

## 高年齢者の動的平衡機能とそれに関与する体力要因

藤原 勝夫<sup>1)</sup>・浅井 仁<sup>2)</sup>・外山 寛<sup>1)</sup>・宮口明義<sup>3)</sup>  
山科 忠彦<sup>4)</sup>・碓井 外幸<sup>5)</sup>・国田 賢治<sup>6)</sup>Dynamic equilibrium function in the old and its influential factor  
of physical fitnessKatsuo FUJIWARA<sup>1)</sup>, Hitoshi ASAI<sup>2)</sup>, Hiroshi TOYAMA<sup>1)</sup>, Akiyoshi MIYAGUCHI<sup>3)</sup>,  
Tadahiko YAMASINA<sup>4)</sup>, Sotoyuki USUI<sup>5)</sup> and Kenji KUNITA<sup>6)</sup>

(Received April 30, 1992)

## Abstract

The dynamic equilibrium function in the old was compared with that in the university students (the young) and was investigated the correlation to the physical fitness factors. The number of old subjects were 61, aged from 62 to 78 years. The results were follows:

1) We measured ① the tracking ability of foot pressure center to a visual target, ② the equilibrium function while vibrating a floor in anteroposterior direction and ③ the equilibrium reaction when a floor was quickly inclined in anterior or posterior direction. In all measurements, the ability of the old was inferior to that of the young, especially in posterior direction and in female. The correlation coefficients among three measurements were not significant, except the correlation between ① and a reaction in anterior tilt of ③.

2) We measured (1) morphology, (2) flexibility, (3) lower leg muscle strength, (4) body reaction time and (5) joint angular sensation. The items which the ability of the old was remarkably inferior to that of the young were upper leg girth in (1), hip extension in (2), plantar flexion in (3), start time in (4) and shoulder abduction and flexion in (5).

3) The factors of physical fitness which showed a significant correlation coefficient to the equilibrium function were plantar flexion and shoulder abduction sensation in ①, %fat and plantar flexion strength in ②, shoulder flexion sensation and trunk flexion sensation in anterior tilt of ③ and plantar and dorsal flexion range and shoulder flexion range in posterior tilt of ③.

<sup>1)</sup> 金沢大学教養部保健体育研究室 Department of Health and Physical Education, College of Liberal Arts, Kanazawa University.

<sup>2)</sup> 金沢大学医療技術短期大学部 School of Allied Medical Professions, Kanazawa university.

<sup>3)</sup> 金沢経済大学 Kanazawa College of Economics.

<sup>4)</sup> 金沢医科大学 Kanazawa Medical College.

<sup>5)</sup> 北陸体力科学研究所 Hokuriku Institution of Wellness and Sports Science.

<sup>6)</sup> 筑波大学大学院体育研究科 Master program in Health and Sports Science, University of Tsukuba.

## 1. 研究目的

高齢労働者においては、転倒・転落・動態物との接触事故が多く、その原因ともなっている平衡機能の低下を防止したり、改善する方法の開発が急務とされている。

老人の転倒などによる労働災害については、静的な状態での平衡機能の分析を畝ら<sup>1)</sup>が行っており、事故経験との間に明確な関係が認められていない。Fernie<sup>2)</sup>は、転倒経験者の平衡機能が劣るという結果を報告しているが、その差は僅かであるという。このような結果は、取り上げた平衡機能が、転倒に直接結びつくような動的なものでないことによることも十分考えられる。しかしこれについては、どのような平衡機能にどのような生理学的要因が関与するかを検討することがなされなくてはならず、この判断は慎重をきす必要がある。

本研究では、高齢者の平衡機能について、大学生との比較を通じて、老化の生理学的な基礎研究を進めた。ここで取り上げた平衡機能は、随意的に姿勢を変える場合や、身体になんらかの外乱刺激が負荷された場合のものである。また、その動的平衡機能に影響を及ぼす可能性の高い体力要因等について調査し、それと動的平衡機能との関係について検討した。それによって、動的平衡機能の訓練の方向づけを行おうとするものである。

## 2. 方法

### (1) 対象

大学生男女20名と、62歳から78歳までの老人男子30名及び女子31名を対象とした。若年者に関しては、著者らがこれまでに報告してきたデータ<sup>6)</sup>と「体力標準値」<sup>11)</sup>に掲載されているデータを用いたものもある。これらはいずれも、本人の申告により平衡機能に特別の疾患の無い者である。

