



**札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor***

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	健常学齡児の平衡機能に関する研究
Author(s)	瀧澤, 聡; 仙石, 泰仁; 中島, そのみ; 館, 延忠
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要, 第 7 号: 85-90
Issue Date	2004 年
DOI	10.15114/bshs.7.85
Doc URL	<a href="http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/4900">http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/4900</a>
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192785.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

## 健常学齡児の平衡機能に関する研究

瀧澤 聡<sup>1</sup>, 仙石 泰仁<sup>2</sup>, 中島そのみ<sup>2</sup>, 館 延忠<sup>2</sup>

健常の小学校の児童を低学年群（7歳と8歳）、中学年群（9歳と10歳）、高学年群（11歳と12歳）に分けて、平衡機能を比較検討した。対象となったのは、札幌市立M小学校に在籍する学級担任が体育科目で優れた児童と評価した、低学年群（38名）、中学年群（36名）、高学年群（38名）、計112名であった。重心動揺検査の結果、加齢に伴い、開眼・閉眼両条件で動揺面積や軌跡長が漸次減少するものの、統計的な有意差は認められなかった。しかし、開眼・閉眼条件間では全ての学年群で有意さが認められ、また、加齢に伴い測定値のばらつきも少なくなり、更に、動揺面積に比べると軌跡長の成熟が早い傾向が認められた。本研究結果からは、学齡期における重心動揺は、幼児期のような著しい減少傾向はないが、成人がとる値に向けて個人差が減少しながら接近していくという特徴が考えられた。また、重心動揺検査で測定される平衡機能の成熟過程が、被験者の発育や前庭感覚、固有感覚、視覚機能の成熟を適切に反映している可能性が示唆された。

<キーワード> 健常学齡児, 平衡機能, 重心動揺検査

### The study of equilibrium function in normal primary school students

Satoshi TAKIZAWA<sup>1</sup>, Yasuhito SENGOKU<sup>2</sup>, Sonomi NAKAJIMA<sup>2</sup>, Nobutada TACHI<sup>2</sup>

The equilibrium function of normal primary school students divided into three groups—lower grade (age 7 and 8, total 38), middle grade (age 9 and 10, total 36), and higher grade (age 11 and 12, total 38) – was studied using stabilometry. The (total 112) students were evaluated by the teachers as rating high in athletic ability. The results showed that a difference in the length and area of movements of the center of gravity between eyes open testing and eye closed testing was significantly large. However there were no differences noted in tests. The interesting features of these results were that, firstly, the score of the eyes closed testing was larger than that of the eye open testing; secondly, the older the students, the more the score gradually decreased in both tests; and thirdly, the maturity of the testees (those with high athletic ability) was more outstanding than that of other study reports. The first and second resulting features were similar to the other study reports. The third resulting feature suggests that students' growth and athletic ability might affect this.

*Key words:* Normal primary school students, Equilibrium function, Stabilometry

Bull.Sch.Hlth.Sci. Sapporo Med.Univ. 7 : 85 (2004)

### I. はじめに

ヒトの平衡機能の測定方法は、体平衡機能検査、眼振検査、迷路刺激反射、視刺激反射に大別されている。その中でも体平衡機能検査は運動発達との関連が深いことが知られており、リハビリテーションのみならず学校教育の現場でも子どもの発達状況を確認する手段として利用される事の多い検査である。

重心動揺検査は体平衡機能検査の静的平衡機能を測定す

る検査の一つであり、立位姿勢保持時の身体重心の揺れの速さ・方向性・集中度合を継時的に測定し、症状の客観的評価を行える有用な測定方法である。重心動揺計は、被験者が検出台上に直立し彼らの身体動揺を台座にある荷重検出計で荷重の変化を測定するため、その測定値は床反力の変化を示し、実際には足圧中心点の移動を記録している。しかし、記録された値は重心動揺を的確に反映しており、一般的には重心動揺と同義に捉えられており<sup>8)</sup>、本研究でもそれに従うものとする。この重心動揺の検査方法は、直立

