)。

結果を、表9に示す。男性の前方移動能力は、正常群に比べ真浮き趾群で有意に低下していた。女性の足趾把持力は、正常群に比べ真浮き趾群で有意に低下、擬浮き趾に比べ真浮き趾で有意に低下がみられた。女性の前方移動能力は、正常群に比べ真浮き趾群で有意に低下、擬浮き趾に比べ真浮き趾で有意に低下がみられた。

次に、浮き趾スコアの高低が、足趾運動機能を反映するものかを確認するために、擬浮き趾群と真浮き趾群を一つのグループとして、安静時スコア、努力接地時スコア、前方移動時スコアと、足趾把持力、および、前方移動能力の関係を、Spearman の順位相関係数により検討した。結果を、表10に示す。男女とも、安静時スコアと足趾把持力、および、前方移動能力の間には相関を認めなかった。努力接地時スコアと足趾把持力については、男女とも相関がみられ、努力接地時スコアと前方移動能力については、女性においてのみ相関がみられた。前方移動時スコアと足趾把持力については、女性においてのみ相関がみられ、前方移動時スコアと前方移動能力については、男女とも相関がみられた。

以上の結果を要約すると、男性では、前方移動能力において真浮き趾群で低下がみられ、女性では、足趾把持力、前方移動能力ともに真浮き趾群で低下がみられた。安静時浮き趾スコアの高低は、足趾把持力や前方移動能力に関与しないが、努力接地時や前方移動時の浮き趾スコ



図9. 足趾筋力測定器



図10. 前方移動時の計測

左：安静時 右：前方移動時

表9. グループ間における足趾把持力，前方移動能力の比較

男性		
	足趾把持力	前方移動能力
正常群	28.2 ± 5.0	28.9 ± 5.5
擬浮き趾群	25.7 ± 5.2	27.4 ± 2.5
真浮き趾群	22.2 ± 5.2	22.8 ± 3.2

*]

女性		
	足趾把持力	前方移動能力
正常群	25.4 ± 3.8	31.1 ± 5.1
擬浮き趾群	23.8 ± 5.7	27.0 ± 5.1
真浮き趾群	18.8 ± 4.9	20.9 ± 3.1

*] **]

Mean ± SD 単位：％ *：p<0.05 **：p<0.01

表10. 各スコアと足趾把持力，前方移動能力の関係

男性			
	安静時スコア	努力接地時スコア	前方移動時スコア
足趾把持力	0.408	0.460*	0.414
前方移動能力	-0.003	0.381	0.517*

女性			
	安静時スコア	努力接地時スコア	前方移動時スコア
足趾把持力	0.129	0.625**	0.546**
前方移動能力	0.274	0.637**	0.689**

表中の数値は，Spearman の順位相関係数 *：p<0.05 **：p<0.01

アの高低は、足趾把持力、および、前方移動能力に参与し、女性において著明であるということになる。

本研究で指標とした足趾把持力と前方移動能力の関係については、両者の間に高い相関があることが報告されている。半田他(2004)は、足趾把持力と静的バランス、FRT 等の関係を検討しており、足趾把持力は静的バランスには影響せず、動的バランスの影響が大きいことを述べている。動作場面における身体重心が前方に移動した際の足趾の役割について、加辺他(2004)は、第1趾には偏位した体重心を支持する作用が、第2～5趾には偏位した体重心を中心に戻す作用があり、両者の作用により身体の安定を保っていることを報告している。筋の走行からみても、第1趾の屈筋腱は2つの関節を超えて

おり、末節骨を地面に押しつける方向に作用し、第2～5趾の屈筋腱は3つの関節を超えており、つかむ(把持する)方向に作用していると考えられる。また、辻野と田中(2007)は、第1趾と第2～5趾の足趾圧迫力と前方リーチ時の足圧中心(Center of Pressure：COP)位置の関係を調査した結果、最大傾斜時では第1趾、第2～5趾ともに関与するが、10°傾斜時では、第1趾のみで、他の趾はほとんど関与していないことを報告している。以上のことから、重心の前方移動は、最初は第1趾により制御されているが、移動距離が大きくなるにつれ、第2～5趾がその制御に関与しているものと思われる。

今回の結果から、足趾把持力については、女性にのみ、正常群と真浮き趾群に有意差がみられた。これは、足趾の筋力低下だけではなく、

ハイヒールの着用の多い女性にアーチの高いタイプが多いことが関与していると思われる。MP関節で伸展された足趾は、筋のアンバランスや足趾の変形により、可動性と柔軟性が損なわれ、運動自体が制限されている。

前方移動能力は、男女とも正常群に比べ、真浮き趾群で有意に低下がみられた。真浮き趾群は、前述した足趾の役割が不十分で、前方移動の際の制御能力が低下していることが明白である。足趾が通常使われないことによる筋力低下に加え、アーチの高い例では足部柔軟性の低下が、低いタイプでは足部の回内による固定性の低下が足趾把持力を低下させ、前方移動の際の制御を制限している。また、第1趾にも浮き趾が多発していることから考えて、軽度の前方移動でも、第1趾で踏ん張る能力(床を押す能力)が低下し、十分な前方移動が行えない状態にある。

しかし、女性において、擬浮き趾群と真浮き趾群の間に有意差がみられ、男性、女性とも、正常群と擬浮き趾群の間に有意差がみられなかった。このことから、擬浮き趾群は、安静時に足趾が接地しなくても、努力接地により接地可能だけでなく、重心が前方に移動した際、各趾に分担された制御能力の発揮が可能であると言える、

