

幼児の平衡機能に関する運動学習の効果 について

(健康教育学研究室) 小林 芳文

The study of an effect on the motor learning of equilibrium functions in pre-school children

Yoshifumi Kobayashi

(Dept. Health Education, Faculty of Education, Univ. of Tokyo)

We made a new apparatus, named the Balance meter, to make it clear that pre-school children show the states of equilibrium functions, which are remarkable for development of a motor nerve. the properties of this apparatus possess both the role of a measurement system and of a playmaterials. By using this, therefore, it is interested in that how balance will be performed.

To investigate the problems, two similar groups of 5 subjects at four and five years of age were formed. (especially within $\pm 1/2 \sigma$ in body height, weight and behavioral attitudes, etc.) Moreover the some acquired states of equilibrium functions were measured after a week the motor learning task was over. The results obtained in this study are as follows;

1) The reliability of a new apparatus is recognized from the results which showed a significant correlation in the case of the first time as well as the second measurement. ($r=.802$)

2) The experimental groups showed rapidly improvement at the records of the Balance meter, while, the control groups were not found out some changes at the behavioral attitudes; we say that equilibrium functions in pre-school children is educability, trainability, and it isn't unchangeability.

3) The performance process of the motor learning at five years of age is greater the effect than that at four, and females than males. From those results, we say that in this time children have to be dealt with the methods of the level of their development.

I 緒言

幼児は2, 3歳頃を期に戸外での遊びが急に多くなる。この時期の遊びを観察すると、自分自身の廻転や上下運動などの動作が、そのほとんどであるが、加齢に伴い4, 5歳頃になると次第に、その遊びもdynamicになり遊園地などで廻転遊具や振動遊具などを用いての遊びも加わってくる⁽¹⁾。そして、視覚や迷路など平衡感覚への刺激を受けながら生活を営むようになる。

しかし、この刺激も極端になり、Bárányの廻転椅子

のように椅子上に乗せられ、極めて早い廻転速度で刺激を与えられたときなどは、生体に現われる現象も眩暈をうったえたり、しばらくは歩行困難におちいるのが普通である。一般に、幼児はこのような平衡失調が惹起されるような強い刺激はほとんどないといえようが、動揺病(Motion Sickness)のあるような小児にとっては、あたかも廻転椅子上に乗せられたかのような刺激を受容していることは当然考えられる。

このように刺激や生体への負荷が、行動に様々な形で影響し、反応を呼び起こすことは、大変興味あるところで、ここに刺激機構としての学習、練習あるいは訓練の

関与ある点を示されることになる。

運動や動作の学習、練習、訓練がいかに生体に feedback し、検索されるかについてはこれまで幾多の研究がある。古くは、W. L. Bryan⁽²⁾らにはじまり、近くは、D. K. Mathews⁽³⁾、F. M. Henry⁽⁴⁾、A. M. Kathleen⁽⁵⁾、J. C. Bachman⁽⁶⁾、A. V. Carron. et al⁽⁷⁾、R. G. Marteniuk⁽⁸⁾、松井⁽⁹⁾、山川⁽¹⁰⁾、著者⁽¹¹⁾など枚挙のいとまがないが、いずれも何らかの trainability, educability を認めている。

このような一般的な練習効果の実験の他に平衡機能に関する練習効果については、星野、福田⁽¹²⁾、J. L. Meyers⁽¹³⁾、R. S. Rivenes⁽¹⁴⁾、E. D. Ryan⁽¹⁵⁾など多くをかぞえている。このうち、星野、福田らの古くからの研究によると、生物に日常遭遇しない異常な刺激（廻転、視性、直線運動）を負荷すると、初めは円滑に行えないが、反復して負荷すると刺激に適応し、反射機構は変化し、この結果反射は固定したものでなく、訓練によって変化するものであり、その時の視器と迷路は訓練を行なうために機能的に密接な関連があり、とくに、訓練効果をあげるために高等動物にあっては脳または小脳が大きな役割を演ずることを明らかにした。この中で注目すべきところは、高次中枢の分化がない蟹においても訓練効果が成立する点を指摘し、訓練効果の成立は高次中枢の高度の分化発達を前提条件とするものではないとした点である。

この研究は、学童以上成人、動物対象の実験を主としたもので、主に廻転負荷後の眼震 (Nystagmus) の減少から結論を導びき出しているものであるが、前田⁽¹⁶⁾はこれを幼児にあてはめその効果をみている。

すなわち、満4歳以上6歳未満249名を対象に園児の遊戯に廻転運動を組み入れて2カ月間訓練を施し、その時の20秒10廻転等速他動廻転による廻転後眼震を「Otogoniometer」装置により、眼震持続時間ならびに眼震数、顛倒反応検査などを行ない、いずれの検査項目でも著しい効果のあることを見出した。遊戯の中に平衡機能を高めるような刺激を取り入れ、それを連日実施しただけでもその効果のあることを示したことは興味深い。

この点について前田と同様、著者⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾らも幼児に対し5カ月間、遊具遊びを中心とした curriculum のもとでその姿をとらえたが、訓練効果、教育効果が導びきだされたことや、handicap をもった全盲幼児が毎日の歩行練習や動作、行動を通して正常児にほぼ近い平衡能力をもつようになる姿など、刺激の与え方がその子どもの能力を開発しうる点は幼児健康教育に何らかの示唆を与えるところである。

しかし、幼児期における教育にとって重要なことは様々な刺激が自然の形で獲得されることであり、そこに興味性や親和性が付随することである。

従来から、その展開の一手段として遊具の重要性が認められているが、著者もこの点を考慮し、幼児の能力を幼児が遊びながら自らその程度がわかり、しかも取り組むことにより幼児の中に内在する能力が開発されるものは何かを考え、後述する Balance meter を考案するに至った。

従って、著者は新しい生活刺激をもとめる時期にある幼児について、Balance meter なる遊び道具を与えたときにどのような機能的な発達のパターンを示すものであるかをとらえ、幼児教育の一助としたいと考え、次のような観点にたつて問題を解明しようとした。

① 試作による Balance meter 測定器はどの程度まで幼児の平衡機能を測定しうるか。しかも、それに接する幼児の興味、親和度はどの程度か。

② Balance meter による運動学習を行なわない子どもと行なった子どもでは能力推移がどのように異なるか。

③ 4歳児と5歳児での習熟過程には、相違が認められるか。

④ 性差、個人差がどの程度まで存在するか。

⑤ 運動学習を通じて、平衡機能はどの程度まで幼児の身に定着するか。

II 研究

実験、訓練について多数の被検者を対象に行なうことが望ましいが、幼児の生活環境、地域性など等質標本を得るためには、可能な限り同一園の子どもにすることが望ましい。しかも、実験が長期に渡るため、毎日の訓練のために園の年間 program に影響を与えないように実施することが必要とされる。従って次の手順により研究を進展させた。

