

中高年者の平衡維持機能と身体組成の関連

茨城大学 服部 恒明
(共同研究者) 同 田中 茂穂
同 松坂 晃

The Postural Sway and Body Composition in Middle-Aged and Elderly Subjects

by

Komei Hattori, Shigeho Tanaka, Akira Matsuzaka
Ibaraki University

ABSTRACT

The relationships between postural sway in upright and body composition were investigated. Postural sways in normal Romberg position (eyes open and eyes closed) and tandem Romberg position were measured on a center of gravity apparatus using two age groups of subjects 30 to 59 years old and 60 years old and over. Body composition assessment was performed by densitometrical procedures after the determination of body volume by SF₆ gas dilution method. Correlation and principal component analyses reveal that the deterioration of body composition status (increase of fat and decrease of fat-free mass) is the one of the factor to aggravate the postural stability.

要 旨

48名の中高年を対象として、直立姿勢を保持したときの足圧中心動揺からみた平衡維持機能と、

体密度法によって推定された身体組成との関連性が検討された。平衡維持機能は、キスラー社製のフォースプレートを用いて足圧中心動揺を測定することで評価された。身体組成は、ガス希釈法に

よって体積をもとめ、つぎに Siri の式に準拠して体密度法によってもとめた。相関分析および主成分分析によって、男性では動揺速度は身体質量との間に正の相関関係があることが明らかになった。一方女性では動揺速度は除脂肪量との間に正の相関がみられたが、体脂肪率との間には負の相関関係が認められた。

緒 言

現今の高齢化社会において、中高年者が健康的で活動性にともライフスタイルを確立できるように諸条件を整えることは、重要である。そこで、高齢者を対象とした、さまざまな体力診断や運動処方などの基礎研究が積み重ねられ、着々と成果を挙げつつある。中高年者が運動プログラムを実行するときにおいて最も注意しなければならないことのひとつは、一般的に年齢が高くなるにしたがって、平衡維持機能が衰えるという事実である。しかし平衡維持機能の個人差は大きく、殊に中高年者では平衡維持機能のバラツキの大きさが特徴的に観察される。この個人差は運動習慣等のライフスタイルの違いが影響している可能性がある。

一方、運動習慣は身体組成に影響を及ぼすことが多くの報告によって明らかにされており^{2, 3, 10}、中高年者の健康管理においては、身体組成を評価することは重要な意味がある。この中高年者のライフスタイルと直接的に関連する、平衡維持機能および身体組成は、それぞれ独立に着目されているものの、両者の関連性に言及した報告は、ほとんどみられない。本研究は、このふたつの身体的特性の間にはどのような関連性があるのかについて検討することをねらいとしている。

1. 研究方法

1.1 身体組成の測定

研究対象は茨城県内に居住する中高年で、大学が主催する公開講座に参加した者の中からボラ

ンティアとして募集された男子30~59歳群9名(30.2~59.1歳)、60~歳群9名(60.1~73.5歳)および女子30~59歳群21名(41.1~59.7歳)、60~歳群9名(60.1~73.0歳)の合計48名である。

いずれも特定の疾病をもたない健康者であり、被検者としての同意書に署名している。測定は茨城大学教育学部保健体育講座生体測定室において熟練した3名の検者によって実施された。それぞれの被検者は同じ日に身体組成と平衡維持機能の測定を連続して実施した。

体密度法による身体組成の評価

身体組成は、最も信頼性が高いとされる体密度法によって評価された。体密度を求めるにはまず体積を求める必要がある。体積は一般には水中体重法によって求められるが、この方法は水中で止息し安静姿勢を保持する必要があることから、中高年者に適用することはしばしば困難である。そこでSF₆ガス希釈法による体積測定用チャンバー(島津製BSF 200)を用いて体積を求めた。この方法による体積測定の妥当性については既に報告されており¹⁰、水中体重法によって求めた体積との相関係数は0.99になる。得られた体積と体重から体密度を求め、ついでSiri(1956)の式により体重に対する体脂肪量の割合として表される体脂肪率(Percent body fat; % fat)を算出した。それぞれの方法から得られた体脂肪率の間の相関は0.944である。体脂肪量(Fat mass; FM)は% fat×体重で、また除脂肪量(Fat-free mass; FFM)は体重-体脂肪量によって求めた。