また、前方移動における擬浮き趾群と真浮き趾群のもう一つの違いは、足趾による基底支持面の広さである。足趾で床を踏ん張れない真浮き趾群は、中足骨頭で踏ん張ることになるが、その支持面積は狭くなり、安定性も得られない。しかし、仮に擬浮き趾群において、この前方制御能力が低下していたとしても、接地可能な足趾により基底支持面積を広くすることで、安定性を確保し、前方への重心移動を補助することになる。

次に、各浮き趾スコアに対する努力接地や前方移動能力の関係から、安静時の浮き趾スコアは、足趾運動機能への影響が少なく、努力接地時、前方移動時の浮き趾スコアの高低が、足趾運動機能を反映していることが分かった。これ

は、安静時浮き趾スコアの高低が、浮き趾の機能的重症度を示すものではないということである。安静時浮き趾スコアが0点、1点と低いスコアであっても、動作場面において正常点になるものは、足趾機能が維持されており、逆に安静時浮き趾スコアが10点であっても、動作場面において正常点に達しないものは、足趾機能も低下していると言える。

以上の点から、擬浮き趾群と真浮き趾群は、足趾の接地状態に加え、機能面からも分類されるべきであると結論づける。さらに、浮き趾は、静的スコアからは浮き趾の判定はできず、動的場面におけるスコアを評価することで、その程度を予測し、統一された浮き趾の評価につながることを検証された。また、アーチ高を評価することで、浮き趾の原因を推測し、アプローチを選択することが重要であると思われる。

浮き趾例の足趾機能（歩行）

前章において、足趾把持力、前方移動能力からみた浮き趾例の運動機能が明らかになった。しかし、歩行については多くの研究者が、「浮き趾例では、歩行時に趾先まで体重移動が行われていない、またこれにより、駆動力が発揮されていない」ことを指摘しているが(矢作他, 2004; 大貫他, 2005; 阿部と阿部, 2011; 笠原, 2012)、実際に浮き趾と歩行の関係について論じている報告は、非常に少ない。アーチの高いタイプの浮き趾に類似する Claw toe に関しては、石吾他(2012)が床反力計により検討し、駆動期における前後方向の床反力に低下がみられたことを報告している。また、長谷川他(2010)は、F-scan の計測により、浮き趾例における COP 軌跡長の短縮を報告しているが、駆動力については言及しておらず、浮き趾例における歩行の特徴をとらえているとは言い難い。

著者(2005)は、浮き趾例の歩行時における筋活動について検討を行なった。その結果、大殿筋において、正常例と浮き趾例での活動パター

ンの違いがみられた。正常なパターンでは、立脚初期に大殿筋は活動し、立脚後期ではその活動は減少するが、浮き趾例では、逆に、立脚初期に減少し、立脚後期に増加するものがみられた(図11)。これは、駆動力の低下による歩行時アライメントの異常によるもので、結果として、この筋活動の異常が、腰痛を引き起こす原因になる可能性があるとして結論づけた。しかし、この報告は少数例を対象としたものであり、この考察も床反力や動作解析を行なったものではないことから、今後の重要な検討課題である。

Hughes(1993)は、立脚期における足趾の圧力と、床面に対する接触時間の調査から、足趾は立脚期の約3/4が床面に接地しており、中足骨ほど長くは接していないが、踵よりは接地時間が長い。また、安静立位時には足趾にかかる圧は少なく、1/3の者において、第5趾の接触がみられないが、歩行時には中足部同様のピーク圧力を発揮している。この足趾の機能が十分に発揮されることによって、ウインドラス機構を中心とした、歩行の安定性や効率性が保たれていると述べている。

擬浮き趾例、真浮き趾例ともに、立脚中期では足趾が接地していない、または不十分な状態である。しかし、その後の立脚後期において、擬浮き趾例は足趾が機能し、駆動力を発揮できているかについては不明である、また、真浮き趾例においては、立脚後期に足趾接地が不十分なままに蹴り出された場合、どのような歩行パターンを呈するのかも不明である。

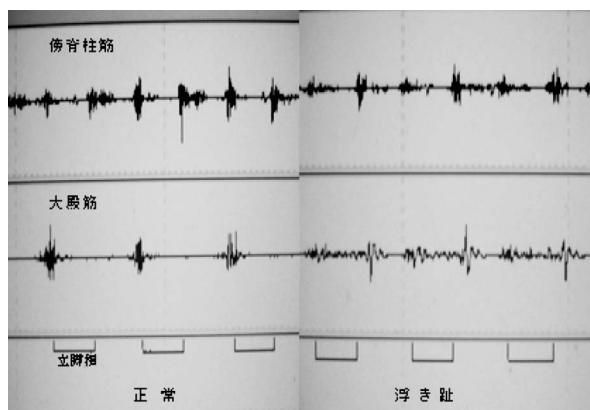


図11. 傍脊柱筋と大殿筋の歩行時筋活動

そこで、本章では、歩行時における駆動力や、制動力などの床反力や、COPの軌跡から、浮き趾例の歩行の特徴について検討する。なお、これより先は、真浮き趾を浮き趾と称することとする。

