

研 究

未就学児の座位姿勢制御に関する研究

矢野 幸治¹⁾, 井上 和博²⁾, 深野 佳和³⁾

〔論文要旨〕

本研究の目的は、未就学児の座位における姿勢制御の特徴を検討することである。3～6歳の未就学児56人を対象とし、足底条件（接地・非接地）、視覚条件（開眼・閉眼）、動作条件（静止・動作）での重心動揺を20秒間測定した。足底接地の有無により重心動揺に差が生じるのか、開眼状態と閉眼状態において重心動揺に差が生じるのか、静止時と上肢挙上動作時で重心動揺に差が生じるのかを検討することを解析目的とし、対象児を年少児群（13人）、年中児群（19人）、年長児群（24人）に分け、3元配置反復測定分散分析（3要因：足底、視覚、動作）を実施した。

分析の結果、すべての年齢群において動作要因の主効果が認められ、動作時が静止時より有意に重心動揺が大きくなっていた。また年少児群では視覚要因の主効果が認められ、開眼条件が閉眼条件よりも有意に最大前後径、最大左右径、実効値面積が大きくなっており、年長児群においては足底要因の主効果が認められ、接地条件が非接地条件よりも有意に最大左右径と実効値面積が大きくなっていた。これらのことから未就学児の座位における姿勢制御の特徴として、動作による外乱刺激によって重心動揺が大きくなること、開眼・閉眼の違いや、足底接地の有無などさまざまな要因に影響を受けやすいことが示唆された。

Key words：姿勢制御，座位バランス，座圧，小児，健常児（定型発達児）

1. 緒 言

ヒトが特定の姿勢を保持する働きを姿勢制御という¹⁾。姿勢制御によって安定した姿勢を保つことができなければ作業活動や学習に著しい支障をきたしかねない。このことから姿勢制御は日常生活において非常に重要な機能であるといえる。臨床現場では自閉症スペクトラム障害（Autism Spectrum Disorder；ASD）など、発達障害児における座位姿勢の崩れに関して、作業療法士（Occupational Therapist；OT）が介入する機会は多い²⁾。しかし、姿勢の崩れに対しての要因はさまざまなものが考えられ、発達障害児における姿勢制御の特徴はまだ不明確である。

姿勢制御の発達に関して、重心動揺を指標として定量的に評価しようとする試みがなされてきた。本邦では立位における姿勢制御の発達に関する研究が多くなされている³⁻⁹⁾。それらの報告によると、小児の立位における姿勢制御は、おおよそ9歳までの間に急速に発達し、10代前半（12～15歳）で成人と差がなくなるということが明らかになっている。そのうえ、姿勢制御には視覚系の働きが重要であり、幼児期においては視覚系による依存が高いが、徐々に体性感覚系の依存へと変化していくとされている^{7,8)}。また、脊柱・股関節・膝関節・足関節の解剖学的構造上、左右方向に比べ前後方向がより重心動揺が大きくなり、平衡機能が未熟である幼児ほどその影響を受けることが報告さ

A Study of Sitting Postural Control in Preschool Children

Koji YANO, Kazuhiro INOUE, Yoshikazu FUKANO

1) 菊野病院総合リハビリテーション部（作業療法士）

2) 鹿児島大学医学部保健学科臨床作業療法学講座（作業療法士／研究職）

3) 鹿児島大学名誉教授（研究職）

〔3148〕

受付 19. 6.17

採用 20. 4.28

れている⁹⁾。一方で姿勢制御に対する動作の影響を検討した研究は成人を対象としたものはある¹⁰⁾が、幼児を対象としたものは見当たらない。

座位における姿勢制御に関しては、定型発達児を対象とした研究報告は本邦ではほとんどなされていない。国外では、近年、座位における姿勢制御に関する研究が散見されるようになってきている。Hong ら¹¹⁾は6歳児と10歳児、若年成人の重心動揺を比較検討し、重心動揺量が6歳児群で最も大きく、年齢を経るにつれて小さくなると報告している。ほかに乳児を対象とした先行研究はいくつか行われている^{12~17)}が、未就学児を対象とした研究はほとんど行われていない。

本研究の目的は、未就学児の座位における姿勢制御の特徴を検討し、座位コントロール・メカニズムを明らかにすることと、発達障害児の姿勢制御を検討するための重心動揺における基礎的データの作成である。そして、それにより発達障害児の座位姿勢に関する特徴を把握することや姿勢の崩れに対しての援助を進めるうえで一助になると考えられる。

II. 方 法

1. 募集方法と倫理的配慮

A 市内における1ヶ所の幼稚園にて研究の趣旨を園長に説明し、研究実施の許可を得た。そして園に在籍している全園児の保護者に説明文書と同意書を配布し、研究対象者を募った。説明文書には研究の目的、方法、研究期間、本研究への参加を強制されないこと、いつでも参加を中止できること、プライバシーが保護されること等が記載されていた。保護者からの書面での同意だけでなく、測定の実施に際して対象児にも簡単に研究内容を説明して同意を得た。