A. 被害者の選定

被検者は港区内H幼稚園4、5歳児男女41名。ここは都内でも比較的経済的に恵まれた商業地域であり、園児の体位は都の平均よりやや大きい程度である。これらの幼児を年齢別、性別で各2群に分け、それぞれ Balance meter で training を行なう実験群、比較のための対照群を定めた。その際に2群とも体位をそろえるため、Mean \pm 1/2 σ 以内に入る幼児を選定すると共に、更に前もって幼児の自転車乗り経験の有無、日常観察による幼児の行動、性格特性などをチェックした。

B. 記録方法

a Balance meter の製作

Balance meter は、balance 台とその recorder よりなるが、balance 台は縦 30 cm、横 120 cm の板の中心部に軸をとりつけ、両脇を、ball-bearing で固定した。中心下の高さは約 6 cm、最大傾斜角 15° とし、balance 台の両 side に薄い銅板の contact switch をつけ、balance 台が接床すると電流回路が生ずるように作製した。recorder は NEC 製 electronic counter により接床時間を積算させ、1/100 sec まで計測を行なった。図 1 はその概念図である。

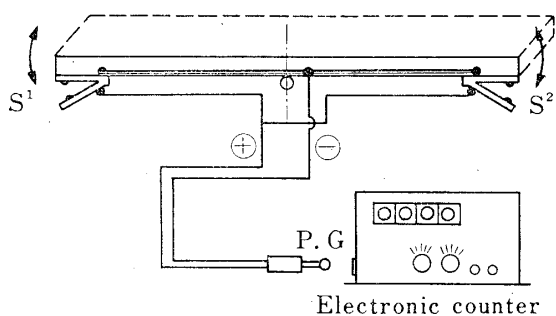


図 1 バランスメータ(試作)概念図

C. 測定、練習方法

訓練群、対照群とも先ず、Balance meter への慣れを含めた blind の状態で第 1 回目の測定を実施し、1 週間後に第 2 回目の測定に入ると同時に、実験群は毎日 1 人 2 分間で連続 3 週間の訓練を行なった。訓練実施にあたっては特別に園による curriculum が作成された。3 週間の期間中、実験、対照群とも 1 週ごとに同時に第 3 回目、第 4 回目、第 5 回目の測定が行なわれた。3 週間の訓練を終えたのち、その後さらに 1 週間後に両群とも第 6 回目の測定を行なった。

測定実験日は 1971 年 11 月 2 日～12 月 8 日ですべての幼児の疲労がない登園 30 分後より静おん下で行なった。なお、Balance meter 測定時間は幼児の疲労の影響がない程度の時間として、30 秒を定めた。30 秒間に何秒接床時間があつたかの点からその機能を観察した。すなわち、平衡機能の優れている子どもは、この接床時間が短く、値が少いことになる。

III 結果

A. Balance meter 器(試作)の信頼度

試作による Balance meter がどの程度まで使用可能か把握する目的で、測定 1 回目と 2 回目の結果との相関関

係をみた。

すなわち、測定 1 回目、2 回目とも blind の結果であるが、1 週間後の 2 回目は器具に対する慣れもある故に、全幼児とも 1 回目の値より優れた値になっていることは当然であり、その関係が 1 回目 비해、全く無秩序であることは、器具の信頼度などに問題のあることを示すことになろう。

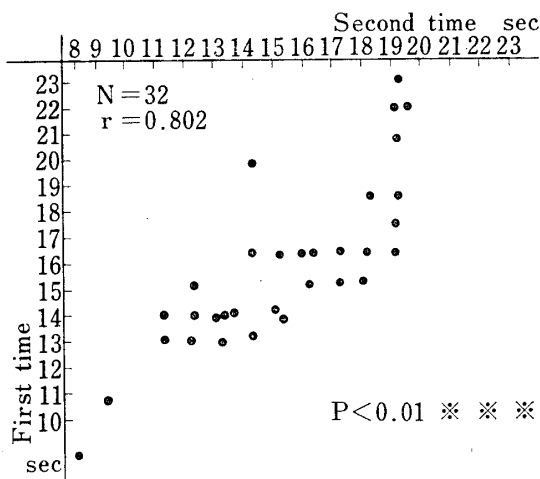


図 2 1 回目、2 回目 (1 週間隔) の
バランスメーター値の相関図

図 2 は全幼児の 1 回目、2 回目の balance meter 値の相関図である。それによると、 $r=0.802$ と 1% 水準の有意をもって正の高い相関のあることが認められ、測定器

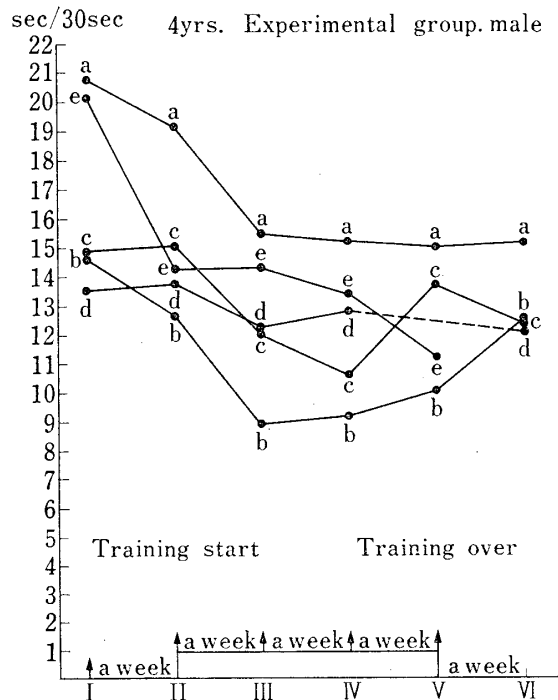


図 3 バランスメータ(試作)による幼児の
平衡機能発達の縦断的観察

具としてある程度の判定が可能となったことが明らかとなった。

B. 実験群, 対照群の Balance meter 値の変化

(1) 年齢ごとの個別の継続的観察

図3～図10は、訓練群と対照群の各年齢 group による Balance meter 値1回より測定6回目までの個人別の測定結果である。

(i) 4歳児男女について

図3は4歳男児実験群, 図4は4歳男児対照群の個別の結果である。男児においては両群間ではっきりした減少の傾向があるように思えないが, これは対照群が1回目の測定で欠席したため2回目, 3回目が blind 状態になりみかけ上差がないようにみえるためである。しかし, 対照群が顕著な変化をみせないのに対し, 実験群は訓練開始1週目, 2週目, 3週目と練習が増すごとに僅かではあるが減少傾向にある。

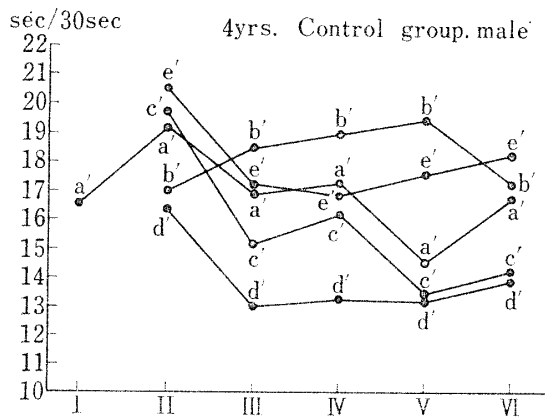


図4 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

図5は4歳女児実験群, 図6は4歳女児対照群の結果である。

4歳男児でその差がはっきりしなかったものが女児での実験群と対照群では, 前者の減少が顕著である。とくに, 実験群の各人とも練習により1回目より2回目, 2回目より3回目と値がほぼ同程度に減少しているのに対し, 対照群でのそれは, 測定1回目, 2回目の時点で値にばらつきがあったものが, 測定3回目では, ほぼ近似の値に近づき, それがおのまま4回目, 5回目, 6回目とほとんど変化のない状態になっている。