本計測には、設置型フォースプレート MG 1060 (アニマ社製)を使用した。正常群、擬浮き趾群、浮き趾群の各群からそれぞれ男女8名ずつ選出し、各群16名を対象とした。1枚目の床反力計に左足、2枚目の床反力計に右足を接地するように歩行させ、軸足を対象に、足が床反力計に接地することにより得られる垂直方向の床反力が発生した時点を接地点、垂直方向の床反力が消失した時点を離地点とし、接地点から離地点までの立脚期に対する解析を行なった(図12)。解析項目と、その解釈を表11に示す。なお、距離的因子は足長で、力学的因子は体重で除して正規化した。また、COP軌跡の消失パターンを、金井他(2003)の分類を参考に、「足趾到達型」、「止まり型」、「もどり型」の3群に分類した。分類方法に数値的基準がないので、正常群の最終前後COP移動距離をもとに、その平均値から標準偏差値を減じた値を求め、基準値と仮定した。+基準値以上を「足趾到達型」、±基準値を「止まり型」、-基準値以下を「もどり型」とした。

以上の結果を、表12、表13に示す。

本結果を要約すると、浮き趾群では、立脚時間の短縮、COPの前方移動距離の短縮、離地時直前の前方移動距離の短縮、離地時内側移動の



図12. 傍脊柱筋と大殿筋の歩行時筋活動

表11. 歩行解析項目と解釈

時間・距離的因子	
立脚時間	
歩幅	
前後 COP 移動距離	床反力が離地時で作用した前後点から、接地時で作用した前後点を減じた直線距離
最終前後 COP 移動距離（注1）	床反力が離地時で作用した前後点から、前後方向床反力の第2のピーク時で作用した前後点を減じた直線距離
外側 COP 移動距離	左右方向の床反力が最大に外側へ作用した時の左右点から、踵接地時で作用した左右点を減じた直線距離
離地時内側 COP 移動距離（注2）	離地時で床反力が作用した左右点から、踵接地時で作用した左右点を減じた直線の長さ
力学的因子	
垂直第1ピーク値	垂直方向床反力の第1ピーク値
垂直第2ピーク値	垂直方向床反力第2ピーク値
制動ピーク値	前後方向床反力の第1のピーク値
駆動ピーク値	前後方向床反力の第2のピーク値
離地時垂直値	離地点における垂直方向床反力
離地時前後値（注3）	離地点における前後方向の床反力
左右ピーク値	左右成分床反力のピーク値

注1：最終前後 COP 移動距離は、離地時直前に、どれだけ COP が前方に移動したかを表し、「もどり型：離地時に後方へ COP がもどるもの」は、（－）表示となる。

注2：離地時内側 COP 移動距離は、離地時にどれだけ COP が第1趾より移動していたかを表し、いずれも踵接地点を基準に、第1趾側を（＋）、第5側を（－）で統一した。

注3：離地時前後値は、離地時に発揮された推進力で、後方への値（－値）を示すものもいるため、絶対値を採用した。

表12. フォースプレートによる計測結果

時間，距離の因子

	正常群	擬浮き趾群	浮き趾群
立脚時間 (sec)	0.72 ± 0.09	0.69 ± 0.05	0.66 ± 0.05
歩幅 (%)	265.4 ± 16.1	256.0 ± 16.3	254.6 ± 17.4
前後 COP 移動距離 (%)	70.2 ± 8.8	64.1 ± 8.1	57.3 ± 6.4
最終前後 COP 移動距離 (%)	9.8 ± 6.1	5.7 ± 7.8	2.2 ± 5.3
外側 COP 移動距離 (%)	-11.4 ± 6.3	-10.4 ± 4.4	-12.1 ± 4.6
離地時内側 COP 移動距離 (%)	4.7 ± 10.4	0.4 ± 5.8	-3.0 ± 5.9
Mean±SD	*: p<0.05 ** : p<0.01		

力学的因子

	正常群	擬浮き趾群	浮き趾群
垂直1ピーク値 (%)	107.4 ± 9.0	107.7 ± 4.3	108.4 ± 11.3
垂直2ピーク値 (%)	111.2 ± 8.6	113.5 ± 7.8	111.6 ± 13.0
制動ピーク値 (%)	-15.8 ± 3.1	-16.4 ± 3.4	-17.3 ± 4.8
駆動ピーク値 (%)	22.1 ± 3.5	22.0 ± 3.0	20.5 ± 3.5
離地時垂直値 (%)	4.9 ± 1.7	5.1 ± 1.3	5.1 ± 1.5
離地1/60s前垂直値 (%)	12.5 ± 3.4	14.4 ± 2.6	16.0 ± 3.4
離地時前後値 (%)	0.4 ± 0.4	0.9 ± 0.8	1.1 ± 0.8
離地1/60s前前後値 (%)	3.8 ± 1.9	5.0 ± 2.4	6.1 ± 2.2
左右ピーク値 (%)	4.9 ± 1.6	5.3 ± 1.8	5.6 ± 1.3
Mean±SD	*: p<0.05 ** : p<0.01		

表13. COP軌跡消失パターンの分類

	足趾到達型	止まり型	もどり型
正常群	13 (81.2)	3 (18.8)	0 (0.0)
擬浮き趾群	9 (56.3)	5 (31.2)	2 (12.5)
浮き趾群	8 (50.0)	5 (31.2)	3 (18.8)
症例数 (%)			

減少、最終離地時の垂直、前後方向床反力の増大が確認された。

本研究を計画するにあたり、浮き趾群では足趾まで COP 移動が行なわれないことで、駆動力が十分発揮されず、また駆動力が小さくなることで、制動力も減少するのではないかと予測した。フォースプレートでは F-scan と異なり、COP が足底のどこに位置するかを表示することはできないが、正常群との比較において有意に低下がみられたことから、浮き趾群において足趾まで COP が移動していないことが伺える。これは、立脚時間の短縮という、歩行効率の低下にも結びついている。さらに、最終前後 COP 移動距離が正常群に比べ小さかったことは、最大に駆動力が発揮されてから、COP はほとんど前方へ移動していないことになる。また、最大駆動力が発揮された後、COP が後方へもどる例も確認された。

