<原 著>

重心動揺の年齢にともなう変化について

鷺見 勝博 渡辺 丈真 小林 章雄 竹島 伸生*
鈴木 雅裕** 村松 常司*** 前田 清****加藤 孝之****

<要 約> 30歳から69歳までの健康な男95名, 女85名について, 安静立位での重心動揺距離, 動揺波形のパワースペクトルを検討し, 以下の結果を得た. しかし, 60歳代については例数が少ないことから, さらに検討する必要があるものと考えられた.

1) 安静立位での重心動揺距離は, 30歳代から40歳代にかけては大きな変化を示さず, 50歳代以降, ともに60歳代で増大する特徴を示した.

2) 閉眼/開眼比は, 男の60歳代, 女の50歳代以上で低下する傾向がみられ, 高年齢群では, 姿勢制御への視覚系の寄与が小さくなることがうかがわれた.

3) 重心動揺波形のパワースペクトルにおける開眼と閉眼との差は, 0.109Hz 以下でもっとも大きく, 視覚系の調節は, この周波数帯域に表われていると考えられた. また, 開眼時の0.109Hz 以下の成分割合は, 60歳代で低下する傾向を示し, 高年齢群における, 視覚による姿勢制御機能の低下は周波数の面からも示された.

Key words : 重心動揺, 年齢変化, パワースペクトル分析, 視覚系の姿勢制御機能

1. 緒 言

高年齢者の転倒事故には, 平衡機能の低下が関連していることが指摘されている¹⁾²⁾. こうした転倒事故や転落事故の予防は, 日常生活のみならず, 中高年齢者が増加しつつある産業現場においても, 重要な課題となることが予想される. 身体平衡にかかわる諸機能について, 加齢にともなう変化を検討することは, こうした点で意義を有するものと考えられる.

直立時の重心動揺は, 平衡機能のうち, 立ち直り反射を表すものとして知られている. 立ち直り反射は, 表在知覚, 深部知覚, 前庭器, 視器などと直立支持筋との間の制御システムであり, 脊髄, 脳幹, 小脳, 大脳と密接に関係しているとされている. 重心動揺軌跡の距離や面積などは, こうした種々の機能系の状態を総合的に把握する指標として広く用いられてきた. 一

方, 各機能系の特有な関与を知るための方法としては, 重心動揺波形の周波数面からの検討がされてきた. そして, 加齢による各調節系の機能低下についても周波数分析によって評価できる可能性が指摘されるようになってきた³⁾. そこで今回は, 30歳から69歳までの男女を対象として, 開眼時および閉眼時の重心動揺を測定し, 年齢による重心動揺の変化の特徴を, 重心動揺距離, 周波数の面から検討することとした.

2. 方 法

1) 対象: 愛知県長久手町および三好町で行なわれた住民健診の受診者のうち, 30歳から69歳までの男95名, 女85名を対象とした. Table 1に, 年齢区分別の対象者数, 身長, 体重の平均値を示した. なお, これらの対象者については, 同時に行なった一般健康診断および神経学的検査により, 身体的な異常のないことを確認した.

2) 測定および解析方法: 重心動揺の測定にはアニメ社製モデル G-1800平衡機能計を用いた. 本機は, 体重補正回路を有し, 内蔵マイクロコンピュータにより, 重心動揺軌跡距離を自動算出するものである. また, 左右, 前後方向の動揺波形をアナログ出力できる. 立位姿勢における足位は閉足で, 上肢は体側に下垂させた. 被検者の前方2mに2×2cmの目印を置き, 開眼

K. Sumi, T. Watanabe, F. Kobayashi : 愛知医科大学衛生学教室

* N. Takeshima : 名古屋市立大学教養部

** M. Suzuki : 宇部短期大学幼児教育

*** T. Muramatsu : 愛知教育大学養護教育教室

**** K. Maeda, T. Kato : 愛知医科大学公衆衛生学教室

受付日. 1987. 9. 21

Table 1 Physical characteristics of the subjects.
Mean±S.D.

