

簡易的重心動揺度測定法の試用と 運動指導への応用について

山口女子大学 外山 寛
(共同研究者) 東京学芸大学 田中 弘之

Trial of the Simple Measurement of Standing Ability and its Application for the Guidance of Physical Exercise

by

Hiroshi Toyama
Yamaguchi Women's University

Hiroyuki Tanaka
Tokyo Gakugei University

ABSTRACT

The present study was intended to examine the propriety of the measurement using two weighing machines from the viewpoint of the simple measurement of standing ability.

In this report, 34 healthy adult men and 16 healthy adult women were employed as subjects. Two weighing machines were placed in parallel and subjects stood on these machines with each foot. First of all they maintained this posture at 30 seconds with closed eyes, so we can see their postural sway by one of the weighing machine. The result we have got by this measurement, we will call the maximum change (MC).

To investigate the validity of this simple measurement method, we compared MC with results of a gravicorder. Besides we tested their physical fitness and took hold of their conditions of physical exercise in order to investigate some related factors to standing ability.

The following results were obtained:

1) MC showed the relation to the shaking length and area of the center of gravity. It was also related to the age.

2) The placement of the center of gravity showed a significant relation to the back strength both on men and women.

3) The subjects, who obtained high score in physical fitness tests, showed small increment of shaking in the center of gravity from the opened eyes condition to the closed eyes condition.

4) In the untrained subjects, their placements of the center of gravity were placed backward.

The mentioned findings suggested that the simple measurement of standing ability by using two weighing machines and a back strength dynamometer was appropriate. In addition, the physical exercise will have a good effect on standing ability. We thought it was necessary to study the mechanism of the physical exercise with effects on standing ability, further more.

緒 言

ヒトの起立調節能力に関する一連の報告において、横断的観察により現代人の足底部における重心位置の踵方向への後退現象が認められており⁶⁾、また、加齢に伴う重心動揺度の増加傾向が指摘されている⁵⁾。これらを総合して、ヒトの起立調節能力は危機に直面しているとの報告⁶⁾もあり、重要な検討課題であると思われる。しかし、これまでの起立調節能力の評価は主に専門的機器を使用した足底部における重心位置と重心動揺を指標としてなされており、これらの測定は一般

には容易ではない。

そこで、本研究では、簡易的の重心動揺度測定法を試用し、グラビコーダによる精度の高い測定結果との比較から、その妥当性を検討するとともに、体力測定及び形態計測等を実施し、ヒトの起立調節能力に影響を与える因子を分析し、運動指導の一助となる資料を得ることを目的とした。

方 法

被検者は健康な成人男性34名、女性16名であり、その身体特性を表1に示した。

起立調節能力検査にはグラビコーダを使用し、

表1 Characteristics of Subjects

		Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer's Index
Male	N	34	34	34	34
	Mean	39.64	167.57	64.26	136.79
	S.D.	10.92	5.13	7.12	15.63
Female	N	16	16	16	16
	Mean	38.75	157.07	53.79	139.73
	S.D.	9.20	5.26	4.80	11.66
Total	N	50	50	50	50
	Mean	39.63	164.36	60.91	137.69
	S.D.	10.41	7.08	8.11	14.59

開眼立ち，閉眼立ちの順に安楽な直立姿勢を保持させ，おのおの30秒間ずつ測定を行なった。

測定項目は足底部における30秒間の平均重心位置，重心動揺軌跡長及び重心動揺面積である。30秒間の平均重心位置はX-Yプロッターに記録された重心動揺（以下重心位置という）軌跡から，前後，左右の成分より最大を成す長方形を作成して，その対角線の交点とし，踵を最端とする基線までの垂線の長さを足長で除した百分率で表わした。

起立調節能力評価の簡易法としては，市販のヘルスメータを用いた。従来の重心動揺度に関する検討^{9,10)}から，左右成分の動揺が前後成分の動揺と比較して，より個体差を反映するという研究成果を考慮し，簡易法では2台のヘルスメータを密着して並列に設定した。被検者には，おのおのヘルスメータに片足ずつ乗り，安楽な直立姿勢を保持するように指示した。この状態で右側のヘルスメータの指針の値を記録した後，30秒間の閉眼立ちを行なわせ，この間の指針の最大変動値（MC）を絶対値として500g単位で計測した。