金井他(2003)は、前後方向の COP 軌跡消失のパターンを、中足骨頭を越えて足趾に至る「足趾到達型」、中足骨頭で軌跡が消失する「止まり型」、離地時まで後方へもどる「もどり型」に分類している。そこで、今回の被験者に対し、基準を定めて分類したところ、統計学的有意差は得られなかったが、正常群では、止まり型の3例以外はすべて足趾到達型であり、擬浮き趾群、浮き趾群では、止まり型、戻り型の割合が増加していた。

離地時における左右方向の COP の位置については、浮き趾群では、内側への移動が不十分で、接地時に比べ、外側で終わる例もみられた。正常歩行における COP は、踵に始まり、足部のやや外側にかたよって小指球に達し、ここから内側に向かって母指球を通り、母指に抜けていくという軌跡を描くのが一般的である(中村と斉藤, 1992)。また、Elftman(1939)によれば、踵中心から始まり、第2または第3中足骨頭遠位端まで直線的に移動し、速度が低下するとゆっくりと前方へ移動した後、第1趾のほうに移動すると述べている。桜井他(2007)は、踵接地後やや外側に移動し、立脚中期以降、母趾球

に向かうと述べている。見解は様々であるが、最終的には、COP は第1趾側へ移動していくことで一致している。浮き趾群においては、離地時の COP が外側に位置していたものが多いことより、第1趾側には移動せず、第3中足骨頭付近で終了していることが伺える。

しかし、当初の予測に反して、制動力、駆動力には有意差がみられなかった。先行研究において、正常例と浮き趾例における歩行時筋活動を計測した結果、浮き趾例では、大殿筋において、立脚初期に出現すべき筋活動量が低下、立脚後期における正常ではあまり出現しない活動量の増大がみられたことを報告した(福山他, 2005)。これは、趾先まで体重移動がなされないことで、床反力ベクトルが股関節の後方を通らず、股関節伸展が不十分、骨盤の前傾が増すことで、大殿筋の活動が増加したものと考えた。さらに、駆動力が低下することで、踵接地時の制動力も少なくてすむため、立脚初期における大殿筋の活動量が減少したものと考えた。今回の結果からは、制動力、駆動力とも正常群と有意差がなく、COP が足趾まで移動しなくても、駆動力は発揮されていることになる。また、浮き趾群において、離地時前後値や垂直値が大きかったことは、浮き趾群における最終離地は、正常群の足趾まで重心が移動し、最終的になめらかに離地するという正常なパターンとは異なることを意味する。特に、離地時垂直値が大きいことは、止まり型やもどり型が多いことの裏付けにもなる。

以上の結果から、正常歩行における足部の働きを要約した上で、浮き趾例の歩行について考察したい。歩行中における足趾の役割は、駆動力の発揮に関与している。推進期では、体重が前足部にかかりながら、下腿三頭筋の収縮により踵が持ち上がる。このとき、足部は前方支持点を中心に回転(フォアフットロッカー)し、体が前方へ持ち上げられる。足部アーチは、前方に地面、後方に底屈筋力、中央に体重を受けていることから、足底の緊張器がないとつぶれてしまう。この緊張を保持しているのが、足底腱

膜によるウィンドラス機構とともに、足趾屈筋群であり、これにより、足部全体の剛性が高められている。また、立脚中期まで外反位にあった距骨下関節が、立脚後期には外反が減少することで、距舟関節と踵立方関節の軸が交差し、横足根関節の固定性が高まる。これも足部の剛性を高め、フォアフットロッカーを助けている。これらの働きにより、COP をスムーズに前方へ運び、駆動力を効率良く床面に伝達している。床反力における駆動力がピークに達したとき、踵が離地していることで基底支持面は狭くなっているため、足趾での支持が離地時の安定に不可欠となる。さらに、前足部は距骨下関節の外反が減少するにつれ、床反力によって固定され回内位となり、COP は外側から内側へ効率よく移動されている。

浮き趾例では、立脚後期において、足趾による前方支持が低下していることで、前足部を回転中心として足部が前方に回転するフォアフットロッカーが不完全となる。足趾まで体重が移動しないことで、足趾の背屈が不十分となり、ウィンドラス機構も低下する。この状態では、足部の剛性を保つことは困難で、駆動力を効率良く床面に伝達できない。剛性の低下した足部での蹴り出しは、足趾の関節、靱帯、筋への負担を増大し、変形を助長することになる。

また、踵接地からヒールロッカー、アングルロッカーと引き継がれ、対側遊脚肢の勢いに加速された駆動力は、中足骨頭付近でピークを迎えるが、接地面積の減少により、足趾に分散されるべき荷重を、中足骨頭部に集中させて蹴り出している。このため、蹴り出しの安定が得られず、最終離地において、止まり型やもどり型といった、さらに中足骨頭に負担をかける歩行になっている。極端な言い方をすれば、正常群では、COP が滑らかに前方へ移動し、抜けていくのに対し、浮き趾群では不安定なまま衝撃的に蹴り出しているということになる。また、アーチの低下したタイプでは、離地時に後脛骨筋や長母趾屈筋、長趾屈筋による距骨下関節の外反抑制が低下することで内反が減少し、横足根

