

足趾筋力における測定肢位の違いが 足機能に及ぼす影響

— 身体静止学からみた機能的考察 —

光 井 信 介

要 旨

〔目的〕足趾機能を評価する上で、対象者に応じて測定肢位を検討する必要性があり、荷重下で評価することは現実的であると考ええる。また、足趾筋力の機能は、バランス能力⁷⁾や転倒予防の観点から荷重下での評価が重要であるといえる。そこで本研究は、スタシオロジー（身体静止学）の観点に着目し、椅子座位（以下：座位）と立位の測定肢位の違いが足機能に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。〔方法〕足趾筋力を測定し、肢位の異なる座位と立位の比較をおこなった。〔結果〕左足では、座位足趾筋力は立位足趾筋力に比べ、有意に低値が認められた（ $p < 0.001$ ）。また、右足では、座位足趾筋力は立位足趾筋力に比べ、有意に低値が認められた（ $p < 0.001$ ）。また、足趾筋力の各肢位とも左右差は認められなかった。〔結語〕足趾筋力は測定肢位の違いによる影響をうけることが明らかになった。今回の研究では、座位は立位に比べ有意に低値を示したことは、これまでの先行研究と異なる結果であった。今後の研究に繋がる結果を示すことができ、足趾筋力の測定方法の選択肢として、十分検討できる可能性を示唆した結果であると考ええる。

キーワード：足趾筋力、足機能、測定肢位

I. 緒 言

人間のあらゆる動作は、狭い基底面である2本の足の裏で全身を支え立つことから始まる。直立した姿勢を保つためには、身体各部の関節における回転を動的固定させ、脊柱は後方に、内臓は前方に、腰部で前後の調整をとり、極めて狭い基底面である「足の裏」で全身を支えている。両足での立位姿勢では、体重の垂線は両足の舟状骨の間に落ちるため、外がえし位を強制されるが、これに対し、内がえし筋である後脛骨筋、長趾屈筋、長母指屈筋が働き立位姿勢を保持しているとされる¹⁾。平沢ら²⁾は、スタシオロジー（身体静止学）の基盤となる解析は、「直立能力」を定量的に評価することであり、そのためには、地球の重力に抗する因子（physical element）と、身体各部位の幾何的位置関係の因子（geometrical element）とを測定することが必要条件であるとし、身体運動の動きを解析するのは、キネシオロジー（身体運動学）であり、身体静止の状態は、スタシオロジー（身体静止学）の解析法を待たなければならないとしている。

昭和53年夏、福岡市板付遺跡で縄文晩期の水田跡から古代人の足跡が発見された。古代人の足跡は5本の足趾が扇のように広がっていて、踵が細く尖っており、足趾の機能は強く、動作は極めて機敏で前かがみの構えをしていたとされる。古代人のヒトの足圧中心位置は、足長を100%とした時に踵から60%あたりにあり、現代人はおよそ40%まで後退しているといわれ、現代人の姿勢は古代人に比べ時代とともに進化し、ふんぞり返った姿勢ともいわれる³⁾。現代人の立位時における足趾機能を考える上で、足趾は床面と接し、身体の支持、力の伝達、立位姿勢や動作の安定性に関わる重要な部分であるといえる。また、歩行動作時には、足趾で床を蹴る動作からも足趾の果たす役割は大きいといえる。足趾筋力に関して、足趾に機能的不全があると、足部の不安定性及び身体バランス能が不安定となり、足趾筋群の低下は転倒のリスクが増大することが考えられる。高齢者の非転倒群と転倒群の比較では、転倒群の方が足趾筋力、開眼片脚立位時間などの筋力や立位バランス能

などの身体機能が劣っていたと報告している³⁾。これまで足趾筋力の測定では、臨床の現場を中心に非加重時での椅子座位（以下：座位）での測定が立位の困難な対象者にも利点があり、高齢者でも安全に測定できるとされ、座位及び端座位にて測定されており、足趾把持力ともいわれる^{4,5)}。姿勢制御に関する足趾筋力への介入では、臥位及び座位よりも、荷重下である立位姿勢の方が効果的といわれている⁶⁾。スポーツ指導の現場では、スポーツの運動特性及び動作特性を踏まえ、パフォーマンス効果を上げるために求める動作に近いトレーニング姿勢、動作が重要であり、足趾筋力の機能は、バランス能力⁷⁾や転倒予防の観点からも、対象者や目的に応じて、足趾筋力の測定肢位を検討する必要があると考えた。そこで、本研究は、身体静止学の観点に着目し、座位と立位の測定肢位の違いが足趾筋力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