札幌医科大学大学院保健医療学研究科理学療法学・作業療法学専攻感覚統合障害学分野<sup>1</sup>、札幌医科大学保健医療学部作業療法学科<sup>2</sup>

瀧澤聡, 仙石泰仁, 中島そのみ, 館延忠

著者連絡先: 瀧澤聡 〒060-8556 札幌市中央区南1条西17丁目 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

姿勢を一定時間とり続けなければならず、姿勢保持の耐久性や検査中の集中性が必要とされ、一般的には15歳から16歳以降でなければ正確に測定できないとされている。その一方で、発達的な観点からの幼児や学齢児を対象とした研究も散見され、健常児では一定の発達的变化を示す傾向も報告されている<sup>1)~5)</sup>。

しかし、学齢児に関する研究は10年から20年前の研究であり、近年の児童の体力や運動機能の低下、それとは反比例するように身長と体重は増加する傾向との関連からの報告はない。平衡機能はそれらの現象と密接な関連が指摘されており<sup>1)</sup>、現在の児童における平衡機能について発育や運動能力の条件を統制し研究する意義は大きいと思われる。

本研究では、学校教育の中で運動能力が比較的優れていると判断された学齢児を対象に、その平衡機能の特性を重心動揺検査を用いて分析してすることを目的として行う。

## II. 方 法

### 1. 対象

対象はS市にあるM小学校（児童数658名、19学級、職員数37名（2003年4月現在））の児童120名である。対象児の選定基準として聴覚障害、視覚障害、身体の障害を有さず健康であること、教科の体育の成績が3段階評価「たいへんよい、よい、がんばりましょう」で、「たいへんよい」と評価されている児童を、各学年から20名ずつ（男子10名、女子10名）それぞれの学級担任に抽出してもらった。検査を実施するにあたり、選定された児童の保護者に研究協力のための同意書の提出を求め、同意が得られた児童のみ対象とした。また、研究協力の拒否者が出た場合は、再度上述した基準に従って同様の手続きをした。

### 2. 重心動揺検査の方法

#### 1) 測定環境

M小学校内にある通級指導教室の1室を使用した。教室の大きさは横380cm、縦800cm、高さ300cmで、中央に間仕切りとなる移動用の壁を設置し縦の長さを400cmとし実施した。重心動揺計を検査室のほぼ中央に設置し、児童の心理的緊張を発生させないように、また児童が検査に最大限集中するように、検査室の壁面や窓には白いカーテンで覆った。検査の実施期間は、2003年2月から5月であった。検査の時間帯として、本校の中休み時間（午前10:20~10:45）を設定した。検査に際しては、検査前に体育などの激しい身体活動を行っていないことを条件とした。

#### 2) 測定方法

重心動揺の測定は、日本平衡神経学会の検査基準に従った。被験者は裸足、ロンベルグ姿勢で直立させた。

表1. 検査項目

検査項目 (全5項目)	内 容
外周面積	軌跡の外周に囲まれた面積
X軸とY軸方向の総軌跡長XY	1分間の身体の総移動距離
単位軌跡長	1秒間の平均軌跡長
単位面積軌跡長	60秒間直立の総軌跡長を外周面積で除した値
重心動揺実効値 (RMS)	重心動揺の集中している円の半径

開眼では2m前方で目の高さに合わせた一辺が1.5cmの正方形の赤い固定指標を注視させ、閉眼では軽く眼瞼を閉じさせた。重心動揺計（日本電気三栄製1G06）の検査台上での開眼、閉眼各々60秒間の動揺を、AD変換器を介してパーソナルコンピューター（FMV-BIBLONUⅢ13）にサンプリング率20Hzで入力した。AD変換器の分解能は12ビットで、入力した動揺記録を三栄製プログラムを使って解析した。

### 3) 検査項目

検査項目は、外周面積、総軌跡長、単位軌跡長、単位面積軌跡長、重心動揺実効値の5項目について分析を行った。それぞれの項目の詳細については表1に示した。

### 4) 解析方法

分析には低学年群（7歳と8歳、男子20名、女子20名、計40名）、中学年群（9歳と10歳、男子20名、女子20名、計40名）、高学年群（11歳と12歳、男子20名、女子20名、計40名）に分け、各学年群および男女の比較を行った。それぞれの学年群で重心動揺検査項目について平均値と標準偏差を算出するとともに、分散分析を行い有意な差（ $P < 0.05$ ）を求めた。