関節の固定性は低下するため、COP が第1趾方向に移動せず、ここでも、中足骨頭の負担を増大させることになる。

以上のことから、予想に反し、駆動力に差がなかった理由は、発揮されるべき駆動力の時期と位置、方向に乱れが生じ、筋の作用や足部の剛性が不十分でも床反力に対抗するために、中足骨頭に荷重を集中させて蹴り出しを行なっている結果である。

さらに、この荷重の集中や、その部分で摩擦が繰り返されることにより、胼胝や魚の目ができやすくなったり、足底腱膜炎を引きおこし、疼痛を誘発するようにもなり、経験的にも、中足骨頭底面に胼胝形成や角化による硬結を見ることがある。これが、浮き趾例における歩行の特徴である。

擬浮き趾群については、今回の検討項目の中では、正常群との間に有意差が無かったこと、特に前後 COP 移動距離について有意差がみられなかったことから、足趾まで重心移動されている例が多いことが伺える。しかし、歩行は、前章の研究で述べた前方移動能力の計測に比べると、前方への移動範囲も少なく、その状態を保持したものでもないため、正常群に比べても有意差が出なかった可能性もある。前後方向のCOP 軌跡消失のパターンをみると、止まり型、もどり型が増加していることから、正常に趾先まで移動しているとは思えない。浮き趾群と比べれば、足趾の接地により COP は前方に移動し、支持面を確保することはできるが、前述した機能の発揮は不十分な状態にあると言える。つまり、一度足趾まで移動した COP は、足趾の安定性が確保できず、後方へもどる例も少ない。また、歩行における COP は踵から足部外側を通り、前足部で内側へ方向を変えるものが多いことから、第2～第5趾には重心がかかりにくいことが予測され、今後、浮き趾に移行する可能性も十分考えられる。

本研究で、浮き趾例では、歩行時に趾先まで体重移動が行われないことが、COP の軌跡から確認できた。しかし、これは、駆動力は低下し

ているわけではなく、正常とは異なった時期と位置、方法で発揮されていることが分かった。これらのことは、浮き趾例の歩行が身体に及ぼす影響を追求していく上で、重要な要素となる。今後、動作解析、筋電図を含めた歩行分析を行なうことで、さらなる解明を進めたい。

浮き趾例の足趾機能（感覚的要素）

これまでの検討の結果、浮き趾例における足趾機能として、足趾把持力の低下、前方移動能力の低下、歩行における COP 移動と駆動時床反力の異常が確認された。最後に本章では、浮き趾例の感覚機能について検討したい。

感覚には表在感覚と深部感覚がある。足部における表在感覚の研究には、Semmes Weinstein Monofilaments が用いられている。山崎他(2006)によれば、足底部の表在感覚閾値を計測した結果、閾値の高い部位は踵、足趾では第1趾であり、第1趾に比べ第2～第5趾は閾値が低く、最も低い部位は中足部内側、つまり土踏まずの部分であった。これは歩行時に荷重の影響を受ける部分は皮膚が厚く、角化が生じやすいため閾値が上昇したと述べている。建内と市橋(2008)も同様の研究を行っており、足底の荷重の強い部位は感覚閾値が上昇し、荷重していない部分は閾値が低下する傾向にあり、足底感覚の検査により足圧分布を予測しうる可能性があることを示唆している、以上のことから浮き趾例においては表在感覚の閾値が低下していることが予測できる。しかし、足部における深部感覚を扱った研究は、報告されていない。

浮き趾例における、日頃からの足趾が接地していない状態での歩行は、足趾や筋紡錘、腱紡錘に多数存在するメカノレセプターに対し、床面から受ける刺激量を減少させ、機能低下や退化を招くことが考えられる。刺激の入力の低下は、姿勢や歩行における反応制御と予測制御の乱れを引き起こし、身体への様々な影響をもたらすことになる。そこで、浮き趾例における深

部感覚について、足趾運動調節能力という形で検討を行なった。

測定には酒井医療株式会社製 DYJOC ボード・プラスを使用し、正常群23名、擬浮き趾群21名、浮き趾群18名を対象とした。傾斜板を前後方向にのみ動くように設定し、被検者を椅子座位、膝関節90°屈曲位で足趾のみを傾斜板に載せ、中足骨付近から踵までは傾斜板と同じ高さの台に乗せた。課題としては画面に出現する目標点に足趾の底背屈運動のみで自分のカーソルを到達させる運動を行なわせ、目標点に到達後0.5秒保持されると次の目標点が出現するように設定した。目標点は、80° 30° 60° 10° 90° 20° 70° 30° 80° 30° 60° 10° 90° 20° 70° 30° の順で出現し、計16回の施行とした(図13)。運動調節能力を解析する項目としては、足趾運動時間(全運動に要した時間)と足趾運動効率(目標点に到達する正確性)とした。この運動効率とは、デジジョックボード・プラスにおけるランダムターゲット解析項目の一つで、角度の変動を移動距離にみたて、始点からターゲット到達点間の直線距離に対しての移動効率を示し、100%に近いほど正確な運動が行なわれており、数値が小さくなるほど効率が悪いことを表す。なお、本検査は、著者が独自に考案した方法であることから、健常成人122名を対象に、初回、1時間後、1週間後の3回の計測による級内相関係数 ICC(1, 1)を求め、再現性を確認してい

