

幼児の静的平衡性の性差，年齢差および体格との関係

松田繁樹・出村慎一*¹・春日晃章*²・竹本康史*³・田口隆*⁴・出村友寛*¹

Gender and age differences in the static balance and its relationship with physique in preschool children

Shigeki Matsuda, Shinichi Demura, Kosho Kasuga, Yasufumi Takemoto,
Takashi Taguchi, Tomohiro Demura

Abstract

This study aimed to examine gender and age differences in the static balance and its relationship with physique in 226 healthy preschool children aged 3 to 6 years (boys: 114, girls: 112). They stood on the measurement instrument, which calculates the total trajectory length of the center of gravity, with their bare feet in a standing posture, while gazing at a fixed object in front of them. The measurement time was ten seconds and three trials were carried out on each subject. The average value of the three trials in the evaluation variable was used in the analysis. Girls were superior to boys and 5-year-old and 6-year-old children were superior to 3-year-old children in the static balance. Judged from the magnitude of the effect size, the age difference was remarkable. There was no relationship between physique and the static balance.

Key words : preschool children, static balance, gender difference, age difference, physique

I. 序論

近年、子どもたちの姿勢の乱れや、長く立っていられず、すぐに床に寝転がる子どもが多いといった声が保育現場から挙がっている¹⁾。子どもの体力低下が報告されているが²⁾³⁾、体力の構成要因の一つである平衡性も低下している可能性が高い。ヒトは、視覚、前庭系、体性感覚系などの受容器が得た情報を中枢神経系で統合し、必要な骨格筋を活動させることで、姿勢を補正、維持している⁴⁾⁵⁾。平衡性の低下はこれらの機能の低下を示唆し、立位時の姿勢制御機能に異常がある場合、日常生活活動能力 (ADL) や生活の質 (QOL) にも大きく影響する⁶⁾。従って、平衡性の低下は子どもたちの健全な成長を考えるうえで大きな問題と考えられる。

子どもの平衡性の低下には、身体活動の減少および日常生活における立位姿勢の減少による筋力 (特に抗重力筋) の低下および姿勢調節における受容器の機能低下等が関連していると考えられるが、いかなる要因が主に関連しているかは明らかになっていない。子どもの平衡性の特徴

*¹ : 金沢大学大学院自然科学研究科 *² : 岐阜大学 *³ : 岐阜聖徳学園大学教育学部 *⁴ : 岐阜聖徳学園大学経済情報学部

(加齢変化など)を明らかにする必要があるが、先行研究では小学生以降の者を対象とした報告が多く⁷⁾⁸⁾、幼児を対象とした研究は十分に行われていない。

スキヤモンの発育曲線に示されるように、幼児期は姿勢制御の発達に重要な神経系の発達が著しい⁹⁾¹⁰⁾。また、加齢に伴い歩行や走行の機会が増加し、身体活動量が多くなる。これらのことから、大半の先行研究で幼児の平衡性に年齢差が認められている¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。しかし、5歳児が4歳児よりも重心動揺軌跡長が短い¹⁴⁾、あるいは、バランス能力は6歳前後に一時的に成績が低下する¹⁵⁾といった報告もあり、加齢に伴う一定の能力の向上については一致した見解は得られていない。また、幼児の静的平衡性に関しては、多くの研究で性差がみられている¹¹⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。しかし、統計的な差が認められていない報告も若干あるため¹⁴⁾、できるだけ多数の被験者を対象に性差の存在を確認する必要がある。

立位姿勢は、力学的観点から、重心が高いほど不安定になる¹⁹⁾。成人を対象とした報告であるが、身長と重心動揺との間に関係がみられている²⁰⁾。また、近年では肥満傾向の子どもが増えている¹⁾。運動不足が考えられる肥満傾向児が静的平衡性に劣る可能性が考えられる。身長、体重、BMIといった体格が静的平衡性と関係するかもしれない。しかし、幼児の体格と静的平衡性との関係は明らかにされていない。

以上より、本研究では、幼児の静的平衡性の性差、年齢差および体格との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、岐阜県の私立幼稚園に通う3歳から6歳の幼児226名(男児114名、女児112名)であった(表1)。年齢は測定当日における満年齢とした。各年齢段階で一定の被験者数を確保するため、本研究では1歳毎の年齢区分を採用した。測定日は平成23年3月1日～3日、および平成23年3月8日、9日の5日間であった。

被験者の体格特性を表2に示した。体格特性の性差および年齢差を二要因分散分析により検討した。その結果、身長および体重ともに有意な年齢差が認められた。多重比較検定の結果、身長はすべての年齢間に、体重は3歳と4歳間以外の年齢間に有意な差が認められた。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²¹⁾。