## III. 結 果

### 1. 有効対象者数

対象児の内8名が検査が最後まで試行できなかったり、集中ができず適切なデータが測定できなかった。従って測定時間の60秒間をロンベルグ姿勢で、開眼・閉眼ともに姿勢を維持することができた112名が有効対象者となった。内訳は低学年群38名（男子19名、女子19名）、中学年群36名（男子17名、女子19名）、高学年群38名（男子19名、女子19名）であった。

### 2. 身体発育状況

身長と体重は表2に示すように、加齢に伴い増加し身長および体重ともにすべての群間に有意差（ $P < 0.05$ ）

表2. 身長と体重

	身長 (cm)			体重 (g)		
	低学年群	中学年群	高学年群	低学年群	中学年群	高学年群
M小学校 (2003)	127.1	139	150.4	26.6	36.3	42.8
全国平均 (2003)	119.15	130.7	142.875	22.775	29.125	37.25

表3. 各測定項目の結果

	外周面積 (cm <sup>2</sup> )		総軌跡長 (cm)			単位軌跡長 (cm/s)			RMS (cm <sup>2</sup> )		単位面積軌跡長 (cm)	
	開眼	閉眼	開眼	閉眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼	
男子 低学年群	3.6±1.7	5.6±4.2	73.6±16.8	94.0±34.4	1.2±0.2	1.4±0.6	2.2±0.9	2.2±0.8	22.8±7.1	19.8±6.3		
中学年群	4.2±1.6	6.6±3.0	76.7±11.8	102.6±27.7	1.0±0.2	1.7±0.4	1.8±0.7	2.1±0.9	20.9±9.5	18.7±10.6		
高学年群	3.2±1.0	4.5±2.0	65.6±11.3	90.2±24.2	1.0±0.1	1.5±0.4	2.2±1.0	2.5±0.8	21.4±6.4	21.5±5.4		
女子 低学年群	4.7±3.0	6.6±3.8	70.9±22.1	100.2±33.2	1.1±0.1	1.6±0.5	1.8±0.9	2.1±0.7	18.2±6.2	18.3±7.6		
中学年群	3.3±1.9	4.4±3.0	61.9±14.1	77.3±19.0	1.0±0.2	1.2±0.3	2.4±1.0	2.4±0.9	21.9±7.7	20.7±7.0		
高学年群	4.0±2.0	5.3±2.9	63.7±14.6	91.8±9.1	1.0±0.2	1.5±0.4	2.2±1.1	2.4±0.9	19.4±9.8	20.5±9.5		
男女 低学年群	4.2±2.5	6.1±3.9	72.4±19.3	96.9±33.0	1.2±0.3	1.5±0.6	2.2±0.8	2.0±0.9	20.4±7.0	19.0±7.0		
中学年群	3.7±1.8	5.4±3.1	68.9±14.9	89.2±26.5	1.1±0.2	1.4±0.4	2.2±0.9	2.0±0.8	21.4±8.5	19.8±8.8		
高学年群	3.6±1.6	4.9±2.5	64.6±12.9	91.0±26.4	1.0±0.2	1.5±0.4	2.5±1.0	2.3±0.9	20.4±8.2	21.0±7.6		

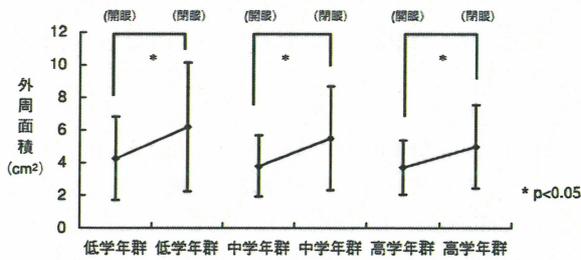


図1 外周面積

低学年群 (男子N=19名、女子N=19名)、中学年群 (男子N=17名、女子N=19名)、高学年群 (男子N=19名、女子N=19名)

