

原著論文

幼児の浮き趾が片脚立位姿勢の安定性に及ぼす影響

The effect of untouched-toes on posture stability during one-legged stance in preschool children

松田 繁樹¹⁾・出村 慎一²⁾・春日 晃章³⁾Shigeki MATSUDA¹⁾, Shinichi DEMURA²⁾ and Kosho KASUGA³⁾

Abstract

This study aimed to clarify the effect of untouched-toes on posture stability during a one-legged stance in 201 preschool children (97 boys and 104 girls) aged from 5 to 6 years. Contact surface area of the soles while standing with bare feet was photographed five times per a participant using a Pedoscope. When the toes did not come into contact in at least four of five pictures, a diagnosis of untouched-toes was given. The toes of the supporting leg during one-legged standing tests were used for analysis of the untouched-toe. Posture stability while standing was evaluated using a one-legged standing test while the test subjects' eyes remained open. One-legged standing time did not differ significantly with respect to the absence, presence or number of untouched-toes. There was no significant relationship between higher/lower groups of one-legged standing time and the rate at which untouched-toes. In addition, a significant difference was not found in the number of untouched-toes between the above both groups. In conclusion, it was clarified that the condition of having untouched-toes in preschool children does not significantly affect posture stability during one-legged stance.

Key words : shape of toes, balance ability, soles on the contact surface area

[Received July 23, 2010 ; Accepted October 18, 2010]

1. 緒言

ヒトの足趾は、歩行および走行などの移動の際、あるいは立位姿勢保持の際に重要な役割を果たす(加辺ほか, 2002; Tanaka et al., 1996)。しかし、近年、足趾が床面に接地しない浮き趾を有する者が多数存在する(松田ほか, 2009; 恒屋・臼井, 2006; 内田ほか, 2002)。浮き趾についてはこれまで幼児から成年までを対象に調査され、その実態が徐々に明らかにされつつある(原田, 2001; 松田ほか, 2009; 大貫ほか, 2005a; 大貫ほか, 2005b; 恒屋・臼井, 2006; 内田ほか, 2002)。中でも、幼児の浮き趾者(浮き趾を有する者)は1980年と比較し2000年に急増していることが報告されている(原田, 2001)。幼児期は足部骨格の成長段階であり、幼児期後の身体の発達を左右する重要な時期である。幼児の浮き趾者は、3歳から6歳のいずれの年齢においても約70%存在し、浮き趾者が非常に多い実状が報告されている(松田ほか, 2009)。しかし、この浮き趾がどのような原因

で生じ、また、身体にどのような影響を及ぼすかについては未だ十分明らかにされていない。浮き趾に関連する要因には、体格、靴下や履物、重心位置の後退、立位姿勢の安定性、体力・運動能力等が挙げられている。その中で、体格、体力、および外遊びと浮き趾との関係がこれまでに検討されている。松田ほか(2009)は浮き趾と体格との間に関係がないことを、松田ほか(2010)は浮き趾の本数と立ち幅跳びテストの結果との間に若干の関係が認められることを、また、大貫ほか(2005b)は外遊び量が少ない園に通園する園児は外遊び量が多い園に通園する園児よりも浮き趾者が多いことを報告している。一方、重心位置の後退、不適切な靴や靴下、姿勢の安定性などは浮き趾との関係が未だ検討されていない。重心位置の後退は踵への荷重の増加によって、足趾が接地しにくくなるため、浮き趾と関連すると考えられている(原田, 2001; 内田ほか, 2002; 矢作ほか, 2004)。また、幼児の骨は成長段階であり、大人に比べ軟骨部が多いため、不適切な大きさの靴あるいは靴下を履くこと

1) 岐阜聖徳学園大学 *Gifu Shotoku Gakuen University*

2) 金沢大学大学院自然科学研究科 *Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University*

3) 岐阜大学教育学部 *Faculty of Education, Gifu University*

により、足趾が変形し、浮き趾が生じる可能性があると言われている（矢作ほか，2004）。これら未検討の要因については一つ一つ検討していくことが必要であろう。本研究では、浮き趾との関係が未だ検討されていない立位姿勢の安定性について着目した。