1.2 立位平衡維持機能の測定

立位平衡維持機能は、直立位における足圧中心動揺を30秒間測定することによって求めた。足圧中心動揺は、ヒトが静立位を保とうとするとき、重心の鉛直線からのずれを持続的に補正する結果として生じる。重心動揺はキスラー社製のフォースプレート(Kistler 9281 B)を用いて以下の3種の姿勢について実施した。

1. 2. 1 静立位 - 開眼 (Normal Romberg stance-Open eye) テスト

両足は内接して、両腕は側方に下ろして立ち、前方 5 m の位置に目線の高さに設置した目標点を注視した姿勢をとらせ、姿勢が安定したとみられる数秒後からサンプリングを行った。

1. 2. 2 静立位 - 閉眼 (Normal Romberg stance-Closed eye) テスト

1. 2. 1 と同様の姿勢で閉眼させた後、サンプリングを行った。

1. 2. 3 前後足立位 - 開眼 (Tandem Romberg stance-Open eye) テスト

フォースプレートの上に前後に引かれたラインに、前方の足の第 2 指の先端と踵の後縁の中央部を合わせる。後方の足も同様の位置をとるが、第 2 指の先端は前足の踵部に接するようにする。前

後とする足の側は任意とした。姿勢が安定した後、サンプリングを行った。

平衡維持機能テストの解析処理

データは 50 msec 間隔で入力され、フォースプレート上への圧力中心点 (CP ; Center of Pressure) の位置情報のみが解析の対象とされた。立位姿勢の測定では、足圧中心点は身体重心の水平面への投影点とみなすことができる。服部と富樫⁸⁾は、サンプリング時間は 30 秒間で十分であると報告しており、今回も 30 秒間とした。そこで、各姿勢について 600 個の CP 点の位置情報を経時的に記録することになる (図 1)。各点間の距離を加算し 30 秒間の CP 点の動揺距離 (Distance) を求め、ついで動揺速度 (Sway velocity, mm/sec) を求めた。

