

## 幼児期の立位姿勢における 静的平衡性について

重心動揺・運動発達・足底面の関連性

新宅幸憲

Yukinori Shintaku

びわこ成蹊スポーツ大学 スポーツ学部 / 教授

わが国では古くから、行住座臥(ゆく、立ちどまる、座る、寝る)の立ち居振る舞いに美しさを求める習慣があった。それが、弓道、剣道の基本動作となっている。日常生活では躑であり、姿勢教育であったと思われる。しかしながら、現代社会の子どもに対しては、姿勢教育が遠ざかりつつあり、その方向性がみえてこない。姿勢教育の退行は、最近の学力低下よりも問題視されるべき重要課題である。なぜならば、「生きる力」を含んでいるからである。姿勢(すがたのいきおい)教育は、心身の状態や体力と密接な関係を有し、子どもを変容させる教育の可能性を秘めている。昨今、子どもの姿勢教育(ウーラコット他、1993)の乏しさが指摘されながらも、具体的な実践の術がみつからず、われわれ体育・スポーツ関係者は社会的要請にこたえないように思われる。

一方、姿勢及び環境の悪化が原因の立ち眩みや、若年性腰痛も目立つようになってきた。それらの問題は、将来の子どもの姿勢教育の欠如に警鐘を鳴らすものである。生活様式の利便性の追求や身体運動の不足によって、立位姿勢が不安定になってきているのである。その要因のひとつとして立位姿勢に必要な筋力の発達を軽視したことが指摘できよう。姿勢の神経生理学的な背景として、矢部(1994)は、「基本的な立位姿勢では、抗重力筋のうち、頸部筋、脊柱起立筋、大腿二頭筋、ヒラメ筋が主要な姿勢筋となるが、幼児期には脊柱起立筋と拮抗筋の腹筋も活動する。それは、拮抗筋に対する抑制機能の働きの未発達のためである。姿勢の制御には、伸張反射、交叉性伸張反射、緊張性迷路反射、緊張性頸反射、立ち直り反射などの多くの反射機構の協調的な活動が不可欠である。姿勢に関与する反射と反応の発達は、姿勢を含めた

運動の発達に影響を及ぼす」と述べている。これらのことは、立位姿勢制御における可塑性の豊かな幼児期の子どもに対する姿勢教育の重要性を指摘するものである。本研究は、発育発達段階にある幼児期の子どもの姿勢教育の体系化を目標とした基礎資料を得るために、立位姿勢における静的平衡性の発達特性を明らかにしようとするものである。(図1)

## II 研究の背景と目的

### 2-1: 立位姿勢における重心動揺について

立位姿勢は、迷路、視覚、固有受容器からの入力、中枢神経系により統合・制御され骨格筋に出力され、身体は動揺しながら保持されている。動揺しながらも安定した立位姿勢を保持するためには、空間における身体の重心 (center of mass: COM) からの垂線を支持させる必要がある。支持基底内にある立位姿勢は、COMが空間において絶えず動揺しており、その平衡性の確保は身体を支える支点となる足底圧中心 (center of pressure: COP) との関係で保持されている。この重心の動揺は、立位姿勢時に出現する身体の動揺を重心の動揺として捉えることにより、身体の平衡性に働く視覚系、前庭・半規管、脊髄反射およびこれらを制御する神経・筋機能の計測をするものである。

立位姿勢は、微少な重心動揺を繰り返しながら制御されていることから、猪飼(1960)は、「前後動揺は左右動揺よりも大きく、1秒から2秒の小周期と60秒から70秒の大周期があり、小周期には脈拍や呼吸が関係しており、姿勢の安定時には、筋の固有反射が作用している」と考察した。さらに福田(1957)は、「立位姿勢とは各種の反射の積分された明かな表現法」と述べるなど、立位姿勢の反射生理学的視点より言及している。

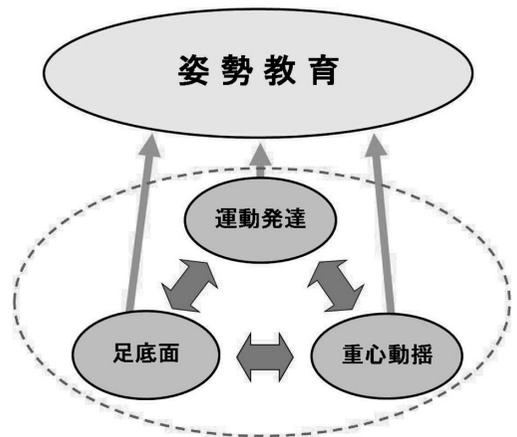


図1 立位姿勢における静的平衡性の発達特性

立位姿勢の動揺についてWoollacott, et al., (1989) は、「身体は運動できる範囲を保持しながら、バランスをとり、頭部を安定させている。これには前庭系と視覚系情報のほかに運動感覚情報の関与しているものであり、伝統的な立場からみる『立ち直り頸反射』の関与によるものである。また、幼児期から老年期に至るまでの動的な立位姿勢の研究が必要になってくる」と記述している。

石井他(1988)は、足底面内に落ちる重心線の範囲を形態学的に分析し、立位姿勢の最大前傾を保持するときに発揮する関節間力は、下肢筋群、特にヒラメ筋の横断面積に影響されることを示唆した。

重心動揺に関わる立位姿勢の制御について、長谷(2006)は足関節を支点として、上方に重心を有する逆振り子として人間の身体をみなす“inverted pendulum model”を提案し、運動軸となる足関節の働きから“postural muscle”が応答し、身体が前方へ倒れることを防ぐことに寄与すること、とくに下腿三頭筋が重要な役割を担っていることを指摘した。政二(2007)は、立位での姿勢動揺は腓腹筋の相動的活動こそが中心であるとしている。幼児の立位姿勢における静的平衡性に関する研究は、垂直方向の床反力やその位置関係、評価などが報告されてきた(Berg, et al., 1992とEra, et al., 1985)。Odenric, et al.,は、「立位姿勢は、物理的に不安定要素を含んでおり、その立位姿勢を抗重力の活動、各関節の柔軟性などの生体情報を重心動揺に変換することによって、平衡機能や体力として評価される」と述べている。重心の動揺は、年齢と共に減少し、特に動揺距離はその減少が認められ、6歳前後の変化が大きいとされている(Shumway, et al., 1985とUsui, et al., 1995)。また、Christine, et al., (2005)は、立位閉眼時の測定圧中心の動揺速度は6歳から10歳まで直線的に

減少し、重心動揺の変位については各年齢層において動揺範囲の減少傾向を認めたという。

Hayes, et al.,(1985)とLebiedowska, et al., (2002)の重心の動揺に関する報告によると、重心動揺面積は5歳以降から減少傾向を示し、6歳頃には著しく安定するなどの結果から、6歳頃には立位姿勢の制御が完成することが示唆された。

## 2-2: 運動発達について

Scamon(1930)の発育発達曲線では、2~3歳頃から急激に神経系(脳・脊髄・神経系や感覚器)が発達し、10歳前後で成人の95%レベルまでに発達するという。このことは、神経系に関する平衡性・調整能力・四肢の協応性・リズム感覚などは、10歳までに獲得することを示唆するものである。Wellman(1937)は、就学前の幼児に対して跳ぶ・投げる・スキップなどの側面からみた運動年齢の標準化を試み、Gutterige(1938)は、2~7歳の約2,000名について、はしご登り・ボール投げ・スキップ・ギャロップなどの巧緻性の側面から運動発達の報告をしている。それらの結果は、運動発達の指標として作成され、今日でも広く用いられている(Gesell, 1945とIllingworth, 1966)。

また、猪飼(1970)は、「こども時代の筋力の増加は、主として神経筋系の成熟に伴うものである。」と述べ、運動機能の発達を体力面から捉えるための運動種目の妥当性について検証している。小林(1978)は、一般的な運動行動の達成率より、幼児の運動機能発達の評価を行い、特に5歳児の走・跳・投などの運動発達は、各項目において70~80%としている。さらに、幼児の発育発達については、身体機能・認知機能・情報機能を取り上げ、幼児の心身の機能ともバランスよく発達することが必要であり、とりわけ身体機能の重要性を指摘するものである。宮下(1984)は、「子どもの運動発

達は、筋力ばかりでなく、神経系などの動作の未発達も表面化しつつある。」ことを述べ、身体運動の発達の可能性を積極的に評価し、運動発達への教育可能性の重要性を示唆している。さらに、原田(1999)は、子どもの運動発達は、加齢とともにほぼ直線的に発達するが、運動種目によって多少のずれがあり、神経系の種目は発達が早く、筋力は4歳後半より、筋持久力では5歳頃からその発達が顕著であると述べている。また、素早い動作の直前に現れる抑制現象を手がかりとして、知的障害児の全身反応動作の発達をみると、素早い動作に関わる神経筋機構が確立するのは精神年齢5歳であるという(Tsukahara, et al., 1989)。しかしながら、それらの報告は、立位での姿勢研究が焦点であって、重心動揺と運動発達との関連性について明らかにされたものは十分とは言えない。

### 2-3: 足底面について

ヒトの足部は、脚部に続く下肢の一部を構成し、立位姿勢・歩行姿勢・その他の静的・動的な身体運動の感覚器として重要な役割を担っている。また、足部は、足底面・足背(甲)、そして踵に分けられる。平沢(1978)は、スタシオロジー(身体静止学)の立場から立位姿勢能力を定量的に評価することを目的として、身体重心と接地足面を計測するピドスコープ(接地足底投影器)の開発を行い、足底面を3分割し、その機能的役割を分析した。根本他(1969)は土踏まず形成率を算出し、また臼井他(1983)は運動刺激の多い土踏まず形成群の子どもは、運動能力が高く、持久的な立位姿勢保持機能の発達が顕著であるとしている。生田ら(2004)は、ピドスコープ測定によると幼児の小指は、接地しない傾向にあることを指摘し、脊柱起立筋との関連性について言及している。運動教育の立場から、永田他(1986)は、直立姿勢保持と、

はだし運動教育における足底形態と安定性の関係から分析し、はだし教育は足底形態の発達に役立ち、しかも重心動揺の観点からも、直立姿勢の保持バランスがよくなること、はだし運動の子どもは、抗疲労性が高まり、動揺面積が少なくなることを報告している。

また、立位姿勢時の足底部の皮膚感覚情報の役割と、足底部の6部位の接床圧の関連性について検討した片平(1987)は、踵部と前足中央部が支持点となり、前足部の内側及び外側部が調整的役割を果たすことを確認した。藤原他(1984)は、立位姿勢時の足底中心位置は、足長の約30～60%の範囲内に収まることを明らかにし、足圧中心がこの範囲よりも後方では、前脛骨筋の活動が急増し、前方では母指外転筋の活動が急増することを示した。また、8種類の足位で重心動揺を測定したところ、両踵をつけ左右第2指を50度ラインに合わせた立位姿勢が最も安定し、重心動揺は小さくなるという(稲村、1984)。直立姿勢における足底面の安定域は、睡眠時間が少ないと足底面の重心位置は前方から後方へ移動すること、脈拍数の増加に伴い重心位置は踵寄りに後退すること、息こらえが長引くと重心位置は足先寄りになることを認めた(山内、1985)。しかし、幼児の足底面と立位姿勢の平衡性との関係については明らかではない。