立位姿勢は、力学的観点からみると、重心が高く、支持基底面積が小さいほど不安定になる（奈良・内山，2004）。浮き趾を有する場合、支持基底面積が減少するため、姿勢が不安定になると考えられる。ヒトは、立位姿勢時において、視覚、前庭系および体性感覚系から得られる情報を中枢神経系で統合し、崩れかかる姿勢を補正し続けている（Fransson et al., 2004; Vuillerme et al., 2005）。Fitspatrick et al. (1994) は、体性感覚系の情報が立位姿勢時の安定性に大きく影響を及ぼすことを明らかにしている。浮き趾により床面との接触部分が少なくなるため、体性感覚系から得られる情報も減少する可能性がある。加えて、立位姿勢時は、足底が床面に対し直接加圧することにより、姿勢が保持される（奈良・内山，2004）。すなわち、足底と床面との接点が姿勢調節のための支点となるため、この接点の数（調節部位数）の多寡が姿勢調節において重要となる。浮き趾は、この接点数の減少に関係すると考えられる。以上より、浮き趾は立位姿勢の安定性にマイナスの影響を及ぼす可能性がある。

本研究の目的は、幼児の浮き趾が立位姿勢の安定性に及ぼす影響を明らかにすることである。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は、5歳から6歳までの年長児201名（男児97名、女児104名）であった。被験者が通う幼稚園は、裸足保育のような足趾あるいは接地足蹠面の接地状態の向

上を目的とした特別な対策は行っておらず、一般的な私立幼稚園であった。被験者の体格特性を表1に示した。身長および体重に性差は認められなかった。被験者の体格特性は全国的な平均値と類似し、一般的な幼児期の子どもと同様な発育状態にあると考えられる（首都大学東京体力標準値研究会，2007）。被験者には口頭で測定内容を説明し、参加の同意を得た。なお、本研究の実験プロトコルは、ヒトを対象とする研究審査委員会に承認されている。

2.2. 接地足蹠面の撮影

浮き趾を判定する際に利用する接地足蹠面の記録には、足蹠投影機（ピドスコープ VTS-151, サカモト社製）を用いた。被験者は、測定器上に裸足で両足の内側線を5～10cm離して立ち、前方の目の高さにある指標を注視しながら両手を体側に自然に垂らした直立姿勢を保持した。被験者が両足均等に体重をかけた状態になったことを確認し、接地足蹠面の画像を撮影した。被験者が立位し続けている間に、撮影は一人5回連続で行われた。なお、測定は幼児の接地足蹠面の画像の撮影に経験豊富な大学教員により実施された。

2.3. 浮き趾の判定

撮影した5画像のうち4画像以上において接地していない趾を浮き趾とした。片脚立ちテストにおいて支持脚とした脚の足趾について浮き趾の分析を行った。1本以上浮き趾があれば、「浮き趾あり」とし、浮き趾の本数を「浮き趾本数」とした。なお、浮き趾の判定は、1名の熟練した検者により行われた。この浮き趾判定の検者内および検者間の一致度は高いことが確認されている（松田ほか，2009）。

表 1. 被験者特性

		男児 (n=97)	女児 (n=104)	<i>t</i>	<i>p</i>
年齢	Mean	6.2	6.2	0.02	0.98
	SD	0.3	0.3		
身長 (cm)	Mean	113.6	113.0	0.92	0.36
	SD	5.3	4.5		
体重 (kg)	Mean	20.8	20.6	0.60	0.55
	SD	3.3	2.7		

2.4. 立位姿勢の安定性の測定

開眼片脚立ちテストにより立位姿勢の安定性を評価した。被験者は両手を腰にあて、検者の「始め」の合図で一方の脚を挙上し、その姿勢を保持した。挙上した脚が床面に接地する、支持脚の位置が始めの場所から動く、あるいは手が腰から離れた場合、測定は終了する。脚の挙上から終了までの時間をストップウォッチで測定した。測定は一人2回行なわれた。片脚立ちする脚は被験者の立ちやすい脚とし、2試行とも同じ脚を利用させた。測定時の被験者の集中力を保つため、測定は検者と被験者のみがある部屋で行われた。片脚立ち時間に試行間差は認められなかったが ($t=1.79, p>0.05$)、級内相関係数 (Intra-class Correlation Coefficients : ICC) が 0.54 であり、それほど高くなかったため、2試行のうち優れた試行を代表値としてその後の解析に利用した。片脚立ち時間に性差が認められたため (男児 60.6 ± 50.4 秒, 女