研究期間は平成27年7～8月である。なお、本研究は鹿児島大学医学部疫学・臨床研究倫理委員会の承認を得ている（承認番号326号）。

2. 対 象

保護者および本人の同意が得られ、発達障害や知的障害などの診断歴のない3～6歳の未就学児60人〔年少児群16人（男児8人、女児8人、平均年齢：3.85±0.31歳）、年中児群20人（男児7人、女児13人、平均年齢：4.87±0.29歳）、年長児群24人（男児11人、女児13人、平均年齢5.90±0.27歳）を対象とした。

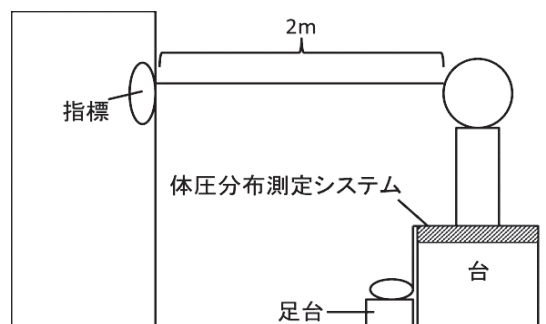


図 測定の実施環境

3. 測定の実施環境および使用器具

測定は幼稚園内の1室にて実施した。日本めまい平衡医学会の重心動揺検査法^{18,19)}に基づき、静かで明るさが均等になるよう室内のドアや窓は締め切り、カーテンを閉めるなどの配慮を行った。また検査中に対象児が集中できるように張り紙などの注意が逸れてしまう要因を排除した状態にした。測定は一人ずつ行い、部屋には検査者、対象児、必要であれば幼稚園関係者のみがいる状態で対象児がリラックスした環境で測定できるように配慮した。

本研究では、測定器具として体圧分布測定システム（CONFORMat, NITTA 社製）を使用した。これを背もたれのない木製の台（幅70cm・奥行40cm・高さ40cm）上に設置した。また足台は、高さ5～10cmの木製の台（幅30cm・奥行20cm）をそれぞれ準備し、対象児に合わせて設置した（図）。

4. 手続き

測定肢位は先行研究¹¹⁾を参考にした。対象児を裸足で、膝下まで台に着いて座り、股関節・膝関節屈曲90°となるように設定した。そして背筋を伸ばし、両手は大腿上に軽く添えて、リラックスして台上に座るように誘導し、この姿勢を基本姿勢とした。対象児には測定中できる限り身体を動かさないよう事前に教示を行い、検査者の「用意、始め」の声かけを合図として測定を開始し、20秒間重心動揺を測定した。本研究では、以下のように足底条件、視覚条件、動作条件を設定した。

i. 足底条件

a) 接地条件

足台に足底を接地させた状態で測定した。

b) 非接地条件

足台がなく、足底を宙に浮かせた状態で測定した。

事前に下肢は動かさないように教示を行った。

ii. 視覚条件

a) 開眼条件

前方 2 m に提示された視標を注視するように教示し、対象児に視標を注視させた状態で測定した。視標は小児に馴染みのあるアニメのキャラクターを用いて測定中に注意が逸れないよう配慮した。

b) 閉眼条件

開始の合図とともに対象児に自己にて眼を瞑らせて、測定が終了するまで開眼しないように教示し、対象児に閉眼させた状態で測定した。

iii. 動作条件

a) 静止条件

測定中動かないように教示し、対象児に静止させた状態で測定した。

b) 動作条件

基本姿勢から「上げて・下ろして」と一定間隔で教示し、上肢前方挙上（肘伸展位での肩屈曲90°）を2回行わせた。挙上動作は事前に練習を行い、検査者が目視にて確認しながら測定を実施した。上肢前方挙上は右手、左手を片方ずつ実施し、測定した。

これらの足底条件（2条件：接地・非接地）、視覚条件（2条件：開眼・閉眼）、動作条件（3条件：静止・右上肢挙上・左上肢挙上）の12組合せを各1試行、計12試行実施した。順序効果を除外するため、各条件をランダム順序で実施した。課題間で休憩を取りながら、対象児に負担がかからないように配慮した。

5. 測定項目

各条件下の重心動揺データより、総軌跡長（cm）、最大前後径（cm）、最大左右径（cm）、実効値面積（cm²）を算出した。動作条件は、右上肢挙上と左上肢挙上の平均値を測定値とした。総軌跡長は身体動揺量、最大前後径・左右径は前後・左右各々の動揺の幅、実効値面積は身体動揺範囲を示す^{18, 19)}。

6. 分析方法

本研究では、座位の重心動揺における足底要因（2水準：接地・非接地）、視覚要因（2水準：開眼・閉眼）、動作要因（2水準：静止・動作）の影響を検定することを解析目的とした。年少児群・年中児群・年長児群ごとに3元配置反復測定分散分析を実施し、その後の多重比較にはBonferroni法を適用した。統計解析に

はSPSS ver.24を使用し、有意水準は5%未満とした。設定された帰無仮説は、「足底接地の有無により重心動揺に差は生じない」、「開眼状態と閉眼状態の違いにより重心動揺に差は生じない」、「静止時と上肢挙上動作時で重心動揺に差は生じない」、「足底・視覚・動作条件の組み合わせにおいても重心動揺には差が生じない」とした。