体力測定は背筋力（BS），踏み台昇降運動

（ST），垂直跳び（VJ），握力（GS），伏臥上体そらし（TE），反復横跳び（SS）の6項目とした。個人の各項目の成績は全国平均値および標準偏差値⁹⁾を参考に得点化した。すなわち，全国平均値± $\frac{1}{10}$ 標準偏差値以内を10点とし，この基準の上限から $\frac{1}{5}$ 標準偏差値増す範囲ごとに1点を加え，同様に10点の基準の下限から $\frac{1}{5}$ 標準偏差値低下する範囲ごとに1点を減じた。

また，平衡機能の指標として一般的には体力測定項目に採用されている閉眼片足立ち（FB）も併せて実施した。その他，身長，体重，足長の計測を行ない，日常の運動実施状況について問診を行なった。

結 果

表2の上段に起立調節能力検査結果を，下段に体力測定結果を示した。

男女の成績を比較すると，起立調節能力検査項目では重心位置が開眼時（OP%）は5%水準で，閉眼時（CP%）は1%水準でいずれも男性が有意に高値を示したが，その他の項目では有意な差は認められなかった。

表2 Results of Standing ability and Physical fitness test

		OEL (mm)	OEA (cm ²)	CEL (mm)	CEA (cm ²)	OP % (%)	CP % (%)	MC (kg)	LW/BW (%)
Male	Mean	303.00	5.11	525.41	8.52	25.02	26.57	10.21	51.48
	S.D.	106.61	2.25	267.51	3.74	7.21	6.09	4.14	3.86
Female	Mean	254.56	5.07	420.19	9.91	19.74	20.37	9.16	49.28
	S.D.	68.65	2.62	87.79	4.85	6.60	6.85	3.12	3.57
Total	Mean	287.50	5.10	491.74	8.97	23.33	24.59	9.87	50.77
	S.D.	98.73	2.38	231.38	4.18	7.44	6.97	3.87	3.90
		BS (kg)	FB (sec)	ST (score)	VJ (cm)	GS (kg)	TE (cm)	SS (times)	Total (score)
Male	Mean	120.74	15.99	72.86	49.92	43.27	46.00	43.54	57.75
	S.D.	24.67	14.24	13.44	7.29	5.88	8.22	5.96	14.42
Female	Mean	72.69	28.28	59.71	33.80	28.40	46.85	36.60	56.90
	S.D.	23.54	26.31	9.02	7.00	4.57	10.18	5.52	17.48
Total	Mean	105.36	19.92	68.99	45.18	38.90	46.25	41.50	57.50
	S.D.	33.07	19.81	13.68	10.29	8.75	8.85	6.63	15.39

また、体力測定の結果では、BS, ST, VJ の成績で男性がそれぞれ 0.1%水準で有意に高値を示した。

グラビコーダで得られた重心位置とその動揺跡長(開眼時 OEL, 閉眼時 CEL)及び動揺面積(開眼時 OEA, 閉眼時 CEA)では、いずれも開眼時と閉眼時で 0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた。また、重心動揺軌跡長と重心動揺面積との間にも開眼時、閉眼時いずれも 0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた。

年齢と CEL の関係を図 1 に示したが、OEL でも同様に 5%水準で有意な正の相関関係が認められ、加齢に伴ない重心動揺軌跡長が増大する傾向を示した。

簡易法による MC と CEL の関係を図 2 に示

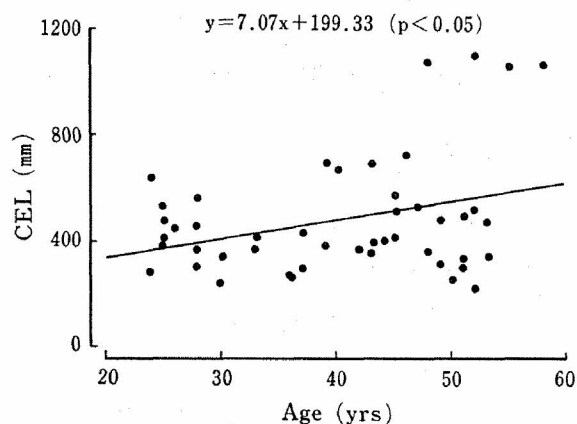


図 1 Relationship between Shaking length of the center of gravity and The age (with closed eyes)