Sex	Age group	N	Height(cm)	Weight(kg)
Males	30 ~ 39	17	165.0±4.6	62.2±7.2
	40 ~ 49	41	164.3±6.1	59.9±9.9
	50 ~ 59	30	164.8±5.6	58.1±7.2
	60 ~ 69	7	156.4±4.3	56.8±5.6
Females	30 ~ 39	19	155.1±5.6	51.4±7.7
	40 ~ 49	38	153.2±4.1	50.4±6.2
	50 ~ 59	20	151.2±4.7	53.3±7.8
	60 ~ 69	8	150.0±4.6	51.8±5.3

時に注視させた。直立保持の時間は30秒とした。このうち、重心動揺距離は、後半の20秒間の値をとった。動揺波形は、前後方向および左右方向のそれぞれをデータレコーダー（TEAC 社製 R71）に収録し、シグナルプロセッサ（日本電気三栄社製7TO7A）を用い、FFT 法によりパワースペクトラムを求めた。（サンプリング間隔9msec, 周波数分解能0.109Hz, 2 回の単純加算平均）そして、4.033Hz までのパワーを10%とした場合の各周波数の占める割合を算出した。

3. 結 果

1) 重心動揺距離

Table 2 に、開眼時および閉眼時の重心動揺距離、開眼時の動揺距離に対する閉眼時の動揺距離の比（C/O 比）を示した。重心動揺距離は、開眼時では、男は60歳代で、女は50歳代以上で増大する傾向がみられ、30歳代との差は、女の50歳代以上で有意であった。男と女の差はいずれの年代でも顕著ではなかった。閉眼時では男の50歳代以上、女の60歳代で動揺距離が増大

する傾向がみられたが、30歳代との間には有意な差はみとめられなかった。男女の比較では、50歳代までは女の方が小さく、40歳代、50歳代では有意な差（ $p < 0.01$ ）を示したが、60歳代では差はみられなかった。

開眼と閉眼との比較では、男女ともに、いずれの年代でも閉眼時の方が動揺距離が大きくなる傾向を示した（ $p < 0.01$ ）。また、開眼時の動揺距離に対する閉眼時の動揺距離の比（C/O 比）は、男では60歳代、女では50歳代以上で小さくなる傾向がみられ、女の50歳代以上では30歳代との間に有意差がみとめられた。C/O 比は、いずれの年代でも女の方がやや小さく、50歳代では男との間に有意差（ $p < 0.01$ ）がみとめられた。

2) 重心動揺波形のパワースペクトラム

Fig. 1～Fig. 2 に、各周波数のパワースペクトルの成分割合（%）を示した。図にみられるように、開眼時には、ほとんどが0.109Hz にピークを有し、以後漸減するパターンを示した。男の60歳代では、左右方向でこのピークは0.218Hz にずれていた。一方、閉眼時には、0.109Hz のピークは左右方向ではなだらかになり、前後方向でもピークが低くなる傾向がみられた。Table 3 に、動揺波形を0.109Hz 以下、0.109～0.327 Hz, 0.327Hz 以上の3つの周波数帯域に分けて比較した結果を示した。0.109Hz 以下の帯域の成分割合は、開眼の方が高く、逆に、0.327Hz 以上の成分は、閉眼時の方が高い傾向を示した。年齢別の比較では、開眼では0.109Hz 以下の成分割合が男の前後方向を除いて、いずれも60歳代で低い傾向を示し、男の左右方向では30歳代との間に有意な差（ $p < 0.05$ ）がみとめられた。逆に、開眼の0.327Hz 以上の成分割合は、男の前後方向を除き、60歳代で高くなる傾向がみられた。一方、閉眼では、いずれの周波数帯域でも年齢にともな

Table 2 Total length of postural sway per 20 seconds and C/O ratio.
Mean±S.D.