III. 結 果

対象児のうち、測定中、静止や閉眼を持続できずに課題を遂行できなかった4人はデータ分析から除外した。そのため、データ分析は56人で実施した〔年少児群13人（男児7人、女児6人、平均年齢：3.94±0.28歳）、年中児群19人（男児7人、女児12人、平均年齢：4.88±0.30歳）、年長児群24人（男児11人、女児13人、平均年齢：5.90±0.27歳）〕。

1. 年少児群における分析結果

3元配置反復測定分散分析の結果を表1に、重心動揺測定値を表2、および表3に示す。

i. 単純主効果の結果

足底要因に関して、すべて測定項目において有意な主効果は認められなかった（表1）。視覚要因に関して、最大前後径、最大左右径、実効値面積において有意な主効果が認められ、開眼条件が閉眼条件よりも有意に大きかった。一方で総軌跡長においては有意な主効果は認められなかった（表1, 2）。動作要因に関して、すべて測定項目において有意な主効果が認められ、動作条件が静止条件よりも有意に大きかった（表1, 2）。

ii. 交互作用と下位検定の結果

最大前後径と実効値面積において、視覚と動作の一次交互作用が有意であったが、そのほかの有意な一次交互作用や二次交互作用は認められなかった（表1）。

最大前後径の視覚と動作の一次交互作用に対する下位検定の結果、動作時において開眼条件が閉眼条件よりも有意に大きかった（ $F = 14.61$, $p < 0.01$ ）。一方で静止時において開眼条件と閉眼条件で有意差は認められなかった（ $F = 0.69$, $p = 0.42$ ）。また開眼時において動作条件が静止条件よりも有意に大きく（ $F = 41.04$, $p < 0.01$ ）、閉眼時においても動作条件が静止条件よりも有意に大きかった（ $F = 40.81$, $p < 0.01$ ）（表2）。

次に実効値面積の視覚と動作の一次交互作用に対す

表1 年少児群における3元配置反復測定分散分析の結果

要因	測定項目	自由度	平方和	平均平方	F 値	p 値
足底	総軌跡長	1	0.08	0.08	0.00	0.99
	最大前後径	1	0.17	0.17	0.17	0.69
	最大左右径	1	5.21	5.21	1.82	0.20
	実効値面積	1	24.38	24.38	2.16	0.17
視覚	総軌跡長	1	619.25	619.25	4.00	0.07
	最大前後径	1	6.64	6.64	12.02	<0.01
	最大左右径	1	4.80	4.80	7.04	<0.05
	実効値面積	1	38.18	38.18	10.39	<0.01
動作	総軌跡長	1	1,164.62	1,164.62	8.06	<0.05
	最大前後径	1	42.02	42.02	71.01	<0.01
	最大左右径	1	32.23	32.23	27.35	<0.01
	実効値面積	1	111.50	111.50	9.92	<0.01
足底×視覚	総軌跡長	1	62.48	62.48	0.89	0.36
	最大前後径	1	0.00	0.00	0.00	1.00
	最大左右径	1	0.00	0.00	0.00	0.99
	実効値面積	1	0.20	0.20	0.06	0.82
足底×動作	総軌跡長	1	2.33	2.33	0.01	0.93
	最大前後径	1	0.02	0.02	0.04	0.85
	最大左右径	1	2.65	2.65	1.91	0.20
	実効値面積	1	4.06	4.06	0.51	0.49
視覚×動作	総軌跡長	1	1.02	1.02	0.01	0.94
	最大前後径	1	3.35	3.35	6.50	<0.05
	最大左右径	1	0.38	0.38	1.59	0.23
	実効値面積	1	33.43	33.43	5.33	<0.05
足底×視覚×動作	総軌跡長	1	46.91	46.91	0.35	0.57
	最大前後径	1	0.06	0.06	0.13	0.73
	最大左右径	1	0.29	0.29	0.65	0.44
	実効値面積	1	4.59	4.59	0.82	0.38

る下位検定の結果, 動作時において開眼条件が閉眼条件よりも有意に大きかった ($F=8.47$, $p<0.05$)。一方で静止時において開眼条件と閉眼条件で有意差は認められなかった ($F=0.05$, $p=0.82$)。また開眼時において動作条件が静止条件よりも有意に大きく ($F=8.75$, $p<0.05$)、閉眼時においても動作条件が静止条件よりも有意に大きかった ($F=5.06$, $p<0.05$) (表2)。

2. 年中児群における分析結果

3元配置反復測定分散分析の結果を表4に, 重心動揺測定値を表5, および表3に示す。

i. 単純主効果の結果

足底要因と視覚要因に関して, すべての測定項目において有意な主効果は認められなかった (表4)。動作要因に関して, すべての測定項目において有意な主効果が認められ, 動作条件が静止条件よりも有意に大きかった (表4, 5)。

