

小学生の重心動揺に関する研究
—総軌跡長, 外周面積を指標として—

津山 薫*・大和 眞*・榎本 静香*・角 清一*・清田 寛*

(2004年5月31日受付, 2004年8月6日受理)

A Study on the Body Sway of Elementary School Children
—By Using the Total Length of the Body Sway and the Area of the Body Sway—

Kaoru TSUYAMA, Makoto YAMATO, Shizuka ENOMOTO,
Seiichi KADO and Hiroshi KIYOTA

The purpose of this study was to examine the relationship between the development of the equilibrium function shown by the body sway and the age in elementary school children, and to clarify the actual conditions of their body sway.

The subjects were 261 boys and 224 girls aged 6 to 11 years from an elementary school in Yokohama city.

The measurement items were height, body weight and body sway. These measurements were performed both in June, 2001 and in June, 2002. The body sway was measured during Romberg's upright posture for 60 sec with the eyes-opened and the eyes-closed by using a stabilometer (NEC Medical System Co., Ltd.), and then the total locus length and the area of the body sway were calculated using the software to analyze the body sway (version 3.16, NEC Medical System Co., Ltd.). Results were as follows.

1. The total lengths and the areas of the body sway with the eyes-opened and the eyes-closed tended to be larger in the 1st and the 2nd grade both in boys and in girls than those in other grades in the cross-sectional study. There was a significant difference only in the transition from the 1st grade to the 2nd grade both in boys and in girls in the longitudinal study, but there were no significant differences in other transitions.

2. There were no significant differences in the ratio of the body sway with the eyes-closed and with the eyes-opened among all grades.

It was suggested by this study that the development of the equilibrium function shown by the body sway tended to be faster until the 2nd grade in elementary school, and after that it tended to be slower. The actual conditions of the body sway of elementary school children were shown in this study.

Key words: elementary school children, body sway, total length of body sway, area of body sway

キーワード: 小学生, 重心動揺, 総軌跡長, 外周面積

I. 目 的

ヒトは生後約 52 週経つと, 支え歩きやつかまり

立ちをするようになり, やがて 2 本の足の裏で立つことが可能となる¹⁾が, 生後約 52 週頃の直立姿勢は

* 日本体育大学発育発達研究室

表1 被験者の身体的特徴

学年 (年)		年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)
1	M (n=49)	6.2±0.4	117.5±5.2	22.3±3.4	16.1±1.5
	F (n=55)	6.1±0.3	115.8±4.3	20.5±2.2	15.3±1.2
2	M (n=54)	7.1±0.3	123.1±4.9	24.3±3.6	16.0±1.6
	F (n=39)	7.0±0.2	119.6±5.4	23.2±4.0	16.1±1.9
3	M (n=55)	8.1±0.3	128.5±5.1	26.6±4.7	16.1±2.1
	F (n=45)	8.1±0.3	128.1±5.2	27.6±7.8	16.7±3.4
4	M (n=54)	9.1±0.4	133.1±5.5	28.8±4.5	16.2±2.0
	F (n=45)	9.0±0.2	134.1±5.9	29.2±5.6	16.2±2.4
5	M (n=49)	10.1±0.3	139.4±6.5	34.9±8.5	17.8±3.2
	F (n=40)	10.2±0.4	139.6±6.4	32.3±4.8	16.5±1.6

Mean±SD

M: males, F: females, BMI: body mass index

*: $p < 0.05$, N.S.: not significant

These data in Table 1 were measured in June, 2001.

成人と比較すると極めて不安定である。このような現象の生理的背景として山本は²⁾筋・神経系の発達程度の差異をあげ、直立時動揺を年齢別にみることは筋・神経系の調節機能の年齢的推移をみていることになると述べている。

ヒトは2本の足の裏で立つため、足底面に比較し重心の位置が高く物理的に不安定であるが、直立姿勢を維持することができるのは随意運動と不随意運動として視器、迷路、自己受容器からの感覚入力、神経路を介して中枢神経系で情報処理統合され、効果器である全身の骨格筋に適切な筋活動を起こす姿勢制御機構が働いているからである³⁾。

このようなヒトの平衡機能の指標の一つとして重心動揺の測定があり、これまで多くの研究が行われてきた^{2, 4~12)}。山本²⁾は20歳代から60歳代の計45名を対象に重心動揺を横断的に測定し、重心動揺の変化と年齢との関係について考察している。また木村ら¹²⁾は60歳から87歳の164名を対象に重心動揺を横断的に測定し比較・検討している。その結果をみると、重心動揺の指標である重心動揺軌跡長や重心動揺面積は加齢に伴い低下し、とくに80歳以降で顕著な低下を示したと報告している。

以上のように重心動揺に関する研究は横断的なものが多く^{2, 4~8, 10~12)}、縦断的な研究は少ないのが現状である⁹⁾。重心動揺の変化を縦断的に観察した研究には臼井ら⁹⁾の研究があるが、その研究では山梨県の山間に位置する小学校の児童を対象に、学校での素足生活が児童の重心動揺の発達に及ぼす影響に