(ii) 5歳児男女について

図7は5歳男児実験群, 図8は5歳男児対照群の結果である。実験群においては練習が重なるごとに減少傾向がみられるのに対し, 対照群は blind 状態の減少を除いてその後の値に減少がみられない。

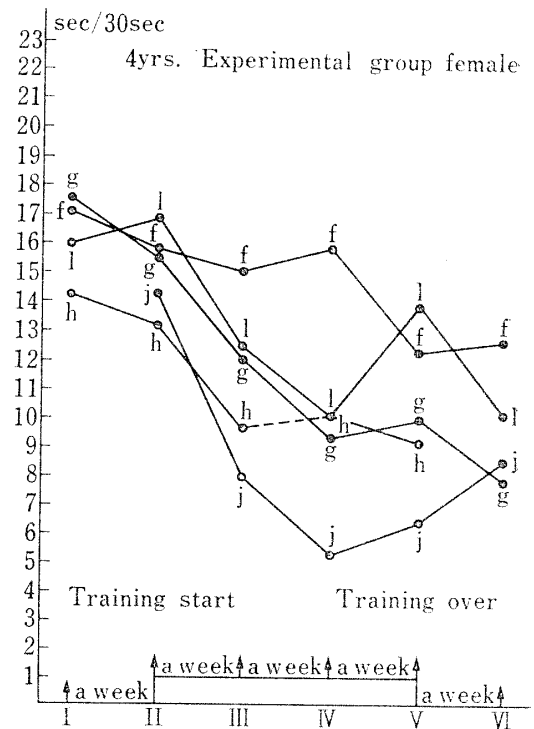


図5 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

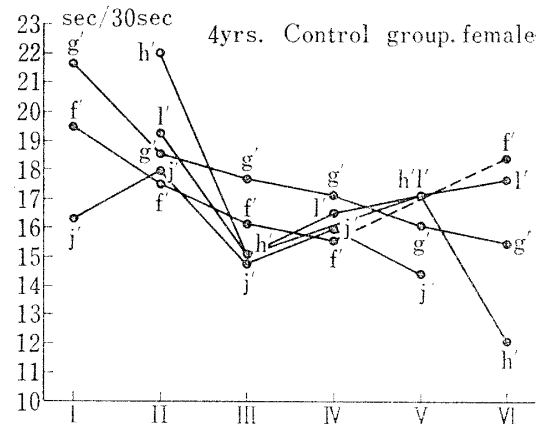


図6 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

また, 興味ある点は, 実験群で練習開始2週後の4回目の測定では1人の被検者を除いて, 他の4名がほぼ9秒から11秒の間の近接した値に近づき, 近接した状態でそのまま5回目, 6回目と同じ値で変化している点である。(訓練開始前ではほぼ11秒から19秒と8秒の差の範囲に分布している)この傾向は, 対照群には全々認められない。