### 2-4: 研究の目的

身体重心の動揺からみた立位姿勢における静的平衡性は、幼児期の5～6歳までに完成する。その背景には、立位姿勢の保持に寄与する神経機能及び効果器としての体幹の背筋群と下肢筋群の発達の支えがある。そこで本研究の目的は、幼稚園年長児の5歳児に焦点を当て、重心動揺と運動発達との関連性(第3章)及び重心動揺と足底

面との関連性(第4章)の視点から立位姿勢における静的平衡性の発達特性を解明するものである。これらの研究成果を踏まえて、本研究は幼児の姿勢教育の体系化に寄与することである。

### III 立位姿勢における重心動揺と運動発達の関連性

#### 1:目的

幼児の立位姿勢に関する研究は、垂直方向の床反力やその位置関係などについて報告されてきた。立位姿勢における平衡性の指標である重心動揺については年齢と共に減少すること、特に動揺距離の減少は6歳前後が顕著に変化するといわれる(Shumway, et al., 1976とUsui, et al., 1995)。この時期は神経筋機能の発達が著しいことから、平衡性の発達と、立位姿勢を保持する体幹や下肢筋群の発達との関連性が示唆される。



図3-1 重心動揺測定風景

本研究の目的は、規定された場面での立位姿勢における重心動揺が少ないこと、いわば静的平衡性の優れている幼児は運動能力が優れているか否かを検証することである。

#### 2:方法

##### 2-1 重心動揺の測定

図3-1は立位姿勢における重心動揺の測定風景を示した。立位姿勢における重心動揺の測定には、重心動揺計(ポータブルグラフィコーダGS-10, ANIMA, TOKYO)を用いた。20Hzの周波数で重心動揺を測定し、重心動揺距離(LNG)、重心動揺面積、単位時間軌跡長、単位面積軌跡長、重心変化を記録した。

重心動揺の測定は、Kitamura, et al.,(1999)の方法に従い、1辺が45cmの三角形のフォースプレート上の指定された場所に立たせた。両手は体側に自然に垂らし、足底面は踵をつけさせ、爪先を約

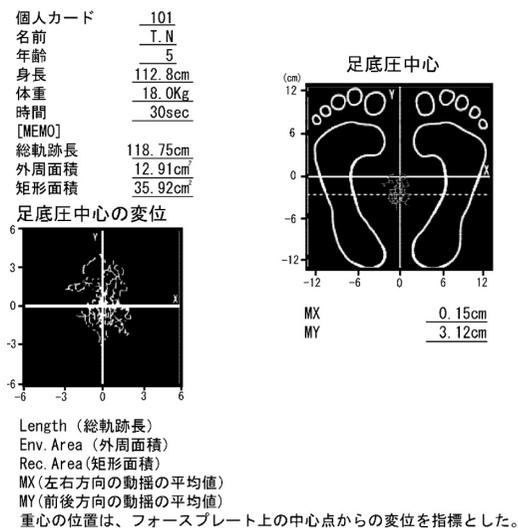


図3-2 重心動揺記録の一例

30度開脚させた。いわゆる「気をつけの姿勢」を保持させた。静かで明るさが均等な部屋に測定器を設置し、開眼及び閉眼での重心動揺を30秒間測定した。なお、開眼時測定の際には被験者に2m前方の眼の高さに固定した目標を注視させた。

なお、30秒間の累積距離 Lengthは

$$L = \int_0^T \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \times dt$$
 によって算出した(時田2004)。図3-2に重心動揺記録の一例を示した。図左は重心動揺の記録を示した総軌跡長(LNG)、図右は足底圧中心(center of pressure, COP)の記録例である。

表3-1は床反力計から得られる立位姿勢の解析をする際の主なパラメータである(長谷, 2006)。本実験では姿勢動揺の大きさ・速さとして、COPの軌跡長、面積を計測した。

## 2-2 運動能力の測定

運動能力の測定は、大阪市内のO短期大学附属K幼稚園で実施されている5種目の運動能力テスト(開眼片足立ち、片足連続跳び、反復横跳び、25m走、立ち幅跳び)を採用した。

運動能力テストの測定項目および手順は、以下の通りである。

- 片足立ちは開眼で両腕を垂らし、軸足で立たせ、上げている方の脚が接地した時点で終了とした。最大値を120秒とし、2回の計測を行い、良い方の記録をとった。
- 片足連続跳びは、5m四方を白線で引き、1m間隔にポイントをつけ、その線上を軸足で跳ばせた。
- 反復横跳びは、一本のラインを引き、両足を揃えて立たせ、10秒間できるだけ早く、両足で反復の横跳びをさせた。
- 25m走は、スタートラインから30m地点に白線を引き、その地点まで全力で走らせた。25m地点に旗を立て通過した時点で計測した。2回試行させ、良い方の記録をとった。

表3-1 床反力計から得られる立体解析の主なパラメータ

変数	定義
姿勢動揺の大きさ・速さ	
単位軌跡長	COP動揺距離の平均値
実効値	平均重心点からのばらつき
COP面積	[COP動揺面積(mm <sup>2</sup> )/指示基底面(mm <sup>2</sup> )]×100
COP動揺速度	COP平均速度(mm/sec)/(重心の高さ(m))
姿勢動揺の方向	前後・内外側COP最大動揺幅の比
身体的位置	
COP-AP	矢状面における踵からのCOP距離(mm)
COP-ML	前額面における踵からのCOP距離(mm)
パワースベクトル	動揺周期の規則性

COP: Center of Pressure(足底圧中心)  
長谷, 2006

●立ち幅跳びは、両足を揃えて両腕をしっかり振らせて跳ばせ、スタートラインの爪先から踵地点で計測をした。

### 2-3 被験者

本実験に協力したすべての被験者は、大阪市内の〇短期大学附属K幼稚園児である。なお本実験では、年少組(入園時：3歳、測定時3～4歳)、年中組(4歳、測定時4～5歳)、年長組(5歳、測定時5～6歳)とし、年少を3歳、年中を4歳、年長を5歳とした。本実験の測定に際しては、十分説明を行い保護者の承諾を得た。

#### 実験1. 5歳児の重心動揺と運動発達の10年間の推移

1993年度から2002年度までの10年間の5歳男女児総計1,038名を被験者とした。図3-3は、

1993年度から2002年度までの10年間の身長平均推移を示したものである。男児、女児、そして男女児を示す。1993年度から2002年度までの年度ごとの身長の平均値を比較したところ、有意な差は認められなかった。

図3-4は、1993年度から2002年度までの10年間の体重の平均推移を示したものである。男児、女児、そして男女児を示す。1993年度から2002年度までの年度ごとの体重の平均値を比較したところ、有意な差は認められなかった。

#### 実験2. 重心動揺距離をグループ別にした場合の運動能力

1993年度から2002年度までの10年間の5歳男女児総計1,038名を被験者とした。表3-2は、10年間の5歳男女児の身長、体重の身体的特徴と、

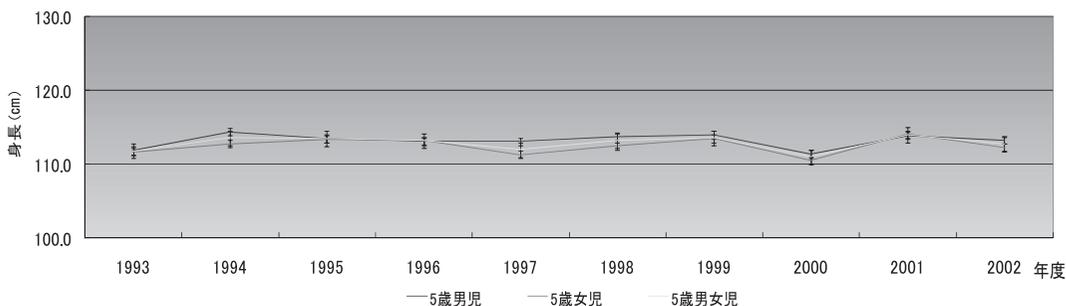


図3-3 10年間の身長平均推移

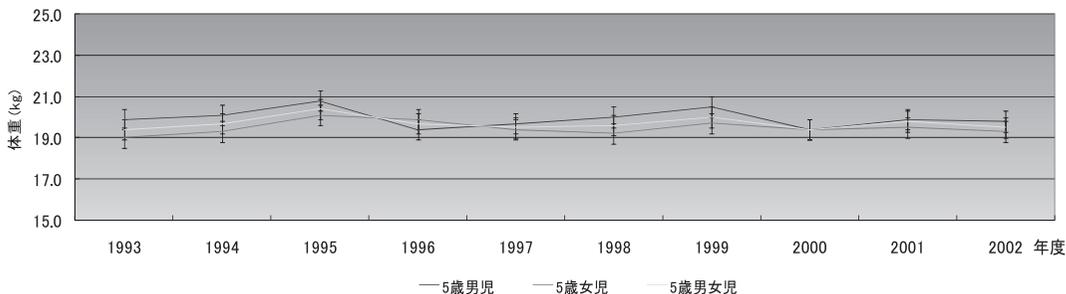


図3-4 10年間の体重平均推移

表3-2 10年間(1993年度～2002年度)の被験者の身体的特徴及び重心動揺距離(平均値±標準偏差)

		5歳男児	5歳女児	5歳男女児
1993年度	被験者数	50	79	129
	身長(cm)	111.9±5.1	111.7±4.7	111.8±4.9
	体重(kg)	19.9±4.1	19.0±2.6	19.4±3.3
	重心動揺距離	60.6±34.7	65.0±25.4	63.3±29.3
1994年度	被験者数	63	64	127
	身長(cm)	114.4±4.5	112.8±4.1	113.6±4.4
	体重(kg)	20.1±2.2	19.3±3.0	19.7±2.6
	重心動揺距離	63.8±25.5	62.5±21.2	63.1±23.3
1995年度	被験者数	54	63	117
	身長(cm)	113.5±4.5	113.4±4.5	113.5±4.5
	体重(kg)	20.8±3.2	20.1±2.9	20.4±3.1
	重心動揺距離	58.5±16.5	60.7±19.2	59.7±17.9
1996年度	被験者数	49	60	109
	身長(cm)	113.1±4.4	113.2±4.5	113.2±4.5
	体重(kg)	19.4±2.6	19.9±2.7	19.7±2.7
	重心動揺距離	64.6±19.8	64.5±20.7	64.6±20.2
1997年度	被験者数	37	66	103
	身長(cm)	113.1±4.6	111.3±5.6	112.0±5.3
	体重(kg)	19.7±2.6	19.4±3.8	19.5±3.4
	重心動揺距離	61.3±28.3	63.2±20.3	62.5±23.4
1998年度	被験者数	51	54	105
	身長(cm)	113.8±4.2	112.5±5.3	113.2±4.8
	体重(kg)	20.0±2.7	19.2±2.7	19.6±2.7
	重心動揺距離	60.5±21.7	59.8±18.2	60.1±19.9
1999年度	被験者数	33	47	80
	身長(cm)	114.0±5.5	113.5±4.2	113.6±4.8
	体重(kg)	20.5±3.5	19.7±2.3	20.0±2.8
	重心動揺距離	59.3±14.7	64.5±20.3	62.4±18.3
2000年度	被験者数	53	41	94
	身長(cm)	111.4±4.6	110.6±5.0	111.0±4.7
	体重(kg)	19.4±2.3	19.4±3.1	19.4±2.6
	重心動揺距離	61.9±25.7	65.0±25.1	63.3±25.3
2001年度	被験者数	53	36	89
	身長(cm)	113.9±4.9	114.1±4.3	114.0±4.7
	体重(kg)	19.9±3.1	19.5±2.6	19.8±2.9
	重心動揺距離	64.6±16.1	59.6±16.1	62.6±26.7
2002年度	被験者数	38	47	85
	身長(cm)	113.3±3.8	112.3±4.8	112.7±4.4
	体重(kg)	19.8±2.0	19.3±3.0	19.5±2.6
	重心動揺距離	57.5±31.9	62.1±16.1	60.1±26.7