ii. 交互作用と下位検定の結果

すべての測定項目において, 有意な一次交互作用や

二次交互作用は認められなかった (表4)。

3. 年長児群における分析結果

3元配置反復測定分散分析の結果を表6に, 重心動揺測定値を表7, および表3に示す。

i. 単純主効果の結果

足底要因に関して, 最大左右径と実効値面積において有意な主効果が認められ, 接地条件が非接地条件よりも有意に大きかった。一方で総軌跡長, 最大前後径において有意な主効果は認められなかった (表6, 7)。視覚要因に関して, すべての測定項目において有意な主効果は認められなかった (表6)。動作要因に関して, 総軌跡長のみに有意な主効果は認められなかったが, そのほかすべての測定項目において有意な主効果が認められた。有意な主効果が認められたすべての項目において, 動作条件が静止条件よりも有意に大きかった (表6, 7)。

ii. 交互作用と下位検定の結果

総軌跡長において, 視覚と動作の一次交互作用が有

表2 年少児群の1要因・2要因における重心動揺測定値

1 要因		測定項目 Mean ± SD			
		総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)
足底要因	接地	80.89±25.08	2.37±1.64	2.53±2.13	2.87±5.02
	非接地	80.83±17.15	2.29±1.42	2.12±1.17	1.90±2.60
視覚要因	開眼	83.30±22.43	2.59±1.76	2.54±1.98	2.99±4.88
	閉眼	78.42±20.20	2.08±1.23	2.11±1.41	1.78±2.80
動作要因	静止	77.51±20.10	1.70±1.22	1.74±1.30	1.35±2.47
	動作	84.20±22.28	2.97±1.56	2.91±1.90	3.42±4.92
2 要因					
足底要因 × 視覚要因	接地・開眼	82.55±27.24	2.62±1.85	2.71±2.46	3.52±6.13
	接地・閉眼	79.22±23.14	2.12±1.39	2.34±1.77	2.22±3.59
	非接地・開眼	84.05±16.82	2.55±1.70	2.36±1.38	2.46±3.22
	非接地・閉眼	77.61±17.20	2.04±1.06	1.88±0.89	1.34±1.66
足底要因 × 動作要因	接地・静止	77.69±23.11	1.75±1.34	1.80±1.50	1.64±3.19
	接地・動作	84.08±26.98	2.99±1.71	3.26±2.43	4.10±6.16
	非接地・静止	77.33±17.02	1.64±1.11	1.67±1.09	1.06±1.42
	非接地・動作	84.33±16.89	2.94±1.42	2.57±1.10	2.74±3.21
視覚要因 × 動作要因	開眼・静止	79.85±19.27	1.77±1.33	1.90±1.45	1.39±2.07
	開眼・動作	86.74±25.10	3.40±1.78	3.17±2.25	4.59±6.24
	閉眼・静止	75.17±21.01	1.62±1.11	1.57±1.13	1.31±2.85
	閉眼・動作	81.67±19.22	2.54±1.18	2.66±1.47	2.25±2.73

*: p < 0.05, **: p < 0.01

表3 各年齢群の3要因における重心動揺測定値

測定項目 Mean ± SD		年少				年中				年長			
		総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)	総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)	総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)
足底要因 × 視覚要因 × 動作要因	接地・開眼・静止	78.58±20.83	1.80±1.36	1.92±1.64	1.51±2.38	77.87±29.91	1.07±0.73	1.12±0.80	0.40±0.79	81.75±23.01	1.37±1.65	1.20±0.93	0.86±2.51
	接地・開眼・動作	86.52±32.83	3.45±1.96	3.64±3.04	5.53±8.00	77.15±21.60	1.84±0.81	2.09±0.92	1.09±0.83	82.96±17.41	2.02±0.98	2.06±0.78	1.31±1.20
	接地・閉眼・静止	76.80±26.03	1.70±1.36	1.70±1.54	1.76±3.95	73.21±19.12	1.07±0.94	1.28±0.42	0.64±1.27	80.02±15.92	1.10±0.37	1.09±0.50	0.35±0.36
	接地・閉眼・動作	81.65±20.63	2.54±1.34	2.96±1.96	2.68±3.29	78.12±16.48	1.76±0.83	2.13±0.95	1.22±1.08	80.45±13.97	1.70±0.49	1.97±0.68	1.00±0.86
	非接地・開眼・静止	81.12±18.34	1.74±1.36	1.89±1.44	1.27±1.80	69.18±16.70	1.08±0.61	0.95±0.31	0.26±0.26	72.57±16.87	0.91±0.25	0.85±0.31	0.19±0.15
	非接地・開眼・動作	86.97±15.32	3.35±1.66	2.73±1.30	3.66±3.91	80.90±16.01	2.21±1.04	2.10±0.98	1.45±1.52	82.23±17.97	1.94±0.42	1.66±0.48	0.89±0.45
	非接地・閉眼・静止	73.55±15.36	1.54±0.85	1.46±0.69	0.86±0.94	73.20±20.86	1.38±0.89	1.34±0.70	0.84±1.11	80.36±22.54	1.07±0.46	0.98±0.46	0.33±0.52
	非接地・閉眼・動作	81.68±18.56	2.54±1.05	2.27±0.89	1.82±2.09	81.45±25.89	2.21±1.30	2.11±1.35	1.48±2.04	81.58±14.69	1.80±0.60	1.57±0.41	0.75±0.51