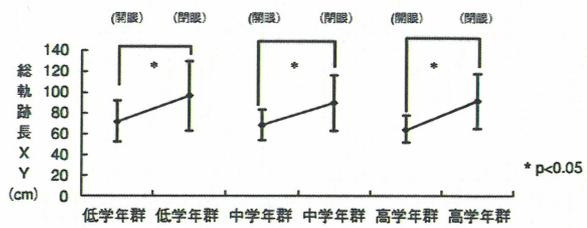


図3 総軌跡長 X Y

低学年群 (N=38名)、中学年群 (N=36名)、高学年群 (N=38名)

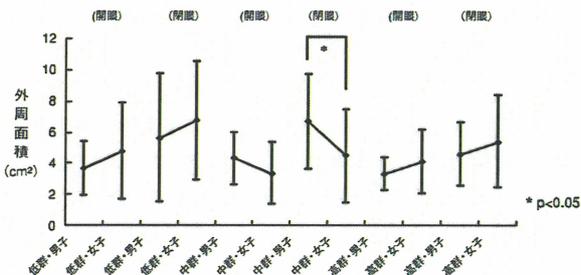


図2 外周面積の開眼・閉眼条件における各学年の男女差  
低学年群 (男子N=19名、女子N=19名)、中学年群 (男子N=17名、女子N=19名)、高学年群 (男子N=19名、女子N=19名)

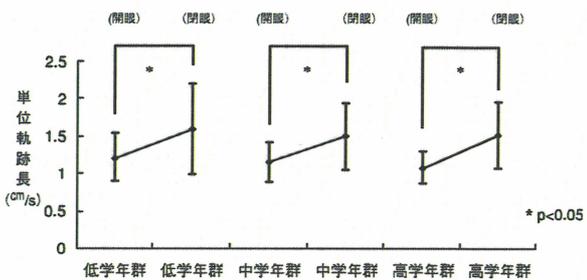


図4 単位軌跡長

低学年群 (N=38名)、中学年群 (N=36名)、高学年群 (N=38名)

があった。

### 3. 重心動揺検査

重心動揺検査の測定値を表3に示した。外周面積について、各学年における開眼条件と閉眼条件の値の比較では(図1)、低学年群から高学年群にかけて開眼・閉眼ともにそれらの値が漸次減少傾向を表していた。いずれの群においても閉眼条件下の値が高く有意差が認められた(P<0.05)。男女差では(図2)、学年間、開眼・閉眼条件間でばらつきがあり、閉眼条件の中学年群で有意差はあるものの一定の傾向は認められなかった。

総軌跡長の各学年における開眼条件と閉眼条件の比較(図3)では、低学年群から高学年群にかけて開眼条件・閉眼条件での値で漸次減少傾向がみられた。全体的

には開眼条件と閉眼条件の値の比較で外周面積と同じくいずれも有意差があった(P<0.05)。

単位軌跡長における各学年の開眼条件と閉眼条件の値の比較(図4)では、低学年群から高学年群にかけて開眼条件での値で漸次減少傾向がみられたが、閉眼条件下では認められなかった。開眼と閉眼のそれぞれの条件の間では有意差(P<0.05)が認められた。男女差については、中学年群において有意差はあるものの一定の傾向は認められなかった。

RMSと単位面積軌跡長に関して、開眼条件と閉眼条件の比較をしたが、両条件下での各学年間でいずれも有意差が認められなかった。

IV. 考 察

1. 身体発育状況

重心動揺には身長、体重などの身体要因が関連することが報告されており<sup>1)</sup>、本研究対象者の身体発育特徴を、現在および過去の同年齢の児童との比較から示す必要がある。2003年に文部科学省が示した「学校保健統計調査」<sup>6)</sup>によると、身長の全国平均は、低学年群が119.15cm、中学年群が130.7cm、高学年群が142.875cm、体重の全国平均は、低学年群が22.775g、中学年群が29.125g、高学年群が37.25gである事が報告されている。本研究における被対象者群と全国平均の差では、身長では8cm前後、体重では3.9~7.2gの範囲で本研究対象児で有意に大きく、本研究では身体成熟の比較的早い子どもを対象にしていると考えられた。