重心動揺距離の平均値及び標準偏差である。本実験の発育状況を把握するために、身長、体重において「日本人の体力標準値、1980年度版」(東京都立大学 身体適正学研究室編 1980) から比較検討した。本実験の被験者、1993年度の5歳男児、身長 $111.9 \pm 5.1$ cm、体重 $19.9 \pm 4.1$ kgであり、女児では、身長 $111.7 \pm 4.7$ cm、体重 $19.0 \pm 2.6$ kgであった。1980年度版の発育に関する体格資料での5歳男児、身長 $109.5 \pm 4.7$ cm、体重 $18.5 \pm 2.5$ kg、女児、身長 $108.5 \pm 5.0$ cm、体重 $17.7 \pm 2.7$ kgであった。13年間の時間経過はあるものの、本実験の被験者は、1980年度の5歳男女児と比較して男児の身長で2.4cm、女児では、3.2cm、体重では、男児において1.4kg、女児では1.3kg上回る値を示した。

本実験では10年間の5歳男児と5歳女児および5歳男女児毎の身長・体重の年度間に差がみられなかったことから(図3-3, 3-4)、5歳男女児1,038名を対象にして静的平衡性を解析することとした。

資料の解析に当たっては、立位姿勢における静的平衡性の指標としての重心動揺距離を手がかりにして、被験者を4グループに分けた。すなわち、1,038名の被験者に対して重心動揺距離の大きさを判断するために、重心動揺距離を基準として、順序尺度に従い4等分になるグループ分けを行った。グループ分けの目的は、重心動揺の大小をみることであった。グループ分けは、グループ1(N=260)、グループ2(N=260)、グループ3(N=259)、グループ4(N=259)とした。

### 実験3. 同一幼児の重心動揺と運動発達の3年間の推移

被験者は、3歳、4歳、5歳男児16名、女児18名であり、3年間の同一人を対象とした。運動能力も実験1と同じ方法を用いた。表3-3に被験者の身体的特徴を示した。男女児とも身長、体重が加齢と共に大きくなり発育が認められたが、Caup's indexの年齢間の差は認められなかった。

表3-3 被験者の身体的特徴

年齢	身長(cm) 平均値±標準偏差	体重(kg) 平均値±標準偏差	カウプ指数(kg/m <sup>2</sup> ) 平均値±標準偏差
<b>男児</b>			
3歳(n=16)	101.0±2.8	16.3±1.5	15.9±1.0
4歳(n=16)	107.8±3.0***	18.0±1.8**	15.6±1.1
5歳(n=16)	114.0±3.3+++	21.0±2.6+++	16.1±1.5
<b>女児</b>			
3歳(n=18)	100.3±4.7	15.9±2.0	15.8±1.3
4歳(n=18)	107.7±4.5***	18.0±2.4	15.4±1.3
5歳(n=18)	113.9±4.5+++	20.8±3.1++	15.9±1.8

平均値と標準偏差

3歳と4歳の有意差 \*\*\*, $P < 0.001$ ; \*\*,  $P < 0.01$ .

4歳と5歳の有意差 +++,  $P < 0.001$ ; ++,  $P < 0.01$ .

#### 実験4. 運動発達と重心動揺距離及び重心動揺面積との関係

被験者は、男児3歳18名、4歳56名、5歳63名であり、女児では、3歳24名、4歳64名、5歳65名であった。身体的特徴を表3-4に示した。身長、体重とも有意差検定の結果、男児では、身長、体重とも3歳と4歳、4歳と5歳、3歳と5歳との間に0.1%水準で有意な差を示し、女児では身長において、男児と同様であったが、体重の3歳と4歳においては、有意な差は認められなかった。

#### 2-4 統計処理

平均値の有意差検定には、対応のあるt検定を用いた。また4群間における平均値の差の検定には、一元配置分散分析法を、多重比較検定には、

最小有意法を適用し、各検定における有意水準はすべて5%未満とした。

### 3: 結果

#### 実験1. 5歳児の重心動揺距離と運動能力の10年間の推移

5歳男女児の1993年度から2002年度までの10年間の重心動揺距離の推移を図3-5に示した。男児、女児、そして男女児を示す。1993年度から2002年度までの年度ごとの重心動揺距離の平均値を比較したところ、有意な差を示す年度(2000年度、2002年度)も示されたが、平均値の上昇傾向や減少傾向は認められなかった。

表3-4 被験者の身体的特徴

年齢	身長(cm)	体重(kg)
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
男児		
3歳(N=18)	101.4±3.9	15.7±1.6
4歳(N=56)	107.3±4.4***	17.9±2.7**
5歳(N=63)	114.4±4.4***	20.1±2.2***
女児		
3歳(N=24)	101.6±4.4	16.4±1.9
4歳(N=64)	107.4±4.4***	17.3±2.4
5歳(N=65)	112.7±4.4***	19.2±3.0***

\*\*\* P<0.001 \*\* P<0.01

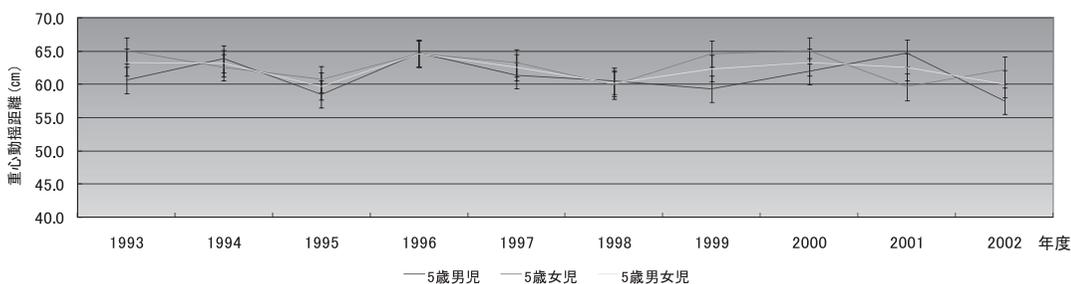


図3-5 10年間のLNG平均推移

表3-6 2000年度 重心動揺距離と片足連続跳びの相関係数

		片足連続跳び	LNG
片足跳	Pearson の相関係数	1	-.229(*)
	有意確率(両側)		.027
	N	94	94
LNG	Pearson の相関係数	-.229(*)	1
	有意確率(両側)	.027	
	N	94	94

\*相関係数は5%水準で有意(両側)

表3-7 2002年度 重心動揺距離と反復横跳びの相関係数

		反復横跳び	LNG
反復	Pearson の相関係数	1	-.239(*)
	有意確率(両側)		.027
	N	85	85
LNG	Pearson の相関係数	-.239(*)	1
	有意確率(両側)	.027	
	N	85	85

\*相関係数は5%水準で有意(両側)

表3-8 2002年度 重心動揺距離と片足立の相関係数

		片足連続跳び	LNG
片足立	Pearson の相関係数	1	-.238(*)
	有意確率(両側)		.028
	N	85	85
LNG	Pearson の相関係数	-.238(*)	1
	有意確率(両側)	.028	
	N	85	85

\*相関係数は5%水準で有意(両側)

次に、10年間の単年度での重心動揺距離と運動能力との関連性を表3-6、表3-7、表3-8に示した。

重心動揺距離と運動能力の項目との間に有意な関係が得られたのは、2000年度での重心動揺距離と片足連続跳びとの間に $r=-0.229$  ( $P<0.05$ ) の関係が認められ、2000年度では重心動揺距離と反復横跳びとの間に $r=-0.239$  ( $P<0.05$ ) および2002年度の重心動揺距離と片足立ちとの間に $r=-0.238$  ( $P<0.05$ ) の有意な差が認められた。

## 実験2. 重心動揺距離をグループ別にした場合の運動能力

表3-9は、重心動揺距離を4つのグループに分けたものである。多重間比較 (Tukey HSD) では、4つのグループ間において、重心動揺距離の平均値で明らかな差が ( $P<0.05$ ) が認められた。身長、

体重の比較においては、有意な差は認められなかった。

各グループにおける運動能力テストの平均値と標準偏差を表3-10に示した。グループ1の片足立ちは、 $93.3\pm 36.0$ 秒、片足連続跳びは $45.0\pm 22.3$ m、反復横跳びは $20.6\pm 5.3$ 回、25m走は $6.3\pm 0.5$ 秒、立ち幅跳びは $108.1\pm 14.6$ cmであった。グループ2の片足立ちは、 $89.8\pm 38.6$ 秒、片足連続跳びは $44.1\pm 21.9$ m、反復横跳びは $20.1\pm 4.8$ 回、25m走は $6.4\pm 0.5$ 秒、立ち幅跳びは $106.8\pm 15.4$ cmであった。グループ3の片足立ちは、 $79.9\pm 41.8$ 秒、片足連続跳びは $38.4\pm 19.2$ m、反復横跳びは $18.7\pm 5.1$ 回、25m走は $6.5\pm 0.5$ 秒、立ち幅跳びは $106.8\pm 16.6$ cmであった。グループ4の片足立ちは、 $78.3\pm 39.6$ 秒、片足連続跳びは $39.4\pm 21.5$ m、反復横跳びは $18.9\pm 5.0$ 回、25m走は $6.4\pm 0.6$ 秒、立ち幅跳びは $107.6\pm 15.3$ cmであった。

表3-9 グループ間の重心動揺距離、身長、体重の平均値と標準偏差

	人数	重心動揺距離(cm)	身長(cm)	体重(kg)
グループ1	260	$40.7\pm 5.1$	$112.6\pm 4.8$	$19.7\pm 2.7$
グループ2	260	$51.8\pm 2.8^*$	$112.9\pm 4.4$	$19.8\pm 3.1$
グループ3	259	$63.8\pm 4.5^*$	$112.9\pm 4.6$	$19.6\pm 2.6$
グループ4	259	$92.7\pm 22.8^*$	$112.8\pm 5.2$	$19.7\pm 3.2$