*: p < 0.05, **: p < 0.01

意であったが、そのほかの有意な一次交互作用や二次交互作用は認められなかった（表6）。

総軌跡長の視覚と動作の一次交互作用に対する下位検定の結果、開眼時において動作条件が静止条件よりも有意に大きかった（ $F=9.04$, $p<0.01$ ）。一方で閉眼時において静止条件と動作条件で有意差は認められなかった（ $F=0.15$, $p=0.70$ ）。また静止時において開眼条件と閉眼条件で有意差は認められず（ $F=1.34$, $p=0.26$ ）、動作時においても開眼条件と閉眼条件で有意差は認められなかった（ $F=1.78$, $p=0.20$ ）（表7）。

IV. 考 察

1. 足底要因に関して

年長児群の最大左右径と実効値面積において足底要因の有意な主効果が認められ、接地状態が非接地状態よりも有意に大きかった。田中ら⁹⁾は、脊柱・股関節・膝関節・足関節は解剖学的構造上、前後方向への可動性および復元性が大きく、立位姿勢制御は前後方向が左右方向よりも重心動揺への影響があると述べている。また佐藤ら²⁰⁾は、座位では座骨結節の形態から左

表4 年中児群における3元配置反復測定分散分析の結果

要因	測定項目	自由度	平方和	平均平方	F 値	p 値
足底	総軌跡長	1	6.22	6.22	0.01	0.91
	最大前後径	1	3.13	3.13	2.19	0.16
	最大左右径	1	0.04	0.04	0.03	0.86
	実効値面積	1	1.09	1.09	0.40	0.54
視覚	総軌跡長	1	1.84	1.84	0.01	0.91
	最大前後径	1	0.12	0.12	0.20	0.66
	最大左右径	1	0.84	0.84	2.76	0.11
	実効値面積	1	2.27	2.27	2.87	0.11
動作	総軌跡長	1	1,387.16	1,387.16	6.47	<0.05
	最大前後径	1	27.81	27.81	23.45	<0.01
	最大左右径	1	33.33	33.33	25.94	<0.01
	実効値面積	1	22.87	22.87	10.77	<0.01
足底×視覚	総軌跡長	1	162.11	162.11	0.62	0.44
	最大前後径	1	0.35	0.35	0.89	0.36
	最大左右径	1	0.09	0.09	0.37	0.55
	実効値面積	1	0.13	0.13	0.15	0.70
足底×動作	総軌跡長	1	591.35	591.35	3.57	0.08
	最大前後径	1	0.63	0.63	1.66	0.21
	最大左右径	1	0.02	0.02	0.08	0.78
	実効値面積	1	0.75	0.75	0.62	0.44
視覚×動作	総軌跡長	1	11.02	11.02	0.12	0.74
	最大前後径	1	0.35	0.35	0.97	0.34
	最大左右径	1	0.62	0.62	2.33	0.14
	実効値面積	1	1.03	1.03	1.58	0.23
足底×視覚×動作	総軌跡長	1	196.80	196.80	2.13	0.16
	最大前後径	1	0.12	0.12	0.50	0.49
	最大左右径	1	0.17	0.17	0.98	0.34
	実効値面積	1	0.47	0.47	1.48	0.24

表5 年中児群の1要因・2要因における重心動揺測定値

1 要因		測定項目 Mean ± SD			
		総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)
足底要因	接地	76.59±21.99	1.43±0.89	1.66±0.91	0.84±1.04
	非接地	76.18±20.52	1.72±1.09	1.62±1.03	1.01±1.46
視覚要因	開眼	76.28±21.78	1.55±0.94	1.57±0.95	0.80±1.06
	閉眼	76.50±20.75	1.61±1.08	1.71±0.99	1.05±1.44
動作要因	静止	73.37±21.99	1.15±0.80	1.17±0.60	0.54±0.95
	動作	79.41±20.07	2.01±1.01	2.11±1.04	1.31±1.42
2 要因					
足底 × 視覚	接地・開眼	77.51±25.74	1.45±0.85	1.61±0.98	0.75±0.87
	接地・閉眼	75.67±17.78	1.41±0.94	1.71±0.84	0.93±1.20
	非接地・開眼	75.04±17.20	1.64±1.02	1.53±0.92	0.86±1.23
	非接地・閉眼	77.33±23.57	1.80±1.18	1.72±1.13	1.16±1.65
足底 × 動作	接地・静止	75.54±24.87	1.07±0.83	1.20±0.63	0.52±1.05
	接地・動作	77.64±18.95	1.80±0.81	2.11±0.92	1.16±0.95
	非接地・静止	71.19±18.75	1.23±0.77	1.15±0.57	0.55±0.85
	非接地・動作	81.18±21.24	2.21±1.16	2.10±1.16	1.47±1.77
視覚 × 動作	開眼・静止	73.53±24.30	1.07±0.67	1.03±0.60	0.33±0.58
	開眼・動作	79.03±18.85	2.02±0.93	2.10±0.93	1.27±1.22
	閉眼・静止	73.21±19.73	1.23±0.92	1.31±0.57	0.74±1.18
	閉眼・動作	79.79±21.47	1.99±1.10	2.12±1.15	1.35±1.61