	Age group	Total length of postural sway (mm)		C/O Ratio
		Eyes open	Eyes closed	
Males	30 ~ 39	157.9±38.1	350.8± 84.2	2.27±0.50
	40 ~ 49	174.2±46.3	367.3±114.2	2.18±0.66
	50 ~ 59	169.1±42.0	411.8±141.5	2.50±0.83
	60 ~ 69	212.9±76.1	413.0±154.1	1.96±0.46
Females	30 ~ 39	151.4±33.5	308.5± 91.0	2.04±0.43
	40 ~ 49	168.1±49.5	308.8± 76.3	1.95±0.64
	50 ~ 59	182.9±38.1**	290.5± 77.9	1.65±0.53*
	60 ~ 69	251.4±94.0*	396.4±122.9	1.61±0.30**

Significant difference from thirties by t-test, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

Fig. 1 Power spectrum(%) of postural sway in males. Mean. Eyes open — ; Eyes closed -----

Fig. 2 Power spectrum(%) of postural sway in females. Mean. Eyes open — ; Eyes closed -----

Table 3 Distribution of power spectrum in the three ranges of frequency (~0.109Hz, 0.109~0.327Hz and 0.327Hz~). Mean (%)

	age group	Lateral direction						Antero Posterior direction					
		~0.109Hz		0.109~0.327Hz		0.327Hz~		~0.109Hz		0.109~0.327Hz		0.327Hz~	
		open	closed	open	closed	open	closed	open	closed	open	closed	open	closed
Males	30 ~ 39	36.5	28.2	26.8	28.0	36.7	43.8	45.1	27.1	29.7	28.1	25.3	44.8
	40 ~ 49	39.3	23.7	28.1	25.6	32.6	50.6	42.5	24.2	31.1	35.8	26.3	40.1
	50 ~ 59	44.6	25.1	24.8	24.8	30.6	50.1	50.2	27.9	26.1	34.9	23.7	37.2
	60 ~ 69	19.5*	24.7	35.5	25.8	44.9	49.5	43.8	23.5	33.1	35.1	23.2	41.4
Female	30 ~ 39	44.1	32.5	27.0	31.8	29.0	35.7	46.4	22.6	29.0	30.4	24.6	47.1
	40 ~ 49	42.8	34.4	28.8	32.9	28.5	32.6	42.9	24.2	30.1	33.8	27.0	42.5
	50 ~ 59	37.6	32.6	32.0	28.3	30.4	39.1	36.5	31.0	36.6	33.4	26.9	35.6*
	60 ~ 69	34.8	34.5	29.2	32.2	36.0	33.4	34.3	19.5	27.4	33.7	38.3**	46.8

Significant difference from thirties by t-test, * : p<0.05, ** : p<0.01

う一定の変化はみられなかった。

4. 考 察

直立姿勢保持能力の年齢による変化については、多

くの報告において、50歳あるいは60歳頃から低下することが指摘されている^{4)~10)}。今回の結果でも、重心動揺距離は、30歳代にくらべ、40歳代では大きな差を示さないが、50歳代以上、ことに60歳代で増大する傾向

がまとめられた。

動揺距離の閉眼／開眼比(C/O比)は、身体動揺に及ぼす視覚情報の寄与を表わす指標として用いられている¹¹⁾が、今回の結果は、男では60歳代、女では50歳代以上で、C/O比が低下する傾向を示した。これは、高齢者群での動揺距離の増加の度合い、閉眼時より開眼時で大きいためであり、これらの年代では重心動揺に対する視覚系の寄与が相対的に低くなっていることを示すものと考えられる。指標追跡運動検査や、視運動性眼振検査などの脳幹機能を示す検査において、50～60歳ごろから加齢による影響がみられるとされている¹²⁾ことなどは、今回の結果と対応するものと考えられる。