児 91.2 ± 78.7 秒, $t=3.25, p<0.05$)、本研究では男女別に浮き趾との関係を分析した。

2.5. 解析方法

浮き趾者の割合を把握するため、浮き趾本数別に浮き趾者数を算出した。浮き趾の有無および浮き趾本数による片脚立ち時間の差の検討には、それぞれ対応のない t -検定および対応のない一要因分散分析を用いた。さらに、片脚立ち時間の上位 25% (上位群) と下位 25% (下位群) に被験者を分け、両群と浮き趾者の割合の関係および浮き趾本数の群間差をそれぞれ χ^2 検定および対応のない t -検定を用いて検討した。本研究における統計的有意水準は 5% とした。

表 2. 浮き趾本数

		0本	1本	2本	3本	総計
男児	人数	30	60	7	0	97
	(%)	30.9	61.9	7.2	0.0	100.0
女児	人数	30	57	15	2	104
	(%)	28.8	54.8	14.4	1.9	100.0

表 3. 片脚立ち時間の浮き趾の有無による差

		浮き趾あり	浮き趾なし	t	p	
片脚立ち時間 (秒)	男児	n	67	30	0.23	0.82
		Mean	59.8	62.4		
		SD	52.3	46.6		
	女児	n	74	30	0.07	0.94
		Mean	91.5	90.3		
		SD	85.4	60.1		

表 4. 片脚立ち時間の浮き趾の本数による違い

		0本	1本	2本以上	一要因分散分析	
					F	p
片脚立ち時間 (秒)	男児	n	30	60	0.24	0.79
		Mean	62.4	61.2		
		SD	46.6	54.5		
	女児	n	30	57	0.04	0.96
		Mean	90.3	93.0		
		SD	60.1	87.7		

表 5. 片脚立ち時間上位群・下位群間における浮き趾者の割合

			浮き趾あり	浮き趾なし	χ^2	p		
男児	上位群 (n=25)	人数 %	18 72.0	7 28.0	0.80	0.37		
	下位群 (n=25)	人数 %	15 60.0	10 40.0				
女児	上位群 (n=26)	人数 %	23 88.5	3 11.5			1.98	0.16
	下位群 (n=26)	人数 %	19 73.1	7 26.9				

表 6. 片脚立ち時間上位群・下位群間における浮き趾本数

			上位群	下位群	t	p
浮き趾本数	男児	Mean	0.80	0.68	0.70	0.49
		SD	0.58	0.63		
	女児	Mean	1.12	0.85	1.53	0.13
		SD	0.65	0.61		

3. 結果

浮き趾本数およびその割合を表2に示した。浮き趾者は男児67人(69.1%)、女児74人(71.2%)であった。片脚立ち時間の浮き趾の有無による差および浮き趾本数による差は認められなかった(表3, 表4)。片脚立ち時間の上位群・下位群と浮き趾者の割合には有意な関係は認められず(表5)、両群間に浮き趾本数の差も認められなかった(表6)。

4. 考察

本研究は、幼児の浮き趾が片脚立位姿勢の安定性に及ぼす影響を検討した。まず、浮き趾者の実態であるが、浮き趾者は男児67人(69.1%)、女児74人(70.2%)であった。松田ほか(2009)は、浮き趾者(いずれかの足に浮き趾が1本以上有する者)が5歳前半男児77.1%、女児72.9%、6歳前半男児58.6%、女児77.3%と非常に多いことを報告している。本研究では片脚立ちをした脚の浮き趾を分析対象としているため、前述の先行研究とは単純に比較できないが、近年の先行研究で報告されているように(松田ほか, 2009; 原田, 2001; 内田ほか, 2002)、多くの幼児が浮き趾を有していることが確認された。