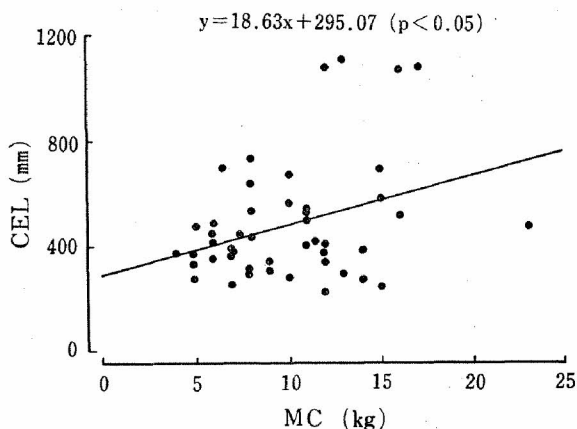


図 2 Relationships between Shaking length of the center of gravity and Maximum change (with closed eyes)

したが、OEL, CEA, OEA との間にも同様に 5%水準で有意な正の相関関係が認められた。

さらに、図 3 に示したように MC と年齢の関係では年齢と CEL (図 1) と同様に 1%水準で有意な正の相関関係が認められた。

他方、体力測定結果と起立調節能力との関係で

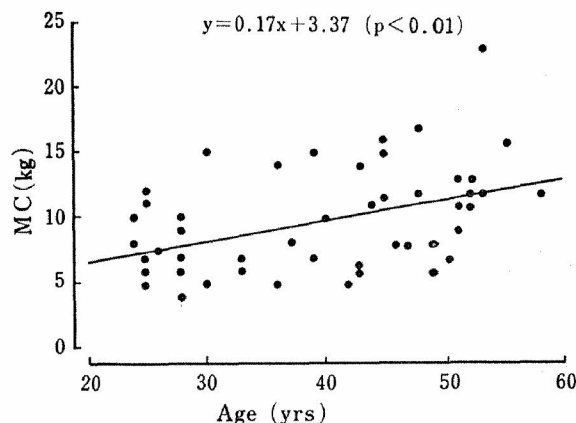


図 3 Relationship between Maximum change and The age

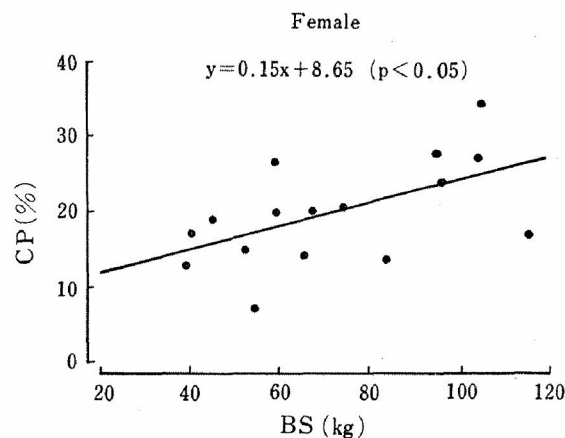
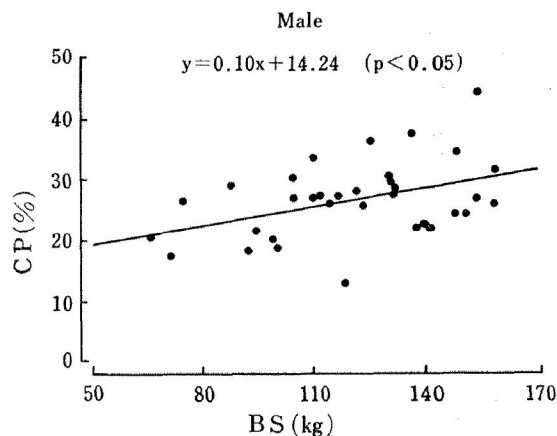


図 4 Relationship between Placement of the center of gravity and Back strength (with closed eyes)

は、図4に示したように男女ともBSとCP%との間に5%水準で有意な正の相関関係が認められ、背筋力の弱い者ほど重心位置が踵方向に位置しているという結果が得られた。

その他の体力測定項目では、起立調節能力に関する因子は認められなかった。

併行して実施したFBとCELの関係では図5に示したように、一定の傾向は認められなかった。FBとOEL, CEA, OEA, MCとの関係でもいずれもこの傾向は変わらなかった。

重心動揺度について全般的な体力水準との関係では図6に示したように、体力測定の総合点が70点以上の群と70点未満の群で比較すると、OELとOEAでは両者ともほぼ同様の結果であったが、開眼時から閉眼時への増加率では70点以上の

