

平衡機能の発達とその因子構造

Development and Factor Structure of Balance.

野 口 義 之

Yoshiyuki Noguchi

平衡機能が運動学習能 motor educability, motor capacity の重要な要因であることは Brace, D. K., McCloy, C. H., Oseretzky, N. I. の運動能検査をみても明らかである。又 Cureton, T. K. は運動適性 motor fitness の一つの独立した因子にこの平衡機能をあげており、わが国では福田精氏の迷路反射と運動姿勢に関する有名な研究にみられるように、平衡機能は体育運動の因子の中で最も重要なものの一つである。

そもそも、われわれが平衡を保つためには、前庭迷路、筋肉、小脳、脳幹など種々の器官が作用しているものであって、平衡機能検査は、先づ身体の平衡を保つことの良否という立場からと、他の一つは身体に回旋、傾斜等を他動的に与えて起こるめまい、嘔吐、悪心など種々な自律神経反応の仕方という二つの立場から作成されているとみてよい。そしてこれらの検査方法には30数種のものがあり、同じ検査の結果も必ずしも一致していない。はじめに平衡機能に関するいろいろの研究結果を文献的にながめてみよう。

静的平衡機能は多くは ataxiometer や stabilometer によって測定されている。Broca, A. は ataxiometer による振動曲線の振巾は身体の平衡の変移につれて生ずる反射的緊張の生ずる速さを示し、反射時間の短かい者は、振巾は少であるという。猪飼氏は前後動揺は左右動揺に比べてその動揺は著明であるが、その性質は同一である。安静に直立している時1~2秒の小周期の動揺と60~70秒の動揺が認められる。各部関節を固定した場合の動揺を比較することによって、直立維持に重要な役割を占めるのは足関節及び腰関節である、という。又福田氏は、身体各部の重心、したがって全身の重心を最も高位に維持し、人を起立させるには重力に抗する力が必要である。この力はいうまでもなく骨格筋によってかもし出される抗重力である。cephalogramm に記録された動揺はこの困難な起立位を維持すべく骨格筋がたえず拮抗的に補正しつつ微妙に働いている抗重作用をそのまま描写しているのである、といているように、平衡機能は骨格筋の協応を度外視しては考えられないし、骨格筋の働きを無視してはもはや測定も不可能に近いものである。McCloy は平衡機能を次のように分析して orthogonal factor (直交因子) としているが、体育測定学的立場からはむしろ oblique factor (斜交因子) とみるべきであろう。又平衡機能の測定にあたっては Obersteiner, H. の指摘をまつまでもなく、視覚の影響をわすれてはならない。(視性平衡) Mumby, H. H. は stabilometer によってレスリング選手を調査し、上手な(強い)レスラーは下手なレスラーよりその安定性が大きかったというが、Seashore, H. G. は運動能力と静的身体の

安定度には関係がないと報告している。

McCloy による平衡機能の因子

1. Eyes and balance in movement in general. (orthogonal)
2. Eyes and balance in sideward movement. (orthogonal)
3. Eyes and balance in forward-and-backward movement. (orthogonal)
4. Vertical semicircular canals and balance. (orthogonal)
5. Horizontal semicircular canals and balance. (orthogonal)
6. Tension-giving reinforcement. (probably oblique)
7. Kinesthetic sensitivity and control.

而し, Estep, D. P. は Miles の ataximeter を使用して静的平衡と運動能力の関係を女子高校生について調べ, 運動能力の良いものは, その身体動揺度がすくなく, リズム検査で良い成績を示すものも亦その動揺度はすくなくかつたという。この Estep と同じ結論は Collins, V. D. によっても認められている。すなわち女子大学生についてみれば, 運動部所属の学生は一般学生より 10% その動揺度がすくなくかつた, というのである。ところが Edwards, G. S. によれば, アメリカンフットボールの選手では, 一般学生の約 2 倍の動揺度が認められ, 運動能力のよしあしと静的平衡との関係は, むしろ研究者によってその結果がちがっている, といえるほど定説をみない。

身体動揺度を発達的に考察したものの中で White, D. V. はそのスコア, を次式で求め,

$$\text{動揺度} = \{1.135 \times \text{length of line-horizontal distance}\} - 28.5$$

12才~18才の標本を調べ, 年令とともに身体動揺度の減少(発達)を認めており, Osbone, R. T. 及び Edwards も同様な報告をしている。

Fearing, F. S., Travis, R. C. は身体動揺度と身長, 体重, 足長との関係を調べ, その相関は 0.22 程度であり, 非常に低く, 又週 3 回の練習によっても 3% しか上達しなかつたという。Fisher, M. B. も 10 回の練習では開眼 8%, 閉眼 13% の上達をみるにすぎなかつたという。Travis や Miles, W. R. らが指摘しているように, 身体の動揺度は疲労, アルコール, 睡眠不足, 過激な運動などによって大きく左右されるものであつて, 研究者によってちがった結果の報告に接するのは, 実是被験者の測定前の条件の不統一によるのであろう。

静的身体動揺度と動的平衡との関係については例えば Fisher は両者の間に関係を認めていないし, Travis も両者の相関値は -0.04 であつたと報告している。