重心動揺波形の周波数に関して、種々の分析結果が報告されている^{3)13)～18)}が、周波数成分が、2ないし3Hz以下であることは、ほぼ一致していることから、今回は4Hzまでを分析の対象とした。また、4Hzまでのパワーを100%とした場合の個々の周波数の相対的な割合を算出したが、これは、重心動揺量の大小とは無関係に、周波数パターンの特徴を観察しようとしたためである。本研究において、各年齢群での周波数パターンは、全体的には、諸家の報告と同様、0.1Hzに近い周波帯域で最大のパワーを示し、それより高い周波数では急速に減少する特徴を示した。

開眼、閉眼による周波数パターンの変化について、諸家の報告間には、変化の大きい周波数の値にはそれぞれ差がみられるものの、開眼では、より低い周波数成分が大きく、逆に閉眼では、低い周波数成分は小さく、より高い周波数成分が増加する点では一致している。本研究においても、60歳代の左右方向を除いては、0.109Hz以下の成分割合は開眼時に高く、閉眼時は、0.109Hz以下の割合が低く、逆に0.327Hz以上の成分割合が高くなっている。したがって、重心動揺における視覚系機能は、0.109Hz以下の周波数に反映されているものと考えられる。

また、周波数成分の年齢にともなう変化について、藤原ら³⁾は、開眼時の0.1～0.5Hzの周波数成分が、加齢にともなって漸増し、60歳以上で急増することを報告して、立位姿勢の調節における視覚系の機能は、加齢にともなって徐々に低下し、高齢になって著しく低下するものと推察している。本研究においても、開眼時の0.109Hz以下の占める成分割合は、男の前後方向を除いて、60歳代ではいずれも低くなる傾向を示しており、高齢者群での視覚による姿勢制御機能の低下を

示唆するものと考えられる。

以上、重心動揺距離、周波数の面から、年齢にともなう変化について考察したが、今回は、住民検診受診者のうち、身体的な異常を有しない者のみを対象としたため、表1に示すように、60歳代の例数が他の年齢群に比べて少ない。したがって、得られた結果については、この点を考慮するとともに、今後、60歳以上の高齢者について、さらに例数を増やして検討する必要があると考えられる。

また、60歳代の男の身長が他の群に比して低い傾向がまとめられた。重心動揺に対する身長の影響については、報告³⁾¹⁹⁾²⁰⁾により異なっている。今回得られた結果について年齢群別に身長と重心動揺距離、周波数との関連を検討した所、一定の傾向を示さず、身長による補正の必要はないものと考えた。

文 献

- 1) Overstall PW, Exton-Smith AN, Imms FJ, Johnson AL: Falls in the elderly related to postural imbalance. *Br Med J* 1: 261—264, 1977.
- 2) Fernie GR, Gryfe CI, Holliday PJ, Llewellyn A: The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age and Ageing* 11: 11—16, 1982.
- 3) 藤原勝夫, 池上晴夫: 立位姿勢における身体動揺の周波数成分の加齢変化. *姿勢研究* 4(2): 81—88, 1984.
- 4) 池上彰博: 直立時重心動揺の振度と速度の研究. 年齢変化と診断的意義. *耳鼻* 86: 886—898, 1983.
- 5) Murray MP, Seireg AA: Normal postural stability and steadiness quantitative assessment. *J Bone and Joint Surg* 57: 510—516, 1975.
- 6) 坂口 明, 角田興一: 重心移動量による平衡機能の評価. *体力科学* 26: 64—69, 1977.
- 7) 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.
- 8) 岡部多加志: 神経内科領域における二次元重心動揺記録装置の臨床応用. *慶応医学* 51(4): 265—277, 1975.
- 9) 平沢彌一郎, 青木賢一: 日本人の直立能力について. 第2回姿勢シンポジウム論文集, 姿勢研究所編, 日本出版サービス, 1976, 41—46.
- 10) 松岡豊彦: 起立時身体動揺の定量的解析. *耳鼻臨*

