

幼児の静的バランス能力

後藤 洋子*・早川ひろみ**・脇田 裕久*

The Static Balance Ability in Pre-School Children

Yoko GOTO, Hiromi HAYAKAWA and Hirohisa WAKITA

要 旨

本研究は幼児の運動指導に対する基礎的資料を得るために、両足直立姿勢における身体重心動揺を測定し、加齢の変化、男女差、および調整力テストとの関係について検討し、以下のような結果を得た。

1. 重心動揺の開眼、閉眼における総軌跡長および外周面積は3歳から5歳へと加齢に伴い平均値は減少するが、年齢間に有意な差は認められなかった。また、いずれの年齢においても男女間に有意な差は認められなかった。
2. 重心動揺におけるロンベルグ率は総軌跡長および外周面積において、3歳から5歳へと加齢に伴い増加する傾向にあった。
3. 重心動揺における開眼と閉眼および総軌跡長と外周面積との間に、いずれも高い正の相関関係が認められた。
4. 重心動揺と調整力テストとの間にはほとんど相関関係が認められなかったが、女子の立ち幅跳びとの間には有意な相関関係が認められた。

1. 目 的

身体の平衡性は視覚、前庭ならびに三半規管(迷路)、頸や腰などの深部感覚器、足の裏にある皮膚感覚器が受けた刺激によって反射的に調節され、静止時の姿勢の安定を保とうとする静的平衡性と動作中の姿勢の安定を保とうとする動的平衡性とに分けられる。この静的平衡性を測定する方法として、直立姿勢保持の際に生ずる重心の動揺を床反力計により検出し、動揺の移動距離や移動面積などを指標に評価する重心動揺検査がある。これは、身体平衡の維持に働く系を制御する中枢神経系の機能を検査するもので、めまいをはじめとする様々な平衡障害の医学的な診断に活用されている。

この身体重心動揺を指標とした研究は、これま

でに数多く報告されている。直立姿勢の安定性に関して加齢の変化を検討したもの^{2,6,13,20}、視運動刺激や視野の制限が重心動揺に及ぼす影響を検討したもの^{1,10,17}、重心動揺と足趾および運動能力との関係を検討したもの^{9,12,14}等があげられる。また、不安定な台上での姿勢制御能を筋電図やゴニオメータを手掛かりに検討した研究^{14,17}も行われている。しかしこれらの研究は概ね小学生以上を対象としたものが多く、幼児を対象とした研究は十分とは言えない。

一方、幼児期はスキヤモンの発育曲線にも示されているように、神経系の発達が著しい時期である。この神経系の発達に伴い、体力的側面からみると主として調整力の発達が著しい時期であると言われている。この調整力の構成要素として、猪飼の体力の分類に従えば平衡性、敏捷性、巧敏性があげられる。これらの各要素は石河によると、「調整力とは、身体活動をするにあたって、時間的、空間的に正しい動作をすることであり、このよう

* 三重大学教育学部

** 三重大学教育学部附属幼稚園非常勤講師

な能力が自己の姿勢を維持するために発揮されれば、平衡性とよばれ、なるべく短時間に動作を行おうと努める場合は敏捷性とよばれ、時間的、空間的に動作の正確性を要求すれば巧緻性とよばれる。この働きは、いずれも神経系の働きである。」と説明されている。

小林は「幼児の発達運動学」⁷⁾の中で、神経系の発達にともなって最も発達が期待される動作や運動は、人間の運動能力を意識下で支配している反射機構をはじめとする神経系の働きと、随意的な運動とが最も基本的な部分で相互に影響しあう姿勢制御にかかわる運動、すなわちバランスにかかわる運動であると述べており、幼児期の姿勢制御とバランス運動の重要性を説いている。

そこで本研究では、神経系の発達が著しい幼児を対象に、両足直立姿勢における身体重心動揺を測定し、静的平衡性の加齢による変化、男女差、

および調整力テストとの関係について検討し、今後の幼児の運動指導における基礎的資料を得ることを目的とした。

2. 方 法

測定に際しては保育園長に概要を説明し、同意を得た後、クラスを担当している保育士の協力のもとに実施した。測定の対象は津市内の保育園児3歳(年少)から5歳(年長)の男子31名、女子31名の合計62名であり、形態(身長、体重、胸囲、座高)、調整力(サイドジャンプ、跳び越しくぐり、立ち幅跳び、開眼片足立ち)および身体重心動揺(開眼、閉眼)の測定を実施した(表1-a、1-b、1-c)。