次に動的平衡については Seils, L. G. の研究がある。彼は小学生にステックテスト Stick Test を実施し, 年令によりこの機能が発達することを明らかにしたが骨年令 skeletal age とは男子で 0.07, 女子では 0.03 という低い相関値しか求められていない。Fisher はルール上をあるくテスト Rail Walking Test を 18 人に 8 回練習させたところ 89% の上達をみている。福田氏は幼稚園児に連続 2 カ月, 小学生に連続 4 カ月にわたつて連日 active ないし passive の各種廻転訓練を実施して, 後眼振が低減するという成績をえており, 彼はこの結果を平衡機能の向上と結論づけてい

る。前にのべたように静的身体動揺度の学習効果はすくないが、この動的平衡能力の学習効果は大きいようである。

Gross, E. A. は水泳のスピード、技能と平衡機能との間にそれぞれ 0.75 ± 0.05 , 0.65 ± 0.07 の相関値をえている。McCloy, Brace, Oseretzky と全く対照的意見をのべるものに Smith, J. A. がある。彼は運動学習能と平衡機能とは関係はなく、筋力との関係が大きいといっている。平衡機能を純粹に抽出して測定することはなかなかむつかしく、多くは筋力、眼振などとの結合によって間接的に測定されている現在、このような意見にも耳を傾けなくてはなるまい。

goniometer による顛倒角度は、井上、小野によれば $26^{\circ} \sim 38^{\circ}$ で約 30° 、Stein は $36^{\circ} \sim 39^{\circ}$ 、久保は 38° といろいろの報告があり、この検査も傾斜させる角速度が足の位置とともに最も重要な条件であるので、これらを一定にしないかぎり測定結果を比較することはできない。

福田氏は通常慣れない強度の刺戟により平衡を維持することは逆に平衡を失調させるという。氏はこれを破綻期 stage of disturbance とよぶ。しかして通常的生活によく遭遇する微弱な迷路刺戟に対する平衡維持の反射の型を stage of co-ordination (協応期) とよび、迷路反射は2期にわけて考えるべきである、というのである、視覚は身体平衡の維持に強く働くが、廻転大円筒の如き強烈な刺戟には視覚は平衡維持に働くどころか全く逆にそれを失調させ、眩暈を発生させるので、視覚平衡にも協応期と破綻期を考えるべきである。迷路の廃絶者には協応期、破綻期ともに存在しないが、訓練による例えば後眼振の低減は協応期が訓練によりその範囲を拡大し、一般人において破綻期を呈するような強い刺戟に対しても、協応期の迷路反射を示すものとして協応期の拡大すなわち平衡機能、迷路機能の向上とみるべきである、という。

要するに平衡機能に関する問題は、体育運動の面から非常に重要なものであるにもかかわらず、体育の領域ではこれに関する研究は非常にすくない。

○研究目的：

静的、動的平衡機能がどのように発達し、又その因子構造を Thurstone, L. L. の Centroid 法による分析によってあきらかにする。

○標本及び検査期日：

鹿児島大学教育学部代用附属伊敷中学校、生徒各学年、男女10名計60名と、鹿児島市玉江小学校5、6年男女各々10名計40名、総計100名を標本とし、昭和35年5月～6月に下記の検査を実施した。標本抽出にあたっては、学年内の生年月日をできるだけ近づけ、学年間の差(約1カ年)もできるだけ同じになるよう無作意に抽出した。

○検査の方法：

(1) Goniometer による顛倒角度

goniometer により、前後左右の顛倒角度を開、閉眼にて各々3回宛計測した。正式の記録は3回の測定値の平均をもってし、又角速度は毎秒約5度とした。

(2) 身体(頭頂)動揺度

ataxiometer によって開、閉眼の頭頂動揺を30秒間描写した。身体動揺度は、前後及び左右の最大動揺度の二つを測度とし又前後、左右の最大動揺長の積による動揺面積をもう一つの測度とした。

(3) Stick Test

幅1.5インチ、高さ4インチの平均台に片足先で立ち、腰にとっている手や、あげている他方の足が平均台、地床又は支持脚にふれるまでの時間を秒単位に計時した。試技は3回とし、最高タイムを正式記録とした。

(4) Bass の Dynamic Balance Test

Bass, R. I. の規定した図形を白キャンパス上に黒色で作図した。そして次に示すような3枚のキャンパスを用意して身長に応じて使いわけした。

サークル間の距離	身長
① 75cm	160cm以上
② 65cm	140~159cm
③ 55cm	139cm以下

但しサークルの直径及びスタートから第1番目の円までの距離は何れも45cmとした。検査における採点法はBassの方式の通りである。

(5) Springfield Balance Beam Test

長さ10フィート、高さ4インチ、上の巾は $2\frac{1}{4}$ 、 $1\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 及び $\frac{1}{8}$ インチの木製平均台を4台作成した。運動靴をはき、手を腰にとり、踵を足先につけて平均台上を歩く。巾の広いものから狭いほうへ順番に進むわけであるが、一つの平均台は5回宛試技する。平均台から落ちるか又は手を腰からはなせば1回の失敗となり、再びその場所から試技を続け、2回失敗すればその平均台の第1回目の試技が終る。そして失敗は1回につき2点が減点される。得点は1つの平均台の試技に4点が与えられ、 $4点 \times 4(台) = 16点$ 、これがそれぞれ5回試技されるので、 $16点 \times 5(回) = 80点$ が被験者の持ち点となっているのである。