対象は一般男子学生18名を対象とした。対象者の身体特性は、平均年齢 19.6 ± 0.5 歳、平均身長 172.5 ± 5.2 cm、平均体重 66.1 ± 6.4 kg、平均靴サイズ 26.2 ± 1.3 cmであった。これら被験者には、本研究の目的及び方法などの概要について説明を行い、調査により取得されたデータは研究目的以外には使用しないことを説明し、同意を得て研究を開始した。

測定項目は、測定肢位の異なる座位と立位の足趾筋力を測定した。足趾筋力の測定は、足趾筋力計測器 T.K.K3362（竹井機器工業社製）の機器を使用し、座位と立位の両足の足趾筋力を測定した。測定時には足趾筋力計のバーを被験者の第1中足指節関節に合うように調整し、座位では、体幹垂直位、股関節及び膝関節90度屈曲位、足関節は底背屈中間位とし、両上肢は膝の上に置き踵が浮かないように注意しながら測定した。立位では、平坦な床上に足を肩幅に開き、両上肢を体側に下垂し、上体を前方、後方へ重心移動することがないように注意しながら測定した。測定肢位は座位と立位の2条件と

し、測定順序は座位、立位の順に、座位と立位の間は十分休息を設け実施した。各肢位の測定には事前練習後、筋疲労に配慮しながら、左右2回ずつの測定を行い、それぞれの最大値を足趾筋力の代表値とした。

測定結果は、平均値 (mean) ± 標準偏差 (SD) で表示し、統計的検定量の算出には、統計解析ソフトウェア SPSS Statistics 23 (IBM) を用いた。統計処理は、得られたデータが正規分布に従わなかったため、座位と立位の足趾筋力の比較及び左右差の比較には、Wilcoxon 順位符号検定を用いて比較した。対象者の身体特性及び足趾筋力の測定肢位 (左・右座位、左・右立位) の関係を検討するために、Spearman のロー検定を用いた。また、立位足趾筋力 (左・右) に影響する要因を明らかにするために、立位足趾筋力 (左・右) を従属変数、座位足趾筋力 (左・右) 及びその他を独立変数とする重回帰分析 (強制投入法) を行った。決定係数の算出には、残差平方和と全平方和をそれぞれ自由度で調整した自由度調整済み決定係数 (Adj. R^2) を適合度の指標とした。尚、多重共線性が生じていないことを確認した。統計学的有意水準は5%未満とした。



図1 足趾筋力測定器

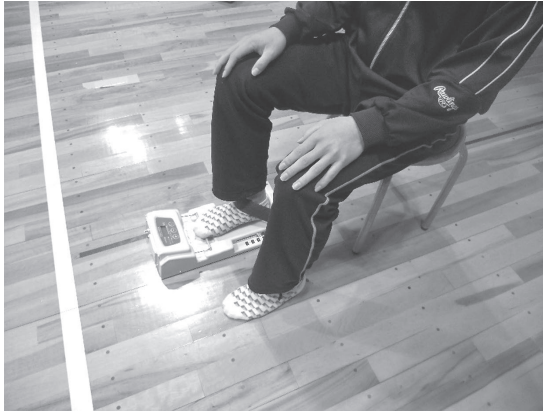


図2 座位足趾筋力の測定肢位



図3 立位足趾筋力の測定肢位

Ⅲ. 結 果

測定肢位の違いにおける座位足趾筋力と立位足趾筋力に差があるか明らかにするために比較した。その結果、左足では、左座位足趾筋力 ($M=25.86$ 、 $SD=6.22$) は左立位足趾筋力 ($M=30.81$ 、 $SD=7.04$) に比べ、有意に低値

が認められた ($p < 0.001$)。また、右足では、右座位足趾筋力 ($M = 26.76$ 、 $SD = 6.25$) は右立位足趾筋力 ($M = 30.33$ 、 $SD = 6.41$) に比べ、有意に低値が認められた ($p < 0.001$)。結果の詳細を表1に示した。

座位の足趾筋力の左右差の比較及び立位足趾筋力の左右差の比較において、それぞれに左右差があるか明らかにするために比較した。左座位足趾筋力 ($M = 25.86$ 、 $SD = 6.22$) と右座位足趾筋力 ($M = 26.76$ 、 $SD = 6.25$) の比較において、2群間に有意差は認められなかった。立位では、左立位足趾筋力 ($M = 30.81$ 、 $SD = 7.04$) と右立位足趾筋力 ($M = 30.33$ 、 $SD = 6.41$) の比較において、2群間に有意差は認められなかった。