幼児の調整力をとらえるためのフィールドテストとして、体育科学センター調整力専門委員会⁷⁾では跳び越しくぐり、サイドジャンプ、ジグザグ

表1. 被検者の形態的特徴および立ち幅跳び、調整力テストの結果

a. 男子		身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	座高 (cm)	立ち幅跳び (cm)	跳び越しくぐり (秒)	サイドジャンプ (回)	片足立ち (秒)
3	13	99.0	15.6	52.3	56.4	78.3	41.4	6.2	5.8
		4.41	2.15	2.44	2.80	20.20	15.00	1.54	3.75
4	10	103.9	16.6	53.8	60.0	86.8	37.8	11.9	16.5
		3.12	1.29	1.65	2.64	24.13	10.30	6.51	10.41
5	8	108.5	18.0	53.9	62.4	107.3	16.4	15.5	16.0
		4.84	2.41	2.96	3.33	6.36	2.83	4.07	8.88
b. 女子		身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	座高 (cm)	立ち幅跳び (cm)	跳び越しくぐり (秒)	サイドジャンプ (回)	片足立ち (秒)
3	10	99.1	15.8	53.0	55.9	55.0	38.8	7.3	2.7
		5.79	2.03	2.88	3.52	17.16	8.17	1.25	2.29
4	11	101.8	16.8	52.7	58.3	76.1	29.5	12.3	17.5
		3.45	1.85	1.77	2.67	21.33	7.25	5.31	15.83
5	10	109.2	19.5	55.1	60.9	94.5	23.0	13.0	47.8
		3.25	2.06	2.32	2.64	15.69	5.51	2.36	52.48
c. 全体		身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	座高 (cm)	立ち幅跳び (cm)	跳び越しくぐり (秒)	サイドジャンプ (回)	片足立ち (秒)
3	23	99.1	15.7	52.6	56.2	67.7	40.3	6.7	4.4
		4.93	2.05	2.6	3.07	21.92	12.32	1.49	3.49
4	21	102.8	16.7	53.2	59.0	80.9	33.3	12.1	17.1
		3.39	1.58	1.76	2.73	22.68	9.50	5.72	13.33
5	18	108.9	18.8	54.5	61.6	100.2	20.1	14.1	32.8
		3.92	2.28	2.63	2.99	13.76	5.54	3.38	40.97

上段は平均値、下段は標準偏差を示す。

走の3種目を取り上げて基準値を発表している。この3種目のテストを調整力の構成要因別に分類すると、サイドジャンプおよびジグザグ走は敏捷性に、跳び越しくぐりは巧緻性に属する。つまり敏捷性の種目は2種類であるが、平衡性を測定する種目が含まれていない。そこで本研究では、敏捷性のテストから一般的に普及していると思われるサイドジャンプを選択し、また開眼片足立ちを平衡性のテスト種目として加えた。開眼としたのは3、4歳児では閉眼での片足立ちがほとんど不可能であるためである。

立ち幅跳びは本来、瞬発力の測定項目であるが、この種目は運動指導の影響が大きく、調整力を必

要とする運動能力と深い関係を示すという報告⁷⁾があることから、総合的な基礎運動能力を測定する種目として加えた。

サイドジャンプおよび跳び越しくぐりの測定は、体育科学センター調整力フィールドテストの最終形式⁸⁾に準拠して実施した。すなわちサイドジャンプはラインの幅が35cmで10秒間における跳躍の反復回数を測定し、跳び越しくぐりはテープの高さが35cmでこの高さを跳び越す・くぐるといふ連続5回の動作に要する時間を測定した(図1-a、1-b)。測定に際し、ことばによる指示だけでは理解が不十分であると思われる場合は、検者が動作を誘導したり声を掛けたりして動作が素早く

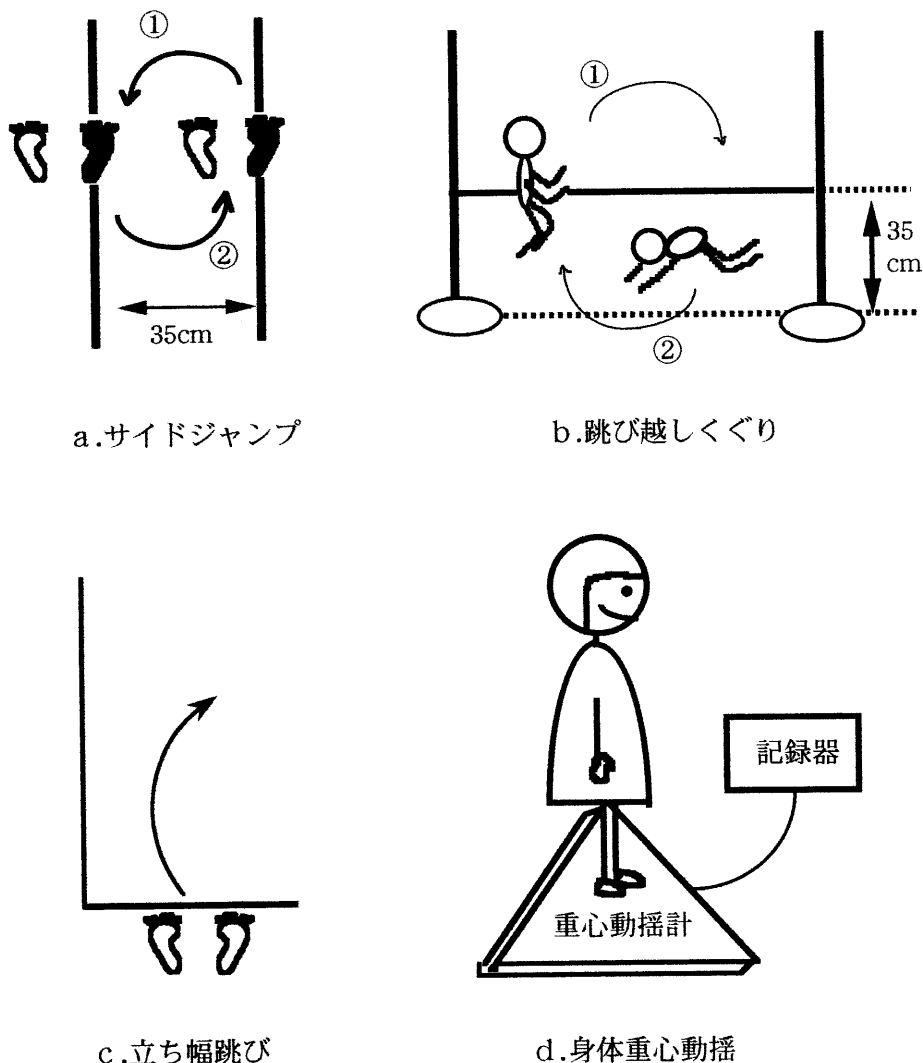


図1. 測定方法

実施できるように配慮した。

立ち幅跳びの測定は、被検者をラインの手前に立たせ、両足踏切でできるだけ遠くに跳ばせ、ラインから着地までの距離を測った(図1-c)。なお、床に幼児の好む絵を貼っておき、それを目標に跳ばせた。