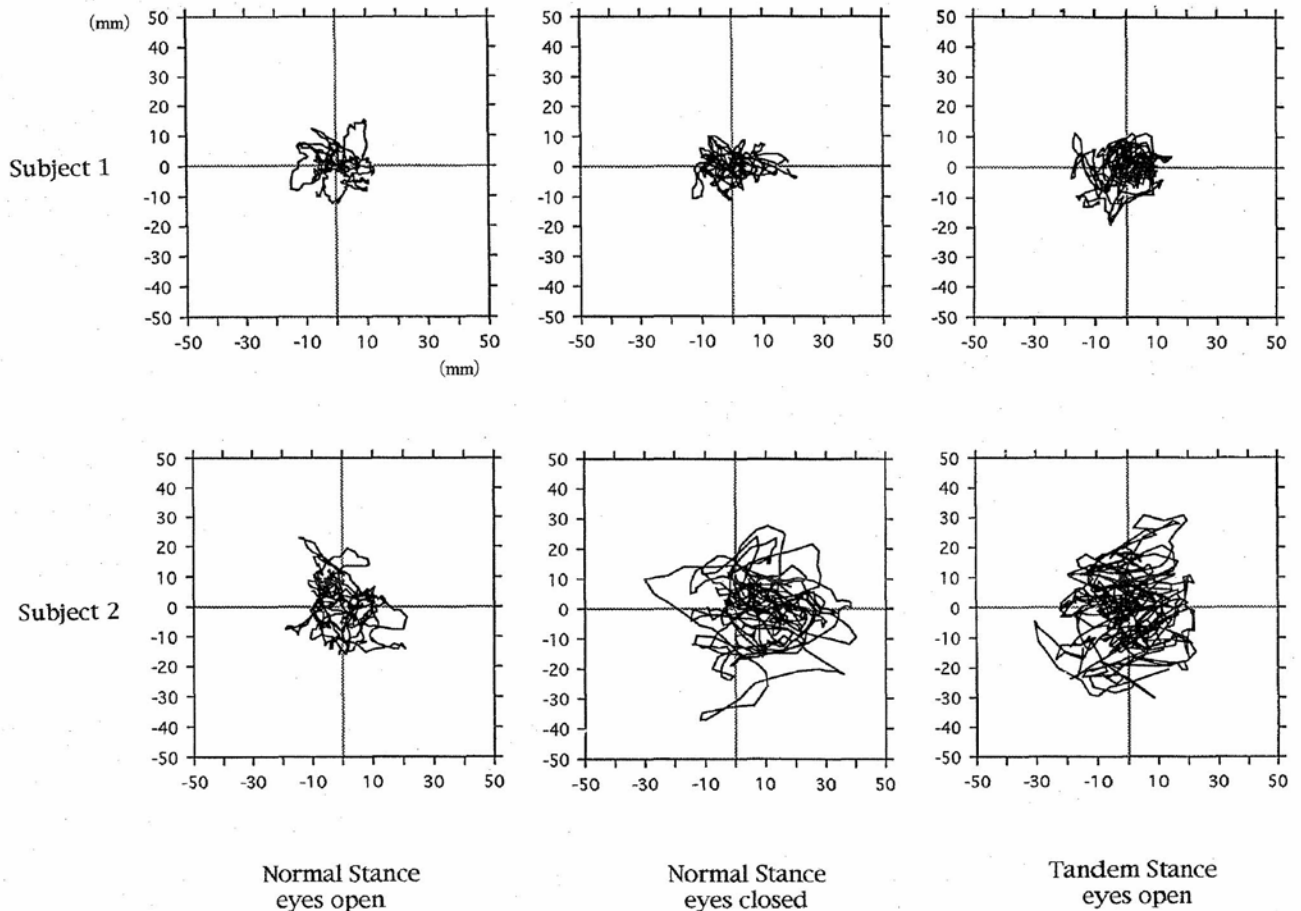


図 1 Individual subject plots of total linear distance swayed over 30 seconds. Normal and tandem Romberg stances are illustrated for the same subjects

2. 結 果

表1は男性の身体組成測定値である。中年者群(60歳未満)と高年者群(60歳以上)を比べると、高齢者群で、体重、体脂肪率、脂肪量が大きい値を示しているが、除脂肪量は中年者群が49.2であるのに高年者群では50.6と近似した値を示している。体格を考慮にいたした脂肪量指数(FMI)と除脂肪量指数(FFMI)の有効性については服部⁷⁾が報告しているが、60未満群では4.6、17.9であるのに、60以上群では5.8、18.7とやや大きくなっている。いずれの場合も有意な群間の差は認められなかった。

表2は女性の身体組成値であるが、男性の場合

と同様の傾向を示している。すなわち、年齢が高くなると体脂肪率、脂肪量は大きくなる。しかし、こちらにも有意な年齢群間の差は認められなかった。中・高年群としてまとめた統計値も合わせ示してある。

表3には男性の平衡維持機能の平均値と標準偏差が示してある。60歳未満群と60歳以上群を比べると静立位(開眼)、静立位(閉眼)、足前後位(開眼)のいずれにおいても動揺距離および動揺速度で、前後および左右方向の動揺の平均偏差は高齢者群が大きい値を示しているが、その差は有意ではない。