ついて検討している。重心動揺の発達は地理的環境や社会的環境の違いにより影響を受けることが指摘されているが¹³⁾、臼井ら⁹⁾の研究以外に小学生の重心動揺の発達を縦断的に観察した研究はほとんどない。

そこで本研究では小学生の重心動揺を横断的かつ縦断的に測定・比較し、重心動揺によって示される平衡機能の発達と年齢との関係を検討することにより、その実態を明らかにし児童の発育発達に役立てることを目的とした。

II. 方 法

A. 対象

対象は横浜市立T小学校の1年生(男子49名, 女子55名), 2年生(男子54名, 女子39名), 3年生(男子55名, 女子45名), 4年生(男子54名, 女子45名), 5年生(男子49名, 女子40名)の計485名(男子261名, 女子224名)である。対象者の年齢, 身長, 体重, BMI (body mass index) は表1に示すとおりである。

B. 測定期間

測定は2001年6月に第1回目の測定を実施し、その1年後にあたる2002年6月に第2回目の測定をおこなった。

C. 測定項目および測定方法

測定項目は身長, 体重, 重心動揺とした。

1. 身長, 体重

身長, 体重の測定は日本人の体力標準値¹⁴⁾の測定

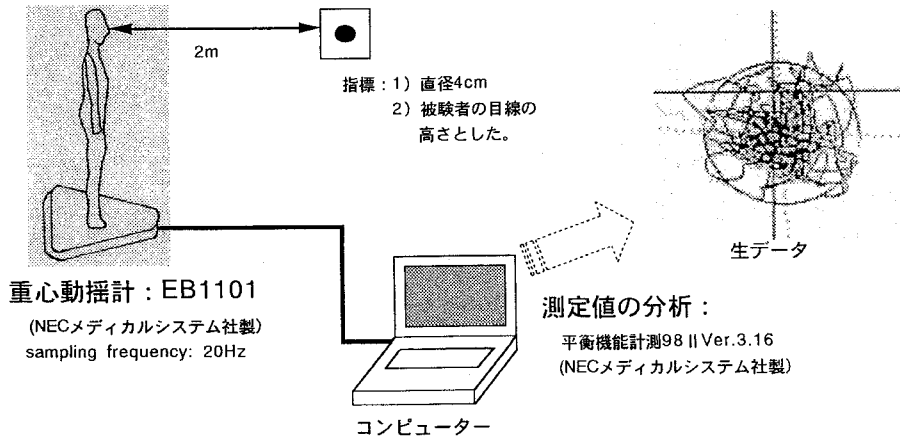


図1 重心動揺の測定

測定条件：

- 1) 測定は静かで明るさの均等な場所で行い、開眼および閉眼時の重心動揺を測定した。
- 2) 測定の際には、素足で両脚閉足（両足の内足縁を接する）の状態とし、両上肢は体側に接する位置とした。なお、測定時間は60秒間とした。
- 3) 測定はまず開眼で行いその後、座位で休息（3分間）をしたのちに閉眼の測定を実施した。

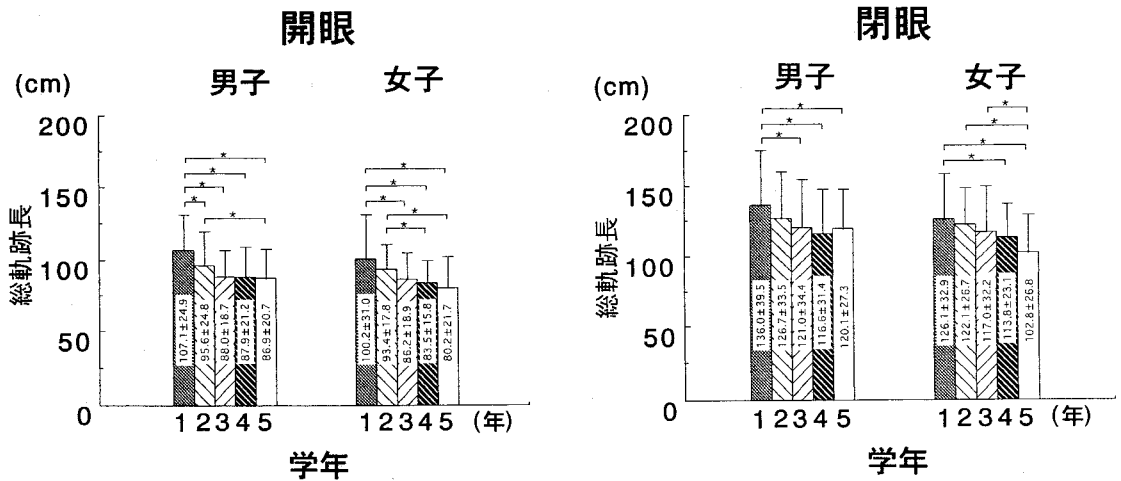


図2 開眼および閉眼時における総軌跡長の学年による比較 (2001)