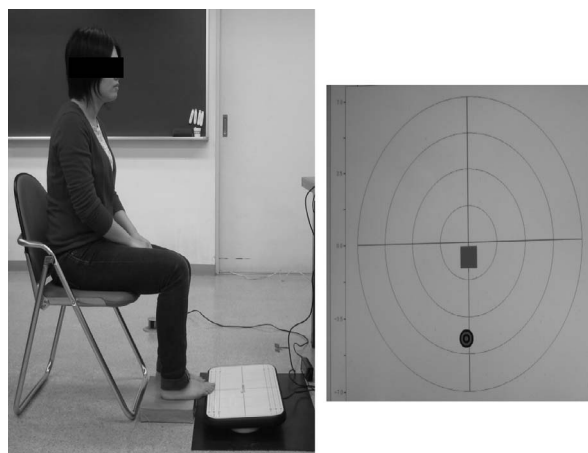


図13. 足趾運動調節能力の測定
四角形の目標点に、足趾の運動のみで
円形の自分のカーソルを到達させる

る（運動時間 ICC：0.917、運動効率 ICC：0.765）。

解析の結果を、表14に示す。運動効率に関しては、正確な運動を行うために、わざとゆっくりと運動を行なえば、目標点を通り過ぎることが少なくなり、時間はかかっても運動効率が高くなることがあるため、今回の指標として十分とは言えないかもしれないが、運動時間に関しては、明らかに真浮き趾群において、健常群と比較し延長がみられ、運動覚の低下が伺える。

先にも述べたように、浮き趾例における足趾の接地不良は、足趾や筋紡錘、腱紡錘に多数存在するメカノレセプターに対し、床面から受ける刺激量を減少させ、機能低下や退化を招くことになる。また、機能的に働くメカノレセプターの絶対数も減少している。これが、浮き趾例における運動覚低下の原因と考えられるが、この運動覚の低下は、姿勢制御にも大きな影響を及ぼす。

動的な姿勢制御は、視覚、前庭迷路および体性感覚によりコントロールされている。細田（2006）は、動揺に対する体性感覚の応答は視覚により起動される応答よりかなり速く、このため、急激に変化する支持面に対し身体の動揺を制御する場合、神経系は優先的に体性感覚に依存していると述べている。また発達の観点から Foudriat *et al* (1993) は、立位姿勢制御は乳幼児期においては視覚の影響が強いが、6歳ごろになると体性感覚が優位になり、大人と同じとは言えないまでも、姿勢の維持を阻害する感覚入力をコントロールする能力が備わることを報告してしる。これらの報告からも、メカノレセプターの関与する体性感覚の影響は、きわめて重要であると言える。床から受け取った求心性情報は中枢で統合され、足底が受ける足圧情報に

よって抗重力筋の緊張を誘発、反応制御と予測制御に影響を及ぼし、立位姿勢と動作が制御される。立位での諸動作は、このメカノレセプターを大きな情報源としてなされている。浮き趾例において、足趾まで重心移動が行われないことによる、感覚情報入力不足とメカノレセプターの機能低下、および、機能的に作用するメカノレセプターの絶対数の減少は、重力環境下での姿勢制御能力を低下させ、静的、動的バランスの障害や歩行効率の低下につながる要因となる。

このメカノレセプターを賦活させる方法の一つとしてタオルギャザーがあげられる。メカノレセプターは筋伸張と速度変化によって活動頻度が増加することから、タオルギャザーにおいて筋を伸張させつつ快適な速度で実施することで、固有運動覚の改善と片脚立位バランスの改善がみられたことが、宮前他（2007）によって報告されている。同時に足趾屈筋群の強化が図られ、前足部まで体重移動が行なわれることで姿勢制御に関与する足底メカノレセプターがさらに賦活されるものと推察する。

本結果から、浮き趾に限らず足趾機能というと、運動面に着目しがちであるが、感覚的な要素についても検討する必要があることも追加しておきたい。

総括と課題

本論文では、浮き趾例における足趾機能について、足趾把持力、重心の前方移動能力、歩行、感覚的要素としての運動覚から検討を行なったわけであるが、以下の3点を結論とする。

表14. グループ間における運動調節能力の比較

	運動時間 (s)	運動効率 (%)
正常群	31.8 ± 3.0	68.6 ± 3.8
擬浮き趾群	33.4 ± 5.0	62.9 ± 6.6
真浮き趾群	36.9 ± 5.9	64.3 ± 5.8

Mean ± SD * : p<0.05 ** : p<0.01

浮き趾と分類されているものの中には、安静時に足趾が接地していなくても、動作時や歩行時には足趾接地が可能であり、その機能を発揮できる「擬浮き趾」が多数存在している。しかし、擬浮き趾は放置することで、将来、真浮き趾に移行する可能性を秘めている。

浮き趾は、静的スコアからは浮き趾の判定はできず、また、静的スコアの高低が重症度を示すものではない。動的場面におけるスコアを評価することで、その程度を予測でき、機能的な面を含めた浮き趾の評価につながる事が検証された。さらに、アーチ高を評価することで、浮き趾の原因を推測し、アプローチを選択することが重要である。

浮き趾群では、足趾把持力、重心の前方移動能力、歩行、運動覚の足趾機能に低下がみられた。特に歩行に関しては、正常な蹴り出しが行なわれていないが、これは、床反力の量的な低下ではなく、筋力低下、足部剛性の低下を補うために、時期、位置、方向の乱れを伴って、衝撃的な蹴り出しを行なっている。

今後の研究の方向性としては、浮き趾が継続されることで、身体にどのような悪影響を及ぼすかを解明し、予防や治療へとつなげることである。そこで、本研究の結果から、浮き趾の歩行が身体に及ぼす影響について、推論にはなるが、腰痛への影響という視点から考察し、今後の検討課題としたい。