### (2) 平衡機能の検査項目

#### A 足圧中心による視標トラッキング時の平衡機能

被験者に床反力計(ワミー, WA1001)上にて立位姿勢を保持させ、1.5m前方で視標をゆっくり動かし、それに合わせて前後方向に足圧中心(CFP)を追従させ、その追従能力から平衡動作の正確性を評価した(図1)。トラッキングの移動範囲は、踵から足長の30%から70%とした。また、視標の移動速度は等速とし、0.025Hzとした。試行時間は2分間とした。平衡動作の正確性は、視標に対する足圧中心の絶対誤差で評価した<sup>1)</sup>。得られた値は、次式により足長で補正した。

$$\text{補正值} = \text{実測値} \times 25 / \text{足長}$$

#### B 水平床振動時の平衡機能

不安定な足場を想定し、立位姿勢を保持している床反力計（パテラ，S110）を登載した振動台（電子制御グループ，PW0198）を、前後に正弦波状に振動した（図2）。床振動の振幅は2.5 cm，周期は0.5Hzとした。振動の負荷時間は1回1分間とし，5試行実施した。平衡機能の評価は，床反力計から検出されるCFP動揺の平均速度によった<sup>3)</sup>。得られた値は，次式により身長補正を施した。

$$\text{補正値} = \text{実測値} \times 160 / \text{身長}$$

C 急速床傾斜時の平衡機能

身体に外乱があってから平衡を取り戻すまでの反応の速さについて検討した（図3）。外乱刺



Fig. 1 CFP Tracking



Fig. 2 Floor vibration

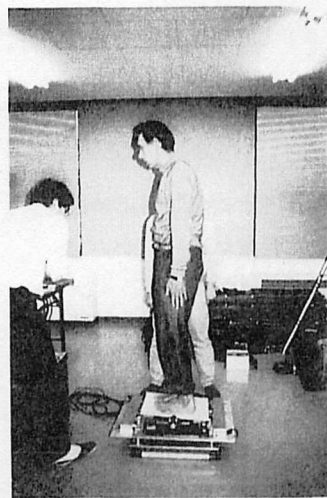


Fig. 3 Floor tilt

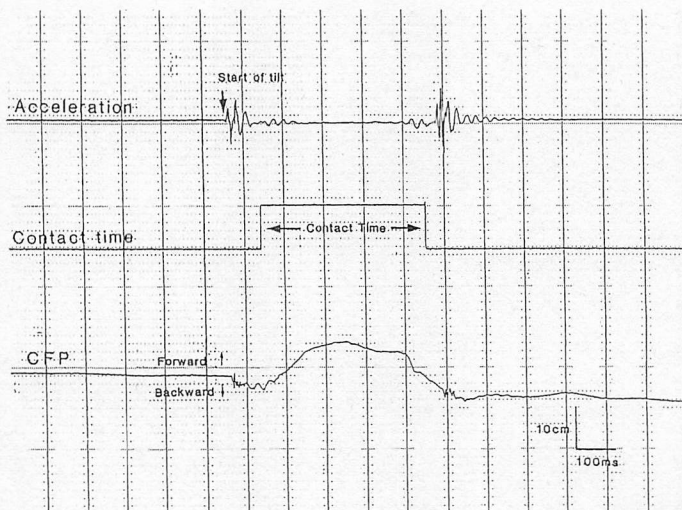


Fig. 4 Analysis of contact time in floor tilt

激は、立位姿勢保持時の急激な床の傾斜とした。被験者には足底の特定の位置（踵から足長の30%と60%の±1 cm）にCFPを保持せ、前方ないし後方の床のストッパーをはずし、自分の体重で床が傾くようにさせた。床の傾斜角は5度とした。床の傾斜軸の位置は、踵から足長の45%とした。試行回数は各方向3回とした。平衡反応の速さは、床の接地時間によって評価した(図4)。方向ごとの3試行の平均値を代表値とした。なお、試行に先立って、動作様式を学習するために、各方向3回ずつ練習を行った。

### (3) 平衡機能に関連する体力的検査項目

上記の動的平衡機能を左右すると予想される体力的検査項目について検討した。

#### A 関節角度感覚能

体幹の30度前屈感覚能、股関節の30度屈曲感覚能、肩関節の45度外転と屈曲感覚能、足関節の30度底屈感覚能を角度再現法で測定した。試行は、閉眼にて、目標とする関節角度を検者の指示のもとゆっくりと2回確認した後、いずれも5回課した。評価は目標値からの絶対誤差で行い、5試行の平均値を代表値とした。

#### B 単純全身反応時間

光刺激があつてからジャンプ動作を開始までの時間(動作開始時間)、足が離地するまでの時間(全身反応時間)及びその差(動作時間)を測定した<sup>9)</sup>。試行は5回とし、得られた全身反応時間の最大値と最小値を除いて、残り3試行の平均値を代表値とした。