表4は女性の平衡維持機能の平均値と標準偏差であるが、静立位(開眼)の結果は男性の場合と

表1 Body composition in each age group for males

	Under 60 (n=9)		60 and over (n=9)		t-test	Total (n=18)	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.		Mean	S. D.
Body weight (kg)	61.6	6.72	66.2	10.53	NS	63.9	8.90
Body height (cm)	165.5	3.26	164.3	4.41	NS	164.9	3.81
Percent fat (%)	20.2	5.87	23.4	3.24	NS	21.8	4.88
Fat mass (kg)	12.4	3.78	15.6	4.18	NS	14.0	4.21
Fat free mass (kg)	49.2	6.55	50.6	7.13	NS	49.9	6.68
Body density (g/cc)	1.053	0.013	1.046	0.007	NS	1.049	0.011
BMI	22.5	2.69	24.5	3.39	NS	23.5	3.14
FMI	4.6	1.47	5.8	1.5	NS	5.2	1.57
FFMI	17.9	2.41	18.7	2.15	NS	18.3	2.25

NS ; Not significant

表2 Body composition in each age group for females

	Under 60 (n=21)		60 and over (n=9)		t-test	Total (n=30)	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.		Mean	S. D.
Weight (kg)	51.4	5.34	54.1	6.45	NS	52.2	5.72
Body height (cm)	154.7	4.35	151.8	3.91	NS	153.8	4.37
Percent fat (%)	30.3	5.65	35.3	4.79	*	31.8	5.82
Fat mass (kg)	15.6	3.52	19.3	4.30	*	16.7	4.07
Fat free mass (kg)	35.8	4.71	34.9	3.57	NS	35.5	4.36
Body density (g/cc)	1.031	0.012	1.02	0.01	NS	1.028	0.012
BMI	21.5	2.29	23.5	2.67	*	22.1	2.54
FMI	6.6	1.61	8.4	1.93	*	7.1	1.88
FFMI	14.9	1.71	15.1	1.22	NS	15.0	1.56

* ; Significant at 0.05 level, NS ; Not significant

表3 Result of postural stability test in each age group for males

	Under 60 (n=9)		60 and over (n=9)		t-test	Total (n=18)	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.		Mean	S. D.
Normal stance-eyes open							
Distance	553.2	101.52	584.4	201.32	NS	568.8	155.51
Velocity	18.4	3.38	19.5	6.66	NS	19.0	5.15
Mean lateral sway	4.3	1.34	4.3	1.55	NS	4.3	1.41
Mean AP sway	5.8	2.68	4.7	1.30	NS	5.2	2.12
Normal stance-eyes closed							
Distance	774.5	208.02	933.3	457.24	NS	853.9	354.14
Velocity	25.8	6.94	31.1	15.24	NS	28.5	11.80
Mean lateral sway	5.0	1.22	6.2	2.97	NS	5.6	2.30
Mean AP sway	5.2	1.44	5.5	1.24	NS	5.4	1.31
Tandem stance-eyes open							
Distance	1517.7	619.76	1719.6	503.20	NS	1618.6	557.40
Velocity	50.6	20.65	57.3	16.78	NS	54.0	18.58
Mean lateral sway	5.7	1.24	6.5	1.83	NS	6.1	1.58
Mean AP sway	5.5	2.83	7.8	1.67	NS	6.6	2.53