図9は5歳女児実験群, 図10は5歳女児対照群の結果である。実験群は各人とも顕著な減少を示しているが, 対照群は男児と同様, blind の状態を除いて測定回数

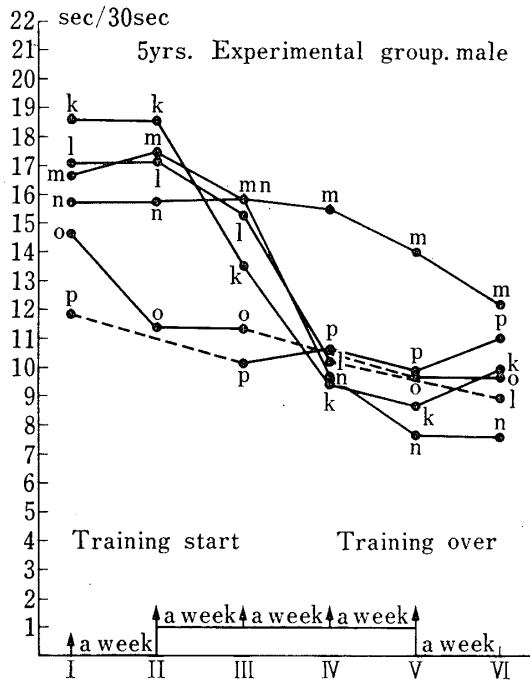


図7 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

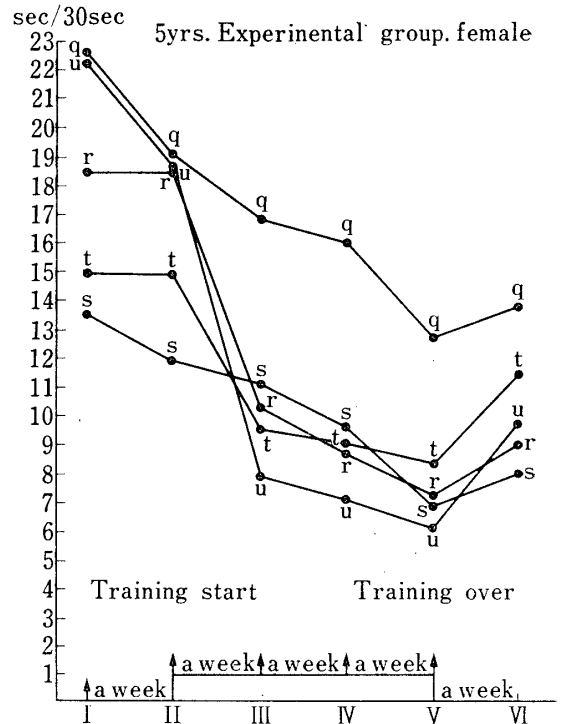


図9 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

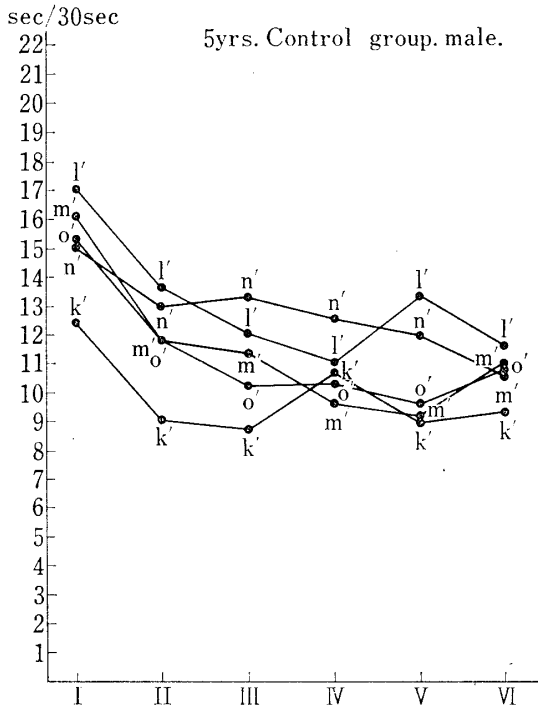


図8 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

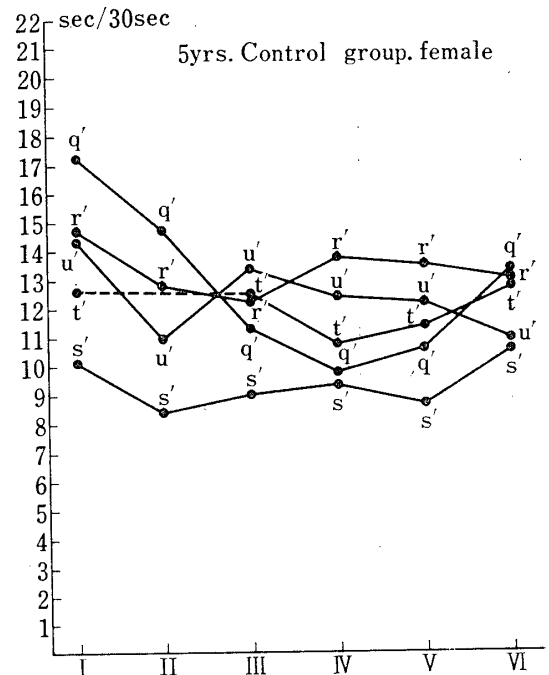


図10 バランスメーター(試作)による幼児の平衡機能発達の縦断的観察

増してもその減少変化がみられない停滞安定性をとっている。

以上は Balance meter 値の推移を個別にみた結果であるが、実験群と対照群で group 別にその値の関係をみると、表1のとおりになる。1回目の測定結果は blind

のため参考資料にすぎないが、2回目以後の結果を比較すると、4歳児では2回目の時点で両群に差が認められない状態から測定の回が進むごとに有意に差が認められる。また、5歳児では男女とも最初の段階で対照群が有意に優れていた状態が回が進むにつれ、両群に差がみら

表 1 実験群と対照群間の Balance meter 値の比較

Trials			1	2	3	4	5	6	
5 yrs	Male	Experimental	N	6	5	6	5	5	6
			M	15.8	16.1	13.2	11.2	10.1	9.9
			S D	2.3	2.8	2.5	2.5	2.4	1.6
		Control	N	5	5	5	5	5	5
			M	15.3	11.8	11.2	10.9	10.7	10.7
			S D	1.6	1.7	1.7	1.1	1.9	.7
	t	.4090	2.9353 [※]	1.5144	.2456	.4383	1.0316		
	Female	Experimental	N	5	5	5	5	5	5
			M	18.5	16.7	11.2	10.3	8.4	10.6
			S D	4.1	3.1	3.4	3.7	2.6	2.7
		Control	N	5	4	5	5	5	5
			M	13.9	11.7	11.7	11.3	11.4	10.6
S D			2.6	2.7	1.6	1.9	1.8	1.3	
t	2.1187	2.5393 [※]	.2975	.5376	2.1213	1.1939			
4 yrs	Male	Experimental	N	5	5	5	5	5	5
			M	16.8	15.0	12.7	12.4	12.7	13.1
			S D	3.4	2.4	2.5	2.3	2.3	1.5
		Control A)	N	5	5	5	5	5	
			M	19.1	16.2	16.6	16.4	16.3	
			S D	1.5	2.1	2.0	2.8	2.6	
	t	1.3839	.8414	2.7239 [※]	2.4684 [※]	2.6411 [※]			
	Female	Experimental	N	4	5	5	5	5	4
			M	16.2	15.9	11.5	10.1	10.4	9.4
			S D	1.5	1.4	2.7	3.8	2.9	2.1
		Control	N	3	5	5	5	4	4
			M	19.1	18.4	15.7	16.2	16.2	16.0
S D			2.7	2.1	1.2	1.5	1.3	2.8	
t	1.8384	2.2149	3.1785 [※]	3.3388 ^{※※}	3.6767 ^{※※}	3.5429 ^{※※}			

A) この欄は1回目で欠席者多数のため2回目以下の値が順に記入されている。 ※ $p < 0.05$ ※※ $p < 0.001$

れなくなっている。

さらに、このことをより明らかにするために、表2に示したように2回目(実験群は練習開始)と5回目(実験群は練習終了)の測定値の差をみると、4歳女児、5歳男児、5歳女児の実験群は有意に練習効果が認められているのに対し、4歳男児と対照群でのいずれの group も値の変化を認めることができない。

(2) 初回よりみた減少傾向について

個人別での機能発達の習熟過程をみるため blind 状態の第1回目の測定結果をのぞき、第2回目の測定結果を

基準初回として、3回目、4回目、5回目、6回目の測定値の絶対差をみると図11~図14のとおりになる。

(i) 4歳児男女について

図11は4歳男児、図12は4歳女児のものである。図11の対照群の場合、測定1回目に4名が欠席したため、blind 状態を2回目と3回目にし、3回目を基準初回として作図したものである。実験群が各国とも減少を示しているのに対し、対照群は初回と同じか、むしろ逆に値が低下している。図12は4歳女児のものであるが、一般に男児よりは減少の絶対差が多く、広がりのある分布が

表 2 練習期間での Balance meter 値の推移

		Male		Female		
		Experimental	Control	Experimental	Control	
5 yrs	2nd Time	N	5	5	5	4
		M	16.1	11.8	16.7	11.7
		S D	2.8	1.7	3.1	2.7
	5th Time	N	5	5	5	5
		M	10.1	10.7	8.4	11.4
		S D	2.4	1.9	2.6	1.8
t		3.6380**	.9648	4.5871**	.2005	
4 yrs	2nd Time	N	5	5	5	5
		M	15.0	16.2	15.9	18.4
		S D	2.4	2.1	1.4	2.1
	5th Time	N	5	5	5	4
		M	12.7	16.3	10.4	16.2
		S D	2.3	2.0	2.9	1.3
t		1.5471	.0771	3.8191**	1.8208	

**p<0.001

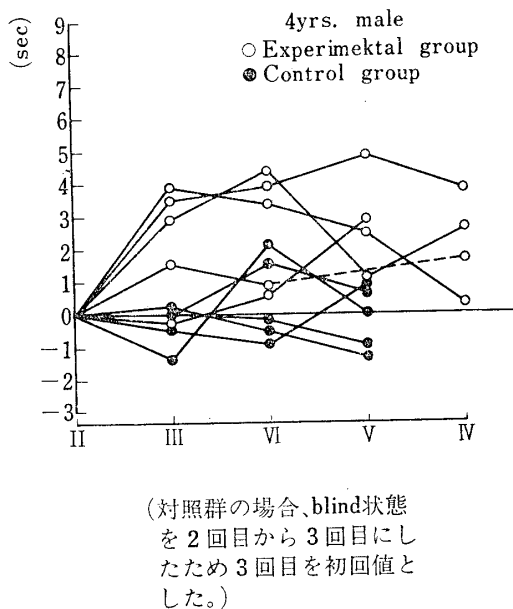


図11 初回よりみた幼児の平衡機能獲得の推移

(対照群の場合、blind 状態を2回目から3回目にしたため3回目を初回値とした。)