(6) Balan Play Test

Balan play (日本PR株式会社製)の両端に両足を開いておき、前方の補助者の手をかりて両端を地床よりはなして平衡を保ち、補助者の手をはなれた時からBalan playの板の何れかの端が地床にふれるまでの時間を計時した。試技は5回とし、最高(制限)タイムは60秒として後は中止させる。5回の試技の秒数の総和をもって正式の記録とした。

○結果とその考察

1. Goniometer (Table 1, 2) について

Goniometerによる顛倒角度を開、閉眼別に、前後左右についてながめよう。

開眼にして前方に傾斜させる場合、顛倒角度は増大し、常に男子は女子より大である。後方への顛倒角度も男子が大であるが、その発達はゆるやかである。開眼の左方への顛倒角はJ状の発達

(増加)を示し、中学3年における性差は最も大きい。右方への顛倒角は左方のそれと酷似している。

Table 1 Means and Standard Deviations of Goniometer Test. (boys)
(degrees)

Grades		Elementary School				Junior High School							
		V		VI		I		II		III		Total	
		M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Opened	Forward	30.1	3.3	31.4	3.6	30.4	1.9	30.4	3.7	** 35.5	1.7	32.1	3.3
	Backward	27.8	3.7	28.8	3.3	29.0	2.1	31.2	2.6	** 32.1	2.0	30.8	2.6
	Left	29.6	3.4	26.5	6.0	29.0	3.6	28.4	2.0	** 31.4	1.8	29.6	2.9
	Right	28.4	3.8	28.6	1.5	26.8	3.5	31.5	2.1	** 34.1	2.2	30.8	4.0
Closed	Forward	25.7	5.4	** 27.7	3.1	25.8	2.6	** 30.9	2.8	** 33.1	4.0	29.9	4.5
	Backward	22.7	5.2	25.9	5.6	23.4	2.5	** 27.8	5.1	** 30.3	2.2	27.2	4.6
	Left	25.2	4.4	25.8	3.1	28.2	5.7	25.7	3.7	** 30.6	2.5	28.2	2.9
	Right	21.1	5.4	* 24.6	5.1	25.8	5.7	25.5	3.7	** 33.3	3.1	28.2	5.0

Table 2 Means and Standard Deviations of Goniometer Test. (girls)
(degrees)

Grades		Elementary School				Junior High School							
		V		VI		I		II		III		Total	
		M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Opened	Forward	23.6	4.8	** 28.0	4.8	27.3	3.9	** 30.4	1.4	30.0	2.5	32.1	3.3
	Backward	26.2	4.0	27.3	4.2	26.3	3.7	* 28.6	2.3	28.0	3.3	30.8	2.6
	Left	27.6	4.2	25.0	4.8	26.3	4.9	26.7	1.7	27.9	2.4	29.6	2.9
	Right	22.3	5.5	* 26.2	3.6	** 22.6	3.2	* 28.7	2.9	27.4	3.5	30.8	4.0
Closed	Forward	20.0	5.3	22.7	5.7	* 26.2	4.7	26.8	2.9	** 30.0	3.6	29.9	4.5
	Backward	21.1	4.5	22.0	5.0	22.4	3.0	24.4	4.0	24.2	4.7	27.2	4.6
	Left	22.3	5.0	20.3	4.2	** 27.9	5.7	* 21.5	3.2	** 25.3	3.7	28.2	2.9
	Right	19.0	4.0	* 22.4	4.2	24.1	4.5	24.2	3.6	25.2	5.0	28.2	5.0

閉眼の場合も常に男子は女子の顛倒角より大きく、なかでも小学校の性差は大きい。

動的平衡機能(後述)と同様に、中学3年になれば顛倒角の顕著な増大がみられ、性差も最大となり、男子がすぐれている。これは他動的に与えられる刺激に対して直立姿勢の維持は下肢筋が大きく関与しているためであろう。いなむしろ Smith が云うように下肢筋力の要因が大きいとさえいえそうである。

2. 身体動揺度 Ataximeter (Table 3, 4) について

(a) 開眼—前後の動揺: この動揺は、中学1年においてピークに達しその後は男女ともに高原を示す。中学3年になれば男女の差は殆んど認められないが、それまでは明らかに女子の頭頂動揺度がすくない。

(b) 開眼—左右: 男子では小学校6年、中学校1年において最も動揺度が大きく、女子は1年お

くれて動揺度が大きくなる。

(c) 閉眼—前後：小学校では性差が認められ男子の動揺度が大であるが、その後は性差はなくなり、男女とも動揺度はちいさくなる。

(d) 閉眼—左右：小学校5年では男女ともに同じ動揺度であったものが、6年では女子の動揺度は安定してくる。しかし中学1年になればこの現象は逆となり、女子の動揺度が大となり、3年では再び性差はすくなくなる。

Table 3 Means and Standard Deviations of Ataxiameter. (boys)
(cms)