*: p < 0.05, **: p < 0.01

表6 年長児群における3元配置反復測定分散分析の結果

要因	測定項目	自由度	平方和	平均平方	F 値	p 値
足底	総軌跡長	1	213.51	213.51	1.00	0.33
	最大前後径	1	0.66	0.66	1.25	0.28
	最大左右径	1	4.80	4.80	12.29	<0.01
	実効値面積	1	5.51	5.51	4.38	<0.05
視覚	総軌跡長	1	25.34	25.34	0.18	0.68
	最大前後径	1	0.96	0.96	1.64	0.21
	最大左右径	1	0.08	0.08	0.26	0.62
	実効値面積	1	2.02	2.02	1.91	0.18
動作	総軌跡長	1	469.88	469.88	3.64	0.07
	最大前後径	1	27.11	27.11	36.66	<0.01
	最大左右径	1	29.69	29.69	89.21	<0.01
	実効値面積	1	14.94	14.94	12.55	<0.01
足底×視覚	総軌跡長	1	388.95	388.95	4.02	0.06
	最大前後径	1	1.11	1.11	3.00	0.10
	最大左右径	1	0.19	0.19	1.28	0.27
	実効値面積	1	2.04	2.04	2.53	0.13
足底×動作	総軌跡長	1	256.16	256.16	2.48	0.13
	最大前後径	1	0.77	0.77	1.53	0.23
	最大左右径	1	0.35	0.35	1.51	0.23
	実効値面積	1	0.00	0.00	0.00	0.96
視覚×動作	総軌跡長	1	255.25	255.25	4.54	<0.05
	最大前後径	1	0.36	0.36	0.90	0.35
	最大左右径	1	0.13	0.13	0.88	0.36
	実効値面積	1	0.02	0.02	0.03	0.87
足底×視覚×動作	総軌跡長	1	175.88	175.88	2.03	0.17
	最大前後径	1	0.22	0.22	0.38	0.55
	最大左右径	1	0.20	0.20	1.13	0.30
	実効値面積	1	0.64	0.64	0.63	0.43

表7 年長児群の1要因・2要因における重心動揺測定値

1 要因		測定項目 Mean ± SD			
		総軌跡長 (cm)	最大前後径 (cm)	最大左右径 (cm)	実効値面積 (cm ²)
足底要因	接地	81.30±17.65	1.55±1.05	1.58±0.85	0.88±1.48
	非接地	79.19±18.37	1.43±0.63	1.26±0.55	0.54±0.52
視覚要因	開眼	79.88±19.15	1.56±1.07	1.44±0.80	0.81±1.45
	閉眼	80.60±16.86	1.42±0.59	1.40±0.65	0.61±0.65
動作要因	静止	78.68±19.86	1.11±0.89	1.03±0.60	0.43±1.30
	動作	81.80±15.87	1.86±0.66	1.82±0.63	0.99±0.83
2 要因					
足底要因 × 視覚要因	接地・開眼	82.36±20.20	1.69±1.38	1.63±0.95	1.08±1.96
	接地・閉眼	80.24±14.81	1.40±0.53	1.53±0.74	0.67±0.73
	非接地・開眼	77.40±17.92	1.42±0.63	1.25±0.57	0.54±0.49
	非接地・閉眼	80.97±18.83	1.43±0.64	1.28±0.52	0.54±0.55
足底要因 × 動作要因	接地・静止	80.89±19.59	1.23±1.19	1.14±0.74	0.60±1.79
	接地・動作	81.70±15.67	1.86±0.78	2.02±0.72	1.15±1.04
	非接地・静止	76.47±20.09	0.99±0.37	0.91±0.39	0.26±0.38
	非接地・動作	81.91±16.24	1.87±0.52	1.61±0.44	0.82±0.48
視覚要因 × 動作要因	開眼・静止	77.16±20.49	1.14±1.19	1.02±0.71	0.52±1.79
	開眼・動作	82.59±17.51	1.98±0.75	1.86±0.67	1.10±0.92
	閉眼・静止	80.19±19.30	1.08±0.41	1.03±0.48	0.34±0.44
	閉眼・動作	81.02±14.19	1.75±0.55	1.77±0.59	0.88±0.71

*: p < 0.05, **: p < 0.01

右方向への動きは安定し、前後方向は不安定になりやすいと述べている。本研究において、足底を接地させている座位では膝関節と足関節および臀部が固定されている状態である。そのため前後方向への影響が少なくなったことから姿勢が安定し、左右方向への自由度が増したことで、結果として最大左右径が大きくなったと考えられる。また実効値面積は、最大前後径と最大左右径の実効値を基に算出される測定値であり、最大左右径が有意に増加した影響から、実効値面積も増加したと考えられる。年長児群では有意差が認められた一方で、年少児群や年中児群に関して、足底要因に関する有意な主効果は認められなかった。これは姿勢制御がより発達しており、姿勢制御の自由度が増している年長児群のみに有意差が生じ、年少児群や年中児群では有意差が認められなかったのではないかと考えられる。

また身体動揺量を反映する総軌跡長に関しては条件間で有意差は認められなかった。このことから未就学児における座位での身体動揺量については、足底接地の有無で影響を及ぼされることは、ほとんどないことが示唆された。