\* $P<0.05$

表3-10 グループ間の運動能力テストの平均値と標準偏差

	片足立ち(秒)	片足連続跳び(m)	反復横跳び(回数)	25m走(秒)	立幅跳び (cm)
グループ1	$93.3\pm 36.0$	$45.0\pm 22.3$	$20.6\pm 5.3$	$6.3\pm 0.5$	$108.1\pm 14.6$
グループ2	$89.8\pm 38.6$	$41.1\pm 21.9$	$20.1\pm 4.8$	$6.4\pm 0.5$	$106.8\pm 15.4$
グループ3	$79.9\pm 41.8$	$38.4\pm 19.2$	$18.7\pm 5.1$	$6.5\pm 0.5$	$106.8\pm 16.6$
グループ4	$78.3\pm 39.6$	$39.4\pm 21.5$	$18.9\pm 5.0$	$6.4\pm 0.6$	$107.6\pm 15.3$

人数=260

表3-11 重心動揺距離と運動能力テストの相関

片足立ち(秒)	片足連続跳び(m)	反復横跳び(回数)	25m走(秒)	立幅跳び(cm)
-0.155	-0.09	-0.114	0.038	-0.022
P<0.01	P<0.01	P<0.01	P=0.219	P=0.481

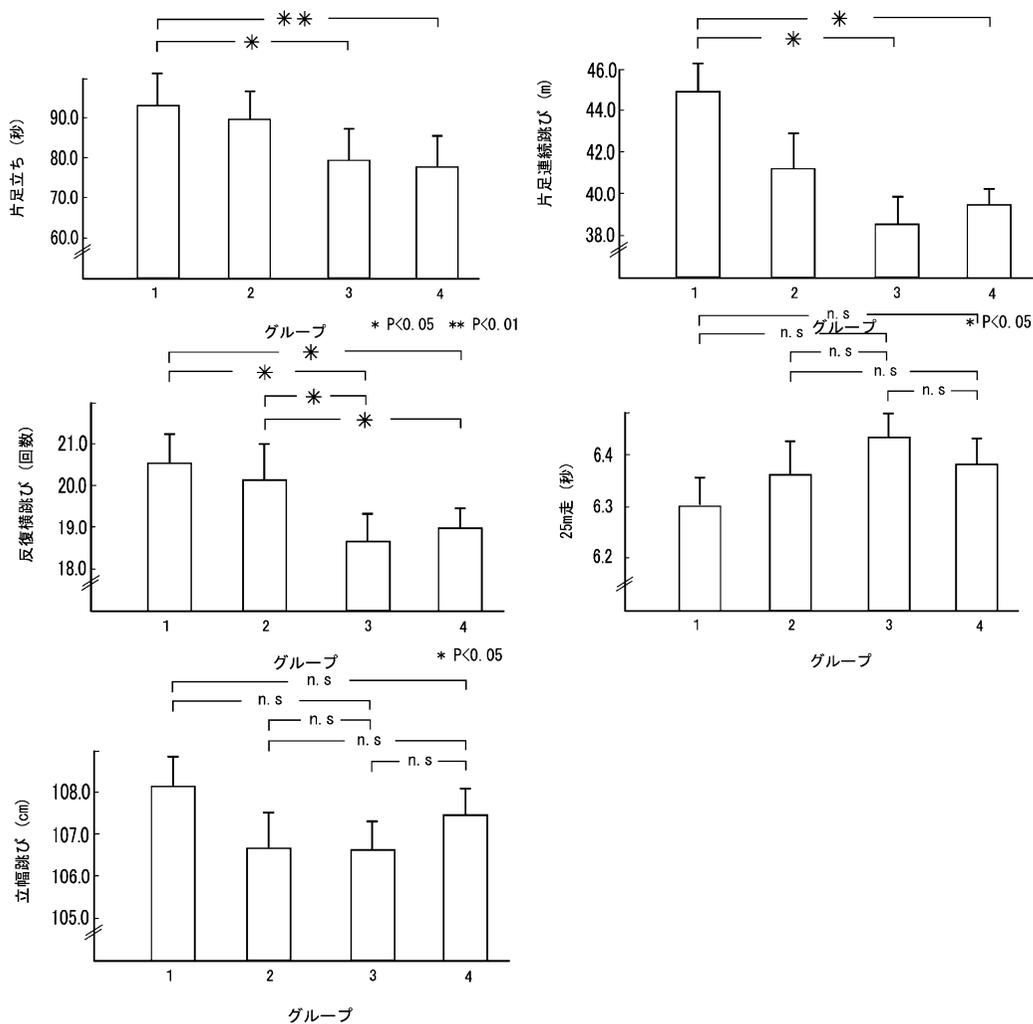


図3-6 Tucky HSD法による重心動揺距離と運動能力テストとの多重間比較検定

表3-11は、重心動揺距離と運動能力の相関関係を示したものである。

重心動揺距離と運動能力との間においては、強い相関関係は認められなかったが、片足立ちでは、 $r=-0.155$  ( $P<0.01$ )、片足連続跳びでは、 $r=-0.09$  ( $P<0.01$ )、反復横跳びでは、 $r=-0.114$  ( $P<0.01$ )であった。しかし、25m走と立ち幅跳びについては、相関関係は認められなかった。

図3-6は、重心動揺距離の短いグループ1、グループ2、グループ3、重心動揺距離の長いグループ4と運動能力(片足立ち、片足連続跳び、反復横跳び、25m走、立ち幅跳び)の各グループ間の有意差検定の結果を示したものである。

グループ1は重心動揺距離の平均値が短く、グループ4は重心動揺距離の平均値が長いことを示している。被験者の身体的特徴は表3-9に示し、運動能力テストの結果は、表3-10に示した。

結果は以下のようにまとめられる。

●片足立ちでは、重心動揺距離の短いグループ1とグループ3との間に有意な差( $P<0.05$ )、グループ1と重心動揺距離の長いグループ4との間に有意な差( $P<0.01$ )が認められた。

●片足連続跳びでは、グループ1とグループ3、グループ1とグループ4との間に有意な差( $P<0.05$ )が認められた。

●反復横跳びでは、グループ1とグループ3、グループ1とグループ4、グループ2とグループ3、そしてグループ2とグループ4との間に有意な差( $P<0.05$ )が認められた。

●25m走と立ち幅跳びとの2種目においては、各グループ間に有意な差は認められなかった。

### 実験3. 同一幼児の重心動揺距離と運動能力の3年間の推移

表3-12は、同一幼児の重心動揺距離と運動能力の3年間にわたる推移を示した。全ての種目において、男女児とも3歳から4歳、4歳から5歳との間に有意な差が認められた。

表3-12 運動能力テスト

年齢	25m走 (m/s)	片足連続跳び (m)	立幅跳び (cm)	反復横跳び (回数)	片足立ち (s)
男児					
3歳(n=16)	3.22±0.29	7.7±5.9	73.6±15.0	8.9±3.6	12.7±9.3
4歳(n=16)	3.69±0.33***	29.4±19.3***	100.4±13.6***	14.1±4.7***	59.2±42.2***
5歳(n=16)	4.02±0.35 <sup>+</sup>	46.9±17.6 <sup>+</sup>	115.8±13.2 <sup>++</sup>	21.3±3.1 <sup>+++</sup>	95.2±34.4 <sup>+</sup>
女児					
3歳(n=18)	3.11±0.38	12.7±9.9	69.4±18.4	10.7±3.2	19.3±22.1
4歳(n=18)	3.54±0.31***	25.7±15.6**	90.8±18.3***	14.9±4.7**	49.1±38.9*
5歳(n=18)	4.15±0.32 <sup>+++</sup>	48.4±18.6 <sup>+++</sup>	104.9±15.1 <sup>+++</sup>	20.9±4.2 <sup>+++</sup>	103.2±27.6 <sup>+++</sup>

平均値と標準偏差

3歳と4歳の有意差\*\*\*,  $P<0.001$ ; \*\*,  $P<0.01$ ; \*,  $P<0.05$ .

4歳と5歳の有意差<sup>+++</sup>,  $P<0.001$ ; <sup>++</sup>,  $P<0.01$ ; <sup>+</sup>,  $P<0.05$ .

表3-13 重心動揺距離、身長・体重あたりの重心動揺距離及びカウプ指数の推移

年齢 (years)	重心動揺距離 (cm)	重心動揺距離/身長 (cm/cm)	重心動揺距離/体重 (cm/kg)	重心動揺距離/カウプ指数 (cm/kg/m <sup>2</sup> )
男児				
3歳(n=16)	113.44±49.38	1.12±0.49	7.09±3.23	7.21±3.33
4歳(n=16)	72.51±26.84*	0.64±0.10***	3.83±0.81***	4.47±1.21***
5歳(n=16)	61.07±17.28	0.53±0.16 <sup>+</sup>	3.00±1.19 <sup>+</sup>	3.85±1.29
女児				
3歳(n=18)	102.85±62.49	1.01±0.58	6.38±3.42	6.54±3.86
4歳(n=18)	68.46±24.70*	0.62±0.23*	3.91±1.63**	4.48±1.80*
5歳(n=18)	64.66±25.32	0.58±0.23	3.42±1.72	4.35±1.99

平均値と標準偏差

3歳と4歳の有意差\*\*\*, P<0.001;\*\* , P<0.01;\* , P<0.05.

3歳と5歳の有意差<sup>+</sup>, P<0.05.

表3-14 重心動揺距離と身長、体重、カウプ指数との相関

	身長	体重	カウプ指数
男児			
3歳(n=16)	0.09	0.01	-0.05
4歳(n=16)	0.02	-0.10	-0.20
5歳(n=16)	-0.50*	-0.62*	-0.54*
女児			
3歳(n=18)	0.31	0.12	-0.20
4歳(n=18)	0.18	0.00	-0.20
5歳(n=18)	-0.32	-0.57*	-0.57*

\*P<0.05

表3-15 重心動揺距離と運動能力テストとの相関

年齢	25m走	片足連続跳び	立幅跳び	反復横跳び	片足立ち
男児					
3歳(n=16)	0.09	-0.06	-0.13	-0.12	0.05
4歳(n=16)	0.23	-0.18	-0.06	-0.2	-0.18
5歳(n=16)	0.06	-0.21	-0.45	-0.50*	-0.01
女児					
3歳(n=18)	0.01	0.00	-0.04	-0.08	0.01
4歳(n=18)	0.17	-0.15	-0.08	-0.1	-0.15
5歳(n=18)	0.01	-0.21	-0.42	-0.51*	0.15

\*P<0.05

表3-13は、3歳から5歳の重心動揺距離と身長・体重あたりの重心動揺距離及びカウプ指数の推移を示したものである。3歳から5歳の男女児において、有意な差が認められた。4歳と5歳との間においては有意な差は認められなかった。

表3-14は、重心動揺距離と身長、体重との相関関係をみたものである。重心動揺距離と身長、体重との間には、相関を認めることはできなかった。しかしながら、カウプ指数との間には、5歳男児  $r = -0.54$  ( $P < 0.05$ )、5歳女児  $r = -0.57$  ( $P < 0.05$ ) が認められた。

表3-15は、重心動揺距離と運動能力の相関関係を示したものである。5歳男児の反復横跳びとの間に  $r = -0.50$  ( $P < 0.05$ ) であった。5歳女児の反復横跳びとの間に  $r = -0.51$  ( $P < 0.05$ ) であった。  
**実験4. 運動能力と重心動揺距離及び重心動揺面積との関係**