身体特性及び立位足趾筋力 (左・右)、座位足趾筋力 (左・右) の各測定値の相関係数を表2に示した。立位足趾筋力 (左・右) と座位足趾筋力 (左・右) の各項目に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。身体特性と座位足趾筋力 (左・右) 及び立位足趾筋力 (左・右) の各項目に有意な相関は認められなかった。

次に、左立位足趾筋力を従属変数、右立位足趾筋力、左座位足趾筋力、右座位足趾筋力を独立変数とした重回帰分析を行った (表3)。結果、モデル全体として有意な影響が認められた。標準偏回帰係数を見ると、右立位足趾筋力 ($p < 0.001$) のみ有意な影響を与えていることが示された [$F(3, 14) = 24.11$ 、 $p < 0.001$ 、 $\text{Adj. } R^2 = 0.80$]。

右立位足趾筋力を従属変数、左立位足趾筋力、左座位足趾筋力、右座位足趾筋力を独立変数とした重回帰分析を行った (表4)。結果、モデル全体として有意な影響が認められた。標準偏回帰係数を見ると、左立位足趾筋力 ($p < 0.001$) と右座位足趾筋力 ($p < 0.05$) が有意な影響を与えていることが示された [$F(3, 14) = 47.73$ 、 $p < 0.001$ 、 $\text{Adj. } R^2 = 0.89$]。

表1 座位と立位における足趾筋力の比較 (N=18)

	立位	座位
左足趾筋力 (kg)	30.81 ± 7.04	25.86 ± 6.22***
右足趾筋力 (kg)	30.33 ± 6.41	26.76 ± 6.25***

mean ± SD, *** : $p < 0.001$.

表2 身体特性及び座位・立位足趾筋力 (左足・右足) との相関関係

	相関係数 (r)			左立位 足趾	右立位 足趾	左座位 足趾	右座位 足趾
	年齢	身長	体重				
年齢	1.00						
身長	-0.88	1.00					
体重	0.26	0.43	1.00				
左立位足趾筋力	-0.08	0.10	0.11	1.00			
右立位足趾筋力	-0.14	0.04	-0.03	0.89**	1.00		
左座位足趾筋力	-0.03	-0.03	-0.19	0.56*	0.73**	1.00	
右座位足趾筋力	0.06	-0.04	-0.13	0.52*	0.72**	0.64**	1.00

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$.

表3 左立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析

	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t	95%CI
	b	β		
切片	1.56		0.42	(-6.44, 9.56)
右立位足趾筋力	1.12	1.02	4.34***	(0.57, 1.68)
左座位足趾筋力	0.06	0.06	0.27	(-0.45, 0.58)
右座位足趾筋力	-0.24	-0.21	-1.24	(-0.66, 0.18)
Adj. R ²		0.80		
F (3, 14)		24.11***		

*** : $p < 0.001$.

表4 右立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析

	偏回帰係数	標準偏回帰係数	<i>t</i>	95%CI
	<i>b</i>	β		
切片	1.17		0.46	(-4.23, 6.57)
左立位足趾筋力	0.51	0.56	4.34***	(0.26, 0.76)
左座位足趾筋力	0.24	0.23	1.62	(-0.08, 0.56)
右座位足趾筋力	0.27	0.26	2.28*	(0.02, 0.52)
Adj. R ²		0.89		
F (3, 14)		47.73***		

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$.

IV. 考 察

本研究は足趾筋力の測定肢位を検討する為、座位と立位で足趾筋力を比較した。分析の結果、左足では、左座位足趾筋力は左立位足趾筋力に比べ、有意に低値が認められた。また、右足では、右座位足趾筋力は右立位足趾筋力に比べ、有意に低値が認められた。このことから足趾筋力の測定では、測定肢位の違いにより、発揮される筋力に影響を及ぼすことが示唆された。今回の研究で、立位足趾筋力（左・右）及び座位足趾筋力（左・右）の各肢位の全てにおいて、正の相関が認められた。身体特性と立位足趾筋力（左・右）及び座位足趾筋力（左・右）の各肢位において、相関は認められなかった。また、左立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析では、モデル全体として有意な影響が認められ、標準偏回帰係数を見ると、右立位足趾筋力のみ有意な影響を与えていることが認められた。このことは、左立位足趾筋力に独立して関与する要因として示されたことになる。標準偏回帰係数の絶対値を見ると、右立位足趾筋力 ($\beta = 1.02$) であったのに対し、左座位足趾筋力 ($\beta = 0.06$) と右座位足趾筋力 ($\beta = -0.21$) は共に低値であり、右座位足趾筋力より左座位足趾筋力の方が、標準偏回帰係数の絶対値は大きいことを確認できたが、結果、独立して関与する要因として示されなかった。また、右立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析では、モデル全体として有意な