みられるが、男児の実験群全員が対照群より優れているのに比べ、その傾向はうかがわれない。

(ii) 5歳児男女について

図13は5歳児男児、図14は5歳児女児のものである。

まず図1の5歳男児をみると実験群と対照群では初回からの延びに大きな開きがある。実験群は初回にくらべれば7秒から9秒程度の減少をみているが、対照群では2秒程度の減少があるだけで、むしろ初回より測定値が劣る幼児もみられる。図中の検査5回目で練習が終了したが、実験群の幼児はそのままさらに練習を続けられ、さ

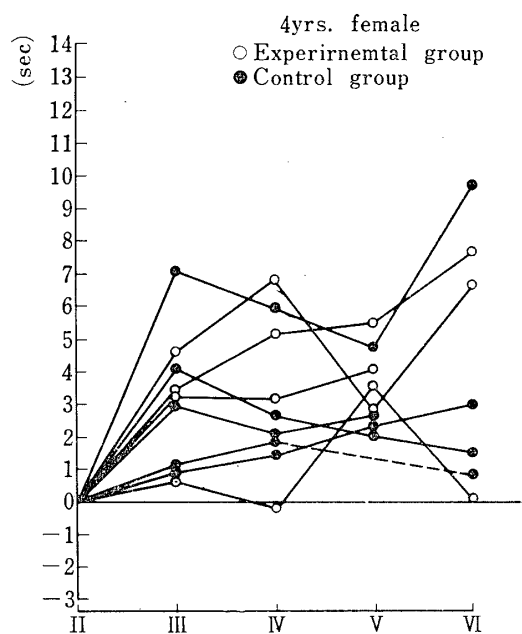


図12 初回よりみた幼児の平衡機能獲得の推移

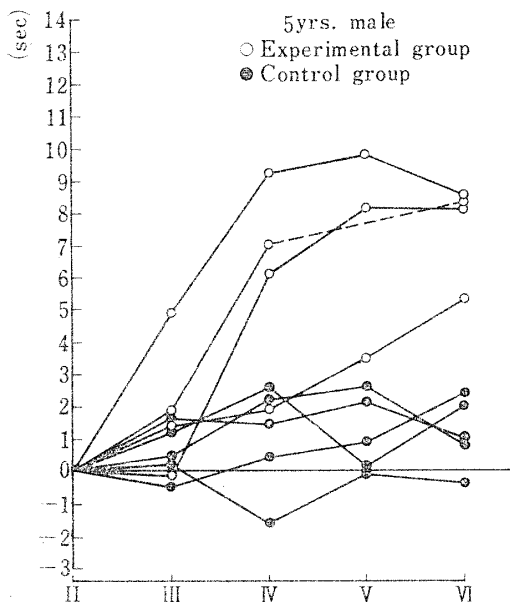


図13 初回よりみた幼児の平衡機能獲得の推移

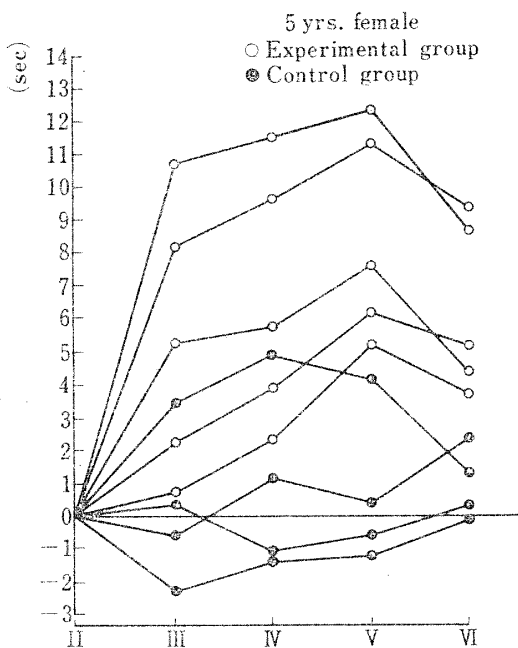


図14 初回よりみた幼児の平衡機能獲得の推移

らに記録が良くなる可能性の上昇曲線をたどっている。対照群はその傾向がうかがわれない。

図14の5歳女児をみると、男児と同様実験群に著しい進歩の状態がみられる。対照群では、ほとんどその傾向がみられず、むしろ男児対照群と同様初回より測定値が劣る幼児さえ存在している。また、実験群の推移曲線をみると、練習が増すとともに上昇曲線をたどり、検査5回目に最もすぐれた値を示しているが、このことは男児と同様練習によりまだ記録が良くなる可能性をもっていることがわかる。

(iii) 4歳児, 5歳児の比較

まず、男児で4歳児と5歳児を比較すると、実験群同士では4歳児がわずかに3, 4秒程度の短縮であるのに対し、5歳児では7, 8秒の短縮がある。

また、女児で年齢別に比較すると、実験群同士では男児と同様5歳児が4歳児より著しい短縮のある点が認められる。

(3) 個人別にみた練習効果について

(i) 個人の減少量について

図15, 図16は個人別にその減少量をみたものである。図は各人の全6回の測定をとおしての最低値と最高値を示したものである。また、図中の横線は各々の平均値を示しており、アルファベットは個人名をさしている。

図15は対照群のもので男女別、年齢別にみたものであるが、4歳児は最低、最高値とも5歳児より劣っている。個人別にみても最低値を示している子どもは、やはり測定期間中の値も群の中では最低値を示している傾向にある。

ところが図16の実験群では、対照群と全く異なる pattern がみられる。まず、横線の平均値だけで見ると、最低値の平均が一番悪いのは5歳女児(18.4秒)、4歳男児(16.9秒)、4歳女児(15.7秒)、5歳男児(14.0秒)の順であるが、これが練習期間中の最高値の平均をみると、最も優れた群は5歳女児(8.0秒)で、4歳女児(8.9秒)、5歳男児(9.5秒)、4歳男児(12.1秒)の順になり、この平均値の差だけみても5歳女児の顕著な練習効果、続いて4歳女児のそれがうかがわれる。

とくに、これを個人別で見ると最も練習効果の大きな効果は、5歳女児のuであり約16秒の短縮(最低値22.28秒, 最高値6.29秒)、続いてrの約11秒(18.49秒から8.92秒)がめだち、全年齢を通じて最高値を示した幼児は4歳女児のjであり、5.33秒の値まで短縮した。

また、最低値と最高値の差が最も少ない幼児すなわち練習効果の少ない幼児は4歳男児aの約1.4秒(13.64秒から12.22秒)の短縮のみである。

(ii) 平衡機能の定着について

図3, 図5, 図7, 図9は4歳児男女, 5歳男女の実験群の結果であるが、その図中の測定5回目から6回目の測定値の変化をみると獲得された機能が定着している傾向のあることが推定される。