(*: $p < 0.05$)

男子：1年 ($n=49$), 2年 ($n=54$), 3年 ($n=55$), 4年 ($n=54$), 5年 ($n=49$)
 女子：1年 ($n=55$), 2年 ($n=39$), 3年 ($n=45$), 4年 ($n=45$), 5年 ($n=40$)

方法に準じておこなった。

2. 重心動揺

重心動揺の測定は重心動揺計 (NEC メディカル社製 EB1101) を用い、日本平衡神経科学会が提示している重心動揺検査の規準¹⁵⁾に準じておこなった。

測定は静かで明るさの均等な場所で行い、開眼および閉眼時の重心動揺を測定した (図1)。測定の際

には被験者は素足で両脚閉足 (両足の内足縁が接する), 両上肢は体側に接する位置とし2m前方の指標 (直径4cm, 被験者の目線の高さ) を注視した。なお測定時間は60秒間とした。

測定はまず開眼で行い、その後に座位で3分間の休息をしたのちに閉眼の測定を実施した。記録は重心動揺が一定となった時点 (5秒前後) から開始した。重心動揺計で得られた重心動揺成分 (X成分,

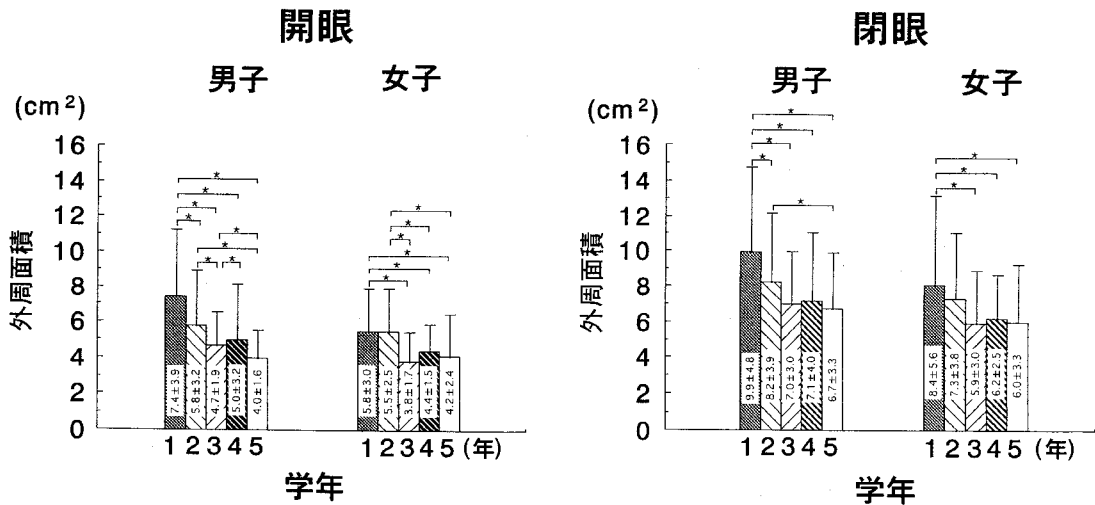


図3 開眼および閉眼時における外周面積の学年による比較 (2001)

(*: $p < 0.05$)

男子: 1年 (n=49), 2年 (n=54), 3年 (n=55), 4年 (n=54), 5年 (n=49)
 女子: 1年 (n=55), 2年 (n=39), 3年 (n=45), 4年 (n=45), 5年 (n=40)

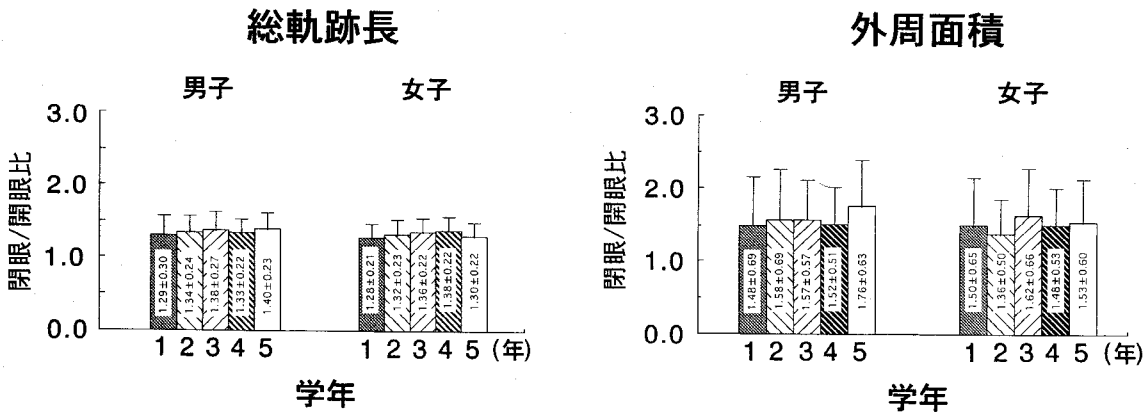


図4 総軌跡長および外周面積における閉眼/開眼比の学年による比較 (2001)