2. 視覚要因に関して

年少児群の最大前後径、最大左右径、実効値面積において視覚要因の有意な主効果が認められ、開眼状態が閉眼状態よりも有意に大きかった。しかし年中児群や年長児群においては開眼状態と閉眼状態に有意差は認められなかった。座位の姿勢制御における視覚要因の影響を検討した先行研究はほとんどないが、立位における静止時の重心動揺に関して、開眼時よりも閉眼時に増大することが一般的にいられている³⁻⁸⁾。しかし、本研究結果はこれらの知見とは異なり、開眼状態が大きくなっていた。これはNewellら²¹⁾の研究報告と類似している。Newellらは、3歳児群・5歳児群・若年成人群・高齢者群の立位における姿勢制御を開眼・閉眼状態で比較検討している。その結果、3歳児群のみが開眼状態で重心動揺範囲が大きくなっており、姿勢制御が未熟である幼児ほど、姿勢を安定させるために視覚情報を利用することが、かえって姿勢制御を乱す要因になると結論づけている。本研究においても姿勢制御の未熟な年少児が視覚情報を利用しようとしたことで動揺幅、動揺範囲が増大したと考えられ、本研究結果はNewellらの報告を支持するものである。

また年少児群の最大前後径と実効値面積、年長児群の総軌跡長において視覚要因と動作要因の一次交互作用に有意差が認められた。下位検定の結果、年少児群の最大前後径と実効値面積は、動作時において開眼条件が閉眼条件よりも有意に大きく、開眼時・閉眼時ともに動作条件が静止条件よりも有意に大きかった。また年長児群の総軌跡長は、開眼時において動作条件が静止条件よりも有意に大きかったが、閉眼時においては有意差が認められなかった。年少児群の最大前後径と実効値面積に関して、静止時では開眼—閉眼状態で差が生じていないが、動作時に有意差が生じたということは興味深い結果であると思われる。この結果は、未就学児の姿勢制御において、視標を注視しながら上肢を挙上することが閉眼した状態で上肢を挙上することよりも難易度が高かったことを表している。

Shumway-Cookら²²⁾は、姿勢制御における感覚情報を統合および応用する能力は、7～10歳で成人と同様になり、4～6歳は発達途中であると述べている。このことから、未就学児は注視による視覚情報と上肢挙上による深部感覚情報を統合・応用することが困難であったため、結果として重心動揺範囲が増大したと考えられる。また年長児群の総軌跡長に関して、開眼条件下で動作時が静止時よりも有意に大きかったが、閉眼条件下では静止時—動作時で差が生じていなかった。これは開眼状態で動作を行うことの方がより困難であったことから、静止時との重心動揺量の差が大きくなり、有意差が生じたと考えられる。この結果に関しても上記のShumway-Cookらの知見を支持するものであると考えられる。

年少児群と年長児群において、開眼状態で動作を行うことの困難さが認められていたが、年中児群においては有意差が認められなかった。このことに関しては、今後対象数を増やして年齢要因を検討し、年齢による変化を分析していく必要があると考えられる。

3. 動作要因に関して

すべての年齢群において動作要因の有意な主効果が認められ、動作時が静止時よりも有意に大きくなっていた。立位における上肢動作時の姿勢制御に関する研究¹⁰⁾では、上肢を挙上した際に重心の位置が安静立位のときよりも大きく前方に移動し、上肢挙上という動作が姿勢を乱す大きな外乱刺激になったと指摘されている。座位における姿勢制御に関しても、上肢挙

上動作が外乱刺激となり、重心動揺が大きくなったと考えられ、未就学児の座位における姿勢制御は上肢動作の外乱刺激に対して、影響を受けやすいことが明らかにされた。また開眼・閉眼、接地・非接地などの状況下においても動作時が静止時よりも有意に大きくなっていたことは、さまざまな環境下で動作を行うことが未就学児にとって困難であったと考えられる。

本研究の限界として、対象児数が各年齢群においてばらつきがあった。そのため動作要因においては共通の傾向が認められたものの、足底要因や視覚要因に関しては、共通の傾向を把握することができなかった。また年齢による姿勢制御の変化や性別による姿勢制御の差などを検討することもできなかった。上記の限界点への対応が今後の課題として挙げられ、対象数を増やしての追加検討が必要である。

V. 結 論

本研究は、3～6歳の未就学児の座位における姿勢制御の特徴を検討することを目的とし、足底条件（接地・非接地）、視覚条件（開眼・閉眼）、動作条件（静止・動作）を設定して重心動揺を測定し、分析を行った。

分析の結果、未就学児の座位における姿勢制御の特徴として、動作による外乱刺激によって重心動揺が大きくなること、開眼・閉眼、接地・非接地などのさまざまな環境下で動作を行うことが未就学児にとって困難であることが明らかにされた。これらのことから、未就学児は姿勢制御能力が未熟であり、座位で動作を安定して行っていくためには、児の能力に応じた対応・環境調整が重要であると考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたり、参加に同意して下さった児童および保護者の皆様、研究に協力して下さった幼稚園関係者様に心よりお礼申し上げます。