開眼片足立ちの測定は、検者と向かい合って被検者に開眼の両足直立姿勢をとらせ、検者の「はじめ」の合図で片足を床から離し、上げた足が再び床に接するか支持足が移動するまでの時間を計測した。なお、検者も被検者と同時に片足立ち姿勢をとって見本を示したが、被検者に対しては片足立ちの姿勢を特に指定せず、自由な姿勢をとらせた。

身体重心動揺は、身体重心動揺計(アニマ社製 グラビコーダ・GS-11)を用いて開眼、閉眼の2条件のもとで、両足直立姿勢における床反力中心点

が移動した距離の積算(以下総軌跡長)、重心動揺の軌跡によって囲まれる内側の面積(以下外周面積)を計測した(図1-d)。通常の直立姿勢における穏やかで振幅の小さい動揺では、床反力中心点と身体重心点はほとんど一致するとみなされていることから、これを身体重心動揺の測定とした。

開眼の測定は、被検者に身体重心動揺計の上で直立姿勢をとらせ、約1m前方の壁に貼ってある、目の高さの目標物を注視させ、できるだけ動かないように指示をして計測した。閉眼は布で目隠しをして測定した。平衡能の診断には、計測時間を30秒以上にすることが望ましいとされているが、幼児(特に3歳児)では、測定中に様々な聴覚刺激が加わる場所で自主的に10秒以上静止姿勢をとることが困難であるため、計測時間を姿勢が安定した時点から10秒間とした。

各測定項目の年齢別、男女別平均値および標準

表2. 身体重心動揺の年齢別、男女別平均値

a. 男子		総軌跡長 (cm)			外周面積 (cm ²)			単位面積軌跡長 (cm/cm ²)		
年齢 (歳)	人数 (人)	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率
3	13	31.80	28.92	1.05	2.97	1.81	1.11	18.67	20.21	1.36
		17.79	9.36	0.41	3.72	1.04	0.83	13.52	10.24	0.80
4	10	28.49	26.47	1.02	2.36	2.30	1.31	19.09	24.53	1.33
		17.11	14.95	0.40	2.35	2.80	1.56	10.55	22.05	0.83
5	8	23.17	24.20	1.24	1.68	1.66	1.81	23.87	18.09	0.87
		12.23	8.93	0.56	1.79	1.09	1.38	15.58	9.27	0.31
b. 女子		総軌跡長 (cm)			外周面積 (cm ²)			単位面積軌跡長 (cm/cm ²)		
年齢 (歳)	人数 (人)	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率
3	10	32.18	23.88	0.81	2.45	1.84	0.66	14.25	20.14	1.42
		14.98	9.83	0.27	1.37	1.79	0.30	4.44	10.74	0.64
4	11	20.57	23.70	1.17	1.28	1.61	1.36	20.35	20.44	1.04
		8.22	19.69	0.67	0.94	1.66	1.01	7.93	13.26	0.52
5	10	16.76	18.59	1.15	0.81	0.79	1.37	30.40	37.68	2.06
		4.94	5.59	0.30	0.54	0.53	0.99	20.10	33.06	3.44
c. 全体		総軌跡長 (cm)			外周面積 (cm ²)			単位面積軌跡長 (cm/cm ²)		
年齢 (歳)	人数 (人)	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率	開眼	閉眼	ロンベルグ率
3	23	31.97	26.63	0.94	2.73	1.82	0.90	16.66	20.18	1.39
		16.18	9.69	0.36	2.85	1.39	0.67	10.45	10.22	0.72
4	21	24.13	24.95	1.10	1.76	1.92	1.34	19.78	22.28	1.17
		13.24	17.32	0.55	1.76	2.21	1.25	8.97	17.37	0.67
5	18	19.60	21.08	1.19	1.20	1.18	1.56	27.50	28.97	1.53
		9.23	7.59	0.42	1.29	0.91	1.16	18.03	26.73	2.59

上段は平均値、下段は標準偏差を示す。

偏差を求め、加齢による変化および男女差を検討した。更に、身体重心動揺の各項目と他の調整力に関する測定項目との間の相関係数を求め、これらの関係を検討した。

3. 結 果

1) 重心動揺の加齢的变化および男女差

重心動揺の各項目における年齢別、男女別平均値を表2に示した。

(1) 総軌跡長

重心動揺における総軌跡長の加齢的变化を図2に示した。

開眼における総軌跡長を年齢間で比較すると、男子、女子のいずれも3歳から5歳へと加齢に伴い平均値は減少したが、このうち有意な差が認められたのは女子の3歳と4歳の間および男子の3歳と5歳の間であった。また、男女を合わせた全体においても加齢に伴い平均値は減少したが、有意な差が認められたのは3歳と5歳の間であった。