Test Items \ Grades		Elementary School				Junior High School							
		V		VI		I		II		III		Total	
		M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Opened	Forward-Backward	3.5	0.9	4.4	2.2	4.6	1.7	4.3	1.6	3.9	1.5	4.3	1.6
	Left-Right	2.1	0.9	3.2	2.4	3.5	1.5	2.5	0.9	2.8	1.1	2.9	1.3
Closed	Forward-Backward	4.6	1.9	6.2	3.2	5.7	2.0	5.3	2.3	4.4	1.8	5.1	2.2
	Left-Right	3.3	1.4	4.0	1.7	3.1	1.0	2.6	1.1	2.7	1.1	2.8	1.2

Table 4 Means and Standard Deviations of Ataxiameter. (girls)
(cms)

Test Items \ Grades		Elementary School				Junior High School							
		V		VI		I		II		III		Total	
		M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Opened	Forward-Backward	3.0	1.2	3.6	1.3	4.2	1.6	3.7	1.6	4.1	1.2	4.0	1.5
	Left-Right	2.5	1.2	2.1	0.9	2.7	1.1	3.0	1.4	2.6	0.7	2.8	1.1
Closed	Forward-Backward	3.7	1.1	4.1	1.6	6.0	3.2	4.4	0.8	5.4	1.8	5.3	2.3
	Left-Right	3.3	1.3	2.3	0.7	3.6	1.4	3.8	1.1	3.0	0.9	3.5	1.2

このように一つの傾向をもった発達はみられない。

(e) 開眼—動揺面積 (Table 5) : 動揺度を左右と前後の最大動揺長の積すなわち面積としてながめると、中学2年を除いてすべて女子の動揺面積はすくない。

Table 5 Means of Ataxiameter (length×width, cm²).

Test Items \ Grades		Elementary School		Junior High School		
		V	VI	I	II	III
Boys	Opened	8.00	15.06	17.33	10.48	11.10
	Closed	15.56	29.02	19.29	14.40	12.52
Girls	Opened	8.48	7.53	10.63	13.03	9.50
	Closed	13.29	9.51	24.55	16.56	14.59

(f) 閉眼—動揺面積：10, 11才に動揺度が最大となり，その後は急激に狭くなる。ataxiometerによる動揺は，既に指摘されているように，前後の動揺は左右の動揺より大であり，性差は必ずしも一定の方向に認められないが，概観すれば女子の身体（頭頂）動揺度がすくない。

3. Stick Test (Table 6, 7) について

男子では小学校5年から中学2年まで停滞する傾向があるが，動的平衡と同様に中学3年になれば非常な発達を示し，男女差も顕著となる。女子では小学校6年がピークであり，その後は次第に低下するが，中学生になれば再び上昇を示す。

Table 6 Means and Standard Deviations of Dynamic Balance Tests. (boys)

Test Items	Elementary School		Junior High School									
	V		VI		I		II		III		Total	
	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Bass Dynamic Balance Test (points)	34.6	10.6	28.3	13.4	32.8	10.0	27.1	14.3	42.6 ^{**}	4.1	34.2	12.2
Stick Test (sec)	10.1	7.1	14.1	7.5	10.8	6.1	14.5	10.9	25.0 ^{**}	14.0	16.8	11.7
Springfield Balance Beam Test (points)	40.6	6.6	47.2	9.0	45.0	12.2	45.8	12.0	56.8 ^{**}	10.3	49.2	12.7
Balan Play Test (sec)	8.1	4.1	11.2	7.5	14.3	7.5	16.6	12.8	21.4	15.2	17.4	12.6

Table 7 Means and Standard Deviations of Dynamic Balance Tests. (girls)

Test Items	Elementary School		Junior High School									
	V		VI		I		II		III		Total	
	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.	M.	S.D.
Bass Dynamic Balance Test (points)	24.8	14.8	35.4	7.9	35.7	10.5	31.8	8.5	30.4	4.6	32.6	5.3
Stick Test (sec)	14.4	11.6	15.1	5.1	16.0	11.0	9.2	2.5	13.5	9.6	12.9	6.6
Springfield Balance Beam Test (points)	37.0	11.6	44.0	6.3	49.6	8.7	46.2	7.8	40.2	13.6	45.3	11.1
Balan Play Test (sec)	5.3	2.0	7.9	3.1	9.8	2.7	14.1	8.4	13.5	4.1	12.5	5.8

4. Bass の Dynamic balance test (Table 6, 7) について

小学校5年（10才）から中学2年（13才）まではその発達曲線が下向する男子に比べて，女子では小学校5, 6年生において最高に達し，その後は次第に低下していく。男子中学3年では突然に急激な発達がみられ，男女差もこの時が最大である。このテストは下肢筋力が大きく影響するものであって，立巾跳の発達曲線と酷似している。

5. Springfield Balance Beam Test (Table 6, 7) について

男子では中学2年まで緩かな発達がみられ，中学3年になれば前記2つのテストと同様に発達曲線の急上昇がみられる。なお女子では，中学2年にしてピークに達する。

6. Balan Play Test (Table 6, 7) について

男子では小学校5年から中学3年まで直線的発達曲線が認められ、なかでも中学2年から3年への発達是最も顕著である。女子は中学2年までかなりの発達を示すが、それ以後は下向する傾向がみられる。前記の3つのテストにくらべて、このテストだけは常に男子が女子よりすぐれている。

次に各テスト間の相関関係をながめよう。

ここでは第2次性徴を示す中学生だけの関係をみていきたい。まず被験者の身長、体重、Burpee Test 及び立巾跳の測定結果は Table 8 の通りである。各サブテストの相関マトリックスは Table 9, 10 の通りである。

Table 8 Means and Standard Deviations of Hight, Weight, Burpee Test, and Standing Broad Jump in Junior High School.