それによると4歳男児で4人中2人, 4歳女児で4人中2人, 5歳男児で6人中2人, 5歳女児で5人中5人が約1秒から3秒の記録のもどりが観察される。とくに5歳女児ではほぼ全員2秒から3秒のもどりを示し、4歳児の1秒前後と比較するとその推移の pattern に興味深

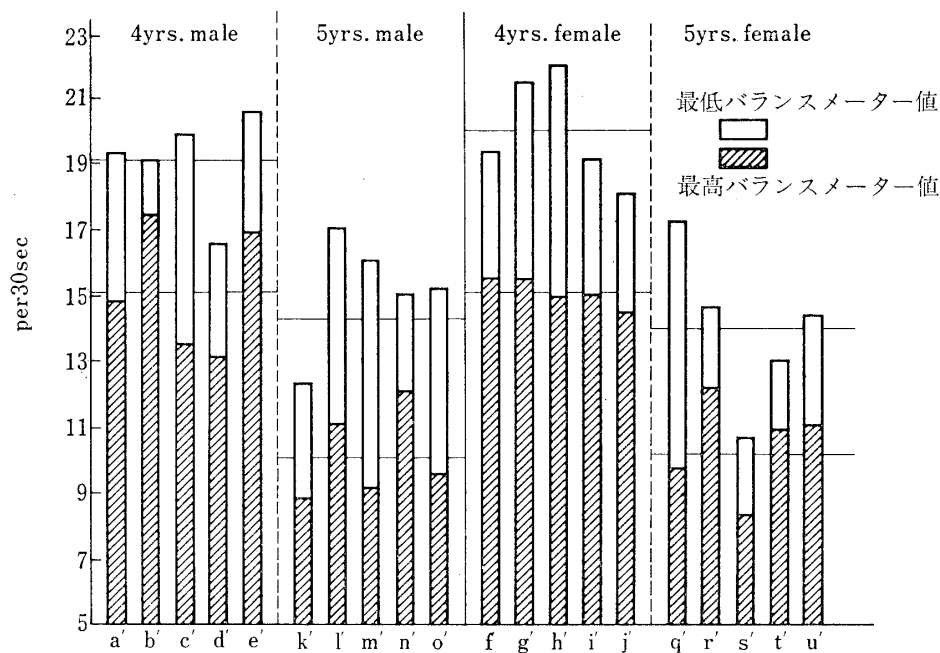


図15 各幼児の最低バランスメーター値と最高バランスメーター値の比較(Control group)

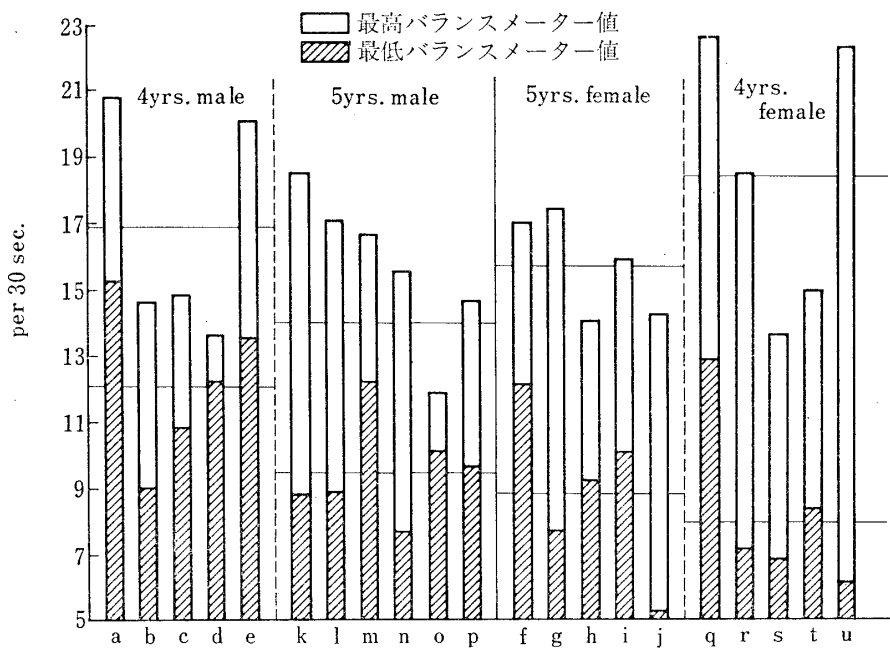


図16 各幼児の最低バランスメーター値と最高バランスメーター値の比較(Experimental group)

い点がかがわかる。

(iii) 運動, 行動特性よりみた機能について

写真1は, 日頃極めて運動も活発な幼児であり, 練習効果の大きな4歳女児であるが, 全実験群幼児の中で最も優れた値を示した例である。balance 台が接床しないように両手を広げ, 軀幹が一方に傾きすぎると敏速な arm swing をとり入れ, しかも下肢のうち足の指や足蹠の微妙な動きのあることがみられる。

これにくらべ, 写真2, 写真3に見られる測定値が劣

る幼児には, 写真1の幼児のような姿勢はみられない。すなわち, 写真2の幼児は両手の動きも下肢の足の指, 足蹠反射もその姿勢保持のための努力の姿が観察されない。

写真3の幼児と写真2の幼児で明白な相違としては, 写真3の幼児では下肢, とくに足の指, 足蹠にまだその活動が観察される点である。この写真3の幼児は, 運動能力も日常の行動もあまり活発でない幼児である。



写真 1 全年齢を通じ最も測定値の優れた幼児
両手をひろげ、とっさの台の傾きに、す
ばやい手の swing がみられると同時に
足蹠の微妙な control もみられる。



写真 2 測定値の劣る幼児立ち直りのための
arm swing ならびに足蹠の変化がみられ
ない。

IV 考 察

Balance meter (試作) の信頼性と幼児用検査用具と
しての価値、従来から幼児の平衡機能検査をみると、棒



写真 3 やや測定値の良い幼児 arm swing は
ないが足蹠の変化はみられる。

上片足立ち検査、平均台歩行検査などが主であった。こ
れらの検査項目はそれなりにねらいをもっているのでは
あるが、幼児の発育、発達特性を考慮した場合、必ずしも
当を得ているとはいえない。周知のとおり、幼児の検査
にあたっては、それが幼児にとって興味や親和性を備え
ていることが要求され、それらの条件のもとに正確な機
能測定ができるといえよう。これらの点でやや問題があ
るとみたからである。試作による Balance meter は幼児
にとって測定器として使用する以上に、興味ある、親し
みのある遊具として幼児に扱われたが、この傾向も 5 歳
児が全体的に興味を示していたのに対し、4 歳児の中
にはその傾向の貧しいものもみられた。

前述のように試作の Balance meter は電子 stop watch
を接続すれば、幼児の機能的な推移が正確に数量的に測
定できる、いわゆる測定器としての特徴も備えており、
平衡維持の機能が測定できると考えている。そこでま
ず、測定器としての信頼性を検討する立場から Balance
meter 使用による検査 1 回目と、その後 1 週間後の 2 回
目との測定結果について相関関係をみたところ、 $r=$
 0.802 の有意な関係を認め、測定器としての信頼度にあ
る程度実証することができたといえよう。