影響が認められ、標準偏回帰係数の絶対値を見ると、左立位足趾筋力 ($\beta = 0.56$) と右座位足趾筋力 ($\beta = 0.26$) がそれぞれ有意な影響を与えていることが認められた。このことは、右立位足趾筋力に独立して関与する要因として示されたことになる。また、右座位足趾筋力が独立して関与する要因として抽出されたことは、右立位足趾筋力を予測する上で、因果関係を示す意味のある結果であったといえる。中江ら⁸⁾は、端座位と立位における足趾把持力の筋力差は認めなかったと報告している。また、足趾把持力の腓腹筋内側顆の筋活動は、端座位の方が立位より高かったと報告している。今回の研究結果は、これまでの先行研究と異なる結果であった。その要因について、以下に3つの観点から推察した。

今回の研究で座位が立位に対し、左右とも有意に低値を示した要因の一つに、立位時の荷重下での足関節の安定性が考えられる。これまでの先行研究では、立位時は身体重心 (center of mass: COM) が足関節より前方に位置するために、後ろ向きの足関節トルクが常に身体を保持している。その為、立位時には、足関節屈筋の活動は小さく、足関節伸筋のみが活動し、足関節伸筋が主動筋として働く為、COMの動揺は身体が出力する足関節トルクの揺らぎを反映しているとされる⁹⁾。荷重下における体重負荷の分散では、体重の2/3は踵骨へ、1/3は前足部に分散され、中足骨頭への分圧は2/6、他の4つの中足骨頭へは各々1/6といわれる¹⁰⁾。また、距腿関節は下腿関節面が凹型の形状を持つため中間位から背屈位では、足関節の安定性が得られると報告されている¹¹⁾。今回の研究では、立位時の荷重下において、関節トルクが安定し、足関節の距腿関節、距骨下関節、横足根関節及び足根中足関節、中足趾節関節¹²⁾の安定性が増した可能性が考えられる。

二つ目の要因として、各アーチのスプリング機能が作用した可能性が考えられる。中足趾節関節が伸展することで足底筋膜が伸張され、アーチが巻き上げられ挙上するウィンドラス (Windlass) の巻き上げ機構がある^{10,13,14)}。この機構は足アーチ構造である固有形態で靭帯、固有筋、外来筋等で構成され、第一中足骨頭、第五中足骨頭及び踵骨隆起内・外側突起の3点が支持点とな

り、3つのアーチ構造を形成している¹³⁾。このアーチを変化させて地面の凹凸、傾斜に足部を適合させ立位を保持すると同時に、衝撃を吸収し運動エネルギーを伝播するスプリング機能があり、足部の柔軟性や固定性をコントロールし、身体の移動の推進力を提供している¹⁵⁾。全中足骨は足根中足関節で底屈するとき、前足部の横アーチが形成されることになり、足趾機能の最も重要なアーチのスプリング機能といえる。中足骨頭で形成された横アーチは立位荷重下には消失し、非荷重時にはアーチが形成される¹⁾。また、アーチのスプリング機能の破綻は、足趾及び足機能の破綻にとどまらず、足アーチ障害及び下肢の障害¹⁶⁾との関連性も明らかであり、対処療法としての足底板の効果も報告されている¹⁷⁾。今回の研究では、このアーチのスプリング機能が非荷重時の座位よりも荷重時の立位の方が、より機能した可能性が考えられる。