- 床 70 : 1191—1280, 1977.
- 11) 田口喜一郎, 依田三千穂 : 重心動揺分析法, 一重心動揺領域と重心動揺軌跡距離一. 日耳鼻 79 : 1576—1589, 1976.
- 12) 伊保法子, 坂本節代, 浅野和江, 鈴木君江, 川野六郎, 竹内義夫, 徳増厚二 : 入院ドックにおける平衡機能検査成績. 北里医学 6 : 255—264, 1976.
- 13) Njiokiktjien C, Rijke W : The recording of Romberg test and its application in neurology. *Agressologie* 13(c) : 1—7, 1972.
- 14) 田口喜一郎, 飯島三千穂, 滝沢正臣 : 重心動揺の周波数分析, 周波数スペクトルと平均周波数. 耳鼻臨床 70(9) : 825—831, 1977.
- 15) Cernacek J, Jagr J, Harman B, Vyskocil S : Stabilographic findings in central vestibular disturbances. *Agressologie* 14 : 21—26, 1973.
- 16) 羽柴基之, 向井 研, 三宅彰英 : 人の立位重心動揺のパワースペクトルの定常性についての検討. *Equilibrium Research* 41(1) : 83—89, 1982.
- 17) 瀧口哲也 : 重心動揺検査の総合的評価に関する研究. パーソナルコンピューターによる解析システムの開発. 耳展(補) 3 : 217—240, 1986.
- 18) 三好豊二, 白戸 勝, 樋渡章二 : 身体動揺方向間の相関. *Equilibrium Research* 37 : 107—112, 1979.
- 19) 竹谷 力 : 重心計を用いた人体の身体動揺に関する研究. 耳鼻 22 : 608—621, 1976.
- 20) 初鹿信一 : 重心動揺計による身体動揺に関する研究. 基礎的検討と臨床的意義. 日耳鼻 90 : 598—612, 1987.

Abstract

A Study on Age-Related Changes in Postural Sway

Katsuhiro Sumi¹⁾, Takemasa Watanabe¹⁾, Fumio Kobayashi¹⁾, Nobuo Takeshima²⁾,
Masahiro Suzuki³⁾, Tsuneji Muramatsu⁴⁾, Kiyoshi Maeda⁵⁾
and Takashi Kato⁵⁾

In order to study age-related changes in postural sway, we examined the total length and the frequency analysis of the postural sway waves in 180 normal subjects, 95 males and 85 females, ranging in age from 30 to 69. The subjects maintained erect standing posture with feet together for 30 seconds with eyes open, and with eyes closed. The following results were obtained. 1) For subjects in their sixties, the total length of displacement with eyes open as well as with eyes closed showed a steep increase over subjects in their thirties. 2) The ratio of the total length with eyes closed to that with

eyes open decreased in males in their sixties, and in the females over fifty. These facts suggest that the visual function might less contribute to the regulation of the static equilibrium in the aged. 3) Distribution of the frequency of the postural sway waves was examined by power spectral analysis in the lateral direction and in the antero-posterior direction. The distribution of frequency was expressed as percentage of the power of each frequency for the total power up to 4.033 Hz. In both directions, the percentages with eyes open were higher than that with eyes closed in the frequency range below 0.109 Hz. This suggests that body sway waves below 0.109 Hz might be related to the visual regulatory function. The power spectrum below 0.109 Hz showed a decrease in the aged, which suggests the decrease in visual regulatory function in the aged.

key words: *postural sway, age-related change, power spectral analysis, visual regulatory function*
(Jpn J Geriat 25: 296—300, 1988)

-
- 1) Department of Hygiene, Aichi Medical University
2) College of General Education, Nagoya City University
3) Department of Early Childhood Education, College of Ube
4) Department of Health Education, Aichi University of Education
5) Department of Public Health, Aichi Medical University