閉眼においては男子、女子のいずれも3歳から5歳へと加齢に伴い平均値は減少したが、年齢間に有意な差は認められなかった。男女を合わせた

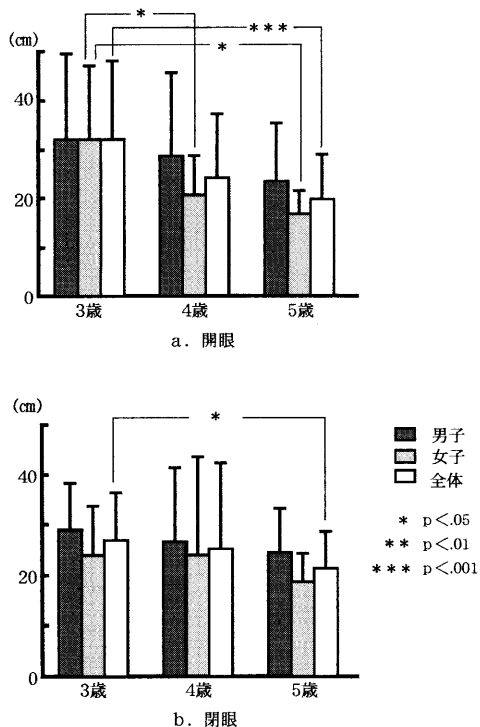


図2. 重心動揺における総軌跡長の加齢的变化

全体においても加齢に伴い平均値は減少したが、有意な差が認められたのは3歳と5歳の間であった。また、男女を合わせた全体においても加齢に伴い平均値は減少したが、有意な差が認められたのは3歳と5歳の間であった。

各年齢における男女の値を比較すると、3歳では閉眼を除いて、いずれも女子の方が男子より小さな値を示したが、男女間に有意な差は認められなかった。また、3歳から5歳までの男子全体と女子全体を比較しても有意な差は認められなかった。

また、総軌跡長の開眼に対する閉眼の割合（ロンベルグ率）を計算すると、平均値では3歳女子および3歳全体を除く全ての年齢で1以上であったが、個人値をみると3歳では23名中15名（65%）、4歳では21名中10名（48%）、5歳では18名中5名（28%）が1.0未満であった。

(2) 外周面積

重心動揺の外周面積における加齢的变化を図3に示した。

開眼における外周面積を年齢間で比較すると、男女とも3歳から5歳へと加齢に伴い平均値は減少するが、このうち有意な差が認められたものは、

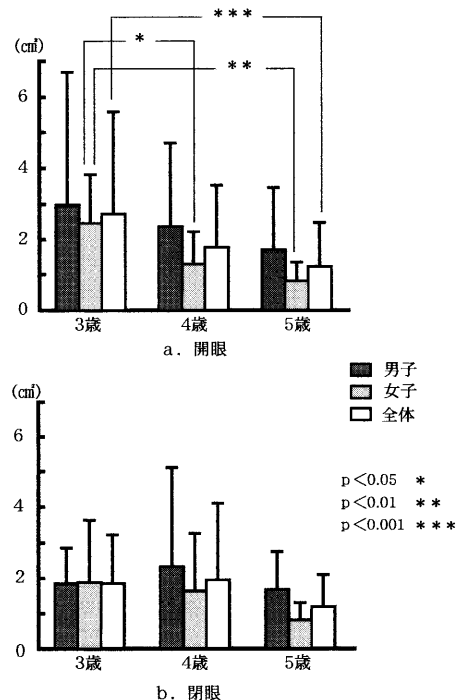


図3. 重心動揺における外周面積の加齢的变化

女子の3歳と4歳の間であった。また男女を合わせた全体においても加齢に伴い平均値は減少したが、有意な差が認められたのは3歳と5歳の間であった。

閉眼においては、女子は3歳から5歳へと加齢に伴い平均値は減少し、男子および男女を合わせた全体においては加齢に伴い概ね減少する傾向を示したが、いずれにおいても年齢間に有意な差は認められなかった。

各年齢における男女の値を比較すると、閉眼の3歳を除いて、いずれも女子の方が男子よりも小さな値を示したが、男女間に有意な差は認められなかった。また、3歳から5歳までの男子全体と女子全体を比較しても有意な差は認められなかった。

外周面積のロンベルグ率を計算すると、平均値では3歳女子および3歳全体を除く全ての年齢で1以上であったが、個人値をみると3歳では23名中16名(70%)、4歳では21名中10名(48%)、5歳では18名中5名(28%)が1未満であった。

(3) 単位面積軌跡長

重心動揺の単位面積軌跡長における加齢的变化を図4に示した。

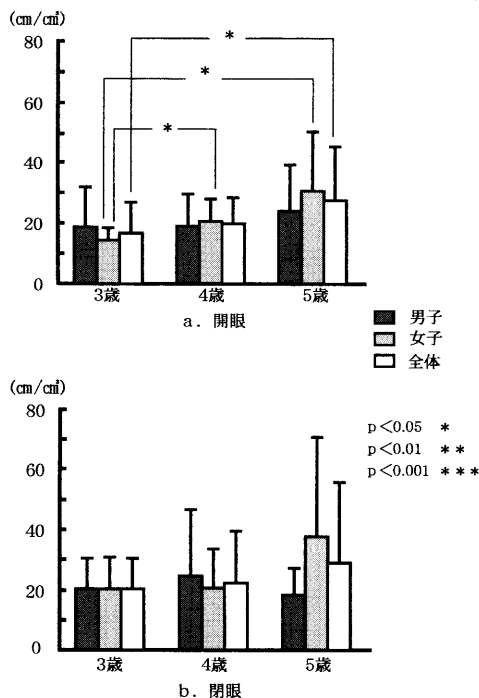


図4. 重心動揺における単位面積軌跡長の加齢的变化

閉眼における重心動揺の単位面積軌跡長を年齢間で比較すると、男女とも加齢に伴い平均値は増大するが、年齢間に有意な差が認められたのは女子の3歳と4歳の間であった。また男女を合わせた全体においても加齢に伴い平均値は増大するが、有意な差が認められたのは3歳と5歳の間であった。

閉眼における重心動揺の単位面積軌跡長の値を年齢間で比較すると、男子、女子および男女を合わせた全体のいずれにおいても年齢間に有意な差は認められなかった。

各年齢における男女の値を比較すると、開眼、閉眼のいずれも男女間に有意な差は認められなかった。また、3歳から5歳の男子全体と女子全体を比較しても有意な差は認められなかった。