	Boys		Girls	
	M.	S.D.	M.	S.D.
Height (cms)	147.5	9.14	145.9	6.36
Weight (kgs)	39.3	7.48	41.4	7.42
Burpee Test(No.)	6.3	1.50	6.0	1.11
S. B. Jump (cms)	178.7	22.0	160.7	16.4

これによれば、動的平衡機能の相互関係は Balan play を除いて高い相関値を示している。

goniometer の測度のなかでは、男子では前と左、後と右、女子では前と後、後と左に高い相関値が認められ、男女ではその趣をことにしている。

身長、体重と平衡機能との関係は、女子ではすくないが、男子では前方への顛倒角度との関係が深い。(r=0.63)

Burpee Test との関係は、女子には殆んど認められないが、男子では動的平衡能力及び goniometer の各測度との関係が深い。

Table 9 Correlation Matrix (boys).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) Bass Dynamic Balance Test	—										
(2) Stick Test	0.65	—									
(3) Springfield Balance Beam Test	0.79	0.69	—								
(4) Balan Play Test	0.26	0.36	0.25	—							
(5) Ataxiameter.. Forward - Backward ...	0.30	0.36	0.34	0.20	—						
(6) Ataxiameter.. Left-Right	0.08	0.34	0.06	0.28	0.32	—					
(7) Goniometer.. Forward	0.26	0.23	0.21	0.37	0.06	0.11	—				
(8) Goniometer.. Backward	0.31	0.54	0.49	0.34	0.45	0.35	0.21	—			
(9) Goniometer.. Left	0.52	0.46	0.51	0.21	0.49	0.20	0.72	0.30	—		
(10) Goniometer.. Right.....	0.55	0.53	0.58	0.33	0.29	0.58	0.35	0.65	0.52	—	
(11) Total Score	0.58	0.81	0.72	0.55	0.22	0.54	0.45	0.78	0.65	0.64	—
(12) Height.....	0.10	0.46	0	0.37	0	0.16	0.49	0.21	0.36	0.35	0.26
(13) Weight	0.25	0.19	0.10	0.51	0.10	0.21	0.63	0.15	0.36	0.35	0.33
(14) Burpee Test.....	0.71	0.71	0.70	0.42	0.24	0.07	0.61	0.41	0.83	0.71	0.69
(15) Standing Broad Jump	0.62	0.54	0.42	0.44	0.14	0.12	0.45	0.27	0.45	0.56	0.52

立巾跳では動的平衡能力との関係が深い。(男子)

次に10項目のテストを全て標準得点になおし、これを総和した数値を各個人の平衡能力の代表値

(第11のテスト, これを Total Score) とし, 各サブテストとの関係をみれば, 男子では動的平衡機能(1~4)と 0.55~0.81 の相関係数がえられた。又 goniometer の前後, 左右とは 0.45~0.78 の相関値がえられたが ataxiameter との関係はすくない。

Table 10 Correlation Matrix (girls).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) Bass Dynamic Balance Test	—										
(2) Stick Test	0.45	—									
(3) Springfield Balance Beam Test.....	0.38	0.61	—								
(4) Balan Play Test	0.09	0.13	0.06	—							
(5) Ataxiameter.. Forward-Backward.....	0.32	0.08	0.16	0.13	—						
(6) Ataxiameter.. Left-Right	0.12	0.18	0.18	0.14	0.50	—					
(7) Goniometer.. Forward	0.04	0.05	0.27	0.18	0.01	0.34	—				
(8) Goniometer.. Backward.....	0.04	0.26	-0.04	0.30	-0.21	-0.21	0.60	—			
(9) Goniometer.. Left	0.04	0.25	0.03	0.03	-0.26	-0.11	0.48	0.85	—		
(10) Goniometer.. Right	0	0.07	0.48	0.12	-0.29	-0.14	-0.51	0.42	0.48	—	
(11) Total Score	0.67	0.74	0.65	0.36	0.34	0.47	0.70	0.56	0.59	0.52	—
(12) Height	0.14	0.01	-0.37	0.40	0.22	-0.10	0.17	0.28	0.41	0.01	0.21
(13) Weight.....	0	-0.05	-0.33	0.35	0.26	-0.13	0.30	0.47	0.17	0.10	0.07
(14) Burpee Test	0.11	0	-0.01	0.02	0.02	0.43	-0.01	-0.10	-0.16	-0.42	0.01
(15) Standing Broad Jump	-0.01	-0.12	-0.12	-0.12	0.06	-0.35	-0.22	-0.10	0.11	0.09	-0.21

○因子構造について

サブテスト10項目の相関行列から Thurstone の Centroid 法による因子分析を行なった。廻転前後の因子行列を Table 11~14 に示した。廻転後の因子行列からA因子として, 他動的刺戟に対する調整能(I)とも命名すべきものが見出された。goniometer の前, 左の因子負荷量 factor loading が高いからである。

Table 11 Unrotated Factor Loadings (boys).