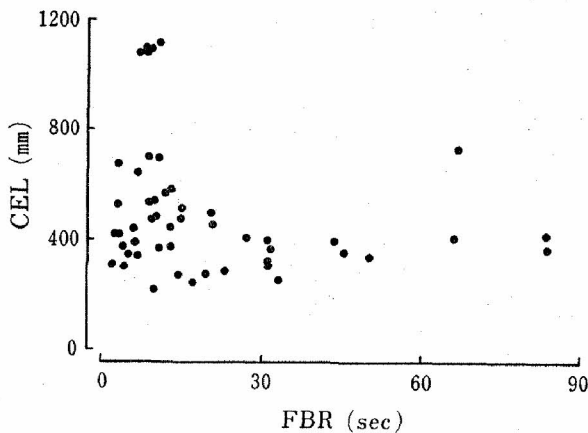


図5 Relationship between Shaking length of the center of gravity and closed-eyes foot-balance test

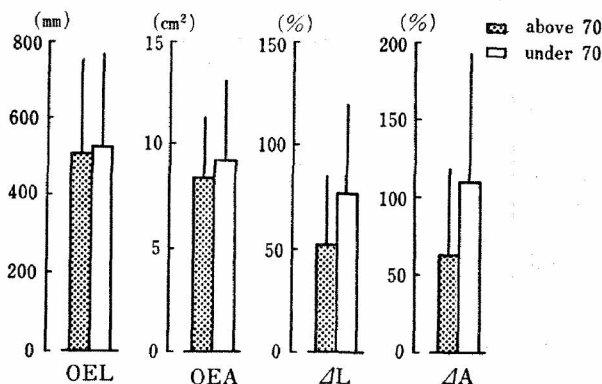


図6 Difference of Oscillation of the center of gravity with opened eyes and its increasing rate with closed eyes in high and low scored groups

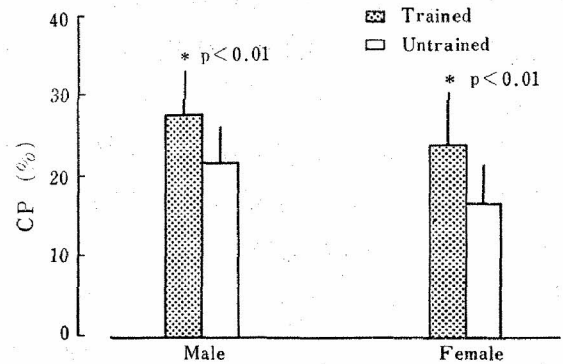


図7 Difference of Placement of the center of gravity in trained and untrained groups

群の方が抑制される傾向にあった。

また、日常の運動習慣の有無という観点から、被検者を運動群と非運動群に大別し、CP%について比較すると、図7に示したように、重心位置は非運動群の方が男女とも1%水準で有意に踵方向に位置していた。しかし、運動群と非運動群のBSの比較では有意な差は認められなかった。

考 察

グラビアコーダによる起立調節能力の評価は、重心位置とその動揺度を指標としている。そして、重心動揺度については、動揺軌跡長及び動揺面積とに大別される。しかし、田口⁸⁾は定量性という点では動揺軌跡長の方が偶然性に左右されることが少なく適切な指標であることを報告している。

本研究で試用した簡易法によるMCは動揺軌跡長と有意な正の相関関係にあったことから、ヘルスメータを使用することで起立調節能力の一要素である動揺度を推定することが可能であると思われた。

このことは、年齢とCELの間で有意な正の相関関係が認められたのと同様に、年齢とMCでもこの関係が成立しており、本簡易法の妥当性を肯定するものであると考えられる。

MCはCELのほか、OELとも有意な正の相関関係にあるが、2台のヘルスメータを並列に設

定して得られたMCは、重心の左右成分の動揺度を反映しているものである。左右成分の動揺は閉眼状態でより顕著となる¹⁰⁾ことから、簡易的に起立調節能力を評価しようとする場合には、閉眼状態で行なう方が個体差をより正確に把握し得ると考えられる。

起立調節能力の評価のもう一方の要素である重心位置については、本簡易法で推定することは困難であった。しかし、重心位置は男女とも背筋力と有意な正の相関関係にあり、回帰式が成立したことから、重心位置を背筋力の測定値からある程度推定することが可能であると思われた。