ところで、平衡機能に關与する刺激の approach は、
迷路や視覚などに対して水平的か垂直的かあるいはその
両者が複合した回転的か、3 者の pattern が考えられよ
うが、ここに試作された Balance meter は垂直的刺激
の要素を備えているものである。

この垂直的刺激が生体に加わったときに、どのような

刺激機構が生ずるか、松⁽¹⁹⁾の研究は、本研究に多大な導びきを与えた。シーソー上に家鶏を乗せ連日上下方向への加速度刺激(垂直刺激)を与え、あわせてその時の脚の拮抗筋である M. gastrocnemius と M. tibialis anterior を記録したところ、家鶏のシーソー運動習熟の過程が二つの拮抗する筋の活動の相の分化と筋収縮の状態の円滑化として把握されることを明らかにした点である。

ここにみた家鶏の垂直刺激の練習効果を考えたとき、当然幼児による Balance meter の練習効果も考えられたのである。そこで、幼稚園の4、5歳男女児を Balance meter で連日 training をする実験群と、何もしない比較のための対照群に分け、3週間連続で毎2分間の運動学習過程を施した場合の、幼児の機能的な発達の pattern を把握することにより、幼児の平衡機能習熟過程をみようとしたのであった。

訓練群、対照群の平衡機能の習熟過程；4歳男児の実験群と対照群で、記録をみたとき両群の間で、初回は差が認められなかったものが、練習1回目より有意に差が認められた。(表1)しかし、4歳男児の実験群での初回(測定2回目)から練習終了までの記録の伸びをみたところ、そこに有意な差がみられなかった。また、4歳女児についてみると男児と同様な結果が認められ、しかも実験群の練習効果が有意に認められた。(表1、表2)

また、5歳男女児については4歳女児と同様な記録の伸びがみられ、異なる点は4歳児より練習効果の大きいことである。とくに、5歳女児の練習効果は全 group を通じ、もっとも顕著であった。これらの結果に対し、以下の考察が加えられよう。

実験群に対し、反復練習で幼児の balance 状態をみたとき、その動作に現われる過程には、器機に対する慣れや不必要な緊張からの開放、規則的な遊びの rhythm の増加、姿勢の自由な control の増進の3段階を経て、巧みな平衡機能が習得されるようである。幼児の代表的な姿勢写真をみても、arm swing 足蹠反射のない子ども(写真2)、足蹠反射はあるが arm swing がない子ども(写真3)、その両方の姿がみられる子ども(写真1)と、そこに相違がみられたが、換言すれば、いわばこの過程は習熟過程そのものを示しているといえよう。つまり、この一連の過程に早く到達するものと、到達の速度が遅い子どもがあるとも解釈される。本来、習熟過程は成熟要因と日常的外的環境からくる様々な経験から身につくことであることは、A. Gesell⁽²⁰⁾ の一卵性双生児の研究で示唆されているところである。4歳児と5歳児で練習効果をみた場合、男女とも5歳児が著しい記録の伸びを示していたが、この現象も3段階に到達する過程の長短の

差、つまり、生活経験の多少の差と readiness 状態であることはある程度推定がゆるされよう。このことは、猪飼⁽²¹⁾ものべているように練習の継続により、運動機能の中枢で反復運動動作にも必要な機能が共同し、一定の方向性をもつ神経活動の pattern が形成されるのであり、初期には随意的に調整されていた動作が反射化され、次第に不随意調整の占める部分が多くなっていくためと解釈され、そこに発育、発達差、生活経験差が大きな因子となると考えるのである。

なお、対照群は一般に測定1回目から2回目の blind 状態では記録がよくなっているものの、3、4、5、6回目とほとんど変化のない記録を示したにすぎず、いわば前述の習熟過程3段階にあてはめた場合、第1の段階つまり器機に対する慣れや不必要な緊張のみから開放されただけで、第2の段階、規則的な rhythm の増加、第3の自由な control 増進の過程まで入りえなかったと考えることが可能といえる。

さて、練習習熟曲線についてみると、4、5歳児の男女とも、1週目より2週目、2週目より3週目と一般に上昇の傾向を示したが、練習の初期で急激な記録上昇を示し、練習が進むにつれてその傾向が少なくなった。(図11、12、13、14) 対照群ではこの傾向はみられなく、blind 状態を除いてはほぼ同じ値であった。年齢別に発達曲線をみたところ、5歳児の練習効果が顕著であった。この点で、L. Dusenberry⁽²²⁾ の実験による3、4歳児と5、6歳児に同方法で同期間ボール投げの練習をさせ、その距離の伸びをみたところ、3、4歳児より5、6歳児に練習効果が著しく、3、4歳児に練習するよりも5、6歳時に練習させることの意義を述べている点と共通するところである。このことは、運動の訓練には、それに適した時期があり、幼児に運動学習をさせる場合、最も効果的な反応が期待される発達段階を考慮しなければならないわけである。

つまり、幼児での平衡機能の開発化をめざすとき、ある程度、神経による身体支配の調整的な運動能力の増した高年齢幼児になって指導する必要の意義が実験的に裏づけられたと考えることができるのである。しかし、本実験で練習効果の少なかった4歳児の実験群は、対照群よりは記録が上昇しているのであるから Balance meter による平衡機能の運動学習を行なわないよりは良いといえそうである。

また、練習曲線で興味のある点は山川⁽¹⁰⁾の数取器による巧み性の研究である。その中で3カ月に亘る急速反復訓練の結果、10秒間の叩打数は実数では5歳児を6歳児が上まわっているが、練習効果(伸び率)では6歳児より

5歳児に著しいとする結果を明らかにしたが、この点は著者の Balance meter による練習効果の結果と年齢差で全く逆の関係にあるが、数取器など手先を中心とした巧み性の機能は、幼児期における練習に生理的限界があり、ある程度の記録に達した場合には、それ以上の伸びはみられず、6歳児はその段階にすばやく達したものの5歳児はその過程に余裕があったためと説明されているが、平衡機能のような、数取器に比べて比較的大筋を使う運動学習の場合などは、より複雑な coordination が要求され、それに優れた高年齢幼児が練習効果がたとえ大きく解釈することができよう。

しかし、Balance meter に関する平衡機能の発達についてこの幼児期の生理的限界なる点に注目すると、4歳児も5歳児も練習初期に比べ、始めは著しくのび、次第にそれがゆるやかとなる pattern を示したが、徐々に練習終了時まで記録は上昇し、3週間で練習課題を終わったものの、その後、継続すればさらに上昇する可能性もあり生理的限界なる点は明白にならなかった。

練習効果の定着性；実験群幼児の約72%が練習終了1週間後では、やや記録のもどりがみられた。これは balance の運動学習刺激に対して一定の恒常な反応が現われるような反射の獲得まで、未だ達していないことであり、不変なものでないことと推定される。しかし、この状態は再度の練習にて、すばやく回復すると思われる。それは平衡機能が、かなり神経性の強い運動なるが故に、定着すれば神経系ならびに筋肉に刻印され結びついて潜在するものであると考えるからである。