浮き趾に関する先行研究の多くは、浮き趾を両脚立位

姿勢時において接地していない趾と定義している(松田ほか, 2009; 松田ほか, 2010; 恒屋・白井, 2006; 矢作ほか, 2004)。先行研究に倣い、本研究では両脚立位姿勢時において接地していない趾を浮き趾と定義し、姿勢安定性との関係を検討した。片脚立位姿勢の安定性との関係を検討する場合、片脚立位姿勢時に接地していない趾を浮き趾と定義し、分析する方法も一つの観点として考えられる。今後の課題の一つとして、片脚立位姿勢時の浮き趾と姿勢安定性との関係の検討が挙げられる。

片脚立位姿勢の安定性は、片脚立ちテストにより評価された。立位姿勢の安定性の評価には、重心動揺を利用する方法もあるが(Matsuda et al., 2008; Demura et al., 2006)、重心動揺測定の場合、全被験者が一定の測定時間、片脚立位を保持しなければならない。姿勢維持能力の未発達な幼児を対象とし、一定人数以上の被験者数を確保する場合、重心動揺測定は困難であると考え、片脚立ちテストを採用した。また、片脚立位は両脚立位より立位姿勢保持が困難であるため(Matsuda et al., 2010)、姿勢保持時の足趾の使用が多くなり、足趾が立位姿勢の安定性に及ぼす影響を検討するには適していると考えられた。

浮き趾を有する場合、立位時において床面との接触箇所が少なくなり、接地面積も小さくなる。力学的な観点から、支持基底面積が大きいほど姿勢の安定性が高まるため(奈良・内山, 2004)、浮き趾は姿勢保持に不利に

なる可能性がある。また、姿勢保持には体性感覚系から得られる情報が関与するため (Fitzpatrick et al., 1994)、浮き趾により皮膚感覚情報が減少する可能性がある。調整力的観点からみても、足趾は床面と接する部位であり、姿勢維持の際に重要な役割を果たす。このようなことから、浮き趾の有無および本数の違いが片脚立位姿勢の安定性に影響を及ぼす可能性が考えられた。しかし、いずれの解析結果からも、浮き趾の有無および本数の違いが片脚立位姿勢の安定性に及ぼす影響は認められなかった。また、片脚立ち時間の個人差が大きいことも考慮し、片脚立ち時間の上位群・下位群と浮き趾者の割合との関係を検討したが、有意な関係はみられなかった。安定した立位姿勢の保持には、足趾の影響だけでなく、視覚系、前庭系、筋骨格系など多くの身体諸器官が関与する (Fransson et al., 2004; Vuillerme et al., 2005)。本研究から、足趾以外の要因の影響が大きいことが考えられる。また、幼児の場合、精神的に未発達であるため、集中力など心理的要因が片脚立ち時間に影響した可能性も考えられる。測定は検者と被験者だけの空間にて行われ、被験者の集中力の妨げになるような外部からの影響を除外したが、被験者自身の心理も少なからず結果に影響したのかもしれない。

Chou et al. (2008) は、成年女性を対象にし、第1趾の接地状態が片脚立位姿勢時のバランスパフォーマンスに及ぼす影響を検討している。第1趾を30°背屈させた状態で固定し、床面と接地しない状態を作り出し、第1趾が接地している通常の状態と片脚立位のバランスパフォーマンスを比較した結果、第1趾不接地の場合、バランスパフォーマンスに劣ると報告している。また、立位姿勢時の第1趾の圧力は、その他の4趾の圧力の合計の2倍であることから (Tanaka et al., 1996)、第1趾がその他の趾よりも立位姿勢の安定性に大きく影響していることが推測される。本研究では、第1趾に浮き趾を有している者は一人もおらず、第5趾に浮き趾を有している者がほとんどであった(男児66/97人, 女児73/104人)。すなわち、本研究の結果は、姿勢維持への関与が他趾よりも相対的に少ないと考えられる第5趾が浮き趾であったことによるのかもしれない。本研究では被験者数が十分ではなかったことから、浮き趾の部位(趾)の違いが立位姿勢の安定性に及ぼす影響を検討できなかったが、今後このことを検討する必要がある。