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	h ²
1	0.71	0.12	-0.47	-0.10	0.749
2	0.76	0.23	-0.18	-0.07	0.668
3	0.74	0.26	-0.47	0.10	0.846
4	0.47	-0.12	-0.19	0.16	0.297
5	0.52	0.10	0.12	0.09	0.303
6	0.46	0.11	0.53	0.15	0.527
7	0.51	-0.71	0.06	0.29	0.852
8	0.67	0.24	0.29	-0.24	0.648
9	0.73	-0.39	0.22	0.15	0.756
10	0.79	0.21	0.15	-0.31	0.787

B因子としては Bass の Dynamic Balance Test, Stick Test, Springfield Balance Beam Test に因子負荷量が高いので動的平衡と命名できる。

C因子は ataxiameter の左右に高い因子負荷量があるので静的平衡と命名したい。

D因子は goniometer の後, 右に高いのでA因子と同じにしたいが, 調整能(I)とする。

以上は男子についての因子構造であるが, 女子の場合も殆んど同じである。ただ他動的刺戟に対する調整能は男子のように2つの独立した因子に分離することはできなかった。生理学的に平衡機能に性差があるとは考えられないので, goniometer によって測定されるものが, 例えば下肢筋力との結合の仕方に男女差があるというふうに考えるべきであろう。

次に次式によって4つの因子をもつサブテストに等しいとおいた標準回帰方程式を Doolittle Work Sheet によってその β を求めると Table 15 の通りである。

$$\text{Total Score} = \beta_1 \bar{X}_1 + \beta_2 \bar{X}_2 + \beta_3 \bar{X}_3 + \beta_6 \bar{X}_6 + \beta_7 \bar{X}_7 + \beta_8 \bar{X}_8$$

但し数字はテストアイテムの番号を示す。

〇むすび

平衡機能の検査には、非常に多くの種類があるけれども運動能力の要因としてこれを測定する場合には自ら検査項目は制限をうける。ここでは静的平衡の測度として身体(頭頂)動揺度を ataxiometer により、平均台上の平衡維持を goniometer により測定した。動的平衡機能として Bass Dynamic Balance Test, Springfield Balance Beam Test を、静的平衡の調整機能として Balan Play Test を、他動的刺戟に対する適応度をみるために goniometer をそれぞれ使用してみた。これらのテストによって小学校5, 6年(10, 11才), 中学校1~3年(12~14才)を対象に調査し、年令的発達状況とその因子構造をながめた。しかし標本数がすくなかったので、これを発達の見地から考察することにはややむりがあった。又因子分析が中学生を1~3年一緒に含めて行なわれた事にも問題があろう。このような条件において行なわれた本研究の結果の概要を示せば次の通りである。

1. Bass Balance では、中学2年(13才)と中学3年の男子に有意(1%)な発達がみられるだけでその他は年間の発達に有意性は認められない。性差は小学校5年(10才)と中学3年に有意な(いずれも1%)差が認められた。

2. Stick Test においても上記テストと同様に中学2~3年の差及び中学3年の性差に1%の危険率で有意な差が認められた。

Table 12 Unrotated Factor Loadings (girls).

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	h ²
1	0.41	-0.41	-0.20	0.17	0.405
2	0.57	-0.37	-0.43	0.16	0.672
3	0.58	-0.37	-0.36	-0.47	0.824
4	0.32	0.04	-0.20	-0.15	0.167
5	0.20	-0.54	0.37	-0.14	0.488
6	0.32	-0.40	0.53	0.11	0.555
7	0.66	0.36	-0.31	0.31	0.757
8	0.61	0.69	0.10	0.42	1.026
9	0.56	0.58	0.25	0.16	0.738
10	0.46	0.43	0.26	-0.49	0.704

Table 13 Rotated Factor Loadings (boys).

	A	B	C	D	h ²
1	0.32	0.81	-0.08	0.05	0.767
2	0.26	0.71	0.07	0.27	0.670
3	0.22	0.88	0.16	0.09	0.857
4	0.37	0.36	0.15	-0.05	0.292
5	0.22	0.32	0.26	0.29	0.303
6	0.18	0.05	0.46	0.53	0.527
7	0.87	0.04	0.28	-0.09	0.845
8	0.20	0.38	0.09	0.67	0.641
9	0.74	0.17	0.22	0.28	0.703
10	0.29	0.53	0.00	0.65	0.787

Table 14 Rotated Factor Loadings (girls)

	A	B	C	D	h ²
1	-0.05	0.41	0.19	0.43	0.392
2	-0.01	0.76	0.02	0.28	0.656
3	0.05	0.89	0.00	0.00	0.795
4	0.18	0.34	-0.13	0.05	0.167
5	0.11	0.29	0.63	-0.08	0.500
6	-0.11	0.10	0.73	0.09	0.563
7	0.60	0.19	-0.27	0.54	0.761
8	0.90	0.00	-0.14	0.41	0.998
9	0.85	-0.01	0.00	0.15	0.745
10	0.67	0.01	0.00	0.45	0.652

Table 15 β of Each Test in Boys and Girls by Doolittle Work Sheet.