三つ目の要因として、足趾が床を押し力と床を掴む力が同時に作用した可能性が考えられる。これまでの足趾筋力と足圧中心位置の研究では、体重前方移動時の足圧重心位置が前方へあるほど足趾筋力が大きく、特に母趾屈曲力が強く関与していると報告されている^{18,19)}。足底部固有筋は足底腱膜に覆われ、短趾屈筋、虫様筋、短母趾屈筋を有し、足趾の底屈の機能を持つほか、歩行時の蹴り出しで第1趾の基節骨の固定、足アーチ維持等に関与することが知られている²⁰⁾。また、足趾屈曲の作用で長母趾屈筋は、2関節筋で末節骨を床に押し付ける作用があり、種子骨は屈曲の支点として働くといわれる^{1,10)}。足の固有筋群は外来筋とともに足部のアーチを強靱にする重要な役割を持っている。今回の研究では、床を押し力は主に母趾が主導し、他の4足趾は掴むことを主とした可能性があり、特に第1趾である母趾が床に押し付ける力、把持する力が後方へのモーメントを増大した可能性があると考えられる。足趾筋力発揮時における筋活動の介入では、腓腹筋内側頭、ヒラメ筋及び前脛骨筋が同時性収縮し、特に前脛骨筋の筋活動は重要な役割を果たしているとされる²¹⁾。足趾筋力に関与する筋群は、外来筋である下腿三頭筋、前脛骨筋、後脛骨筋、長母趾屈筋及び長趾屈筋と、足の固有筋である短母趾

屈筋、短趾屈筋及び虫様筋が同時に関与するとされ、外来筋は腓腹筋以外すべて起始部と筋腹が下肢にあり、足部に停止し、足関節の運動や安定性としての働きをもつといわれる¹⁾。下腿三頭筋である腓腹筋は、2関節筋であり、強力な底屈筋である。座位姿勢では、膝90°屈曲位であるため、特に下腿三頭筋の張力が緩み、筋出力は高まると考えられる。立位姿勢では、下腿三頭筋は膝の屈筋群であるため、膝を後方へ引っ張り、膝関節の安定性に関与する。ヒラメ筋は膝屈曲位において、主として足関節の底屈筋として働き、腓腹筋はあまり関与しないとされている¹⁾。

これまでの先行研究の知見から、今回の研究では、座位と立位の測定肢位の違いにおいて、座位は立位に比べ有意に低値が認められた要因は、立位時での足趾筋力の測定において、荷重下での足関節の安定性とアーチのスプリング機能の作用、床を押す力及び把持する力も同時作用した可能性があり、後方モーメントの作用で足部の安定性が保たれた結果、足趾筋力に影響を及ぼした可能性を推察した。

足趾筋力の立位と座位の左右差においては、各肢位における有意差は認められなかった。一般に、右手利きの者では、左足は力的役割を、右足は機能的役割があるとし、左足を支持脚、右足を機能脚と表現し、下肢の一侧優位性は、上下肢の動作との関連性で複雑な優位性を示すと考察している²²⁾。また、小児の足の機能的左右差について、健康成人とは逆の右足支持機能優位の様相を示したと報告している²³⁾。甲斐ら²⁴⁾は、機能脚と非機能脚、支持脚と非支持脚に下肢筋群を比較した結果、左右差は認められなかったと報告している。また、村田ら²⁵⁾は、足趾把持力は機能脚と非機能脚、支持脚と非支持脚では一侧優位性は認められなかったとする一方で、競技スポーツにおける一侧優位性は認められたと報告している。今回の研究では、下肢の一侧優位性は検証していないものの、足趾筋力に左右差は認められなかった。これまでの先行研究では、下肢での左右差、機能脚及び支持脚等について、様々な見解が報告されており、各スポーツの運動特性、動作特性を踏まえ、今後の研究で、明らかにしていく必要があると考える。

今回の研究では、足趾筋力の測定において、対象及び目的に応じ、測定肢位を選択する妥当性を示唆したと考える。このことは、身体運動特性及び競技スポーツの特性において、荷重下での身体運動機能が関与することから考えても、言うまでもない。すべての身体運動は身体静止の状態から始まり、その逆はないといわれ、ヒトは二足の足裏で立ち、二足歩行をする動物であり、全身の安定を保持するために、身体静止の状態を維持しなければ動作は成り立たないといえる³⁾。ヒトは、他の動物には類をみない理想的な足機能をもっていると考えられる。

V. 結 語

今回の研究では、足趾筋力（左・右）は、座位では立位に比べ有意に低値が認められた ($p < 0.001$)。このことは、足趾筋力が測定肢位の影響をうけることが示唆された。座位・立位足趾筋力（左・右）の各肢位の全てにおいて、正の相関が認められた ($p < 0.05$)。また、左立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析では、モデル全体として有意な影響が認められた。結果、右立位足趾筋力 ($p < 0.001$) のみ有意な影響を与えていることが示された。また、右立位足趾筋力を従属変数とする重回帰分析では、モデル全体として有意な影響が認められ、左立位足趾筋力 ($p < 0.001$) と右座位足趾筋力 ($p < 0.05$) が有意な影響を与えていることが示された。今回の研究により、対象及び目的に応じ、測定肢位を選択する妥当性を示唆したと考える。