単位面積軌跡長のロンベルグ率を計算すると、平均値では5歳男子を除く全ての年齢で1以上であったが、個人値をみると3歳では23名中8名(35%)、4歳では21名中9名(43%)、5歳では18名中10名(56%)が1未満であった。

2) 重心動揺と調整力テストとの関係

(1) 重心動揺の各項目間の相関関係

3歳から5歳を合わせた全体について、重心動揺の各項目相互の相関係数を求めた。

総軌跡長と外周面積の間には開眼で $r = .886$ ($p < .001$)、閉眼で $r = .930$ ($p < .001$) の高い正の相関関係が認められた。総軌跡長と単位面積軌跡長の間には開眼で $r = -.531$ ($p < .001$)、閉眼で $r = -.320$ ($p < .05$) の負の相関関係が認められた。外周面積と単位面積軌跡長の間には開眼で $r = -.538$ ($p < .001$)、閉眼で $r = -.398$ ($p < .01$) の負の相関関係が認められた。また、重心動揺の各測定項目の開眼と閉眼の間では総軌跡長が $r = .472$ ($p < .001$)、外周面積が $r = .458$ ($p < .001$) で正の相関関係が認められた。

(2) 総軌跡長、外周面積および単位面積軌跡長と調整力テストの相関関係

重心動揺と調整力テスト等の項目との相関係数を表3、4、5に示した。

総軌跡長の開眼と有意な相関関係が認められたものは、立ち幅跳びの3歳から5歳を合わせた女子全体との間が $r = -.422$ ($p < .05$)、跳び越しくぐりの女子全体との間が $r = .415$ ($p < .05$) であった。総軌跡長の閉眼は立ち幅跳びの3歳女子との間に $r = -.768$ ($p < .01$)、5歳全体との間

幼児の静的バランス能力

表 3. 総軌跡長と調整力テスト等との相関係数

年齢	性別	人数	立ち幅跳び		跳び越しくぐり		サイドジャンプ		片足立ち	
			開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼
3	男	12	0.028	-0.026	-0.317	-0.302	0.294	0.328	-0.145	-0.066
	女	10	-0.546	-0.768**	0.063	0.369	0.223	-0.127	-0.029	-0.583
	計	22	-0.191	-0.130	-0.211	-0.063	0.257	0.039	-0.101	-0.072
4	男	10	-0.040	0.056	-0.293	0.168	0.501	-0.198	0.403	-0.361
	女	11	0.202	0.010	0.100	0.098	-0.001	-0.112	-0.268	0.082
	計	21	0.128	0.096	-0.012	0.147	0.281	-0.181	0.054	-0.149
5	男	8	-0.014	-0.079	-0.753*	-0.071	0.789*	0.213	-0.488	-0.266
	女	10	-0.228	0.382	0.021	-0.028	-0.220	0.293	-0.309	-0.211
	計	18	0.011	-0.636**	-0.419	0.427	0.610**	-0.371	-0.262	-0.247
全体	男	30	-0.148	0.025	-0.077	0.052	0.186	-0.114	-0.037	-0.228
	女	31	-0.422*	-0.278	0.415*	0.247	-0.321	-0.172	-0.275	-0.130
	計	61	-0.226	-0.056	0.101	0.148	-0.008	-0.140	-0.201	-0.133

* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

表 4. 外周面積と調整力テスト等との相関係数

年齢	性別	人数	立ち幅跳び		跳び越しくぐり		サイドジャンプ		片足立ち	
			開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼
3	男	12	0.0001	-0.0707	-0.2454	-0.3214	0.3779	0.0774	-0.2214	-0.312
	女	10	-0.835**	-0.755*	0.370	0.538	0.033	0.096	-0.318	-0.500
	計	22	-0.084	-0.360	-0.151	0.036	0.247	0.080	-0.157	-0.313
4	男	10	0.086	0.187	-0.152	0.279	0.531	-0.227	0.384	-0.419
	女	11	0.617*	0.036	-0.199	0.154	0.543	-0.033	-0.109	-0.172
	計	21	0.295	0.197	0.004	0.279	0.434*	-0.186	0.131	-0.276
5	男	8	-0.078	0.336	-0.688	-0.079	-0.688	0.463	-0.382	-0.595
	女	10	-0.283	-0.600	0.026	0.233	0.026	0.037	-0.199	-0.335
	計	18	0.054	0.034	-0.404	-0.244	0.653**	0.466	-0.199	-0.330
全体	男	30	-0.082	0.073	0.081	0.006	0.183	-0.081	-0.053	-0.248
	女	31	-0.406*	-0.386*	0.467**	0.421*	-0.181	-0.138	-0.268	-0.215
	計	61	-0.108	-0.296*	-0.051	0.200	0.077	-0.102	-0.151	-0.152

* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

に $r = -.636$ ($p < .01$) の相関関係が認められた。

外周面積の開眼と有意な相関関係を示したものは、立ち幅跳びの3歳女子との間が $r = -.835$ ($p < .01$)、4歳女子との間が $r = .617$ ($p < .05$)、3歳から5歳の女子全体との間が $r = -.406$ ($p < .05$)、跳び越しくぐりの女子全体との間が $r = .467$ ($p < .01$)、サイドジャンプの4歳全体との間が $r = .434$ ($p < .05$)、5歳全体との間が $r = .653$ ($p < .01$) であった。外周面積の閉眼は立ち幅跳びの3歳女子との間に $r = -.755$ ($p < .05$)、

3歳から5歳の女子全体との間に $r = -.386$ ($p < .01$)、跳び越しくぐりの女子全体との間に $r = .421$ ($p < .05$) の相関関係が認められた。