表3-16は、5種目の運動能力テストと5歳男児における重心動揺距離及び重心動揺面積との関連性を示した。両者間に有意な関係が得られた運動能力は、反復横跳び  $r = -0.329$  ( $P < 0.01$ )、重心動揺面積では  $r = -0.323$  ( $P < 0.05$ ) の相関係数が得られた。しかし、他の運動能力との間には有意な関係は得られなかった。

表3-17は、5種目の運動能力テストと5歳女児における重心動揺距離と重心動揺面積との関連性を示したものである。片足立ちと重心動揺距離との間には  $r = -0.371$  ( $P < 0.01$ )、片足立ちと重心動揺面積との間では  $r = -0.337$  ( $P < 0.01$ ) の相関関係が認められた。

## 4: 考察

### 1 測定手順について

立位姿勢の重心動揺の測定は、被験者に動かないように意識的に努力させることが必要である。

表3-16 重心動揺距離、重心動揺面積と運動能力テストとの相関

(5歳男児.人数=63)		
	重心動揺距離	重心動揺面積
25m走	0.286	0.182
片足連続跳び	-0.024	0.074
立幅跳び	-0.174	-0.124
反復横跳び	-0.329*	-0.323*
片足立ち	-0.158	-0.123*

\* $P < 0.05$

表3-17 重心動揺距離、重心動揺面積と運動能力テストとの相関

(5歳女児.人数=65)		
	重心動揺距離	重心動揺面積
25m走	0.084	-0.001
片足連続跳び	-0.054	0.017
立幅跳び	-0.14	-0.126
反復横跳び	-0.02	-0.069
片足立ち	-0.371*	-0.337**

\*\* $P < 0.01$  \* $P < 0.05$

しかしながら、発育発達段階にある幼児においては、立位姿勢の静止状態、いわゆる「気をつけの姿勢」を測定することは困難なことが多く、特に3、4歳では静止状態を続けられないことが多い。そのような観点から、立位姿勢の重心動揺が年齢とともに減少傾向を示す5歳児 (Hayes, et al., と Lebidowska, et al.) とした。被験者には、「気をつけの姿勢」の保持する際、できるだけ動かないことを指示し、2m前方の目の高さに固定した目標を注視することを求めた。静かで明るさが均等な部屋に1人ずつ入室をさせ、測定を行った。これらのことから、一定の測定条件のもとで行った。

## 2 被験者のグループ分けについて

10年間の5歳男女児総計1,038名について、各年度間の身長、体重の平均値及び重心動揺距離について平均値の差の検定を行ったが、有意な差は認められなかった。これらのことは、1,038名の5歳男女児を身長、体重の身体的特徴からみた場合において形態的には、同質集団であるとして分析対象とした。重心動揺距離については、有意な差を示す年度もみられたが、(2000年度、2002年度) 平均値の上昇傾向や減少傾向は認められなかった。これらのことから、重心動揺距離を手掛かりとして、被験者を順序尺度に従い、4等分にグループ分けすることが妥当であるとみられる。

## 3 重心動揺と運動発達について

立位姿勢における重心動揺と運動発達の10年間の実験及び、同一幼児を対象とした3カ年の実験において、重心動揺と片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びとの運動発達において相関関係が認められた。立位姿勢における重心動揺と運動発達の10年間の実験では、重心動揺距離を基準としたグループ化から重心動揺と運動能力の関係を求めた。その結果、重心動揺が短いグループは、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びが優れてい

た。このことは、静的平衡性の優れた幼児は、運動能力が高いこと、すなわち姿勢制御にかかわる神経筋を中心とした体力が高いことを示唆するものである。

最近では、立位姿勢を保持する際に、足関節が身体の重心の制御に主として貢献することから、立位姿勢の研究は足関節周りの筋機能に焦点が当てられている。政二(2007)は、下腿伸筋の中でも、特に内側腓腹筋の役割が強いことを報告し、長谷(2006)は、身体の後面の筋、すなわちヒラメ筋が活動すると重心動揺は前方へ変位し、前面の筋、すなわち前頸骨筋や大腿直筋が活動すると、後方へ変位する関係がみられたと報告をしている。このことは、下腿三頭筋が機能すると後方への変位を防ぎ、立位姿勢の安定性を保持しているものと推察される。

立位姿勢では、身体重心は足関節の前方にあることから、重力に起因したトルクが立位姿勢を前方へと押しやる。身体重心のバランスを保持するためには、後方へのトルクが必要となる。このような足関節を中心とした前後動を補償するものは、下腿の筋群を基盤とした神経筋の働きによるものである(図3-7)。

したがって、本研究の重心動揺距離の短いグループは、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びなどの下腿の筋機能が優れているものと推察される。片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの運動は、幼児に静的及び動的保持時間の姿勢制御を長く実践させることであり、それらの運動実践が神経筋機能の発達に影響を与えるものと推察される。片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの運動様式は両脚で立位姿勢を保持する際の重心動揺に比較して、より強い筋力を発揮して静的平衡性を保持している。立位姿勢において、静的平衡性の指標である重心動揺距離を短くするためには、

姿勢制御に関与する体幹の筋群や下腿筋群の発達が不可欠である。また、成人の立位姿勢における重心動揺の大きさは、エアロビクスやレジスタンストレーニング、柔軟性、バランストレーニングのレベルを上げることによって、減少することが報告されている (Judge, 1993とMessier, 2000)。このことは、身体運動が立位姿勢制御を向上させ、固有の運動感覚情報を活性化することを示唆するものである。幼児が、身体運動の経験を通して、動的バランスのコントロールの向上に伴って立位姿勢の静的平衡性は向上するものと推察される。

## 5:まとめ

本章では、立位姿勢における重心動揺と運動発達についてその関連性を分析した。

- ①重心動揺を指標にした立位姿勢における静的平衡性は、幼児の身体運動を通じた筋力の発達程度を反映する。
- ②静的平衡性を高めるための運動は、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びである。
- ③片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの身体運動を通して神経筋機能が発達し、立位姿勢時の伸張反射、運動感覚情報、下腿三頭筋の働きを促進させる。
- ④立位姿勢において、重心動揺距離を短くするためには、姿勢制御に関与する体幹の筋群や下腿筋群の発達が不可欠である。

## IV 立位姿勢における重心動揺と足底面との関連性

### 1:目的

重力に抗して立位姿勢を保持することは、視覚情報、迷路からの情報、筋の深部受容感覚からの情報が小脳に入力し、大脳で統合された情報とし

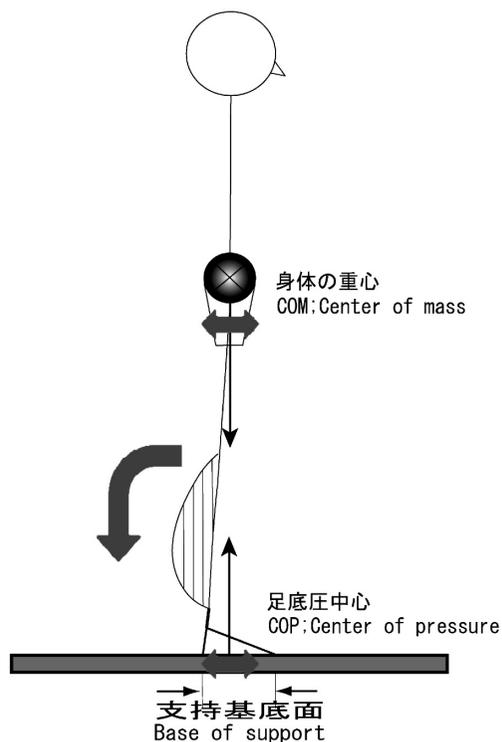


図3-7 立位姿勢における姿勢制御モデル  
(長谷、2006より一部改変)



コープ上での両足の写真を撮り、実寸大の足の大きさに引き伸ばしてトレースし、平沢の足底面の分析方法(図4-1)を用いて面積、角度、ラインを計測した。その結果、土踏まず面積は両測定法との間に、左足 $r=0.767$  ( $p<0.05$ )、右足 $r=0.858$  ( $p<0.05$ )の有意な正の関が得られた。

## 2-2 被験者

本実験に協力したすべての被験者は、大阪市内の〇短期大学附属K幼稚園児である。本実験の測定に際しては、十分説明を行い保護者の承諾を得た。

## 3: 結果

### 実験1. 5歳男女児の重心動揺距離と土踏まず面積との関係

被験者は、5歳男女児109名である。身体的特徴は、男児では身長 $112.9\pm 4.8$ cm、女児は身長 $111.3\pm 5.6$ cm、男児の体重 $19.6\pm 2.6$ kg、女児の $19.4\pm 3.8$ kgであった。

### 実験2. 4歳と5歳男児の重心動揺距離と足底面との関係

4歳児と5歳児の重心動揺距離と足底面の比較を行うために、4歳男児79名と5歳男児62名を対象とした。4歳児の身体的特徴は、身長 $109.0\pm 3.4$ cm、体重 $18.3\pm 1.8$ kgであった。5歳児の身体的特徴は身長 $114.4\pm 4.4$ cm、体重 $20.1\pm 2.2$ kgであった。

なお、重心動揺距離に影響を与える説明変数を次のように行った。

X(2) 5指合計面積 X(3) f部面積 X(4) M部面積 X(5) R部面積 X(6) 土踏まず面積 X(7) 拇趾角度 X(8) 小趾角度 X(9) 踵角度 X(10) Hライン X(11) Yライン X(12) Xラインとした(表4-1)。

表4-2は、重心動揺面積を従属変数に、足底面を説明変数としたものである。なお、足底面の説

表4-1 足底面項目の説明変数

X(2)	5指合計面積
X(3)	足底前部の面積(f部)
X(4)	足底中部の面積(M部)
X(5)	足底後部の面積(R部)
X(6)	土踏まず面積
X(7)	拇趾角度
X(8)	小趾角度
X(9)	踵角度
X(10)	Hライン
X(11)	Yライン
X(12)	Xライン

表4-2 足底面項目の説明変数

X(2)	5指合計面積
X(3)	足底前部の面積(f部)
X(4)	足底後部の面積(R部)
X(5)	土踏まず面積
X(6)	拇趾角度
X(7)	小趾角度
X(8)	踵角度
X(9)	Hライン

明変数は、記号と名称を対応させた。X(2) 5指合計面積、X(3) 足底前部の面積f部 X(4) 足底後部の面積R部面積 X(5) 土踏まず面積X(6) 拇趾角度 X(7) 小趾角度 X(8) 踵角度 X(9) Hラインである。

### 実験3. 5歳男女児の運動能力と土踏まずとの関係

被験者には、5歳男女児1989年度から2002年度までの1,563名を対象とした。身体的特徴は、身長 $113.0\pm 4.7$ cm、体重 $19.7\pm 2.8$ kgであった。

### 実験4. 4歳と5歳男女児の足底面と運動能力との関係

4歳と5歳の男児111名、女児126名を対象とした。4歳男児の身体的特徴としては、身長が $107.8\pm 4.0$ cm、体重が $17.7\pm 2.1$ kg、5歳男児の身長