#### C 柔軟性

足関節の底・背屈可動域、股関節の屈曲・伸展可動域、長座位前屈可動域を測定した。足関節の底・背屈は仰臥位で踵を測定台より前方に出し接地しないようにし、股関節の屈曲・伸展は、立位で体幹部を壁面に固定して行った。

#### D 筋力

椅座位にて股関節・膝関節・足関節を90度に屈曲し、足の底屈力と背屈力を測定した<sup>9)</sup>。

#### E 形態

体重、体脂肪量、身長、上肢長、転子果長、下腿長、足長、足幅、大腿周径、下腿周径、中足指節関節部周径を計測した<sup>9)</sup>。

なお、統計計算に用いた有意水準は5%である。

## 3. 結 果

### (1) 動的平衡機能

#### A 足圧中心による視標トラッキング動作時の平衡機能

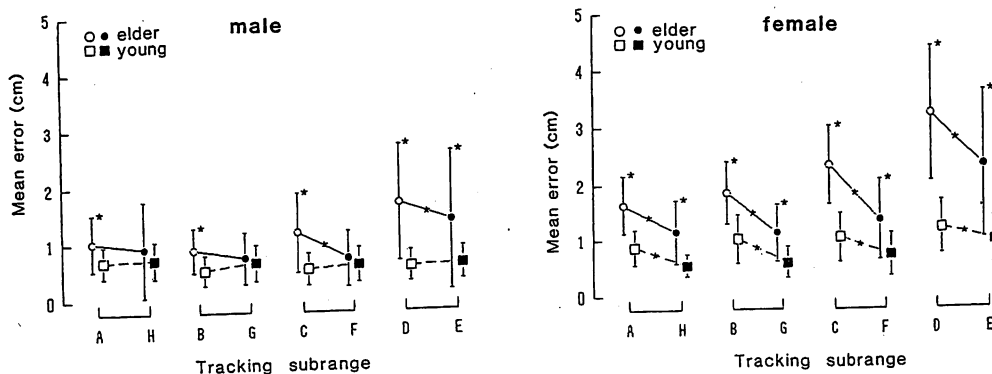


Fig. 5 Mean error in each subrange of CFP tracking

全トラッキング区間における平均誤差(単位: cm)は, 老人男子 $1.04 \pm 0.490$ , 老人女子 $1.86 \pm 0.574$ , 若年男子 $0.59 \pm 0.233$ , 若年女子 $0.86 \pm 0.316$ であり, 男女とも老人が有意に大きな値を示した。また, 男女間の比較では, 老人・若年者とも女子の方が有意に大きな値を示した。老人の値の若年者に対する倍率は, 男子1.76倍, 女子2.16倍であった。また, 老人の値の年齢との相関係数は, 男子0.120, 女子0.404 ( $p < 0.05$ )であった。

トラッキング区間を最前方よりの後方移動時(前方よりA, B, C, D)と最前方よりの前方移動時(後方よりE, F, G, H)に分け, それぞれ4等分割し, 区間毎の平均誤差を求めた(図5)。全区間を通じて老人の方が大きな値を示し, 特に最後方区間(D, E)の値が大きかった。前方A区間と後方E区間の値の相関係数を求めたところ, 老人男子0.161, 老人女子0.430 ( $p < 0.05$ )であり, 高いものではなかった。また, 後方移動時の方が前方移動時よりも大きな値を示す傾向が老人で顕著であり, 移動方向による差は女子では各区間とも有意であり, 男子では後方の2区間で有意差が認められた。若年者では, 女子では老人と同様の傾向を示し, 男子では各区間とも移動方向間に有意な差は認められなかった。

### B 床振動時の平衡機能

床振動時に平衡を失うことが, 老人において度々認められた。その多くは, 後方に平衡を失い足位を変えた。足位を変えた場合には, その間のデータは解析から除外した。床振動時のCFPの平均速度について, 試行を重ねることによる変化を図6に示した。若年者の値は, いずれの試行回でも有意な性差を示さず, 男女とも第3試行までに急速に減少した。隣接する試行回で有意差を示したのは, 第3試行までであった。老人の値は, いずれの試行回でも若年者に比べて有意に大きかった。また男子よりも女子の方が大きい値を示す傾向があり, 有意な性差は第3試行まで認められた。試行による値の変化にも性差が認められ, 男子は第2試行で有意に減少し, その後隣接する試行間で有意差が認められなかった。それに対して女子では, 第4試行まで隣接間で有意差を示し減少した。