単位面積軌跡長の開眼と有意な相関関係が認められたものは、立ち幅跳びの4歳女子との間が $r = -.757$ ($p < .05$)、3歳から5歳の女子全体との間が $r = .364$ ($p < .05$)、跳び越しくぐりの3歳男子との間が $r = .755$ ($p < .01$)、3歳全体との間が $r = .598$ ($p < .01$)、女子全体との間が $r = -.416$ ($p < .05$)、サイドジャンプの4歳女子と

表5. 単位面積軌跡長と調整力テスト等との相関係数

年齢	性別	人数	立ち幅跳び		跳び越しくぐり		サイドジャンプ		片足立ち	
			開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼	開眼	閉眼
3	男	12	-0.159	0.298	0.755**	0.495	-0.155	0.215	-0.090	0.337
	女	10	0.344	0.357	-0.469	-0.548	0.128	-0.442	0.201	0.359
	計	22	0.066	0.272	0.598**	0.162	-0.163	-0.051	0.064	0.293
4	男	10	0.139	-0.210	-0.385	0.046	-0.159	-0.250	-0.090	0.084
	女	11	-0.757*	-0.141	0.368	-0.329	-0.709*	-0.230	-0.111	0.460
	計	21	-0.277	-0.155	-1.108	-0.021	-0.367	-0.245	-0.083	0.241
5	男	8	0.400	0.082	0.317	0.047	-0.360	-0.371	0.770*	0.884**
	女	10	0.438	0.334	-0.434	-0.235	0.506	-0.196	0.031	0.165
	計	18	0.344	0.144	-0.085	0.078	-0.016	-0.295	0.114	0.283
全体	男	30	0.107	-0.063	0.146	-0.087	-0.041	-0.184	0.222	0.222
	女	31	0.364*	0.336	-0.416*	-0.390*	0.200	0.007	0.231	0.307
	計	61	0.219	0.145	-0.086	0.228	0.070	-0.067	0.195	0.291*

* : p < 0.05 ** : p < 0.01 *** : p < 0.001

の間が $r = -.709$ ($p < .05$)、片足立ちの5歳男子との間が $r = .770$ ($p < .05$) であった。単位面積軌跡長の閉眼では跳び越しくぐりの女子全体との間に $r = -.390$ ($p < .05$)、片足立ちの5歳男子との間に $r = .884$ ($p < .01$) の相関関係が認められた。

(3) 重心動揺の大きい幼児と小さい幼児における調整力テストの成績

重心動揺の総軌跡長および外周面積において、各年齢毎に値が小さい者(上位群とする)5名、大きい者(下位群とする)5名を抽出し、それらの調整力テストの平均値を算出し(表6、7)年

表6. 総軌跡長の上位群・下位群における調整力テストの成績

年齢 (歳)	a. 総軌跡長・開眼		跳越くぐり (秒)		サイドジャンプ (回)		片足立ち (秒)	
	上位群	下位群	上位群	下位群	上位群	下位群	上位群	下位群
	立幅跳 (cm)							
3	80.60	67.20	45.19	38.37	6.80	7.00	4.78	3.40
	22.90	37.27	21.76	5.92	1.10	1.00	2.74	3.86
4	75.00	86.40	34.36	64.88	10.40	12.20	19.28	15.04
	21.00	24.10	6.53	67.65	3.58	9.12	22.21	14.36
5	109.60	98.40	19.87	16.97	14.60	16.80	113.28	13.07
	6.27	13.87	7.60	4.32	1.34	4.76	171.84	10.69
b. 総軌跡長・閉眼								
	79.00	65.20	33.70	36.32	7.20	7.20	6.35	4.27
	24.85	32.33	2.50	6.42	0.45	1.30	3.15	4.39
4	86.40	86.40	28.64	64.88	12.60	12.20	12.40	15.04
	25.83	24.10	9.03	67.65	6.66	9.12	6.32	14.36
5	107.40	97.60	20.27	21.64	13.80	14.00	125.92	42.41
	6.54	20.92	7.56	6.59	2.05	3.39	168.93	63.75

上段は平均値、下段は標準偏差を示す。

表7. 外周面積の上位群・下位群における調整力テストの成績

a. 外周面積・開眼								
年齢 (歳)	立幅跳 (cm)		跳越くぐり (秒)		サイドジャンプ (回)		片足立ち (秒)	
	上位群	下位群	上位群	下位群	上位群	下位群	上位群	下位群
3	79.60	67.20	44.63	38.37	6.40	7.00	4.89	3.40
	23.84	37.27	22.25	5.92	0.89	1.00	3.05	3.86
4	84.00	93.40	32.12	62.96	10.40	15.00	12.91	16.07
	19.46	26.72	9.23	68.88	3.21	10.34	5.61	14.30
5	109.60	104.60	19.87	15.62	14.60	15.80	113.28	32.65
	6.27	6.77	7.60	2.69	1.34	5.50	171.84	45.11
b. 外周面積・閉眼								
3	76.60	59.20	44.23	43.03	7.00	6.80	6.47	2.17
	25.70	33.96	22.24	10.82	0.00	0.84	3.36	1.98
4	87.60	85.20	33.14	66.03	9.60	11.60	12.88	12.36
	24.40	26.52	11.87	66.85	2.61	9.32	6.04	14.55
5	105.40	94.80	22.09	20.19	13.20	17.00	126.92	14.55
	9.21	22.88	7.11	6.98	2.95	4.64	168.06	9.85