NS ; Not significant

表4 Result of postural stability test in each age group for females

	Under 60 (n=21)		60 and over (n=9)		t-test	Total (n=30)	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.		Mean	S. D.
Normal stance-eyes open							
Distance	539.3	118.06	568.7	140.65	NS	548.1	123.52
Velocity	18.0	3.93	18.9	4.68	NS	18.3	4.11
Mean lateral sway	4.1	0.95	3.8	0.83	NS	4.0	0.91
Mean AP sway	5.0	1.59	4.8	3.18	NS	5.0	2.13
Normal stance-eyes closed							
Distance	748.4	192.46	735.7	221.99	NS	744.6	197.93
Velocity	24.9	6.41	24.5	7.40	NS	24.8	6.60
Mean lateral sway	4.7	1.19	4.4	0.78	NS	4.6	1.08
Mean AP sway	5.1	1.23	5.2	1.20	NS	5.1	1.20
Tandem stance-eyes open							
Distance	1235.3	433.62	1215.1	221.22	NS	1229.2	378.50
Velocity	41.2	14.46	40.5	7.37	NS	41.0	12.62
Mean lateral sway	5.8	1.34	5.8	0.92	NS	5.7	1.21
Mean AP sway	7.0	2.84	6.6	2.32	NS	6.9	2.66

NS ; Not significant

近似して高齢者群の平均値が中年者群より大きい。しかしその差は有意ではなく、静立位（閉眼）と足前後位においては両群の差は小さい。

図2, 図3, 図4は各姿勢における前後動揺平均偏差, 左右動揺平均偏差, 動揺速度をグラフに

表したものである。いずれも年齢群間の差は明瞭でない。

身体組成および平衡維持機能の測定結果に年齢群間の統計的差が認められなかったため、両群を合わせ、男女それぞれに相関分析を実施した。表

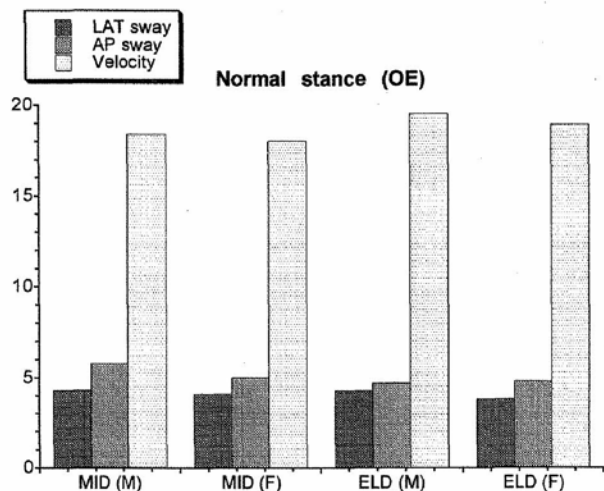


図2 Mean lateral (LAT) sway (mm), mean antero-posterior (AP) sway (mm) and sway velocity (mm/sec) for each age group in normal stance (eyes open). (MID; middle age group, ELD; elderly group, M; males, F; females)

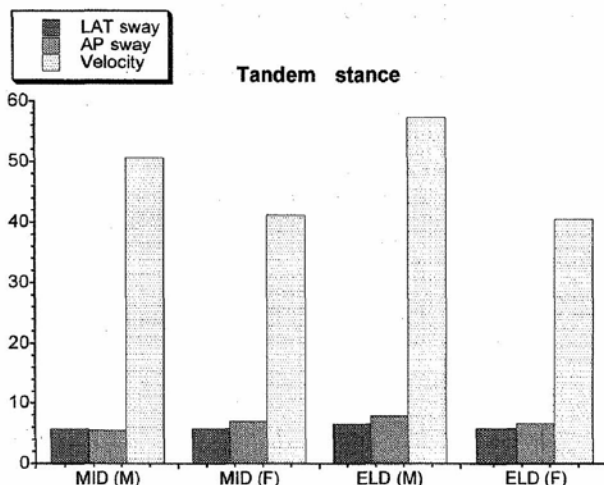


図4 Mean lateral (LAT) sway (mm), mean antero-posterior (AP) sway (mm) and sway velocity (mm/sec) for each age group in tandem stance (eyes open). (MID; middle age group, ELD; elderly group, M; males, F; females)