2. 重心動揺面積と重心動揺距離

重心動揺面積(表4)は、身体の揺れの範囲を示す指標であるが、児童では正確な測定値に関する報告が少なく平沢<sup>7)</sup>が報告した平均値のみの年齢別推移では、外周面積の開眼条件(7歳~12歳)は男子が2.5~5.8cm<sup>2</sup>、女子が3.1~4.9cm<sup>2</sup>の範囲であった。また、小島<sup>1)</sup>の報告では男子が3.5~12cm<sup>2</sup>、女子が6~8.5cm<sup>2</sup>の範囲、坂口<sup>2)</sup>は4~17cm<sup>2</sup>の範囲(7歳~12歳)と報告している。また本研究と同様の年齢幅で研究を行っている水田<sup>3)</sup>は、開眼条件における外周面積が、低学年群で5.0±2.0cm<sup>2</sup>、中学年群で3.1±1.6cm<sup>2</sup>、高学年群で3.2±1.0cm<sup>2</sup>であったことを示している。一方、健常成人では日本平衡神経科学会<sup>9)</sup>が参考値として提示している外周面積の正常値では、20代の男女で、2.07±0.96cm<sup>2</sup>、1.82±0.82cm<sup>2</sup>、八木<sup>10)</sup>の報

告では、1.88±0.53cm<sup>2</sup>、1.96±0.37cm<sup>2</sup>とされている。先行研究と今回の結果を比較すると、全学年群における外周面積の範囲では1.7~6.7cm<sup>2</sup>とバラツキが少ないこと、また、学年別では水田の報告とほぼ同様の結果ではあるものの、低学年群では重心動揺面積が狭い傾向にあった。健常成人との比較では高学年群で3.6±1.6cm<sup>2</sup>であり健常成人の水準には達していないことが推測され、成熟過程を分析するためには、中学生以降の測定も行う必要性があることが考えられた。

RMSは、外周面積と同様に身体の揺れの範囲を示すが、仙石ら<sup>3)</sup>は軽度発達障害リスク児群と健常幼児群(いずれも4歳~6歳)の重心動揺検査の結果から、外周面積において明確な健常成人との差があるが、逆にRMSではそれが近似していたことより、リスク児群では、多くの一過性の動揺があったと推測した。本研究において、開眼条件下での学齢児のRMS測定値の範囲は1.3~3.5cm<sup>2</sup>であった。これは仙石らの示した健常幼児群が0.5~2.0cm<sup>2</sup>、リスク児群が0.91~1.93cm<sup>2</sup>より広い値であった。さらに本研究結果のRMSでの学年間の差は認められず、一過性の動揺は少なかったことがその要因と考えられた。

重心動揺距離(表5)は身体の揺れの大きさを示す指標であり、坂口<sup>2)</sup>の報告では正確な測定値が記載されていないものの、総軌跡長の開眼条件(7歳~12歳)で、50~105cmの範囲であるとしている。近年の報告では宇野<sup>11)</sup>が6歳から11歳の児童で行った研究で、開眼条件で107.82±13.59cmとしている。一方、総軌跡長の健常成人における開眼条件での報告として、日本平衡神経科学会<sup>9)</sup>の正常値としては20歳代男女それぞれ76.8±17.4cm、72.3±17.4cm、八木<sup>10)</sup>の報告で20歳代男女で76.3±9.07cm、69.8±4.78cmという結果であった。一秒間の移動距離であ

表4. 外周面積(開眼条件)の比較(cm<sup>2</sup>)

	本研究	平沢(1979)	小島(1980)	坂口(1989)	水田(1993)	日本平衡神経科学会(1995)	八木(1989)
男子	1.9~5.8	2.5~5.8	3.5~12				
女子	1.4~7.7	3.1~4.9	6~8.5				
男女 低学年群	4.2±2.5			4~17	5.0±2.0		
中学年群	3.7±1.8				3.1±1.6		
高学年群	3.6±1.6				3.2±1.0		
20代男						2.07±0.96	1.88±0.53
20代女						1.82±0.82	1.96±0.37