上段は平均値、下段は標準偏差を示す。

齢全体の平均値と比較した。

開眼における総軌跡長の上位群が年齢全体の平均値を上回り、下位群が下回ったものは、立ち幅跳びの3歳および5歳、片足立ちの3、4、5歳であり、下位群の方が上位群の記録より高かったものは、立ち幅跳びの4歳、跳び越しくぐりの3歳、5歳、サイドジャンプの3、4、5歳であった。閉眼において上位群が年齢全体の平均値を上回り、下位群が下回ったものは、立ち幅跳びの3歳および5歳、跳び越しくぐりの4歳、片足立ちの3歳であり、下位群の方が上位群の記録より高かったものは、サイドジャンプの5歳、片足立ちの4歳であった。

閉眼における外周面積の上位群が年齢全体の平均値を上回り、下位群が下回ったものは、立ち幅跳びの3歳、跳び越しくぐりの4歳、片足立ちの3歳および5歳であり、下位群が上位群の記録より高かったものは立ち幅跳びの4歳、跳び越しくぐりの3歳および5歳、サイドジャンプの3、4、5歳、片足立ちの4歳であった。閉眼において上位群が年齢全体の平均値を上回り、下位群が下回ったものは、立ち幅跳びの3歳および5歳、片足立ちの3歳および5歳であり、下位群が上位群の記録より高かったものは、跳び越しくぐりの3

歳および5歳、サイドジャンプの4歳および5歳であった。

4. 論 議

重心動揺の発達に関する研究は、平林ら²⁾が4歳から18歳の男女を対象に、また坂口ら¹¹⁾が4歳から28歳の男女を対象に重心動揺の軌跡長、動揺面積等を測定し、いずれの項目も加齢にともない減少すること、また重心動揺がおよそ10歳から15歳で成人の値に達すると報告している。この他にも幼児の姿勢の安定性が成人に比べると著しく劣ることが指摘されている^{2, 6, 13, 20)}。本研究では3歳から5歳の幼児を対象に計測時間を10秒に短縮して測定を行った結果、重心動揺の総軌跡長、外周面積のいずれも加齢とともに減少し、これまでの報告と一致した傾向を示した。

重心動揺の男女差については、様々な結果が報告されている。Hirasawa³⁾は6～14歳の小児の重心動揺面積について、10歳までは女子の方が男子よりも小さいことを、種田ら¹⁷⁾は、7～12歳の小児の重心動揺について、7歳女子の軌跡長が男子より有意に小さかったが、加齢にともなって性差は認められなくなると報告している。また、小島ら⁶⁾は、1.5歳～14歳頃までは女子の方が、

15歳では男子の方が重心動揺は小さいが、17歳以上になると男女差がなくなると述べている。本研究では、重心動揺の総軌跡長および外周面積の開眼および閉眼ともに、いずれの年齢においても平均値では女子の方が男子より小さい値を示したが、有意な差は認められなかった。小島も指摘しているように、幼児期では測定値の標準偏差が大きく、男女差以上に個人差が大きいため、統計的に有意な差を示さなかったと考えられる。

一般的に幼児は立位姿勢を制御するために深部感覚系の情報よりも視覚情報への依存が高く、成人では逆に深部感覚系の情報が優位に立つと言われている。その原因として幼児期では各器官から感受された情報を円滑に処理するための中樞神経系の発達が未熟であるためと推測されている。従って重心動揺のロンベルグ率は成人に比べて幼児の値が大きくなると考えられる。また、坂口¹⁰⁾の報告では、小児は成人に比べて視運動刺激の影響を受けやすく、刺激を受けると動揺が大きくなることを指摘している。また、視運動刺激の姿勢反応への影響は中心視野より周辺視野の関与が大きいと言われている⁴⁾。

著者らは幼児を対象とした測定と同時に成人女子を対象として重心動揺の測定を行った。その結果、両者のロンベルグ率を比較すると幼児の値は必ずしも成人女子の値よりも大きくはなかった。さらに3歳では23名中15名の、4歳では21名中10名のロンベルグ率が1未満であり、開眼での動揺の方が閉眼より大きい結果を示した。本研究の測定では実験室内で視覚や聴覚による刺激をコントロールした環境下ではなく、同室で他の調整力テスト等を同時に実施していた。そのため測定中の被検者に対しては、壁の目標物を注視させることで中心視野は制御されたが、周辺視野からの視覚刺激が加わったため、開眼での動揺が大きくなったと考えられる。

重心動揺における開眼と閉眼の関係について、成人女子を対象とした測定では、総軌跡長の相関係数が $r = .528$ 、単位面積軌跡長が $r = .681$ であり、それほど高い相関関係は示さなかった、と報告されている¹⁷⁾。本研究の測定においても相関係数は総軌跡長が $r = .472$ 、外周面積が $r = .458$ であり、開眼と閉眼の関係はさらに低いものであった。幼児期では発達の個人差が大きく、姿勢保持のための視覚への依存度も個人によってばらつきがあり、開眼と閉眼の関係が低くなった可能性が

考えられる。

姿勢調整能とフィールドテストとの関係については、渡辺¹⁹⁾らが人体移動装置を用い、姿勢に外乱刺激を与えその乱れを測定し、調整力テスト(跳び越しくぐり、反復横跳び、ジグザグ走、棒反応時間、台上片足立ち、タッピング)との関係を検討しているが、全般的にあまり相関関係は認められなかったと報告している。一方、新宅ら¹²⁾は4歳の足蹠、運動能力(25m走、ボール投げ、片足連続跳び、立ち幅跳び、腕立て支持、反復横跳び、開眼片足立ち)、重心動揺の関連性を検討し、4歳男子において反復横跳びと総軌跡長との間に $r = -.360$ ($p < .01$)、矩形面積との間に $r = -.411$ ($p < .01$)の関係が得られ、重心動揺距離および面積が小さいほど反復横跳びの能力が高いと推察している。