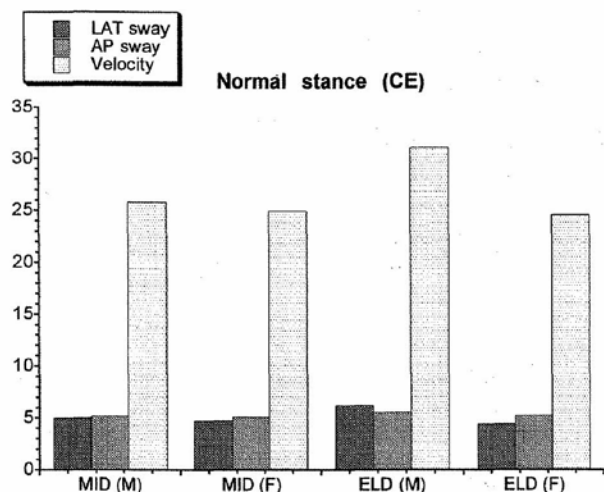


図3 Mean lateral (LAT) sway (mm), mean antero-posterior (AP) sway (mm) and sway velocity (mm/sec) for each age group in normal stance (eyes closed). (MID; middle age group, ELD; elderly group, M; males, F; females)

5に各姿勢の動揺速度と身体組成項目の相関係数が示されている。男性の静立位（開眼）と安静立位（閉眼）では動揺速度は体重、体脂肪量、除脂肪量のいずれにも正の相関関係が認められる。足前後位では除脂肪量と負の相関関係がみられる。しかし、静立位（閉眼）と体重の相関係数0.54を除いては、いずれも有意性を確認するまでには至

らなかった。一方、女性では3つの姿勢において共通の傾向が観察された。すなわち身長および除脂肪量と有意な正の相関関係がみられ、体脂肪率および体脂肪量とは有意な負の相関関係が見られた。これらの知見は、表6の男女それぞれの身体組成項目および静立位（開眼）の動揺速度の主成分分析の結果からも確認される。すなわち、男性では動揺速度は身体質量を表わす第1主成分に含まれているが、女性では動揺速度は第1主成分である脂肪量の主成分に負の符号をもって関与し、除脂肪量の主成分である第2主成分に正の符号で関与している。

3. 考 察

中高年者の身体組成および平衡維持機能の変化については独立に詳細な報告があるにも拘らず、それら二つの身体的特性に関する言及がほとんどみられないのは、それぞれが異なる独立した研究分野の課題として接点が小さかったこと、それぞれの計測には高度の専門性を要求され、また特殊な機器や設備が必要なことなどが原因と思われる。著者らは両方の領域に関与しうる条件を得て、同

表5 Correlation coefficients between sway velocity in each stance and body composition variables

	Males (n=18)			Females (n=30)		
	NS (EO)	NS (EC)	TS (EO)	NS (EO)	NS (EC)	TS (EO)
Body height	0.11	0.20	-0.03	0.31	0.41*	0.32
Body weight	0.34	0.54*	-0.22	0.15	0.07	0.09
% fat	0.11	0.13	0.34	-0.45*	-0.52**	-0.35
Fat mass	0.28	0.38	0.14	-0.31	-0.39*	-0.24
Fat-free mass	0.34	0.48	-0.38	0.48**	0.46*	0.34

NS; normal stance, TS; tandem stance, EO; eyes open, EC; eyes closed
 ** (*); Significant at 0.01 (0.05) level

表6 Result of principal component analysis.
 Decimal points are omitted

	Males		Females	
	C 1	C 2	C 1	C 2
Body weight	93	-29	26	96
% fat	54	84	97	01
Fat mass	87	47	89	45
Fat-free mass	69	-69	-48	84
SVNS (EO)	54	-22	-63	40
Eigen value	2.68	1.54	2.42	1.99
Variance proportion (%)	53.6	30.9	48.6	39.8