男子: 1年 (n=49), 2年 (n=54), 3年 (n=55), 4年 (n=54), 5年 (n=49)
 女子: 1年 (n=55), 2年 (n=39), 3年 (n=45), 4年 (n=45), 5年 (n=40)

Y成分)の信号はA/D変換器(12ビットの分解能)を介してコンピューターに取り込み,専用ソフト(平衡機能計測98II Ver3.16)を用いて,重心動揺軌跡長(以下,総軌跡長とする),重心動揺面積(以下,外周面積とする)を算出した。なお重心動揺計出力のsampling frequencyは20 Hzとした。

D. 分析方法

1. 横断的比較

総軌跡長, 外周面積, 開眼に対する閉眼の割合(閉眼/開眼比)をそれぞれ学年間で比較(図2~4)したが, その比較には2001年6月に測定したデー

タを用いた。

2. 縦断的比較

縦断的比較には2001年6月のデータと2002年6月に測定したデータを用いて, 総軌跡長, 外周面積, 閉眼/開眼比の1年間の変化を比較した(図5~7)。なお図には各学年における2001年6月から2002年6月の間の1年間の変化を便宜上, それぞれ1年(1年生から2年生に移行する期間), 2年(2年生から3年生に移行する期間), 3年(3年生から4年生に移行する期間), 4年(4年生から5年生に移行する期間), 5年(5年生から6年生に移行

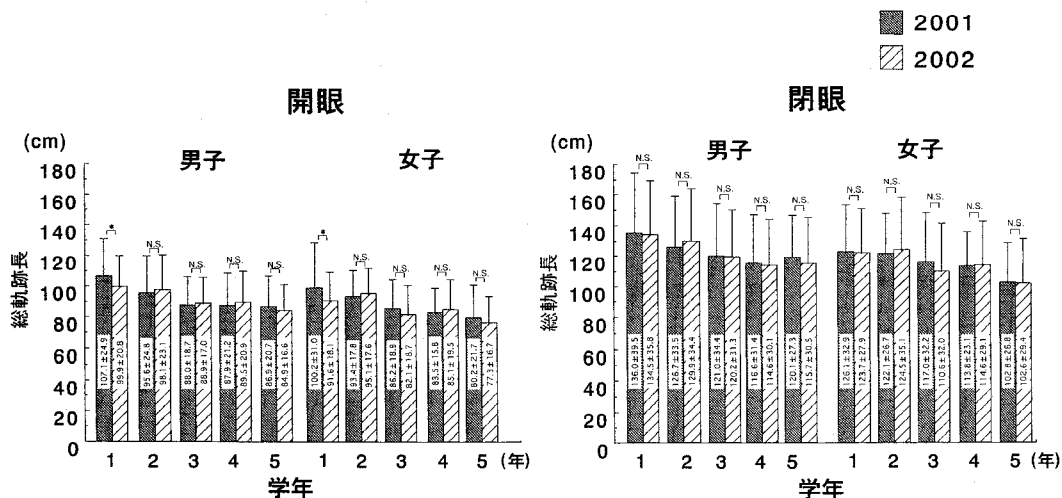


図5 開眼および閉眼時における総軌跡長の1年間の比較(2001~2002)
 (*: $p < 0.05$, N.S.: not significant)
 男子: 1年 ($n=49$), 2年 ($n=54$), 3年 ($n=55$), 4年 ($n=54$), 5年 ($n=49$)
 女子: 1年 ($n=55$), 2年 ($n=39$), 3年 ($n=45$), 4年 ($n=45$), 5年 ($n=40$)