表5. 総軌跡長(開眼条件)・単位軌跡長(開眼条件)の比較

	総軌跡長(cm)				単位軌跡長(cm)		
	本研究	坂口(1989)	宇野(1998)	日本平衡神経科学会(1995)	八木(1989)	本研究	水田(1993)
男子	1.9~5.8						
女子	1.4~7.7	3.1~4.9	6~8.5				
男女 低学年群	72.4±19.3	50~105	107.82±13.59			1.2±0.3	1.4±0.3
中学年群	68.9±14.9					1.2±0.2	1.2±0.4
高学年群	64.6±12.9					1.1±0.1	1.2±0.7
20代男				76.8±17.4	76.3±9.07		
20代女				72.3±17.4	69.8±4.78		

る単位軌跡長では、開眼条件で低学年群が $1.4 \pm 0.3$ cm、中学年群が $1.2 \pm 0.4$ cm、高学年群が $1.2 \pm 0.7$ cmと、水田<sup>8)</sup>が報告している。今回の結果では、総軌跡長の高学年群は平均値で64.8cmであり、先行研究が示している健常成人の値より総軌跡長が短いという特徴的な値が得られていた。また、低学年群でも $72.4 \pm 19.3$ cmであり日本平衡神経科学会<sup>9)</sup>が提示している20歳代女の $72.3 \pm 17.4$ cmに近似している。水田<sup>8)</sup>は外周面積では15歳前後、総軌跡長では10歳前後から成人と有意差がなくなり成熟してくる事を指摘しているが、本研究結果でも時期の前傾傾向はあるものの外周面積に比べると軌跡長の成熟が早く、姿勢制御の発達に一定の特性があることが考えられた。重心面積はメニエール病などの前庭覚障害において、総軌跡長は小脳障害などの固有受容覚障害で特異的に増加する傾向にあることが指摘されている<sup>16)</sup>。総軌跡長の後に外周面積が成人の値に近づくという本結果からは、姿勢制御の発達に前庭覚と固有受容覚がおよぼす過程を反映している可能性も考えられる結果であった。

### 3. 開眼・閉眼条件の差異

身体の動揺は、視覚情報がある場合に減少することが知られている。本研究では検査項目の外周面積、総軌跡長XY、単位軌跡長において、各群の開眼条件と閉眼条件に有意な差が認められた。このことは、上記のように身体の平衡機能に視覚機能が、密接に関与していることを示している。Odenrickら<sup>12)</sup>とRiachら<sup>13)</sup>は、発達期において開眼条件と閉眼条件の動揺面積の差が小さいとし、その要因として視覚情報処理機能の発達を示唆している。ここでいう発達期とは幼児期と考えられるので、学齢期では視覚情報処理機能が成熟することで、平衡機能にも影響を与えていると考えられる。本研究の検査結果からもOdenrickら<sup>12)</sup>とRiachら<sup>13)</sup>の仮説を支持できると考えており、学齢期の平衡機能では視覚機能の発達が重要であることを示唆する結果であると思われる。

### 4. 男女差

小島ら<sup>1)</sup>や臼井<sup>14)</sup>などの報告では、小児期では男子より女子の方が重心動揺が小さいことを示しているが、本研究結果はこれらの先行研究と異なるものであった。中学年群では閉眼条件での外周面積、総軌跡長XY、単位軌跡長で有意に女子で低値であるものの、項目によって男子の測定値が小さいものもあり、男女間で一定の傾向は認められなかった。このような結果が得られた要因の一つとして、被験者の選定方法があると考えられる。本研究で用いた選定基準は、学校教育の中で運動機能や体力が比較的優れているものとした。これまでの重心動揺研究では、学齢児を被験者とする場合「健常児」や「正常児」と記述されているが、「健常」の意味について言及したり、選定基準を明確に示している報告はなかった。