表1 被験者数

	3歳	4歳	5歳	6歳	総計
男児	14	47	21	32	114
女児	10	54	24	24	112
総計	24	101	45	56	226

(人)

表 2 被験者の体格特性

			3歳	4歳	5歳	6歳	2要因分散分析			多重比較	
							性	年齢	交互作用		
身長	男児	MEAN	98.3	102.2	109.2	115.7	F	0.17	138.68	0.85	3歳<4歳<5歳<6歳
		SD	3.5	4.0	6.0	4.6	p	0.68	0.00 *	0.47	
	女児	MEAN	98.0	103.2	108.5	114.6					
		SD	3.0	3.7	4.2	4.0					
体重	男児	MEAN	15.6	16.7	19.0	20.9	F	0.06	50.72	0.22	3歳, 4歳<5歳<6歳
		SD	1.9	1.7	3.0	2.6	p	0.80	0.00 *	0.89	
	女児	MEAN	15.8	16.7	18.8	20.5					
		SD	1.6	1.7	2.9	2.0					

注)*: p < 0.05

2. 測定方法

静的平衡性の測定・評価には、重心動揺総軌跡長を算出できるフットビュークリニック（ニッタ株式会社製）を用いた。被験者は、測定器上に裸足で両足間の幅を 5 cm 離し、両手を体側に自然に垂らした直立姿勢で立位した。目線は前方の目の高さにある指標を注視させた。被験者の姿勢が安定したことを確認し、10秒間の重心動揺測定を一人 3 試行行った。被験者には測定中できるだけ安定した姿勢を保持するように指示した。目線が指標からずれる、あるいは、身体を動かすなど、測定途中に集中力が途切れ、安定した姿勢を保持できていないと検者が判断した者については、本研究の被験者からは予め除外した。なお、除外した被験者の男女比は 6 : 4 であり、若干男児が多かった。

3. 評価変数

静的平衡性の評価には重心動揺総軌跡長を用いた。3 試行の平均値を代表値として、以後の解析に用いた。

4. 統計解析

男女別に重心動揺総軌跡長の基礎統計値を算出した。重心動揺総軌跡長の性差および年齢差の検討には、二要因分散分析を用いた。有意差が認められた場合、Tukey の HSD 法による多重比較検定を行った。また、有意差の認められた各比較対に対して、Cohen's *d* を用いて、効果量 (Effect size : ES) を算出した。重心動揺総軌跡長と体格 (身長、体重、BMI) との関係を検討するため、ピアソンの積率相関係数を算出した。本研究の統計的有意水準は 5 % とした。

Ⅲ. 結果

男女別に重心動揺総軌跡長の基礎統計値、二要因分散分析および多重比較検定の結果を表 3 に示した。有意な性差および年齢差が認められ、男児は女児より、3 歳は 5 歳および 6 歳より、4 歳は 6 歳より高値を示した。ES は性差では 0.50、3 - 5 歳間および 3 - 6 歳間では 0.92、4 - 6 歳間では 0.48 であった。

重心動揺総軌跡長と体格との関係を表 4 に示した。身長、体重、および BMI のいずれも重心動揺総軌跡長と有意な相関は認められなかった。

表3 重心動揺総軌跡長の2要因分散分析および多重比較検定の結果

		3歳	4歳	5歳	6歳	2要因分散分析			多重比較	ES	
						性	年齢	交互作用			
男児	MEAN	14.11	13.44	12.51	11.55	F	9.92	7.12	0.57	3歳>5歳, 6歳 4歳>6歳	性差: 0.50 3-5歳: 0.92 3-6歳: 0.92 4-6歳: 0.48
	SD	3.36	3.26	2.84	3.65	p	0.00	*	0.00		
女児	MEAN	13.77	11.51	10.29	10.11						
	SD	3.38	3.03	2.00	2.70						

注)*: p < 0.05

表4 重心動揺総軌跡長と体格との関係

		r	p
男児	身長	-0.07	0.46
	体重	-0.06	0.56
	BMI	0.03	0.72
女児			
	身長	0.10	0.29
	体重	0.07	0.44
	BMI	-0.02	0.84