	Boys	Girls
1. Bass Dynamic Balance Test	0.119	0.476
2. Stick Test	0.283	0.184
3. Springfield Balance Beam Test	0.351	0.374
4. Ataxiometer Left-Right	0.288	0.287
5. Goniometer Forward	0.227	0.140
6. Goniometer Backward	0.328	0.409

3. Balance Beam Test では小学校5～6年(5%), 中学2～3年の差(1%)及び中学3年の性差(1%)に有意性が認められた。

4. Balan Play Test では測定値そのものは常に男子がすぐれているが、有意な差は中学3年の性差(5%)にのみ認められた。

従って上記4種類の検査の一般的傾向は、11才～13才には明らかな年間発達はみられないが、14才の性差は全て有意であり、Balan Play Test を除いて13才～14才に有意な発達が認められた。これらのテストは、明らかに下肢の筋力(特に筋持久力)及び下肢筋の神経支配と深い関係があると思われる。下肢筋力の発達は Table 16 の通りであり、下肢筋の発達とこれらの発達曲線の類似がこれを証明している。又これらの検査と Burpee Test や立巾跳との相関値が男子では0.42～0.71であるのに対して女子は-0.12～0.11と低い。

Table 16 Developments for One Year and Differences between Boys and Girls in Standing Broad Jump and Sargent Jump.

Age	Development for One Year				Differences between Boys and Girls	
	Boys		Girls		S.B.J. cms.	S.J. cms.
	S.B.J.* cms.	S.J.** cms.	S.B.J. cms.	S.J. cms.		
9 - 8	—	—	—	—	8.6	2.0
10 - 9	11.8	3.2	8.6	2.5	11.8	2.7
11 - 10	8.5	2.6	7.1	2.3	13.2	3.0
12 - 11	8.8	1.9	11.1	2.3	11.9	2.6
13 - 12	8.7	2.8	7.2	1.5	13.8	3.9
14 - 13	11.5	4.0	2.5	1.5	22.5	6.4
15 - 14	9.0	4.2	2.0	1.0	29.5	9.6
16 - 15	12.0	3.7	5.3	2.9	41.2	11.4
17 - 16	7.5	2.4	0.9	-0.1	47.8	13.9
17 - 16	5.1	2.3	0.4	0.2	52.4	16.0

* Standing Broad Jump ** Sargent Jump

5. ataximeter の年間発達は全て有意でなく、ただ閉眼における前後動揺において、11才に有意な性差がみられるだけである。

6. goniometer による顛倒角度は常に男子が大であり、下肢筋力との関係も深い。

7. 運動能力の要因として定位された平衡機能は中学校生徒男女によってその構造をややことにかけていたが、それは平衡機能それ自体ではなくむしろ下肢筋の持久力の性差がしからしめているものであろう。

因子分析の結果、動的平衡、静的平衡、他動的刺戟に対する調整能とも名づけられる男子では4個、女子では3個の独立した因子がみだされた。

文 献

1. Bass, R. I.: An Analysis of Components of Tests of Semi-Circular Cannel Function and of Static and Dynamic Balance. Research Quarterly. Vol. 10, No. 2 1939.