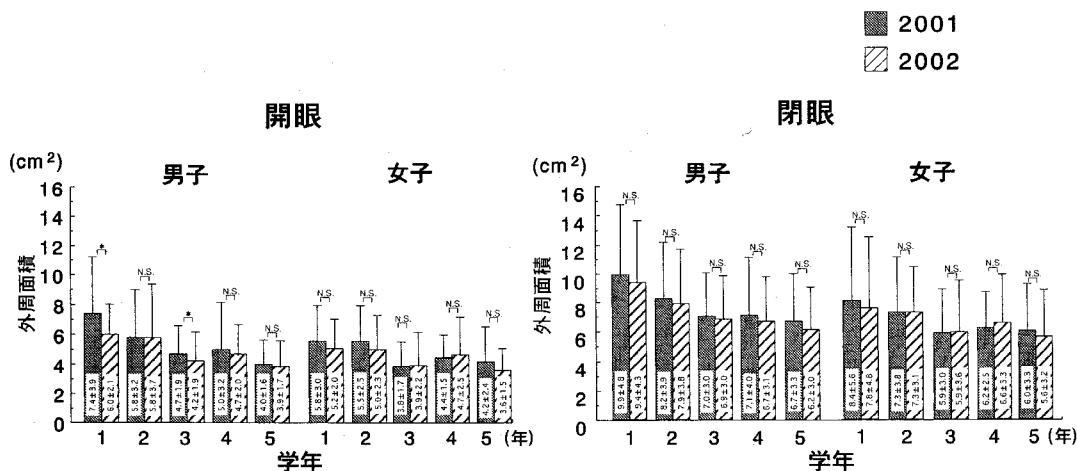


図6 開眼および閉眼時における外周面積の1年間の比較(2001~2002)
 (*: $p < 0.05$, N.S.: not significant)
 男子: 1年 ($n=49$), 2年 ($n=54$), 3年 ($n=55$), 4年 ($n=54$), 5年 ($n=49$)
 女子: 1年 ($n=55$), 2年 ($n=39$), 3年 ($n=45$), 4年 ($n=45$), 5年 ($n=40$)

する期間)と示した。

E. 統計処理

学年による総軌跡長, 外周面積, 閉眼/開眼比の横断的な比較(図2~4)には対応のない分散分析を使用し, 有意差が認められた場合の多重比較には Fisher's PLSD 法を用いた。また総軌跡長, 外周面積, 閉眼/開眼比の縦断的な比較(図5~7)には対応のある t 検定を用いた。なお本研究における結果の有意性についてはいずれの場合も危険率5%水準

以下を有意とした。

III. 結果

図2は開眼および閉眼時における総軌跡長を学年間で比較したものである。開眼での結果をみると, 男女とも1年生の値は3年生から5年生の値よりも有意に大きい値を示し, 男子では2年生と5年生, 女子においては2年生と4年生, 2年生と5年生の間で有意な差がみられ, 1, 2年生の総軌跡長は

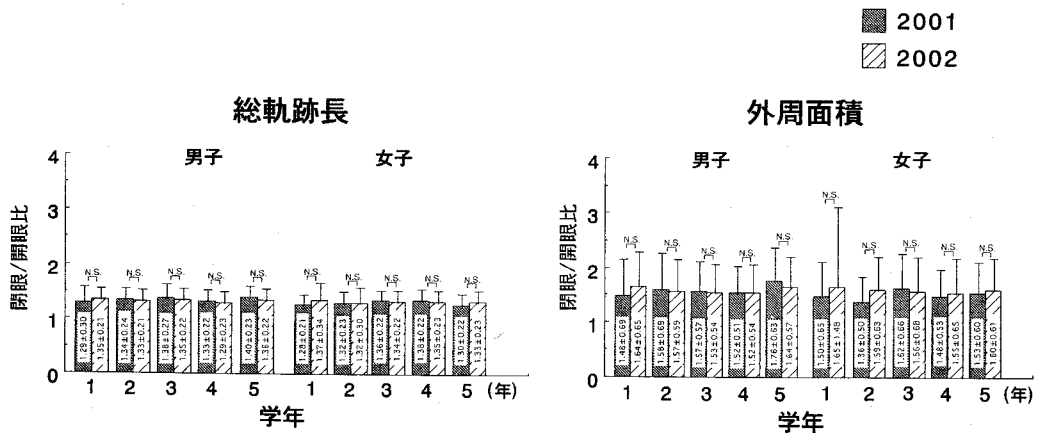


図7 総軌跡長および外周面積における閉眼/開眼比の1年間の比較(2001~2002)

(*: $p < 0.05$)

男子: 1年 ($n=49$), 2年 ($n=54$), 3年 ($n=55$), 4年 ($n=54$), 5年 ($n=49$)

女子: 1年 ($n=55$), 2年 ($n=39$), 3年 ($n=45$), 4年 ($n=45$), 5年 ($n=40$)

3年生から5年生の値よりも大きい傾向を示した。なお3年生から5年生の間では有意差は認められず、総軌跡長はほぼ一定であった。閉眼においても1年生男子の値は3年生から5年生の値よりも有意に大きく、女子でも1年生の値は4年生や5年生の値よりも有意に大きかった。さらに女子では2年生と5年生、3年生と5年生の間に有意な差がみられ、学年が進むにつれて徐々に小さくなる傾向を示した。このように総軌跡長は学年が進むにつれて小さくなる傾向を示し、とくに総軌跡長の変化は1年生から3年生の間で大きいことがわかった。