利益相反に関する開示事項はありません。

文 献

- 1) 中村隆一, 長崎 浩. 臨床運動学. 第3版. 東京: 医歯薬出版社, 2008.
- 2) 舟橋吉美, 今枝正行, 石川道子. 自閉症スペクトラム児に対する座位援助の検討—座圧分布測定装置を用いて—. 脳と発達 2010; 42: 436-465.
- 3) 中林稔堯. 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 1997; 4 (2): 1-21.
- 4) 小島幸枝, 竹森節子. 小児の身体平衡の発達について—正常小児・起立位を中心に—. 耳鼻臨床 1980; 73 (5): 865-871.
- 5) 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 1989; 48 (4): 341-350.
- 6) 平林千春, 田口喜一郎. 小児の発育に伴う重心動揺の定量的変動. Equilibrium Res 1985; 44 (3): 252-256.
- 7) 崎田正博, 石井禎基, 上坂雄介, 他. 児童の性差と年齢における静的立位足圧中心動揺変数の発達の变化. ヘルスプロモーション理学療法研究 2011; 1 (1): 39-50.
- 8) 高島香苗, 小塚直樹, 高橋敏雄, 他. 運動発達に伴う身体動揺に関する平衡機能の特徴. 北海道理学療法士会誌 1998; 15: 78-83.
- 9) 田中敏明, 江刺家修, 大島純一, 他. 小児期の重心動揺における発達—重心動揺計による分析—. 北海道理学療法 1986; 3 (1): 11-16.
- 10) 藤原勝夫, 外山 寛, 浅井 仁, 他. 急速上肢挙上時の立位姿勢調節に対する身体重心の前後方向の位置と重量負荷の影響. 体力科学 1991; 40: 355-364.
- 11) Hong SL, James EG, Newell KM. Age-related complexity and coupling of children's sitting posture. Dev Psychobiology 2013; 50 (5): 502-510.
- 12) Kyvelidou A, Harbourne RT, Willett SL, et al. Sitting postural control in infants with typical development, motor delay, or cerebral palsy. Pediatr Phys Ther 2013; 25 (1): 46-51.
- 13) Kyvelidou A, Harbourne RT, Stuberger WA, et al. Reliability of center of pressure measures for assessing the development of sitting postural control. Arch Phys Med Rehabil 2009; 90 (7): 1176-1184.
- 14) Kyvelidou A, Harbourne RT, Stergiou N. Severity and characteristics of developmental delay can be assessed using variability measures of sitting posture. Pediatr Phys Ther 2011; 22 (3): 259-266.
- 15) Kyvelidou A, Harbourne RT, Shostrom VK, et

- al. Reliability of center of pressure measures for assessing the development of sitting postural control in infant with or at risk of cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2010 ; 91 (10) : 1593-1601.
- 16) Chen LC, Metcalfe JS, Jeka JJ, et al. Two steps forward and one back : learning to walk affects infants' sitting posture. *Infant Behav Dev* 2007 ; 30 : 16-25.
- 17) Cignetti F, Kyvelidou A, Harbourne RT, et al. Anterior-posterior and medial-lateral control of sway in infants during sitting acquisition does not become adult-like. *Gait Posture* 2010 ; 33 (1) : 88-92.
- 18) 渡辺行雄, 肥塚 泉, 山本昌彦, 他. 平衡機能検査法基準化のための資料—2006年平衡機能検査法診断基準化委員会答申書, 及び英文項目—. *Equilibrium Res* 2006 ; 65 (6) : 468-503.
- 19) 鈴木淳一, 松永 喬, 徳永厚二, 他. 重心動揺検査のQ & A, 手引き (1995). *Equilibrium Res* 1996 ; 55 (1) : 64-77.
- 20) 佐藤健一, 佐竹真次. 健康若年成人の座位における荷重中心の変動—課題による異なり—. *山形保健医療研究* 2009 ; 12 : 13-20.
- 21) Newell KM, Slobounov SM, Slobounova ES, et al. Stochastic processes in postural center-of-pressure profiles. *Exp Brain Res* 1997 ; 113 : 158-164.
- 22) Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability : postural control from a development perspective. *J Mot Behav* 1985 ; 17 (2) : 131-147.

[Summary]

The purpose of this study was to examine the characteristics of sitting postural control in preschool children. Fifty-six preschool children aged 3-6 years participated in this study. Participants were divided into three groups : the younger-age group (13), middle-age group (19), and older group (24). We measured the center of pressure (COP) for 20 seconds under the following conditions : foot (contact and non-contact), visual (eye-opened and eye-closed), and motion (static and moving) to analyze the sitting postural control. Three-way repeated-measures analysis of variance was applied to examine the difference in the COP by foot, visual, and motion conditions. A main effect of the motion condition was observed in all age groups ; all indicators of body sway were greater under the moving than the static condition. A main effect of visual condition was observed in the younger-age group ; the maximum diameter of anterior-posterior (AP) and mediolateral (ML) directions and root-mean-square (RMS) area were greater under the eye-opened than the eye-closed condition. In addition, a main effect of foot condition was observed in the older-age group. The maximum diameter of the ML direction and RMS area were greater under the contact than non-contact condition. This suggests that the sitting postural control in preschool children is susceptible to a variety of factors.

[Key words]

postural control, sitting balance, seated pressure, child, typically developing children