2. Carpenter, A.: Tests of Motor Educability for the First Three Grades. *Child Development*. 11: 293-299 1940.
3. Collins, V. D.: A Preliminary Selection of Tests of Fitness. *American Physical Education Review*. 29: 563-571 1924.
4. Cureton, T. K.: *Physical Fitness Appraisal and Guidance*. 1947.
5. Dable, R. R.: The Relationship between Dynamic Balance, Physical Maturity in Adolescent Boys. 1949.
6. Diamock, H. S.: *Rediscovering the Adolescent*. 1937.
7. Edwards, A. S.: The Measurement of Static Ataxia. *American Journal of Psychology*. 55: 171-188 1942.
8. Espenschade, A.: (1) Motor Performance in Adolescence. *Soc. for Res. in Child Develop.* 5: 1 1940.
(2) Development of Motor Coordination in Boys and Girls. *Research Quarterly*. 18: 30-43 1947.
(3) Dynamic Balance in Adolescent Boys. *Research Quarterly*. 24: 3 270-275 1955.
9. Estep, D F.: Relationship of Static Equilibrium to Ability in Motor Activities. *Research Quarterly*. 28: 5-15 1957.
10. Fearing, F. S.: The Factors Influencing Static Equilibrium. *Journal of Comparative Psychology*. 4: 91-121 1924.
11. Fisher, M. B. et al: Standardization of Two Tests Equilibrium: Railway Walking Test and Ataxiagraph. *Journal of Experimental Psychology*. 35: 321-329 1945.
12. Greulich, W. W.: Somatic and Endocrine Studies of Puberal and Adolescence Boys. *Monog. Soc. Res. in Child Develop.* 7: 3 1942.
13. Gross, E. A. et al: Relationship of Dynamic Balance to Speed and Ability in Swimming. *Research Quarterly*. 28: 342-346 1957.
14. Heath, S. R. Jr.: The Rail Walking Test: Preliminary Maturational Norms for Boys and Girls, *Motor Skills Research Exchange*. 1: 34-36 1949.
15. Hellenbrandt, F. A.: Standing as a Geotropic Reflex-The Mechanism of the Asynchronous Rotation of Motor Unit. *American Journal of Physiology*. 121: 471-474 1938.
16. Honjo, S. et al: The Goniometer Test. *Annala of Otology, Phinology and Laryngology*. 66: 2 1957.
17. Johnes, H. E.: The Development of Physical Abilities. Chap. 6 in *Adolescence, The Forty-Third Year Book, Part I, Nat. Soc. for the Study of Edu.* 1944.
18. McCloy, C. H.: *Tests and Measurements in Health and Physical Education*. 1954.
19. Miles, W. R.: Quantative Measurement of Static Control Standing. *American Journal of Physiology*. 55: 1921.
20. Mumby, H. H.: Kinesthetic Acuity and Balance Related to Wrestling Ability. *Research Quarterly*. 24: 327-334 1953.
21. Obersteiner, H.: The Maintenance of the Equilibrium as a Function of the Central Nervous System. *Ameriean Naturalist*. 33: 313-329 1899.
22. Patt, H. M.: Evaluation of Certain Tests of Physical Fitness. *Journal of Aviation Medicine*. 18: 167-175 1947.
23. Reynold, B.: Correlation between Two Psychomotor Tasks as a Function of Practices on the First. *Journal of Experimental Psychology*. 43: 341-348 1952.
24. Roloff, L. L.: Kinesthesia in Relation to the Learning of Selected Motor Skills. *Research Quarterly*. 24: 210-217 1953.
25. Scoendube, R.: *Dynamic Balance in Adolescence*. 1950.
26. Seashore, H. G.: The Development of a Beam-Walking Test and its Use in Measuring Development of Balance in Children. *Research Quarterly*. 18: 246-259 1947.
27. Seils, L. G.: The Relationship between Measures of Physical Growth and Gross Motor Performance of Primary Grade School Children. *Research Quarterly*. 22: 244-260 1951.

28. Slater-Hammel, A. T.: Performance of Selected Groups of Male College Students on the Reynold's Balance Test. *Research Quarterly*. 27: 347-351 1956.
29. Smith, J. A.: Relation of Certain Physical Traits and Abilities to Motor Learning in Elementary School Children. *Research Quarterly*. 27: 220-228 1956.
30. Travis, R. C.: A New Stabilometer of Measuring Dynamic Equilibrium in the Standing Position. *Journal of Experimental Psychology*. 34: 418-424 1944.
31. White, D. V.: Static Ataxia in Relation of Physical Fitness. *Research Quarterly*. 22: 92-101 1951.
32. Young, O. G. A.: A Study of Kinesthesia in Relation to selected Movement. *Research Quarterly*. 16: 277-287 1945.
33. 青木謙之: 中耳腔病変の前庭迷路機能に及ぼす影響に関する研究
岐阜医大紀要 Vol. 7, No. 1 1959.
34. 福田精: ① 身体平衡生理序説 1953.
② 運動姿勢の研究 耳鼻咽喉科臨床 Vol. 38, No. 1 1943.
③ 身体平衡機能検査法足踏検査(福田)について
同上 Vol. 38, No. 4 1943.
35. 平沢弥一郎: 中足指節関節の発達が Balance Exercise に及ぼす影響 体育学研究 Vol. 3, No. 1 1957.
36. 猪飼道夫: 直立時動揺曲線の分析 日本生理学雑誌 Vol. 9, No. 4 1944.
37. 今田良一: 特殊児童(ろう児)についての調査 体育学研究 Vol. 3, No. 7 1957.
38. 切替一郎: 聴覚検査法, 前庭連絡機能検査法 1951.
39. 松田岩男他: ろう児の運動能力について 体育学研究 Vol. 4, No. 1 1958.
40. 宮川清: 平衡機能検査法について 体育学研究 No. 8 1954.
41. 中山仁: ろう児の身体適性 新潟大学教育科学 Vol. 6, No. 2 1957.
42. 根本芳男他: マット運動に於ける回転運動の身体平衡機能に及ぼす影響について
体育学研究 Vol. 3, No. 1 1957.
43. 野口義之: ①運動適性因子の性差について 九州大学体育学研究 Vol. 1, No. 4 1955.
②第2次性徴期を中心にした発育と発達の位相について第2報 九州大学体育学研究
Vol. 2, No. 2 1958.
44. 佐藤友久他: ①ろう児の平衡機能の実験的研究 体育学研究 Vol. 4, No. 1 1958.
②ろう児の眼隠歩行の実験 体育学研究 Vol. 3, No. 1 1957.
45. 竹内虎士: 平衡感覚器の損傷度と平衡反射の関係並びに視覚の平衡 体育学研究
Vol. 4, No. 1 1958.