図3は開眼および閉眼時における外周面積を学年で比較したものである。開眼時の結果をみると、男女とも1年生の値は3年生から5年生の値よりも有意に大きかった。また男子では3年生と4年生(6.4%)、3年生と5年生(17.5%)の間で有意な差がみられたが、その差は1年生と2年生(27.6%)、2年生と3年生(23.4%)の間でみられた差と比べると小さかった。さらに女子をみると、1、2年生の値は3年生から5年生の値よりも有意に大きい値(25.0~52.6%)を示したが、3年生から5年生の間では有意な差は認められなかった。閉眼時の外周面積をみると、男女とも1年生の値が最も大きく次いで2年生が大きい値を示し、1、2年生の値は3年生から5年生の値よりも大きい傾向を示した。また3年生から5年生をみてみると、有意な差はいずれも認められず外周面積はほぼ一定であった。これらよ

り外周面積は開眼および閉眼とも1年生から3年生の間で変化が大きく、外周面積の変化は3年生以降では小さい傾向を示した。

図4は総軌跡長および外周面積における閉眼/開眼比を学年で比較したものである。結果をみると、総軌跡長および外周面積の閉眼/開眼比では有意な差は学年間でいずれもみられず、その割合は総軌跡長で約1.3~1.4、外周面積で約1.5~1.8でありほぼ一定であった。

図5は開眼および閉眼時における総軌跡長の1年間の変化を比べたものである。開眼では男子、女子とも1年生(1年生から2年生に移行する期間)でそれぞれ総軌跡長が6.7%、8.6%減少し有意差を認めたが、その他ではいずれも有意な差はみられなかった。一方、閉眼では男女とも有意な変化はいずれの学年においても認められなかった。このように総軌跡長の変化は閉眼よりも開眼で大きい傾向がみられ、とくにその変化は1年生から2年生に移行する際に最も大きいことが示された。

図6は開眼および閉眼時における外周面積の1年間の変化を比較したものである。結果をみると、開眼では男子の1年生(1年生から2年生に移行する期間)と3年生(3年生から4年生に移行する期間)でそれぞれ有意な変化が認められ(1年生: 19.1%減少, 3年生: 9.2%減少)、とくに1年生(1年生から2年生に移行する期間)で変化の大きいことがわかった。また女子では有意な差は認められな

かったものの、1年生（1年生から2年生に移行する期間）と2年生（2年生から3年生に移行する期間）では外周面積がそれぞれ10.5%、11.5%小さくなる傾向を示した。一方、閉眼ではいずれの学年においても有意な変化は認められなかった。

図7は総軌跡長および外周面積における閉眼/開眼比の1年間の変化を比較したものである。結果をみると、総軌跡長および外周面積の閉眼/開眼比では有意な変化はいずれの学年においてもみられず、閉眼/開眼比は学年による影響をほとんど受けずほぼ一定であることが示された。

IV. 考察

ヒトは2本の足の裏で立ち歩行するが、これはヒトを他の動物と区別する大きな要因の一つである¹⁶⁾。その直立姿勢は四足位に比べて重心位置が高く、基底面が狭いなどの物理的に不安定な条件をもっているため直立時においては微妙な身体動揺が生じている⁵⁾。そのため、中枢神経系は直立姿勢を維持するために末梢受容器から感覚情報を取り入れて統合処理し、抗重力筋を中心とした筋肉系を巧みに調節して身体動揺を最小限に保つように姿勢調節をおこなっている⁵⁾。

このようなヒトの平衡機能を捉える一つの指標として重心動揺がある。重心動揺検査は直立姿勢に現れる身体動揺を重心の揺れで捉え、直立姿勢を安定的に維持する機構：1) 視覚系、迷路系、体性感覚系、脊髄固有反射系より開発される姿勢反射、とくに立ち直り反射、迷路性筋緊張、2) 小脳協同運動調節系、3) 大脳基底核などの筋緊張調節系、を検査するものである¹⁷⁾。

中村⁵⁾は4歳から15歳までの男女264名を対象に重心動揺を横断的に測定・比較し年齢の変化と重心動揺との関係について検討している。その結果をみると開眼時および閉眼時の外周面積は年齢が進むにつれて減少する傾向を示し、とくに開眼時の4歳群と5歳群、6歳群と7歳群の間に有意差を認め、9歳群から15歳群ではどの年齢群間においても有意な差がみられなかったことを示している。平沢¹⁸⁾は2歳から96歳までの健康男子2,517名、女子2,273名を対象に横断的に外周面積の変化と年齢との関係を検討しているが、その結果をみると外周面積は9歳頃までに大きく改善され10歳以降ではそ