IV. 考察

静的平衡性の年齢差を検討した結果、3歳と5歳間、3歳と6歳間、および4歳と6歳間に有意差が認められた。ESの大きさは、3歳と5歳間、3歳と6歳間では0.92であった。ESは0.8以上が大きいと解釈されることから²²⁾、3歳児と5歳児および3歳児と6歳児の間には静的平衡性に大きな差がある。これまでも多くの研究で静的平衡性の年齢差が認められている^{11) 12) 13)}。Usui et al.¹²⁾は、3歳から5歳の間に重心動揺量が顕著に減少すると報告している。本研究も先行研究と同様な結果であった。幼児期から成年にかけて、平衡性は向上する^{23) 24)}。本研究でも幼児期全体としては、静的平衡性が向上する傾向であった。成人期の静的平衡性の水準に到達するまでの一過程として、幼児期は静的平衡性が向上すると考えられる。筋力の向上、神経系の発達、および精神的な落ち着き等が関連していると考えられる。一方、幼児期の静的平衡性の年齢差に関しては、矢部²⁴⁾が4歳から6歳で一時的な退化が生じ、Kirshenbaum et al.¹⁵⁾が6歳前後に一時的に成績が悪くなると報告している。藤田と野中¹⁴⁾も、重心動揺総軌跡長は5歳児より4歳児が短いと報告している。これらは、姿勢制御メカニズムの発達の移行期により生じる現象と解釈されている¹⁴⁾。しかし、本研究では、静的平衡性の加齢による低下はなかった。Usui et al.¹²⁾は、6歳以降は重心動揺量の減少が緩やかになると報告しており、本研究でも5歳と6歳間では静的平衡性に差は見られなかった。従って、6歳前後は静的平衡性の向上が緩やかになる時期であるのかもしれない。この点については、今後被験者数を増やし、また、年齢区分を半年毎に設定し、慎重に検討していく必要がある。

静的平衡性は女児が男児より優れていた。ESが0.5であったことから、差の大きさは中程度であった²²⁾。幼児の平衡性については、ほとんどの研究で女児が男児より優れると報告されている^{11) 16) 17) 18)}。本研究結果も、先行研究を支持する結果であった。Nolan et al.⁷⁾は、9歳から16歳ま

での重心動揺量の性差を検討し、女子が男子より動揺量が少ないと報告し、男子は女子に比べ、姿勢調節系の発達に数年間の遅れがあると述べている。本結果も含めて考えると、静的平衡性の発達の性差は幼児期から存在すると推察される。Hirabayashi et al.²⁶⁾は、姿勢を調節する受容器の発達過程は、年齢により異なると述べている。すなわち、3～4歳期には体性感覚系が、次に、15歳で成人と同等の水準になる視覚機能が、そして、最後に前庭系が発達すると述べている。このことから、幼児期の女児は男児より体性感覚系の発達が先行している可能性がある。また、幼児は姿勢制御において、視覚情報への依存が高いと言われているため¹³⁾、女児は視覚機能が優れている可能性がある。Hirabayashi et al.²⁶⁾は、7～8歳では女子が男子より前庭系の機能が優れると述べている。幼少年期を通して、女児が男児より、姿勢調節時の受容器の機能が優れている可能性が高い。また、幼児の心理的特性にも性差があり、女児は男児より、「粘り強さ」および「集中力」といった特性を有している者が多い²⁷⁾。本研究では、10秒の重心動揺測定を3試行を行った。測定時には、ある程度の集中力あるいは精神的な落ち着きも必要であったと考えられる。Steindl et al.²⁸⁾も11～12歳頃までの静的平衡性における女子の優位性は、注意深さの違いと述べている。また、測定中の集中力の欠如等により本研究の被験者から除外した幼児の男女比は6:4であり、若干男児のほうが多かった。このことも心理的特性の性差を示していると言えよう。このような心理的特性の性差が静的平衡性の性差に影響を及ぼした可能性も考えられる。

Jiang et al.²⁰⁾は、12歳から82歳までの男女の身体動揺度と体格との関係を検討した結果、身体動揺度と身長間に関係が認められたと報告している。力学的観点からみても、重心位置が高いほど物体の安定性は低下する¹⁹⁾。しかし、本研究では、静的平衡性と体格間には関係がなかった。幼児は成人に比べ体格の個人差が小さいため、両者の間に関係が表れなかったのかもしれない。近年の子どもの体型は短足胴長から長足短胴傾向に変わりつつあると言われている²⁹⁾。今後、座高を考慮した身長と静的平衡性の関係を検討することが必要であろう。また、近年では運動不足が考えられる肥満児傾向の子どもが増えており¹⁾、彼らが静的平衡性に劣る可能性も考えられた。しかし、体重およびBMIとも静的平衡性と関係がなかった。幼児期は体格よりも神経系、筋力、心理的特性など、体格以外の要因が静的平衡性に関わっている可能性が高いと推察される。

本研究では、重心動揺総軌跡長を利用し、静的平衡性を評価した。しかし、重心動揺変数はこれまでに数多く提案されている³⁰⁾。パワースペクトル変数等を用いれば、静的平衡性の質的な評価も可能になるため、より多くの変数でその能力を評価することが今後必要であろう。

V. まとめ

3歳から6歳の幼児226名（男児114名、女児112名）を対象に、静的平衡性の性差、年齢差および体格との関係を明らかにした。その結果、静的平衡性は女児が男児より、5歳児および6歳児は3歳児より優れており、後者の年齢差は顕著な差であった。静的平衡性と身長、体重、およびBMI間には関係がなかった。

文献

1. 子どものからだと心の・連絡会議 編：子どものからだと心白書2009. ブックハウス HD、東京、p104-105、p118、2009.