個別にみた練習効果；個人の測定値の中で最低値（大半が第1回目の測定値）と最高値の差を比較したところ、個々人とも5歳女児の練習効果の顕著な点がめだつた。（図16）たとえば、5歳女児uのように16秒の短縮をみる幼児もあれば、4歳男児dのようにわずか1.4秒の短縮のみで効果の少ない幼児もいたように相当な個人差がみられたが、この点で、F.L. Goodenough⁽²³⁾のいう練習効果の個人差とは学習される課題の困難度や以前の経験により、それが容易なものではある程度時間を与えれば生理的限界に近づき、個人差がなくなると言っているが、今回の練習が3週間の期間であり、しかも個々人の記録が練習終了時までのびつづけていたところを考えると、あるいは個人差がなくなるかもしれないし、Balance meter のような練習は軽い運動学習とはいえむしろ、生理的限界以上に個人の中樞神経の発達の差に依存しているのかもしれない。このところは今後の研究を待つこととしてここに即断はさけないが、中樞神経の発達差、換言すれば、運動能力の機敏な幼児としからざ

る幼児でその姿勢をみたところ、機能の優れている幼児は立ち直り反射だけでなく、両手の arm swing、下肢の足蹠反射など微妙に動作している点を見とめたが、劣る幼児は balance を維持するためのそれらの様相が貧しく、中樞神経の発達の遅延とも推定できるのである。すでに、著者ら⁽¹⁾が幼児の dynamic posture の中で、これらの身体反射形態が遊びの中で重要な役割を演ずることを明らかにした点や、K. Bobath⁽²⁴⁾ が脳性麻痺児の運動例で詳細に検討しているところと一致するところである。

V 結 論

幼児の平衡機能の発達機能、平衡機能の開発可能性をみるために Balance meter なる測定器を製作した。その測定器を使用し、都内の幼稚園児4歳、5歳男女に対し、1人毎日2分間の練習をする実験群と比較のための対照群を選び、5週間で合計6回の測定を実施した。その結果次の知見を得た。

① 試作による Balance meter の信頼性を検討するために被検者全員の測定1回目と1週後の2回目との相関をみたところ、 $r=0.802$ と有意に高い係数がえられ、また客観性の点でも問題がなかった上に、幼児の興味と実用の容易さもみとめられた。

② 平衡機能に関する運動練習の開始前は実験群・対照群ともほぼ同様に記録の低下をみたが、その後3週間にわたる練習を受けた実験群は4歳児、5歳児男女とも記録の上昇がみられたが、対照群は明白な変化が観察されなかった。すなわち、練習効果の最も著しい群は5歳女児であり、年少幼児（4歳児）より年長幼児（5歳児）に練習効果が大きく、また男児より女児にその傾向が認められた。このことより幼児の運動学習にあたっては、その発達段階にふさわしい学習をさせることが幼児の能力を引き出す上で、重要なことであり educability, trainability の基礎的な資料を提起したと考える。

③ 練習効果にあたっては個人差がめだつたが、機能の良い児、つまり記録の良い幼児は、しからざる幼児に対し、身体の微妙な動作、arm swing や下肢の足指、足蹠反射などがみられ、身体の coordination の level が大きく関与していることが推定された。

④ 練習を完了した幼児にとって、開発された平衡機能はどの程度まで保持されているかの点を見ると、全幼児の72%は終了1週間後の成績がわずかではあるがもどりをみせたが、それでも初回にくらべた場合、かなり進んだ状態にあり、ここにある程度平衡機能の定着性を認

めたが、長期間放置した状態ではその測定値がどう変化するかわかり今後の研究課題である。

おわりに、本研究を遂行するにあたり東京大学教育学部教授船川幡夫先生に多大なご助言とご教示を賜りました、深く謝意を表します。

参考文献

- (1) 小林芳文, 船川幡夫; 幼児の遊びにおける Dynamic Posture. 学校保健研究, vol.15. No.10 pp468—471, 1973
- (2) Bryan, W.L. and Harten, N.; Studies in the Telegraphic Language, Psychol. Rev. 4, 27—53, 1897.
- (3) Mathhews, D. K. et al; Cross Transfer Effects of Training on Strength and Endurance. Research Quarterly. 27, 206—212, 1955.
- (4) Henry, F.M. et al; Age Differences and Inter-Relationships between skill and Learning. Research Quarterly, 27, 162—175, 1955
- (5) Kathleen, A.M.; Effects of two different programs of instruction on motor performance of second grade students. Research Quarterly. 41, 406—411, 1970.
- (6) Bachman, J.C.; Specificity vs. generality in learning and performing two large muscle motor tasks. Research Quarterly. 32, 3—11, 1961.
- (7) Carron, A.V. and Mateniuk, R.G.; Retention of a balance skill as a function of initial ability level. Research Quarterly. 41, 478—483, 1970
- (8) Marteniuk, R.G. et al; Efficiency of learning as a function of practice schedule and initial ability. Journal of Motor Behavior, 2, 140—148, 1970.
- (9) 松井三雄; 体育心理学 134—144, 1952
- (10) 山川純; 幼児の急速反復運動の訓練効果に関する研究, 民族衛生, vol.24. No.3 107—116, 1957
- (11) 小林芳文他; 鉄の上手な使い方, その発達過程, 指導過程の分析, 幼児と保育 小学館, No.12. 66—72, 1969.
- (12) 星野貞次他; 特殊なる回転訓練を施せる学童の回転性後眼震について, 耳鼻臨床, vol.47, No.1, 1954.
- (13) Meyers, J. L.; Retention of balance coordination learning as influenced by extended layoffs. Research Quarterly. 38, 72—78, 1967
- (14) Rivenes, R. S. et al; Retention of perceptual and motor skill: an Analysis of new methods. Research Quarterly. 39, 684—689, 1968
- (15) Ryan, E.D; Retention of stabilometer and pursuit rotor skills. Research Quarterly. 33, 593—598, 1962
- (16) 前田正明; 幼児の平衡機能とその訓練, 耳鼻臨床, vol. 47. No.11, 1954.
- (17) 小林芳文, 船川幡夫; 幼児の平衡機能訓練の実験的研究 遊具使用による開発, 第20回日本学校保健学会講演集, 1973.
- (18) 小林芳文, 船川幡夫; 盲小児の平衡機能の発達に関する研究, 第21回日本学校保健学会講演集, 1974.
- (19) 檜 学; 訓練効果の平衡生理, 耳鼻臨床, vol.47. No.11 910—926 1954.
- (20) Gesell, A., and H. Thompson; Learning and growth in identical twins: an experimental study by the method of co-twin control. Genet. Psychol. Monogr., 6, 1—123, 1929.
- (21) 猪飼道夫; 体育に必要な運動の生理, 体育の科学社, 102—112, 1953.
- (22) Dusenberry, L.; A study of the effects of training in ball throwing by children ages three to seven. Research Quarterly, 23, 9—14, 1952.
- (23) Goodenough, F.L.; The measurement of mental growth in childhood. Manual of child psychology, 2nd ed. New York, Wiley, 459—491, 1954.
- (24) Bobath, K; The motor Deficit in Patients with cerebral Palsy. 小池文英訳, 医師薬出版, 15—49, 1970