の変化が小さく、その後ゆっくりと成人の値に近づいていき20歳では外周面積が最も小さくなることを報告している。本研究では小学校1年生から5年生の総軌跡長および外周面積を横断的かつ縦断的に観察したが、とくに総軌跡長および外周面積の変化は1年生から2年生（6,7歳から7,8歳）に移行する際に大きく、3年生以降（8,9歳）では大きな変化はみられず中村⁵⁾や平沢¹⁷⁾とほぼ同様な結果が得られた。Scammon¹⁹⁾は出生後20歳に至るまでの臓器別発育過程を示しているが、その中で神経系の発育は他の一般臓器の発育と比較して特異な変化を示すことを明らかにしている。すなわち神経系の発達は出生後著しく増大し5,6歳頃には成人の80%以上にも達し12,13歳頃にはほぼ成人の値にまで達することを示している。本研究や平沢の結果¹⁷⁾をみても重心動揺の発達は小学校の低学年の頃までに大きく、それ以降は小さく緩やかな傾向であり、その発達傾向はScammon¹⁹⁾が示した神経系の発育傾向と類似している。Hellebrandt and Braun²⁰⁾は3歳から86歳までの直立時動揺を記録し、成人の直立時動揺が幼児および老人よりも小さい傾向にあることを報告しているが、その差異の原因として筋力および神経系の発達の程度、形態および心理的因子をあげている。Shambes²¹⁾は4歳児と8歳児に各種の姿勢を保持させたときの筋電図と重心動揺を調べているが、4歳児では活動している筋が多く重心動揺も大きいことを報告している。そして年齢とともに神経支配が分化しそれに加えて統合作用が進むことにより不必要な筋活動は減少し重心動揺が少なくなるとしている。また平沢¹⁸⁾は直立能力とは前庭・視器・筋紡錘などの受容器と筋・骨格系などの効果器をつなぐ中枢および末梢神経系などの器官の諸機能の統合としての能力であると述べている。このような研究結果からも重心動揺の変化と神経系の発達とは密接な関係にあることは明らかであり、重心動揺の発達には神経系の発育発達が重要な因子になっていることが考えられる。平沢は¹⁸⁾長野県下伊那郡、静岡県焼津市、神奈川県横浜市のそれぞれの小学校を対象に重心動揺を横断的に測定し、重心動揺の発達と地域との関係について検討している。その結果をみると外周面積は山間に位置している下伊那郡の小学校で最も小さく、ついで焼津市の小学校、そして横浜市の小学校の順であったと報告して

いる。このように重心動揺に差がみられた原因として、平沢¹⁸⁾は山間に位置する下伊那郡の小学校では通学時間が平均1時間であり、さらに標高差が400mの険しい山路を通学する地区であったため、生活環境や通学条件が心身に著しい影響を及ぼし、下伊那郡の小学校では重心動揺の発達が都市部に位置する横浜市の小学校に比べて速かったのではないかと考察している。

重心動揺の発達と年齢との関係を検討した研究結果を考慮すると、地理的環境や社会的環境によりその発達傾向はやや変化することは考えられるものの、一般に重心動揺の発達は小学校の低学年の頃までが大きく、それ以降の変化は小さく徐々に発達していくものと考えられた。

中村⁵⁾は4歳から15歳までの男女264名を対象に総軌跡長および外周面積の閉眼/開眼比を示しているが、その結果をみるとその割合は約1.5から2でありいずれの年齢群間においても有意な差はみられなかったことを認めている。木村ら¹²⁾は健常な60~87歳の男女を対象に重心動揺を測定し閉眼/開眼比を算出しているが、それによると総軌跡長では1.4、外周面積では1.7であったことを報告している。一方、岡部²²⁾は脊髄障害と末梢神経障害で閉眼時動揺が著しく増加し、動揺面積の閉眼/開眼比は4以上、さらに小脳失調者では閉眼/開眼比が3.4であり、健常者に比べて閉眼/開眼比が大きかったことを報告している。本研究では健常な小学生を対象に重心動揺を測定したが、閉眼/開眼比はそれぞれ総軌跡長で約1.4、外周面積で約1.8であり中村⁵⁾や木村ら¹²⁾とほぼ同様な値を示した。このように閉眼時の重心動揺は開眼時に比べて大きく、先行研究の結果^{2, 4, 7, 23)}と同様な結果が得られた。さらに、その割合(閉眼/開眼比)は年齢によって変化することはほとんどなくほぼ一定であることが示され、視覚系あるいは視覚系以外の要素のどちらか一方が急激に発達することは少ないことがわかった。

これらの結果より閉眼時の重心動揺は開眼時に比べて大きい値を示すが、閉眼/開眼比は年齢による影響が少なく、とくに小学生の閉眼/開眼比は本研究の結果をみても年齢による影響を受けることがほとんどなくほぼ一定であることが示された。

V. ま と め

本研究では横浜市立T小学校の1年生(男子49名、女子55名)、2年生(男子54名、女子39名)、3年生(男子55名、女子45名)、4年生(男子54名、女子45名)、5年生(男子49名、女子40名)の計485名(男子261名、女子224名)を対象に身長、体重、重心動揺を2001年6月と2002年6月にそれぞれ測定し、小学生の重心動揺を横断的かつ縦断的に測定・比較した。結果は以下に示すとおりである。