しかし、学齢期はさまざまな能力において個人差が大きく、それは重心動揺においても反映され小児期における一つの特色とみなされている<sup>14)</sup>。そのため健常児童であっても能力的な差は明らかに存在し、通常学級に在籍する児童を健常児童とし被験者にするためには、適切な基準を設ける必要があると考えられる。本研究では、運動能力が比較的優れていると教師が判断した児童を対象として焦点化することで、学齢期の平衡機能の個人差を抑制できたと考えている。また、学齢期の運動能力面と身長や体重などの発育面の特徴として男女差が少ない時期であることが挙げられている。文部科学省が毎年実施している「体力・運動能力調査」<sup>15)</sup>では、学齢期の新体力テストの合計点が、小学校1年生で男子女子とも30点、小学校4年生で男子女子同じく43点、小学校6年生で男子60点、女子61点となっていた。さらに発育面でも同様の傾向が、先に示した文部科学省の調査報告からも推定される。本研究結果でも、平衡機能面においても男女差が認められず、上述の調査結果を反映した結果が得られていると考えている。

### 5. 学齢の重心動揺の特徴

重心動揺の測定値は、加齢に伴う発達経過においてばらつきが減少するという報告が多い<sup>3)</sup>。仙石ら<sup>3)</sup>は開眼条件下での外周面積の範囲を、健常幼児(4歳~6歳)で $3.6 \sim 11.4$ cm<sup>2</sup>、坂口<sup>2)</sup>は $5 \sim 21$ cm<sup>2</sup>と報告している。これらに比較して本研究では、開眼条件の外周面積の範囲は $1.7 \sim 6.7$ cm<sup>2</sup>であり、幼児期よりもばらつきが少なくなっていることが認められ、総軌跡長や単位軌跡長などの測定値でも同様の結果であった。学齢期(7歳から12歳)における重心動揺は、幼児期のような著しい減少傾向はないが、成人がとる値に向けて漸次減少するという報告が多く<sup>1)</sup>、本研究の結果からもその妥当性が確認できたと考えている。

## 文 献

- 1) 小島幸枝, 竹森節子: 小児の身体平衡の発達について, 耳鼻臨床 73: 685-671, 1980
- 2) 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 Res 48: 341-350, 1989
- 3) 仙石泰仁, 館延忠, 佐藤剛: 軽度発達障害リスク児の平衡機能に関する研究, 札幌医科大学保健医療学部紀要 2: 39-44, 1999
- 4) 田中敏明, 江刺家修, 大島純一ほか: 小児期の重心動揺における発達, 北海道理学療法 3: 11-16, 1986
- 5) 国分充, 葉石光一, 奥住秀之: 幼児期の身体動揺に視覚が及ぼす影響の動揺方向による差異, Equilibrium Res 53: 299-305, 1994
- 6) 文部科学省: 学校保健統計調査, 2003
- 7) 平沢彌一郎: 日本人の直立能力について, 人類誌 87: 81-92, 1979

- 8) 水田啓介, 宮田英雄: ヒトの直立姿勢. 総合リハ 21: 985-990, 1993
- 9) 日本平衡神経科学会運営委員会: 重心動揺検査のQ&A. 手引き (1995). Equilibrium Res 55: 64-77, 1996
- 10) 八木一記: ヒト直立時重心動揺の多変量解析 (第1報) - 重心動揺から見た年齢変化 - 日耳鼻 92: 899-908, 1989
- 11) 守野功一: 軽度発達遅滞児におけるバランス反応の研究. 感覚統合障害研究6: 8-14, 1998
- 12) Odenrick P, Sandstedt P: Development of postural sway in the normal child. Human Neurobiol 3: 241-244, 1984
- 13) Riach CL, Hayes KC: Maturation of postural sway in young children. Develop Med Child Neurol 29: 650-658, 1987
- 14) 白井永男: 重心動揺の発達の变化. 理学療法科学10: 167-173, 1995
- 15) 文部科学省: 平成14年度体力・運動能力調査報告書, 2003
- 16) 八木一記: ヒト直立時重心動揺の多変量解析 (第2報) - 重心動揺のパターン認識 - 日耳鼻92: 909-922, 1989