SVNS; Sway velocity in normal stance, EO; eyes open

じ日に両測定を実施した。

中年者群と高齢者群の身体組成値には有意な差は示されなかったが、高齢になるに従って体脂肪量が増大し、除脂肪量が減退する傾向は男女に共通して認められた。このような知見は Komiya ら¹²⁾, Bembem ら¹⁾, Going ら⁴⁾ も報告しており、身体組成の年齢的变化の一般的傾向が反映されているものといえる。しかし、身体組成の個体差は大きく、平均値の比較では有意差は示されなかった。

一方、床反力計を用いて計測した足圧中心動揺を指標とする平衡維持機能でも、本研究の被験者では高齢者群で低下の傾向はあるものの年齢群間に有意な差は認められなかった。一般には高齢者では平衡維持機能が低下することは多くの報告に

よって明らかにされているが^{5, 6, 9, 11, 13, 14, 16-18)}、今回平衡維持機能の変異を年齢の違いに起因する身体組成の差によって直接説明することはできなかった。

だが中年者群と高齢者群を合わせて相関分析および主成分分析を行った結果から、男性では身体の質量が大きいことが重心動揺速度の大きいことと関連していることが推定された。また女性では重心の動揺速度は、除脂肪量の増大と正の相関をし、脂肪量の増大と負の相関をすることが確認された。すなわち、脂肪量が大きければ、動揺速度は小さくなる傾向があることを意味している。このことは予想される結果とは異なり、その意味するところは未だ不明である。一つの考え方としては、重心動揺速度が大きいことは、立位姿勢の不

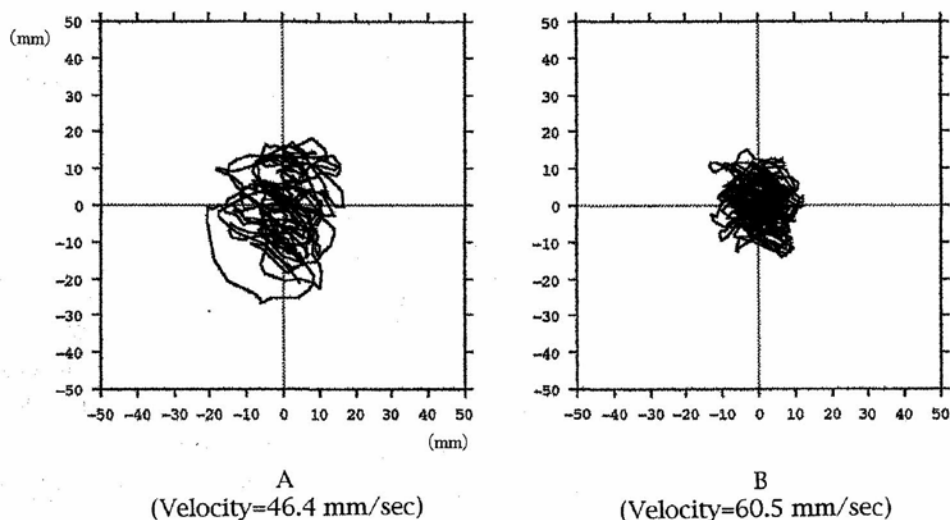


図5 Two cases of plots of total linear distances swayed over 30 seconds in tandem stance. The plot of B is more concentric than A, although velocity of B is higher than A

安定性をあらわすものではなく、むしろわずかな重心の偏向に対して敏感に反応することを表わすもので、いわば安定性の尺度でもある可能性がある。図5は2例の足前後位における動揺軌跡図であるが、Aに対しBは動揺の拡がり小さく、姿勢の動揺も少なく観察上も安定感がみられたが、動揺速度はむしろ大きくなっている。すなわち、中高年者で動揺速度の大きさは平衡維持機能の高さを表わすものと考えられるならば、少なくとも女性では除脂肪量の増大と体脂肪率の減少が平衡維持機能の改善に寄与していると考えられる。今後もさらに多くの被験者について調査を継続し、両者の関係について検討を重ねる必要があるだろう。