1. 総軌跡長および外周面積の変化を横断的にみた結果、総軌跡長および外周面積は学年が進むにつれて小さくなる傾向を示し、その変化は1年生と2年生、2年生と3年生の間で差が大きく3年生から5年生の間では大きな変化はみられなかった。さらに総軌跡長および外周面積の変化を縦断的にみた結果、その変化は1年生から2年生に移行する際に大きい傾向を示し、総軌跡長では男女とも1年生(1年生から2年生に移行する期間)で有意な差が認められた。これらの結果より総軌跡長および外周面積の変化は小学校の2年生の頃までに大きく、それ以降の変化は小さく緩やかな傾向であることが示された。

2. 総軌跡長および外周面積の閉眼/開眼比を学年間で比較した。その結果、総軌跡長および外周面積の閉眼/開眼比はそれぞれ約1.4、約1.8であり閉眼時の重心動揺は開眼時のものに比べて大きい値を示したが、その割合(閉眼/開眼比)は学年間でいずれも有意な差を認めなかった。これらより閉眼/開眼比は年齢による影響を受けることは少なく、ほぼ一定であることがわかった。

以上より小学生の重心動揺の実態が明らかとなり、重心動揺の発達は小学校の低学年の頃までが大きく、それ以降の発達は小さく緩やかであることが示された。(本研究は日本発育発達学会第2回大会において発表した。)

文 献

- 1) Gesell, A. L. and Amatruda, C. (新井清三郎訳): 新発達診断学 第3版, 日本小児医事出版社, 東京, p. 11 (1986).
- 2) 山本高司: 直立時動揺の年齢による変化. 体力科学, 28, 249-256 (1979).
- 3) 伊藤八次, 宮田英雄: めまいの検査法 体平

- 衡機能検査の意義—Mann 検査, 重心動揺検査, 足踏検査—, 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 Mook, **21**, 76-84 (1992).
- 4) 平林千春, 田口嘉一郎: 小児の発育に伴う重心動揺の定量的変動. *Equilibrium Res.*, **44**, 252-256 (1985).
 - 5) 中村稔堯: 児童の平衡機能の発達について—重心動揺検査を通して—. 神戸大学発達科学部研究紀要, **4**, 1-21 (1997).
 - 6) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦, 小山吉明: 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**, 385-400 (1982).
 - 7) 鷺見勝博, 渡辺丈真, 小林章雄, 竹島伸生, 鈴木雅裕, 村松常司, 前田 清, 加藤孝之: 重心動揺の年齢ともなう変化について. *日本老年医学会雑誌*, **25**, 296-300 (1988).
 - 8) Usui, N., Maekawa, K. and Hirasawa, Y.: Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, **37**, 985-996 (1995).
 - 9) 臼井永男: 学校での素足生活が児童の直立時安定保持能力の発達に及ぼす影響. *デサントスポーツ科学*, **16**, 50-61 (1995).
 - 10) 渡部和彦, 浅見高明, 朝比奈一男: 姿勢制御からみた調整力の研究 III 幼児・児童の年齢別変化とその特徴. *体育科学*, **5**, 139-145 (1977).
 - 11) 小山吉明, 藤原勝夫, 池上晴夫: 幼児の立位姿勢における身体動揺. *姿勢研究*, **2**, 79-85 (1982).
 - 12) 木村みさか, 奥野 直, 岡山寧子, 田中靖人: 高齢者の立位姿勢保持能に関する一考察. *体育科学*, **26**, 103-114 (1998).
 - 13) 平沢彌一郎: スタシオロジー (6)—児童の直立能力の発達と生活環境. 静岡大学教養部研究報告 (自然科学編), **10**, 47-70 (1974).
 - 14) 東京都立大学体育学研究室: 日本人の体力標準値, 4 版, 不昧堂出版, 東京 (1989).
 - 15) 日本平衡神経学会: 重心動揺検査の基準. *Equilibrium Res.*, **42**, 367-369 (1983).
 - 16) 臼井永男: 重心動揺の発達の变化. *理学療法科学*, **10**, 167-173 (1995).
 - 17) 時田 喬, 大橋伸一: 神経耳科学 II, 直立検査, 金原出版, 東京, pp. 12-24 (1985).
 - 18) 平沢彌一郎: 日本人の直立能力について. *人類誌*, **87**, 81-92 (1979).
 - 19) Scammon, R. E.: The measurement of man. In: Harris, J. A., Jackson, C. M. Paterson, D. G. and Scammon, R. E., *The Measurement of the Body in Childhood*, Univ. Minnesota Press (1930).
 - 20) Hellebrandt, F. A. and Braun, G. L.: The influence of sex and age on the postural sway of man. *Am. J. Phys. Anthropol.*, **24**, 347-360 (1939).
 - 21) Shambes, G. M.: Static postural control in children. *Am. J. Phys. Med.*, **55**, 221-252 (1976).
 - 22) 岡部多加志: 神経内科領域における二次元重心動揺記録装置の臨床的応用. *慶応医学*, **52**, 265-277 (1975).
 - 23) 坂口正範: 小児の重心動揺および頭部動揺の年齢的変動. *Equilibrium*, **48**, 341-350 (1989).