2. Nishijima T., Kokudo S., Ohsawa S. : Changes over the Years in Physical and Motor Ability in Japanese Youth in 1964-97. *International Journal of Sport and Health Science*, 1 (1) ; 164-170, 2003.
3. 西嶋尚彦 : 子どもの体力の現状. 子どもと発育発達, 1 ; 13-22, 2003.
4. Fransson P.A., Kristinsdottir E.K., Hafstrom A., Magnusson M., Johansson, R. : Balance control and adaptation during vibratory perturbations in middle-aged and elderly humans. *European journal of applied physiology*, 91; 595-603, 2004.
5. Vuillerme, N., Pinsault, N., Vaillant, J. : Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters*, 378; 135-139, 2005.
6. Boulgarides L.K., McGinty S.M., Willett J.A., Barnes C.W. (2003). Use of Clinical and Impairment-Based Tests to Predict Falls by Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*, 83(4); 328-339, 2003.
7. Nolan L., Grigorenko A., Thorstensson A. : Balance control: sex and age differences in 9 - to 16-year-olds. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(7) ; 449-454.
8. Saito M., Hirayama M., Takaishi M. : Evaluation of equilibrium function on primary school children. 学校保健研究, 47 ; 167-169, 2001.
9. 出村慎一、佐藤進、山次俊介、春日晃章 : 健康・スポーツ科学講義. 杏林書院、東京、p51、2005.
10. Woollacott M., Debu B., Mowatt M. : Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, 19(2) ; 167-186, 1987.
11. Demura S., Kitabayashi T., Uchiyama M. : Body sway characteristics during static upright posture in young children. *Sports Science Health*, 1 ; 158-161, 2006.
12. Usui N., Maekawa K., Hirasawa Y. : Development of the upright postural sway of children, *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37(11) ; 985-996, 1995.
13. Riach C.L., Hayes K.C. : Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29(5) ; 650-658, 1987.
14. 藤田公和、野中章臣 : 幼児の立位姿勢時の重心動揺における加齢と性差の影響. 体育の科学, 57(9) ; 708-712, 2007.
15. Kirshenbaum N., Riach C.L., Starkes J.L. : Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental Brain Research*, 140(4) ; 420-431, 2001.
16. 清水信三、渡辺裕之、出島弘 : 5、6歳児の平衡機能の発達について. 脳と発達, 34 ; 353-356, 2002.
17. 出村慎一 : 幼児期における静的及び動的平衡性の発達と性差. 体育学研究, 40(2);67-79,1995.
18. 出村慎一、村瀬智彦、岡島嘉信 : 幼児期における運動能力の発達と性差. 学校保健研究, 32(11) ; 532-538, 1990.
19. 奈良勲、内山靖 : 姿勢調節障害の理学療法. 医歯薬出版、p195、2004.
20. Jiang Y., Nagasaki Y., Furuta Y., Mirbod S.M., Kimura H. : Postural sway depends on aging and physique during upright standing in normal. *Journal of Education and Health*

- Science*, 48(2); 233-238. 2002.
21. 首都大学東京体力標準値研究会：新・日本人の体力標準値Ⅱ．不昧堂出版、p24-26、74-77、2007.
 22. Cohen J: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Lawrence Erlbaum Assoc Inc., New Jersey, 1988.
 23. 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：身体動揺の研究 第21報. *Equilibrium Research*, 44(3); 252-256、1985.
 24. 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 Research*, 48; 341-350. 1989.
 25. 矢部京之助：姿勢と発達. *体育の科学*, 44; 31-36、1994.
 26. Hirabayashi S., Iwasaki Y.: Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain & Development*, 17(2); 111-113、1995.
 27. 春日晃章：幼児期にみられる男女差. *体育の科学*, 60 (7); 473-478、2010.
 28. Steindl R., Kunz K., Schrott-Fischer A., Scholtz A.W.: Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(6); 477-482、2006.
 29. 文部科学省：平成19年度学校保健統計調査. 2007.
 30. 出村慎一、北林保、野田政弘：健常者のための重心動揺測定とその評価. *教育医学*, 51(3); 223-233、2006.