本研究では、重心動揺の総軌跡長および外周面積と調整力テスト(立ち幅跳び、跳び越しくぐり、サイドジャンプ、開眼片足立ち)との相関係数を求めた。重心動揺と開眼片足立ち、サイドジャンプの間には、男女ともほとんど相関関係が認められず、女子に限り跳び越しくぐりとの間で一部の項目と、立ち幅跳びの間では、ほとんど全部の項目と相関関係が認められた。重心動揺は平衡性を測定するものであり、その意味では、同じ平衡性の測定項目である開眼片足立ちとの間に高い相関係数が得られると予測されたが、ほとんど相関関係は認められなかった。さらに重心動揺の小さかった者(上位群)と大きかった者(下位群)を抽出して調整力テストの結果を検討したが、必ずしも上位群の成績が下位群の成績を上回るものではなかった。鈴木¹⁶⁾は健康な女子学生を対象に重心動揺と握力、背筋力、開眼および閉眼による片足立ち保持時間の関連性を調べた結果、開眼・閉眼時の種々の重心動揺測定値と片足保持時間との間には全く関連性はなく、姿勢調整能の指標と筋力との間にも有意な相関係数は得られなかったと報告している。つまり同じ姿勢調整能の指標として測定されている片足立ち時間と両足直立姿勢による重心動揺の測定は各々異なる能力を測定していると考えられ、片足立ち時間の測定は重心動揺の測定の代わりにならないと推察される。

逆に、基礎的な総合運動能力の指標として用いた立ち幅跳びと重心動揺の測定項目との間に相関関係が認められたことから、幼児期では基礎的運動能力の高い者が静的姿勢調整能にも優れている

可能性が考えられる。一方、今回対象となった園児は、実施した調整力テストの運動に慣れておらず、サイドジャンプや跳び越しくぐりの運動に熟練していなかったため、比較的単純な動作である立ち幅跳びとの間に有意な相関関係を示したということも考えられる。いずれにしても重心動揺とフィールドテストとの関係については明確な結論が出されていない状態であり、今後更に継続した検討が必要であろう。

5. 謝 辞

本研究の遂行にあたり、測定に多大な御協力を頂きました津市公園西保育園の園長先生はじめ諸先生方、園児の皆さんに謝意を表します。

6. 文 献

- 1) 羽柴基之 (1989) 視覚による立位姿勢の安定化—周波数分析による特長と視野制限の影響—, 名市大医誌, **40**(3): 589-602
- 2) 平林千春、田口嘉一郎 (1985) 小児の発達に伴う重心動揺の定量的変動—身体動揺の研究, 第21報—, *Equilibrium Res.* **44**(3): 252-256.
- 3) Hirasawa, Y (1973) Study on human standing ability. *Agressologie*, **14**, C: 37-44.
- 4) 市川真澄、渡辺 悟 (1987) 視運動刺激反応に対する視野制限の影響と姿勢調整機能. *体力科学*, **36**(6): 506
- 5) 石河利寛 (1969) 身体活動における調整力—調整力とは何か—, *学校体育*, **22**: 10-1.
- 6) 小島幸枝、竹森節子 (1980) 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*, **73**(5): 865-871.
- 7) 小林寛道 (1990) 幼児の発達運動学, ミネルヴァ書房, 100-138, 1990.
- 8) 栗本関夫、浅見高明、渋川侃二、松浦義行、勝部篤美 (1981) *体育科学センター調整力フィールドテストの最終形式—調整力テスト検討委員会報告—*, *体育科学*, **9**: 207-212.
- 9) 野崎恭彰、新宅幸憲、山形 修、乾 道生、赤塚 勲 (1997) 幼児期における足蹠、運動能力、重心動揺について—4歳児を対象として—, *体力科学*, **47**(6): 822.
- 10) 坂口正範 (1989) 視運動刺激に対する重心動揺の年齢的変動, *信州医誌*, **37**(1): 17-30.
- 11) 坂口正範 (1989) 小児の重心動揺および頭部動揺の年齢的変動, *Equilibrium Res.* **48**(4): 341-350.
- 12) 新宅幸憲、野崎恭彰、山形 修、乾 道生、赤塚 勲 (1994) 幼児期における足蹠と運動能力について—第5報—, *体力科学*, **43**(6): 690.
- 13) 新宅幸憲、臼井永男、野崎恭彰、乾 道生、赤塚 勲 (1998) 幼児期における立位姿勢制御について, *体力科学*, **47**(6): 979
- 14) 新宅幸憲、乾 道生、臼井永男、竹内宏一 (1997) 幼児期における足蹠、運動能力、重心動揺について, *体力科学*, **47**(6): 822.
- 15) 新宅幸憲、入川松博、鶴田宏次 (1987) 女子大学生の身体動揺について, *体力科学*, **36**(6): 509.
- 16) 鈴木政登 (1998) 健康女性の重心動揺解析値と片足立ち保持時間及び握力、背筋力との関連, *体育科学*, **27**: 94-102.
- 17) 種田行男、江橋 博、一木昭男、渡辺 悟 (1992) 小児の視覚による姿勢制御系の発達について—閉眼および視野狭窄時における重心動揺の周波数分析から—, *体力科学*, **41**(2): 220-232.
- 18) 東京都立大学体育学研究室編 (1989) 日本人の体力標準値第四版, 不昧堂出版, 372-403.
- 19) 渡辺和彦、浅見高明、朝比奈一男 (1978) 姿勢制御からみた調整力の研究IV. フィールドテスト項目との比較—3歳~6歳について—, *体育科学*, **6**: 131-138.
- 20) 山本高司 (1985) 動作の調整能, 杏林書院, 121-135.