足趾筋力の座位及び立位の左右差においては、各肢位における有意差は認められなかった。今回の研究では、実際に測定肢位の違いによる筋力差の力学的エネルギー及び足趾筋群に関与する筋の検証は行っていない。今回得られた結果を、統計分析に加え、これまでの先行研究の知見から考察し、結論として推察したものである。今後の研究課題として、足趾屈曲機能に関与する力学エネルギーと筋群との関係を詳細に分析していくことが重要であり、サンプル数を増やし対象に応じた最適な測定肢位の検討が必要であると考え

る。また、足趾機能が身体に及ぼす様々な影響について、今後の検証が必要不可欠な分野であり、障害予防、健康増進、そしてスポーツアスリート及び指導者に競技力向上に繋がるエビデンスを構築し、各種トレーニング及び各競技スポーツの技能向上に貢献していくことが今後の課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 藤井英夫, 前澤範明: 足診断マニュアル. 医歯薬出版, 2, 13-20, 2004.
- 2) 平沢弥一郎, 白井永男: 保健体育 スタシオロジー. 放送大学教育振興会, 2, 1995.
- 3) 井上椋太, 村田伸, 桐野耕太・他: 地域在住高齢者の転倒要因に関する研究. ヘルスポモーション理学療法研究, 5(3), 139-143, 2015.
- 4) 村田伸, 忽那龍雄: 足趾把持力測定を試み. 理学療法科学, 17(4), 243-247, 2002.
- 5) 村田伸, 甲斐義浩, 田中真一・他: ひずみゲージを用いた足趾把持力測定器の開発. 理学療法科学, 21(4), 363-367, 2006.
- 6) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪恵・他: 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. 理学療法科学, 28(7), 313-319, 2001.
- 7) 半田幸子, 堀内邦雄, 青木市夫: 足趾把持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, 2004.
- 8) 中江秀幸, 村田伸, 甲斐義浩・他: 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. ヘルスポモーション理学療法研究, 3(1), 11-14, 2013.
- 9) 山口光國, 福井勉, 入谷誠: 結果の出せる整形外科理学療法. メジカルビュー社, 3, 178-199, 2009.
- 10) Cailliet, R, 荻島秀男訳: 足と足関節の痛み. 医歯薬出版, 2, 1-68, 1987.
- 11) Neumann, DA.: 筋骨格系キネシオロジー. 医歯薬出版, 508-512, 2005.
- 12) Scranton Jr PE, et al.: Dyanmic fibular function. A concept, 118, 76-81, 1976.
- 13) Hicks, J. H.: The foot as a support. Acta Anatomica, 25, 34, 1955.
- 14) Kapandji, IA.: カパンディ関節の生理学Ⅱ下肢 (荻島秀男 監訳), 医歯薬出版, 1986.
- 15) 金子公宥, 福永哲夫編: バイオメカニクスー身体運動の科学的基礎ー. 杏林書院, 2, 98-99, 2006.
- 16) 高倉義典, 北田力 (編), 増原健二 (監): 足の臨床. メジカルビュー社, 東京, 2, 312-313, 1998.
- 17) 大久保衛, 西尾功, 勝真理・他: スポーツ用具としての足底板ーその基礎と臨床ー. 臨床スポーツ医学, 22(5), 575-582, 2005.
- 18) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦・他: 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与. 人類誌, 90(4), 385-400, 1982.
- 19) 辻野綾子, 田中則子: 足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, 2007.

- 20) Giannestras, N.J.: *Foot Disorders, Medical and Surgical Management*. Lea & Febiger, Philad, 22-61, 1967.
- 21) 相馬正之, 村田伸, 甲斐義浩・他: 足趾把持力発揮時における下肢筋の筋活動. *理学療法科学*, 28(4), 491-494, 2013.
- 22) 木村邦彦, 浅枝澄子: ヒトの四幹の一側優位性について. *人類誌*, 82(3), 189-207, 1974.
- 23) 臼井永男, 平沢弥一郎: 小児の足の機能的左右差に関する発育発達的一考察. *放送大学研究年報*, 7, 143-154, 1989.
- 24) 甲斐義浩, 村田伸, 田中真一: 効き足と非効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(3), 365-368, 2007.
- 25) 村田伸, 松尾奈々, 溝田勝彦: 上下肢の一側優位性に関する研究. *West Kyushu Journal of Rehabilitation Sciences*, 1, 11-14, 2008.