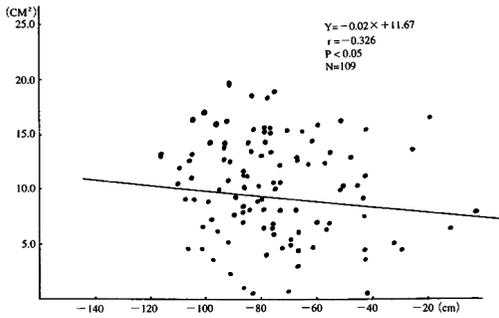


図4-3 5歳男女児の土踏まず面積と重心動揺距離の相関(右足)

表4-3 4歳児の重心動揺面積と足底面の重回帰分析

(左足. 人数=79)

	重心動揺面積	
	標準偏回帰係数	F値
X(2)	-0.107	0.589
X(3)	0.201	2.053*
X(4)	0.137	0.590
X(5)	0.243	3.657**
X(6)	-0.040	0.100
X(7)	-0.221	2.765**
X(8)	0.064	0.175
X(9)	0.082	0.289
重相関係数	0.42	
F値	1.87**	

\*\*P<0.01 \* P<0.05

表4-4 5歳児の重心動揺面積と足底面の重回帰分析

(左足. 人数=62)

	重心動揺距離	
	標準偏回帰係数	F値
X(2)	0.216	1.560
X(3)	-0.137	0.818
X(4)	0.619	1.115
X(5)	-0.554	2.403*
X(6)	0.816	3.712*
X(7)	-0.107	0.653
X(8)	0.295	4.550**
X(9)	-0.310	1.170
X(10)	0.139	0.319
X(11)	-0.278	0.603
X(12)	0.915	9.402**
重相関係数	0.561	
F値	2.215*	

\*\* P<0.01 \* P<0.05

113.0±4.2cm、体重19.5±2.8kgであり、4歳女児の身長が107.0±5.0cm、体重が17.4±2.5kg、5歳女児の身長112.2±5.0cm、体重19.1±2.9kgであった。

#### 実験5. 3歳、4歳、5歳男女児の足底面と運動能力との関係

被験者数は各年齢共に男児32名、女児29名であった。被験者の身体的特徴は、3歳男児の身長102.1±3.3cm、体重16.1±1.4kg、4歳男児の身長107.2±3.4cm、体重17.2±1.9kg、5歳男児の身長113.4±3.6cm、体重19.8±2.2kgであり、3歳女児の身長101.2±4.6cm、体重15.7±2.1kg、4歳女児の身長106.4±4.3cm、体重17.1±2.1kg、5歳女児の身長112.3±4.7cm、体重19.4±2.7kgであった。得られた結果は以下のとおりである。

#### 実験1. 5歳男女児の重心動揺距離と土踏まず面積との関係

図4-3は、立位姿勢における重心動揺距離と土踏まず面積の関係を示したものである。両者間には、有意な負の相関( $r = -0.326, p < 0.05$ )が認められた。

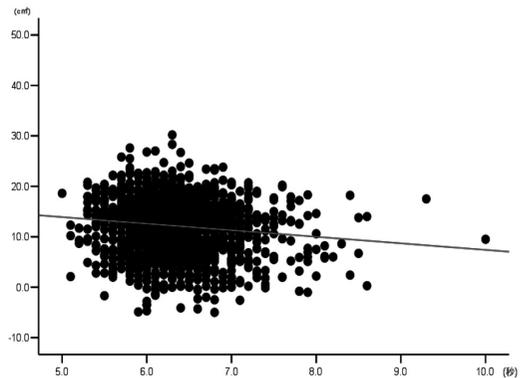


図4-4 5歳男女児の土踏まず面積と25m走の関連性

## 実験2. 4歳と5歳男児の重心動揺距離と足底面との関係

表4-3は、4歳児の立位姿勢における重心動揺面積と足底面の重回帰分析結果を示したものである。重相関係数 $R=0.42$  ( $P<0.05$ ) の値が得られた。重心動揺面積への影響力の変数は、土踏まず面積、足底前部の面積f部、小趾角度に有意な差が認められた。

5歳児の立位姿勢における重心動揺距離と足底面の重回帰分析結果を表4-4に示した。両者間に、 $R=0.561$  ( $p<0.05$ ) の重相関係数が得られた。重心動揺距離への影響力の変数では、土踏まず面積、足底面後部面積のR部、Xライン、小趾角度に有意な差が認められた。

## 実験3. 5歳男女児の運動能力と土踏まず面積との関係

土踏まず面積と25m走との関係を図4-4に示した。分析の結果、土踏まず面積と25m走の両者間には、 $r=-0.130$  ( $p<0.01$ ) の負の相関関係が認められた。

## 実験4. 4歳と5歳男女児の足底面と運動能力との関係

表4-5は、月齢と身長、体重、運動発達と左右足について、各項目をX(1)からX(50)までの記号と対応して説明したものである。そのうち有意な相関を得られた項目を表4-6と表4-7に示した。

表4-6は、運動能力テストと足底面の相関を示したものである。4歳男児Yラインと片足連続跳び

表4-5 月齢、体格、運動能力テスト項目の説明

形態・機能	左 足	右 足
X(1) 月 齢	X(9) 第1指面積	X(30)
X(2) 身 長	X(10) 第2指面積	X(31)
X(3) 体 重	X(11) 第3指面積	X(32)
X(4) 25m走	X(12) 第4指面積	X(33)
X(5) 連続片足跳び	X(13) 第5指面積	X(34)
X(6) 立ち幅跳び	X(14) 5指合計面積	X(35)
X(7) 反復横跳び	X(15) f部面積	X(36)
X(8) 開眼片足立ち	X(16) F部面積	X(37)
	X(17) M部面積	X(38)
	X(18) R部面積	X(39)
	X(19) 足跡部面積	X(40)
	X(20) 足底部面積	X(41)
	X(21) 足棒部面積	X(42)
	X(22) 土踏まず面積	X(43)
	X(23) 土踏まず比	X(44)
	X(24) 拇 趾 角	X(45)
	X(25) 小 趾 角	X(46)
	X(26) 踵 角	X(47)
	X(27) Hライン	X(48)
	X(28) Yライン	X(49)
	X(29) Xライン	X(50)

表4-6 運動能力テストと足底面との相関

		(男児)人数=111		
	項 目	年 齢	連続片足跳び	片足立ち
X(28)	Yライン	4	0.236***	-
	L			
X(16)	F部面積	4	0.226***	-
	L			
X(22)	土踏まず面積	5	-	0.302***
	L			
X(23)	土踏まず比	5	-	0.240***
	L			
X(42)	足杵部面積	5	-	0.251***
	R			
X(43)	土踏まず面積	5	-	0.287***
	R			
X(44)	土踏まず比	5	-	0.207***
	R			

L:左足 R:右足 \*\*\*P&lt;0.01

表4-7 運動能力テストと足底面との相関

		(女児)人数=126		
	項 目	年 齢	片足立ち	反復横跳び
X(14)	5指合計面積	4	0.266***	-
	L			
X(15)	f部面積	5	-	0.228***
	L			
X(16)	F部面積	5	-	0.302***
	L			

L:左足 \*\*\*P&lt;0.01

表4-8 運動能力テストと足底面との相関

		(男女児)人数=237	
	項 目	年 齢	片足立ち
X(14)	5指合計面積	4	0.211***
	L		
X(43)	土踏まず面積	5	0.219***
	L		

L:左足 \*\*\*P&lt;0.01

との間に $r=0.236$  ( $p<0.01$ )、左足の前部面積F部に $r=0.226$  ( $p<0.01$ )、5歳男児では、土踏まず面積と片足立ちとの間に $r=0.302$  ( $p<0.01$ )、土踏まず比と片足立ちとの間に $r=0.240$  ( $p<0.01$ )、足枠と片足立ちとの間に $r=0.251$  ( $p<0.01$ )、右足においても同様に片足立ちと土踏まず面積との間に $r=0.287$  ( $p<0.01$ )、土踏まず比 $r=0.207$  ( $p<0.01$ )の相関係数が得られた。

表4-7は、運動能力テストと足底面の相関を示したものである。女兒においては片足立ちと5指合計面積との間に $r=0.266$  ( $p<0.01$ )、反復横跳びと左足f部面積との間に $r=0.228$  ( $p<0.01$ )、F部との間に $r=0.302$  ( $p<0.01$ ) が認められた。

表4-8は男女児の運動能力と足底面に有意な相関を認めたものである。片足立ちと5指合計面積との間に $r=0.211$  ( $p<0.01$ )、片足立ちと土踏まず面積との間に $r=0.219$  ( $p<0.01$ ) の相関係数が得られた。

### 実験5. 3歳、4歳、5歳児の足底面と運動能力との関係

表4-9に示したように、3歳男児では、立ち幅跳びと左足の土踏まず面積に $r=0.441$  ( $p<0.05$ )、土踏まず比では、 $r=0.439$  ( $p<0.05$ )、右足のYラインとは、 $r=0.404$  ( $p<0.05$ )、片足連続跳びでは、右足のHラインとの間に $r=0.350$  ( $p<0.05$ )、の相関係数が得られた。

4歳男児では、25m走と左足の後部面積R部において $r=0.438$  ( $p<0.05$ )、左足のXラインとの間では、 $r=0.357$  ( $p<0.05$ )、が示された。5歳男児では、片足立ちとYラインとの間に $r=0.422$  ( $p<0.05$ )の相関係数が得られた。

表4-10は、女兒における足底面と運動能力の関連性を示したものである。有意な相関が見られた5歳児では、反復横跳びと第3指の左右足 $r=0.357$ 、 $r=0.374$  ( $p<0.05$ )、第4指の右足 $r=0.374$  ( $p<0.05$ ) が認められた。土踏まず面積

表4-9 運動能力テストと足底面との相関

						(男児)人数=32
項目	年齢	立幅跳び	片足連続跳び	片足立ち	25m走	
土踏まず面積	3	0.441*	-	-	-	
	L					
土踏まず面積比	3	0.439*	-	-	-	
	L					
Hライン	3	-	0.350*	-	-	
	R					
Yライン	3	0.404*	-	-	-	
	R					
R-area	4	-	-	-	0.438*	
	L					
Xライン	4	-	-	-	0.357*	
	L					
Yライン	5	-	-	0.422*	-	
	R					

L:左足 R:右足 \* $P<0.05$

表4-10 運動能力テストと足底面との相関

項目		年齢	反復横跳び	片足立ち	立幅跳び
(女児)人数=29					
第3指面積		L 5	0.357*	0.349*	-
		R	0.374*	0.476**	-
第4指面積		L 5	0.287	0.369*	-
		R	0.374*	0.534**	-
土踏まず面積		L 5	0.383*	-	0.323
		R	0.428*	-	0.372*
土踏まず面積比		L 5	0.382*	-	0.348
		R	0.466**	-	0.405*