矢作ほか (2004) は、浮き趾を有する成人男女に、草履の着用、足趾足底把持訓練およびタオルギャザー訓練などの足趾の運動療法を行った結果、浮き趾、自覚的腰痛改善度および動的バランス能力が改善されたことを報

告している。本研究では、片脚立ちテストにより静止片脚立位姿勢の安定性を評価し、浮き趾との関係を検討した。矢作ほか (2004) と本研究では、接地足蹠面を撮影した器具および浮き趾の判定方法が異なることから、単純に参考にすることはできないが、幼児においても、動作を伴う(動的な)立位姿勢の安定性と浮き趾との関係を今後検討する必要がある。

5. まとめ

本研究は、5歳から6歳までの幼児201名を対象に、浮き趾が片脚立位姿勢の安定性に及ぼす影響を明らかにした。その結果、片脚立ち時間の浮き趾の有無による差および浮き趾本数による差は認められなかった。また、片脚立ち時間の上位群・下位群と浮き趾者の割合には有意な関係は認められず、両群間に浮き趾本数の差も認められなかった。以上より、幼児の浮き趾が片脚立位姿勢の安定性にほとんど影響を及ぼさないことが示唆された。

文献

- Chou, S.W., Cheng, H.Y., Chen, J.H., Ju, Y.Y., Lin, Y.C., and Wong, M.K. (2009) The role of the great toe in balance performance. *Journal of Orthopaedic Research* 27(4): 549-554.
- Demura, S., Kitabayashi, T., and Uchiyama, M. (2006) Body sway characteristics during static upright posture in young children. *Sports Science Health* 1: 158-161.
- Fitzpatrick, R., Rogers, D.K., and McCloskey, D.I. (1994) Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input. *The Journal of Physiology* 480(Pt 2): 395-403.
- Fransson, P.A., Kristinsdóttir, E.K., Hafstrom, A., Magnusson, M. and Johansson, R. (2004) Balance control and adaptation during vibratory perturbations in middle-aged and elderly humans. *European Journal of Applied Physiology* 91: 595-603.
- 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.
- 加辺憲人, 黒澤和正, 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 (2002) 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.
- Matsuda, S., Demura, S., Uchiyama, M. (2008) Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *Journal of Sports Science* 26(7): 775-779.
- 松田繁樹, 出村慎一, 宮口和義, 春日晃章, 北林保, 青木宏樹, 山本裕太 (2009) 幼児の浮き趾の性差, 年齢差, 左右差および体格との関係. *教育医学* 54(3) : 198-205.
- Matsuda, S., Demura, S., and Demura, T. (2010) Examining differences between center of pressure sway in one-legged and two-legged stances for soccer players and typical adults. *Perceptual and Motor Skills* 110(3): 751-760.
- 松田繁樹, 出村慎一, 春日晃章, 青木宏樹, 辛紹熙, 杉浦宏季 (2010) 幼児の浮き趾の有無および本数と体力の関係. *教育医学* 56(2) : 119-127.
- 奈良勲, 内山靖 (2004) 姿勢調節障害の理学療法. 194-196. 医歯薬出版 : 東京.
- 大貫信子, 鷺田孝保, 成田麻実, 山田亨 (2005a) 幼児の浮き趾の特徴. *OTジャーナル* 39(3) : 261-268.
- 大貫信子, 鷺田孝保, 成田麻実, 山田亨 (2005b) 幼児の外遊び量と浮き趾出現の比較. *作業療法* 24(5) : 461-472.
- 首都大学東京体力標準値研究会 (2007) 「新・日本人の体力標準値Ⅱ」. 24-26, 74-77. 不昧堂出版 : 東京.
- Tanaka, T., Hashimoto, N., Nakata, M., Ito, T., Ino, S., and Ifukube, T. (1996) Analysis of toe pressures under the foot while dynamic standing on one foot in healthy subjects. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 23(3) : 188-193.
- 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.
- 内田俊彦, 藤原和郎, 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.
- Vuillerme, N., Pinsault, N. and Vaillant, J. (2005) Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters* 378(3) : 135-139.
- 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.