4. ま と め

中高年者48名を被験者として、体密度法による身体組成と床反力計を用いて平衡維持機能の測定を実施した。両者の関係について相関分析および主成分分析を実施した結果、男性では重心動揺距離は身体の充実度と関連している知見が得られた。女性の重心動揺速度は除脂肪量との間で正の相関関係が、また体脂肪率との間に負の相関関係がみられた。

文 献

- 1) Bemben, M. G., B. H. Massey, D. A. Bemben, R. A. Boileau, J. E. Misner; Age-related patterns in body composition for men aged 20-79 yr., *Med. Sci. Sports Exer.*, **27**, 264-269 (1995)
- 2) Despres, J. P.; Physical activity and adipose tissue. In Bouchard, C. et al. eds., *Physical Activity, Fitness, and Health*, 358-368, Human Kinetics, IL (1994)
- 3) DiPietro, L., Physical activity, body weight, and adiposity: An epidemiologic perspective, *Exer. sport Sci. Rev.*, **23**, 275-303 (1995)
- 4) Going, S., D. Williams T. Lohman, Aging and body composition: Biological changes and methodological issues, *Exer. Sport Sci. Rev.*, **23**, 411-458 (1995)
- 5) 橋詰 謙, 伊東 元, 丸山仁司, 斎藤 宏, 石川 誠 立位保持能力の加齢変化, *日老医誌*, **23**, 85-92 (1986)
- 6) Hasselkus, B. R., G. M. Shambes, Aging and postural sway in women, *J. Gerontology*, **30**, 661-667 (1975)
- 7) Hattori, K.; Body composition and lean body mass index for Japanese college students., *J. Anthropol. Soc. Nippon*, **99**, 141-148 (1991)
- 8) 服部恒明, 富樫泰一; 身体動揺の経時的変化, 茨

- 城大学教養部紀要, 24, 285-294 (1992)
- 9) Hattori, K., Starkes, J., Takahashi, T. ; The influence of age on variability of postural sway during the daytime., *Jpn. J. Hum. Posture*, 11, 137-146 (1992)
 - 10) Hattori, K., Matsuzaka, K., Iwaoka, H., Ohno, K., Mitani, H. ; Determination of body volume in normal adults and in patients with cerebral palsy by the sulfur Hexafluoride (SF6) dilution technique., *Am. J. Hum. Biol.*, 6, 651-657 (1994)
 - 11) Hayes, K. C., J. D. Spencer, C. L. Riach, S. D. Lucy, A. J. Kirshen ; Age related changes in postural sway, *Biomechanics*, IX - A : 383-387 (1985)
 - 12) Komiya, S., Y. Muraoka, F. Zhang, T. Masuda ; Age-related changes in body fat distribution in middle-aged and elderly Japanese, *J. Anthrop. Soc. Nippon*, 100, 161-169 (1992)
 - 13) 丸田和夫, 白倉卓夫, 丸田外美江, 関本 守 ; 重心動揺よりみた老年者の平衡機能に関する研究, 理・作・療法, 17, 407-411 (1983)
 - 14) Sheldon, J. H. ; The effect of age on the control of sway, *Geront. clin.*, 5, 129-138 (1963)
 - 15) 田中茂穂, 戸部秀之, 甲田道子 ; 体脂肪の分布に影響を与える要因, 特に有酸素運動と日常生活習慣について, 体力研究, 85, 38-46 (1994)
 - 16) 徳増厚二 ; 高齢者の日常生活動作と平衡機能, 北里医学, 25, 131-144 (1995)
 - 17) 宇野良二 ; 平衡機能の年齢的変遷に関する研究 (加速度計による身体動揺の観察), 耳鼻臨床, 56, 24-56 (1963)
 - 18) 山崎先也, 伊坂忠夫, 石井喜八 ; 加齢に伴う立位姿勢維持機能, バイオメカニクス研究 '90, 2-6, ABSTRACT (1990)