L:左足 R:右足 \*\*P&lt;0.01 \*P&lt;0.05

の左右足 $r=0.383$ 、 $r=0.428$ ( $p<0.05$ )、土踏まず比の左右足 $r=0.382$ 、 $r=0.466$ ( $p<0.05$ 、 $p<0.01$ )の相関が認められた。3歳、4歳には有意な関係は認められなかった。片足立ちの種目では、第3指の左足 $r=0.349$ ( $p<0.01$ )、右足 $r=0.476$ ( $p<0.05$ )が得られ、第4指では左足 $r=0.369$ ( $p<0.05$ )、右足 $r=0.534$ ( $p<0.01$ )が得られた。立ち幅跳びでは、右足の土踏まず面積 $r=0.372$ ( $p<0.05$ )、土踏まず比 $r=0.40$ ( $p<0.05$ )が得られた。

#### 4: 考察

##### 4-1 重心動揺と足底面

本実験で用いた足底面積を測定するためのフットプリント法と平沢(1978)によるピドスコープ(接地足底投影器)との測定法の妥当性を検討した。その結果、土踏まず面積において、両測定法との間に有意な正の相関( $r=0.767$ ,  $P<0.05$ )が得られ、各面積の測定において十分に評価できることが示された。重心動揺距離と足底面の単相関では、立位姿勢における重心動揺距離と土踏まず面積、重

相関では、重心動揺距離への影響力の変数から、土踏まず面積、Xライン、小趾角度、足底後面積(R部)に有意な差が認められた。土踏まず面積において有意な差が認められたことは、足底面への運動刺激による中足指節関節を中心とする足指の働きが活発化され、アーチ(足弓)を形成し、垂直方向からの圧力を分散し有効に機能しているものと推察される。図4-5は、垂直方向にかかる圧力と土踏まず面積の関連性を模式的に示したものである。垂直方向にかかる圧力は、5指合計面積方向と足底後面積のR部方向へ分散される。その際、土踏まず面積が大きく、アーチ(足弓)構造が発育することにより圧力負荷の分散を行うものと考えられる。5指合計面積にかかる圧力は、圧力=5指にかかる力/5指合計面積によって、単位面積当たりとして計算される。これを可能な限り小さくし圧力負荷を軽減するためには、5指合計面積が大きいほどより効率的である。垂直方向にかかる足底後面積のR部では、運動発達による下腿三頭筋の筋力向上により、足底後部の面積が

大きくなればなる程、安定領域として位置し、立位姿勢の安定保持に反映される。

足底面のアーチ(足弓)は、足の形態と機能を考える上で特に重要である。足底面には、中足部を頂点とする縦と横のアーチが認められ、この縦と横に繋がるアーチは、独立したものではなく相互に関連し、中足部が頂点となって足底面の土踏まずを形成する。したがって、この土踏まず面積が発育することによって、立位姿勢における前後左右動揺を小さくする要因のひとつになる。重心動揺距離と足底面のXライン、足底面の後部面積(R部)においても有意な差が認められたことは、発育期の児童の重心点が踵から約40%の位置にあることから(臼井1983)、約40%の重心位置は、ほぼ足底面後部のXラインがあり、Xラインの発達が発育期の子どもの重心動揺距離を短くし安定要因になっているものと推察される。また、小趾角度については、その角度が小さくなり、5指合計面積の増大や第5指(小指)面積の増大が左右への動揺を小さくし、重心動揺距離に影響を与え、立位姿勢保持要因になるものと考えられる。生田(2004)は、ピドスコープ(接地足底投影器)の測定から、幼児の第5指(小指)が接地しないことを報告し、広背筋の筋力低下の改善とともに足指の働きの重要性を指摘している。同じように立位姿勢の重心動揺に与える要因として、本実験で得られた足底面の前部分の面積(f部)の増大が認められたことは、前後左右の重心動揺を制御し、立位姿勢における安定保持要因になるものと思われる。さらに姿勢の調節は、主に足底前部で行われ、若年層ほど足底面の前部と後部での姿勢調節機能が大きいことから(臼井1983)推察すると、土踏まず面積が大きくなることは、立位姿勢の調節に影響を与えることを示唆するものである。足底面の皮膚反射効果として(小宮山、

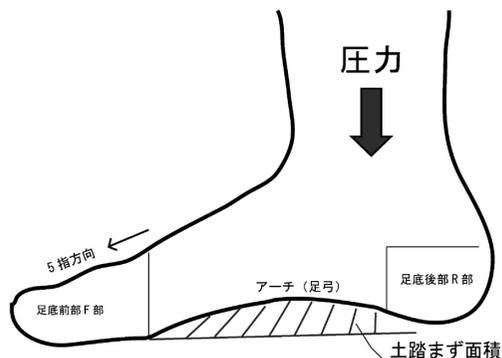


図4-5 垂直方向にかかる圧力と土踏まず面積の関連性

2006)は、「脛骨神経の支配領域である足底面において、部位特異的に抑制性及び促進性の反射効果が存在し、この皮膚反射は、立位時及び歩行時等において不意な外乱によって、足圧が変化した際のつまずき修正反応として貢献している可能性が考えられる。」と報告している。したがって、運動発達による重心動揺と足底面の機能向上は、幼児の立位姿勢保持への教育効果や高齢者の転倒防止への対策に寄与するものである。

#### 4-2 足底面と運動発達

足底面と運動発達の機能的役割を検討した結果、5歳男女児1,563名を対象として、土踏まず面積と25m走の運動発達との間に $r=-0.130$  ( $p<0.01$ )の相関関係が認められた。これらのことから、25m走の優れた幼児は土踏まず面積が大きく発育していることを示すものである。したがって、土踏まず面積の発育した幼児は、活発な運動刺激により足底面の中足指関節を中心とする足指の働きや足底面での前部面積の発達がアーチ(足弓)を形成しているものと推察される。足底面と運動発達の関連性についてみると、左足と運動発達との間に相関性が高く認められることは、すでに

平沢(1981)が指摘しているが、一般的に左足は全身の安定保持のための主軸作用や機能性などの運動作用があり、左足と右足の機能的役割を示すものである。つまり、左足が右足よりも安定限界を大きくし、姿勢調節に影響を与えるものと推察される。したがって、支え足機能の強化により立位姿勢能力の向上と利き足機能の向上がみられ、下肢機能の改善が得られるものと思われる。本実験で、反復横跳びと足指面積との間に相関関係が認められたことは、足指部面積が発達することによりセンターラインを中心とする左右への重心移動をより安定した動作にしているものと考えられる。すなわち、足指部面積の増大が効率よく横方向へのキック力に影響を与えることを示唆するものである。本実験結果から瞬発力や脚筋力の体力要素を含んでいる立ち幅跳び、片足連続跳び、片足立ちに足底面のHライン、Yライン、土踏まず面積に関連性が認められたことは、片足連続跳びや立ち幅跳びの運動動作から以下のことが指摘される。

- ① 足底前部面積において着床面を蹴る動作
- ② 蹴られたことによって得られたキック力のエネルギーを保持する動作
- ③ 次への跳躍動作に移行する

いずれの動作様式においても、足底前部面積、土踏まず面積そして足底後部面積の発達によって、それらの動作を可能にしているものと推察される。土踏まず面積がより大きく発育することは瞬発力や脚筋力の体力要素に有利に働くものと考えられる。また、25m走と足底後部R部面積の関連性については、安定した着地衝撃をR部面積が吸収し、次への動作を容易にする要因のひとつとして考えられる。したがって、片足立ちとYラインとの関連性においては、Yラインが長いほど片足立ちの能力を高めることができることになる。バランス保持能力の側面からは土踏まず面積の発達している

幼児が安定した片足立ちを可能にすることが示唆される。永田の直立姿勢保持とはだし運動教育の報告(1986)によると、運動発達の、はだしへの足底形態の変化は、持久的な運動保持機能の発達に役立つことを述べている。一方、臼井の報告(1983)では、足底面に与える運動刺激を通して心身のバランス能力を開発する観点から、はだしによる運動発達を促進することを指摘し、特に足底面前部の5指部の機能を高めることが必要であると述べている。さらに、月村(1989)は、片足立ちと支え足機能の検討から利き手と交叉性の支え足の依存度の高いことを報告し、支え足機能を高めることにより利き手が強化され、下肢機能における運動発達に影響を与えることを示した。このような報告と本研究結果を考え合わせると、運動刺激による足底面の発育が動的なバランス保持に有効であると推察される。今後は、運動刺激をはだし教育の側面から検討する必要性が考えられる。

## 5:まとめ

本章では、立位姿勢における重心動揺と足底面、足底面と運動発達の関連性について分析を行った。重心動揺と土踏まず面積との両者間に相関関係が認められたことは、中足指節関節による足指の働きからアーチ(足弓)が形成され、垂直方向からの圧力を分散してくれるものと推察される。5指部面積へかかる負荷圧力は、5指合計面積が大きいほど圧力負荷が軽減されるものである。足底後部との関係では、足底後部面積(R部)が発達すればするほど、垂直方向からの負荷圧力を下腿三頭筋の筋力向上によって軽減することになる。重心動揺と足底面のXライン、足底面の後部面積(R部)においても有意な差が認められたが、このことは児童の重心点が踵から約40%の位置にあるという報告から考え合わせると、約40%の重心位置は、ほ

ば足底後部面積のXラインがあり、Xラインの発達が重心動揺を少なくする安定要因と推察される。

## V 総括

### 1: 研究全体の概要

第1章では、問題の所在と社会的意義の観点から、現代社会の子どもに対する姿勢教育が遠ざかりつつあり、その方向性が見えてこないこと、姿勢教育の乏しさが指摘されながらも、具体的な実践方法が見つからず、われわれ体育・スポーツ関係者がその社会的要請に応えていないことを指摘した。

### 2: 各章ごとのまとめ

第2章では、研究の背景を目的として、これまでの立位姿勢の研究、発育発達段階にある子どもの運動発達の研究、立位姿勢の足底面の研究、それぞれの先行研究に触れた。しかしながら、幼児を対象とした立位姿勢における重心動揺と運動発達、重心動揺と足底面、足底面と運動発達について明らかにされたものは十分とはいえない。そこで、それらの関連性について分析を試みることにした。第3章では、立位姿勢における重心動揺が少ないこと、いわば静的平衡性の優れている幼児は、運動能力が優れているかを検証することを目的とした。方法としては、重心動揺計を用い、20Hzの周波数で重心動揺を測定し、重心動揺距離を指標とした。運動発達については、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳び、25m走、立幅跳びの5種目の運動能力テストを用いた。結果は、2つの手法から得られた。

1. 同一被験者の3年の重心動揺距離と運動能力では、5歳男女児において、重心動揺距離と反復横跳びとの間に有意な相関関係が得られた。

2. 5歳男女児10年間の重心動揺距離と運動発達では、重心動揺距離の短い静的平衡性の優れた幼児は、重心動揺距離が長い幼児よりも、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの成績が優れていた。