正常歩行においては、立脚中期から踵離地にかけて COP が前方に移動することで、骨盤は後方回旋方向へ、股関節は伸展方向へ、膝関節は伸展方向へ、足関節は背屈方向に働く。踵離地後は、足関節は底屈方向へ、膝関節は屈曲方向へ、やや遅れて股関節が屈曲方向へ、骨盤は後方回旋方向へ働く。踵接地時の衝撃吸収と進行方向の加速度によって生じる体幹の前屈を制御するために活動していた大殿筋は、立脚中期以降、ロッカー作用、反対側の遊脚下肢の勢いが受動的に伸展をもたらすこと、床反力ベクトルが股関節後方へ移行することにより、その活動はほぼ消失する。

浮き趾例において、COP が足尖まで移動しないということは、立脚中期から踵離地、いわゆる立脚後期において股関節の伸展、骨盤の後方回旋が不十分となり、骨盤前傾、股関節屈曲したまま蹴り出しへと移行する。推進期における加速に対抗し、この肢位を保つために、大殿筋による姿勢制御が必要となる。また、前足部を回転中心として足部が前方に回転するフォアフットロッカーが不完全なことにより、足関節のはるか前方を通るべき床反力が、足関節に近い位置を通ることで、股関節後方を通るべき床反力も、股関節に近い位置、または前方を通ることになり、先行研究で述べたように、大殿筋の活動が増加するのではないかと推察する。大殿筋の活動の異常は、体幹と骨盤の協調に負担を与え、身体の安定を崩し、脊柱筋に影響を与えることになる。

以上の点から、①立脚後期における大殿筋の異常活動、②最終離地時における基底支持面の減少によるバランスの保持、③フォアフットロッカーの機能不全による最終離地時の床反力の増大、特に止まり型、もどり型における滑らかさの欠如は、それぞれが関与しあって、腰部への負担を増大し、腰痛の出現につながる事が示唆される。

浮き趾と腰痛の関連について述べられている報告もあるが、検証されたものはなく、本推測が正しいかについて、三次元動作解析装置や筋電図等により検討していくことが重要である。

浮き趾自体、外反母趾や偏平足のように一般的ではなく、また無症状であることが多いため、問題視されることが少ない。また、浮き趾の問題は、推測で語られ、履き物や足趾訓練等のアプローチが先行しているように思われる。浮き趾の引き起こす問題を科学的に解明、因果関係を明らかにすることで、人々に予防、改善の必要性を理解して頂くことが、重要な課題である。今後は、筋電図、動作解析装置等を用いて、浮き趾が身体に及ぼす影響について、検討すること、また、症例に対する介入研究を行なっていくことで、この課題の解決に努めたい。

参考文献

- 青木宏樹, 出村慎一, 松田茂樹 (2009) 青年男女の浮き趾と足裏形態の性差. 教育医学. 54(3):306-212.
- 阿部真典, 阿部薫 (2011) 浮き趾における歩行時の足底圧分布特徴. 第11回新潟医療福祉学会;30.
- 石吾卓也, 菱田実, 塚本彰, 糸川秀人 (2012) Claw toe が歩行に及ぼす影響. みんなの理学療法. 24:33-36.
- 井上文夫, 浅井千恵子, 熊木美紀江, 石塚智恵子, 藤原寛 (2009) 小学生の浮き趾(不接地趾)と生活習慣に関する調査. 京都教育大学紀要. 114:11-18.
- 内田俊彦, 藤原和朗, 高岡淳, 佐々木克則, 横尾浩 (2001) 小学校5, 6年生の足型計測. 靴の医学. 15:19-23.
- 内田俊彦, 藤原和朗, 佐々木克則, 横尾浩, 中野勲 (2002) 幼稚園児の足型計測. 靴の医学. 16:96-99.
- 大貫信子, 鷲田隆康, 成田麻実, 山田亨 (2005) 小児の浮き趾の特徴. 作業療法ジャーナル. 39(3):261-268.
- 大貫信子, 鷲田孝保, 成田麻実, 山田亨 (2005) 幼児の外遊び量と浮き趾出現の比較. 作業療法. 24(5):461-473.
- 笠原巖 (2012) 足裏バランス健康法. 講談社, 東京. pp.4-7.
- 糟谷俊典, 村上忠洋, 柘植英明 (2010) 安静立位での姿勢調節における足趾の働き. 臨床理学療法研究. 27:89-92.
- 金井秀作, 大塚彰, 沖貞明, 渡辺幸喜, 山本晴康 (2003) 下駄を用いた足部内在筋強化の可能性. 靴の医学. 17(2):5-8.
- 加辺憲人, 黒澤一生, 西田裕介, 岸田あゆみ, 小林聖美, 田中淑子, 牧迫飛雄馬, 増田幸泰, 渡辺観世子 (2004) 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学. 17(3):199-204.
- 久利綾子 (2009) 両足・片脚立位姿勢保持における浮き趾の床免接地について. 理学療法学. 36(Suppl): P 3 -011.
- 桜井進一, 坂本雅昭, 中澤理恵, 川越誠, 加藤和夫 (2007) 健常成人女性の歩行分析. 理学療法科学. 22(2):209-213.
- 建内宏重, 市橋則明 (2008) 高齢者における足底感覚と足圧分布および足底接地状態が立位バランス能力に与える影響. 健康科学. 4:25-30.
- 辻野綾子, 田中則子 (2007) 趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置の関係. 理学療法科学. 22(2):245-248.
- 恒屋昌一, 臼井永男 (2006) 健常成人における直立時の足趾接地の実態. 理学療法学. 33(1):30-37.
- 中村隆一, 斎藤宏 (1992) 歩行. 基礎運動学第4版. 医歯薬出版, 東京. pp.319-320.
- 長谷川正哉, 山本拓哉, 田原岳治 (2008) 足趾接地状態の不良と身体機能の関連性について. 理学療法学. 35(Suppl):578.
- 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作 (2010) 静止立位時の足趾接地状況が歩行に与える影響. 理学療法科学. 25(3):437-441.
- 原田碩三 (2001) 幼児の1980年と2000年の足について. 靴の医学. 15:14-18.
- 半田幸子, 堀内邦雄, 青木一夫 (2004) 足趾把持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(3):139-147.
- 平松知子, 泉キヨ子, 加藤真由美, 正源寺美穂 (2005) 転倒予防に関する地域高齢者の足部の実態. 老年看護学. 19(2):116-123.
- 福田泉, 小林量作 (2008) 若年健常者に対する足把持筋力トレーニングの効果. 理学療法学. 35(5):261-266.
- 福山勝彦, 小山内正博, 関口由佳, 上野詠子, 根岸康至, 矢作毅, 二瓶隆一 (2005) 浮き趾治療用草履着用による歩行時の筋活動. 理学療法学. 32(Suppl): 21.
- 福山勝彦, 丸山仁司 (2012) 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. 27(4):497-502.