平衡機能検査の一指標とされるFBの成績では、グラビコーダによる結果やMCとの間に有意な関係が認められず、平衡機能評価の尺度を起立調節能力における安定性の評価として活用することの困難さが示された。FBの結果において、左右の片足ずつの保持時間では0.1%水準で有意な正の相関関係が認められたことを考え合わせると、平衡機能と直立時動揺との関連についてはその方法論の問題も含めてさらに検討する必要があると思われる。

一方、起立調節能力に及ぼす運動の影響では、体力測定の実験結果が70点以上の群では開眼時から閉眼時への重心動揺度の増加率が抑制される傾向にあった。また、日常の運動習慣を有する群では有意に重心位置がつま先側に位置していた。これらの結果は運動が起立調節能力の維持・向上に有効である可能性を示唆しているものと考えられる。

起立調節能力を支配する因子は視覚系と視覚外系に大別され、また、単シナプス反射時間等の中枢機構⁴⁾や、筋及び感覚受容器の閾値等の末梢機構により制御されている¹¹⁾と考えると、運動がこれらの要素に何らかの影響を及ぼし、直立時動揺の安定性に関与するものと思われる。

背筋力の強弱の如何が重心位置の調節に関与す

るといふ結果は、直立姿勢時には体幹背部の筋放電量の増大が認められる^{1,2,3,7)}とする報告に関連し、運動群と非運動群では重心位置に有意な差が認められるという結果を支持するものともとらえ得る。しかし、反面、運動群と非運動群との間で背筋力には有意な差がなく、重心位置の調節が単に筋系のみ依存するものでないことが示唆されている。

重心位置とその動揺度を決定する要因に日常の継続的運動実施がどのような影響を及ぼすかという問題については、そのメカニズムとともに不明な点が多く、さらに研究を重ねなければならない課題である。しかし、起立調節能力を維持し得るという観点から、日常、運動を継続して行なう必要性があると思われた。

摘 要

健康な成人男性34名、女性16名を被検者として、起立調節能力を簡易的に評価する方法について2台のヘルスメータを使用した実験を行なった。簡易法によって得られた成績をグラビコーダによる成績と比較し、その妥当性を検討するとともに、体力測定及び形態計測等を実施し、起立調節能力に関与する因子について分析を行ない、以下のような知見を得た。

- 1) 簡易法による最大変動値はグラビコーダによって得られた重心動揺軌跡長、重心動揺面積及び年齢と有意な正の相関関係が認められた。
- 2) 重心位置は男女とも背筋力と有意な相関関係が認められた。
- 3) 体力測定の結果が高得点の群では、開眼時から閉眼時への重心動揺度の増加率が低かった。
- 4) 日常の運動習慣のない非運動群では、重心位置が有意に踵方向に位置していた。

以上のような結果から、起立調節能力に関して、動揺度は本簡易法で、重心位置は背筋力計による測定値で、それぞれ推定することが可能であ

ると思われた。また、運動が起立調節能力の維持・向上に有効である可能性が示唆された。

文 献

- 1) Asmussen, E., and Klausen, K.; Form and function of the erect human spine, *Chin. Orthoped.*, **25** : 55—63 (1962)
- 2) Carlsöö, S.; The static muscle load in defferent work positions: an electromyographic study, *Ergonomics*, **4** : 193—211 (1961)
- 3) Carlsöö, S.; Influence of frontal and dorsal loads on muscle activity and on the weight distribution in the feet, *Acta. Orthop. Scandinav.*, **34** : 299—309 (1964)
- 4) Timiras, P.S. & Vernadakis, A.; Structural, biochemical, and functional aging of the nervous system, In: Timiras, P.S., *Developmental*

Physiology and Aging. Chap., **26**, The Macmillan Company, New York, 502—526 (1972)

- 5) 平沢彌一郎; 日本人の直立能力について, 人類誌, **87**(2) : 81—92 (1979)
- 6) 平沢彌一郎; 直立歩行を支える左足, サイエンス, **11**(6) : 32—44 (1981)
- 7) Portnoy, H., and Morin, F.; Electromyographic study of postural muscle in various positions and movements, *Am. J. Physiol.*, **186** : 122—126 (1956)
- 8) 田口喜一郎; 重心動揺の正常範囲について, 耳喉, **46**(6) : 415—420 (1974)
- 9) 東京都立大学身体適性学研究室; 日本人の体力標準値 第3版, 不昧堂出版, 東京 (1980)
- 10) 山本高司; 直立時動揺の年齢による変化, 体力科学, **28** : 249—256 (1979)
- 11) 山本高司; 動作の調整能, 杏林書院, 東京 (1983)