以上の結果から、次のようにまとめられる。立位姿勢における静的平衡性の指標として用いた重心動揺距離が短く、立位姿勢保持可能な幼児は、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの身体運動を通して、神経筋機能が発達し、立位姿勢における伸張反射や運動感覚情報の機能を高め、立位姿勢時の下腿三頭筋の働きを促進しているものと推察される。片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの運動様式は、両脚で立位姿勢を保持する際の重心動揺と比較して、より強い筋力を発揮して静的平衡性を保持している。立位姿勢において、静的平衡性の指標である重心動揺距離を短くするためには、姿勢制御に関与する体幹の筋群や下腿筋群の発達が不可欠であると考えられる。第4章では、立位姿勢における重心動揺と足底面と運動発達の関連性を分析した。足底面は、単なる身体の支持面だけではなく、立位姿勢の静的平衡性を保持するための機能的な働きをするものと考えられる。そこで、足底面の機能的な役割に着目し、重心動揺と運動発達との関連性を明らかにしようとした。足底面の測定には、フットプリント法を用いた。平沢(1978)の足底面3分割法から、各部面積には、ウチダ機製デジタルプラニメータ(KP-90N)を用いた。立位姿勢における重心動揺と足底面と運動発達の関連性から、以下のことが結果として示された。

1. 5歳男児の土踏まず面積、足底後部面積(R部)、小指角度およびXラインと重心動揺距離において、有意な関係が認められた。
2. 5歳男児の土踏まず面積と片足立ちとの間に

有意な関係が認められた。また、足底前部面積 (F部) と片足連続跳びとの間に有意な関係が認められた。

以上の結果から次のようなことが考えられる。

単相関、重相関とも重心動揺距離と土踏まず面積において有意な差が認められた。このことは、足底面への運動刺激による中足指節関節を中心とする足指の働きが活発化され、アーチ(足弓)を形成し、垂直方向からの外圧を分散し有効に機能しているものと考えられる。

## VI 結論

立位姿勢における静的平衡性の指標として用いた重心動揺距離が短く、立位姿勢保持可能な幼児は、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの身体運動を通して神経筋機能が発達し、立位姿勢における伸張反射や運動感覚情報の機能が高く、立位姿勢時の下腿三頭筋の働きを促進するものと推察される。したがって、幼児の立位姿勢教育の一環として、片足立ち、片足連続跳び、反復横跳びの運動プログラムの実施が必須である。これらのことから幼児の静的平衡性を高める要因は、主として筋力の発達によるところが大きく、今後の姿勢教育の体系化に寄与するものと確信する。

### 参考文献

- ◎ Berg K. O., Maki B. E., Williams J. I., Holliday P. J., and Wood-Dauphinee S. L. (1992) / Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. / Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 73:1073-1080
- ◎ Christina Rival, Hadrien Ceyte, Isabelle Olivier (2005) / Development changes of static standing balance in children: Neuroscience Letters 376, 133-136.
- ◎ Era P. And Heikkinen E. (1985) / Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. / Journal of Gerontology 40:287-295.
- ◎ Gesell, A & Ametruda, C. S. (1945) / Developmental Diagnosis / New York / Paul B. Hoeber.
- ◎ Gutterige, M. U. (1938) A Study of Motor Achievements of Young Children / Arch / Psychol, 244.
- ◎ Hayes, K. C., Spencer, J. D., C.L., Lusy, S. D. and Kirshen, A. J. (1985) / Age-related changes in postural sway. In: D. Winter, K. Hayes / A Patla (Eds.), Biomechanics IX-A / Human Kinetics Publishers / Champaign, PP.383-387.
- ◎ 長谷 公隆 (2006) / 立位姿勢の制御 / リハビリテーション医学. 43:542-553.
- ◎ 原田 碩三 (1999) / 幼児の土踏まずと運動能力 / 保健の科学 24(9):654-659.
- ◎ 藤原 勝夫 他 (1984) / 立位姿勢における身体動揺の周波数成分の加齢変化 / 姿勢研究 4(2):81-88.
- ◎ 福田 精 (1957) / 運動と平衡の反射生理 / 木村書店, 72-82.
- ◎ 平沢 彌一郎 (1978) / 足のうらをはかる / ポプラ社, 61-62.
- ◎ 平沢 彌一郎 (1981) / 直立歩行を支える左足 / サイエンス. 11:32-44.
- ◎ Illingworth, R. S. (1966) / The Development of the Infant and Young Child / Normal and Abnormal / E. And S. Livingstone.
- ◎ 生田香明 他 (2005) / 身体活動の相違が児童の立位姿勢保持能力と筋の発達に及ぼす影響 / 第60回日本体力医学会抄録集
- ◎ 猪飼道夫 (1958) / よい姿勢とは何か. / 体育学研究. 3(1): 259-261.
- ◎ 猪飼道夫 (1960) / 直立姿勢の研究(第1) - 直立時動揺曲線の分析 - / 日本生理学雑誌9(4):197-199.

- 石井喜八他(1988)／立位姿勢における重心線の前後移動範囲／姿勢研究 8(2):65-71.
- 稻村欣作他(1984)／直立時における人体平衡測定のための基礎的足位／姿勢研究4(2):119-125.
- Judge J.O., Lindsey C., Underwood M., and Winsemius D.(1993) / Balance improvements in older women: effects of exercise training Physical Therapy, 73:254-265
- Kitamura J., Yamaguchi A., Sunohara N., Masuda K., and Takaghi A.(1991) / Gait analysis of patients with Parkinson's disease and spinocerebellar degeneration disease using a gravity pedoscope. In:Shimamura M., Grillner S., and Edgerton V.R.(eds.) / Neurobiological Basis of Human Locomotion. / Japan Scientific Societies Press / Tokyo, pp.305-310
- 片平 清昭(1987)／立位姿勢における身体動揺と足底部位圧／姿勢研究7(1):7-12.
- 小林 芳文(1978)／わが国の幼児体力の実態に関する研究(第1報) - 5歳児の運動機能発達について- / 小児保健研究 37(2):113-118.
- 小宮山 伴与志(2006)／足底面の皮膚感覚情報によるつまざき反応の特徴 / デサントスポーツ科学27:137-144.
- Lebiedowska M.K. and Syczewska M.(2002) / Invariant sway properties in children. / Gait and Posture, 12:200-204.
- 宮下 充正(1984)／子どものからだ -科学的な体力づくり- / 東京大学出版会.
- 永田 晟他(1986)／直立姿勢保持とはだし教育 -足底形態と安定性の関係- / 姿勢研究 6(1):13-18.
- 根本 芳男他(1969)／幼児の接地足跡発育変化と運動能力に関する研究 / 常磐会短期大学紀要(1):86-97.
- Odenrick P. and Sandstedt P.(1984) / Development of postural sway In the normal child. / Human Neurobiology, 3:241-244.
- Messier S.P, Royer T.D, Craven T.E, O'Toole M.L, Burns R, Ettlinger W.H (2000) / Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the fitness, arthritis, and senious trial (FAST). / Journal of American Geriatrics Society 48, 131-138.
- Scamon R.E.(1930) / The measurement of the body in childhood, Univ. / Of Minnesota Press.
- Shumway-Cook, A., and Woollacott, M.H.(1985) / The growth of stability, Postural control from a developmental perspective / Journal of Motor Behavior 17:131-147.
- Shintaku Y, Fujinaga H and Yabe K(2007) / Performance of dynamic motor tasks in 5-year-old children with different levels of static standing balance. I. J. Fitness 3, Issue 1, pp.61-67.
- Shintaku Y, Ohkuwa T, Yabe K(2005) / Effect of physical fitness level on postural sway in young children / ANTHROPOLOGICAL SCIENCE Vol.113, 237-244.
- 政二慶他(2007)／身体運動と筋腱複合体の構造的機能的特性(4)筋トルク生成過程で生じる伝達遅れが静止立位姿勢に及ぼす影響 / バイオメカニクス研究 vol11 No2
- Tsukahara, R., H. Aoki, M. K. Doo, and K. Yabe(1989) / The Premotion silent observed in children with Down's Syndrome. / Nagoya J. Health, Phys. Fitness and Sports. 12:65-68.
- 時田 喬(2004)／重心動揺検査 -その実践と解釈- / アニマ株式会社
- 東京都立大学身体適正学研究室編(1980) / 日本人の体力標準値 第3版
- Usui N., Maekawa K., and Hirasawa Y.(1995) / Development of the upright postural sway of children. / Developmental Medicine and Child Neurology, 37:985-996.
- 月村 泰治他(1989)／片足立ちの直立能力 -支え足機能の検討- / 姿勢研究. 9(2):61-66.
- 臼井 永男他(1983)／長作小学校児童の直立能力について / 姿勢研究. 3(2):65-71.

- ◎ Wellman, B.L.(1937) /  
Motor Achievements of Preschool Children /  
Child / Educ, 13.
- ◎ Woollacott, M., M. Bonnet and K. Yabe(1984) /  
Preparatory process for anticipatory  
postural adjustment: Modulation of leg muscles reflex  
pathways during preparation for arm movements  
in standing man. / Exp. Brain Res., 55:263-271.
- ◎ 矢部 京之助 監訳(1993) / マージョリー・H・ウーラコット  
アン・シヤムウエイ・クック 編 姿勢と歩行の発達  
-生涯にわたる変化の過程- / 大修館書店.
- ◎ 矢部 京之助(1994) / 姿勢と発達 /  
体育の科学 Vol44:31-36.
- ◎ 山内 賢(2001) / 静止駐立姿勢時における  
足底重心位置と下肢筋力との関係 /  
滋賀大学経済学会 / 彦根論叢 Vol.329. 61-71

## Study on the Posture of Static Standing Balance in Infancy

Body Sway, Motor Development, Relevance of Foot Sole

Yukinori Shintaku

The posture of dynamic standing balance was analyzed primarily on the center of pressure. In stabilometry, the center of gravity in standing posture is considered as the center of pressure, and it (stabilometry) analyzes the functions of the visual, vestibular semi circular canal, and propriospinal reflex systems, and the central nervous system, which controls the propriospinal system. We assessed the posture of static standing balance using Length (LNG), which is one of the indicators of body sway.

We initially focused on the relevancy of static standing balance posture and motor development in 1038 children (boys and girls) aged 5. We hypothesized that stable standing posture in a basal plane and motor development is an effect of physical exertion-- in other words, stable static balance in a standing posture implies acquisition of motor development. Conclusions concerning the importance of physical exertion in childhood should be made by investigation of these bases. We divided all 1038 children into the following groups: Group 1 included those with the smallest LNG and a centre-of-gravity with the lowest instability, or the most stable centre-of-gravity; Group 2 included those who were moderately stable; group 3 included those with only slight stability; and group 4 comprised those who were

unstable. From one legged stance testing, a significant difference was observed between those with a short distance in centre-of-gravity instability, and the most stable group and slightly stable group ( $p < 0.05$  and  $p < 0.001$ , respectively).

In addition, in the one legged continuous hopping test, the length of instability in the center of gravity (LNG) was short, and it was suggested that the group having a short LNG and with excellent static balance is also superior in motor development of a one-legged jump. Additionally, the same result as the one legged stance was observed for repeated horizontal jump tests when comparing the stable group, who possessed excellent static balance, with the unstable group.

These results appear to show that muscular contraction through physical exertion stimulates the nerves and influences static balance in the static standing posture. The relationship between LNG and the arch of foot area was recognized as  $r = -0.10$ . Correlation between the arch of the foot area and the 25m run was noted as  $r = -0.13$  ( $p < 0.01$ ). The observed results are likely due to stimulation through physical exercise resulting in improved toe function, primarily in the metatarsophalangeal joint of the foot base.