- 細田昌孝（2006）足底感覚と平衡機能．理学療法．23(9):1246-1253.
- 松田繁樹，出村慎一，竹本康志，田口隆，久保田浩史，青木宏樹（2011）接地足趾形態の運動種目差．岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要．43:175-181.
- 三村寛一，織田恵輔，北野裕大，上田真也，臼井達矢，喜多宣彦，三村達也，安部恵子（2009）幼児期におけるピドスコープを用いた接地足跡 足底．大阪教育大学紀要．58(1):213-222.
- 宮前茜，新井悠里江，井上大介，青柳恵三子，後閑浩之（2007）タオルギャザー介入肢位の変化による固有受容器覚とバランスの検討．理学療法学．34(Suppl):1217.
- 村田伸，忽那龍雄（2002）足趾把持力測定を試み．理学療法科学．17(4):243-247.
- 矢作毅，根本光明，福山勝彦（2004）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．18(2):65-71.
- 山口光国（1989）片脚起立時の足趾屈筋群の役割について．運動生理．4(2):65-69.
- 山崎和博，村上恒二，車谷洋，大和弘治（2006）高齢者の足底感覚の特徴．理学療法学．33(Suppl):639.
- 山寄勉（1997）足部・足関節．整形外科理学療法理論と技術．MEDICAL VIEW，東京．pp.36-44.
- Elftman H (1939) The Force exerted by the ground in walking. *Arbeitsphysiologie* 10:485-491.
- Foudriat BR, Fabio RP, Anderson JH (1993) Sensory organization of balance responses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 27:255-271.
- Friend G (1986) Correction of Iatrogenic Floating Toe Following Resection of the Proximal Phalanx. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* 3:57-64.
- Fukuyama K, Maruyama H (2011) Occurrence of floating toe from the viewpoint of the structure of foot arch. *Journal of Physical Therapy Science* 23(1):33-36.
- Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroutsas JA, Gruber F, Ritschl P (2005) The weil osteotomy :A seven year follow up. *Journal of Bone and Joint Surgery* 87(11):1507-1512.
- Hughes BA (1993) The importance of the toes in walking. *J Bone Joint Surg* 72-B(21):245-251.
- Kapandji IA (1998) カパンディの関節生理学Ⅱ．医歯薬出版，東京．pp.238-239.
- Lawrence BR , Papier MJ (1980) Implant arthroplasty of the lesser metatarsophalangeal joint – a modified technique. *J Foot Surg* 19:16-18.
- Miguis A, Slullitel G, Bilbao F, Carrasco M, Colari G (2004) Floating toe deformity as a complication of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Int* 25(9):609-613.
- Thomas F. Iatrogenic metatarsus elevates, floating toes general considerations.
<http://www.podiatryinstitute.com/pdfs/Update-1987/1987/-28pdf>.

Review article

The function of floating toes

Katsuhiko Fukuyama

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science Tsukuba International University

Abstract

Recently, “Floating toe” came up as a problem of the forepart of the foot. We define floating toe as a condition in which the toe does not contact the ground in the standing position and the weight does not shift to the toe in walking. In this present paper, we discuss toe function in the Floating toe. Cases found as the floating toe included the “pseudo-floating toe” cases that had a possibility of the toe contact on the ground during movements. The toe functions such as the toe grasp power and the forward shift ability of the center of gravity were reduced in floating toe cases. In the floating toe cases, the head of metatarsal bone was overloaded by impairing the base of support attributed to a failure of shift of the center of gravity of the foot, resulting in a disturbance of smooth take off of the foot when walking. In addition, the Floating toe, including a sensory factor required to execute the more precise movement, motion adjustment ability was also reduced. In the future, it is necessary to Floating toe is, to examine the effects on the body. (Med Health Sci Res TIU 5: 15-40 / Accepted 14 Mar, 2014)

Keywords: Floating toes, Function of toe, Floating toe Score, Toe grasp power, Forward shift ability of gravity, Motion adjustment ability