全被験者の第1試行と第5試行の平均速度の相関関係を図7に示した。その中に若年者と老

人の男女別の回帰直線を示した。相関係数は、若年男子0.920, 若年女子0.686, 老人男子0.798, 老人女子0.679であり、いずれも有意な相関であった。各回帰式は次のようになった。

- 若年男子： $y=0.40x+20.346$
- 若年女子： $y=0.50x+11.473$
- 老人男子： $y=0.65x+20.410$
- 老人女子： $y=0.58x+25.919$

これらの結果は、老人を含めいずれの群でも第5試行までに平衡機能が向上すること、また第1試行で大きな値を示したもののほど第

5試行までの減少の程度が大きいことを示している。ただし、多くの老人が若年者の分布よりも上方に位置しており、減少の程度は若年者よりも低かった。また若年者では、第5試行に全員が減少しているのに対して、老人では5名の者が第5試行で第1試行よりも増加し、またほとんど変化しないものも約5名認められた。

年齢と第1試行に対する第5試行の平均速度の割合の相関関係を、図8に示した。男子は有意な相関を示さず年齢による値の変化が認められなかった。それに対して女子は有意な相関を示し、加齢によって値が増加した。第1試行に対する第5試行の割合の平均値及び標準偏差値

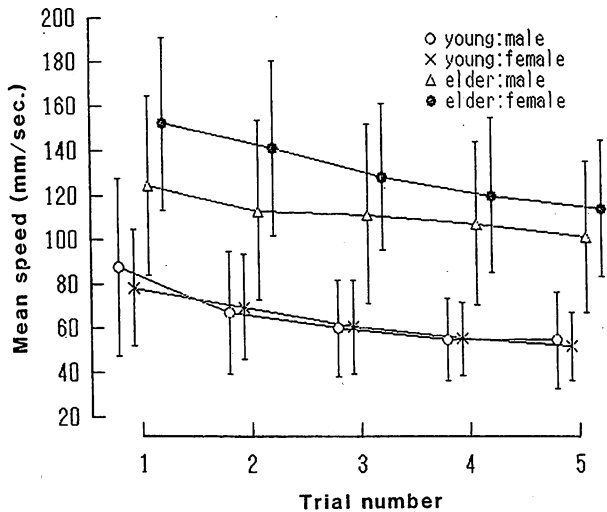


Fig. 6 Variation of CFP mean speed from first trial to fifth trial

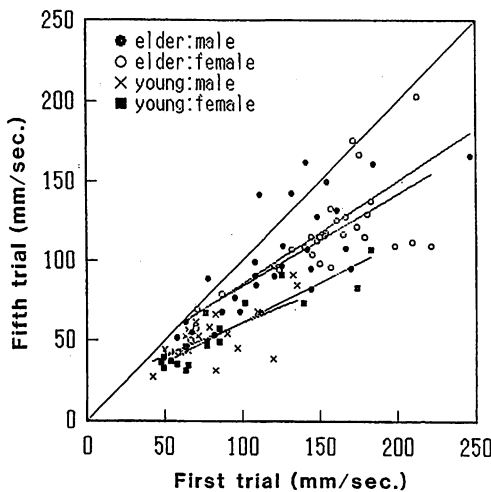


Fig. 7 Relationship of CFP mean speed between first trial and fifth trial

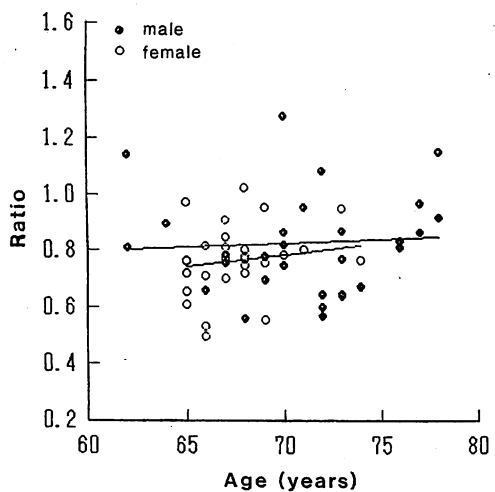


Fig. 8 Relationship between age and CFP mean speed ratio of first trial and fifth trial

は、若年男子 $0.648 \pm 0.1046$ , 若年女子 $0.689 \pm 0.1497$ , 老人男子 $0.826 \pm 0.1765$ , 老人女子 $0.762 \pm 0.1220$ であり、老人の方が有意に高い値を示した。

C 急激な床傾斜時の平衡機能

傾斜板が5度傾斜し接地している時間（接地時間）については、年齢との有意な相関は認められなかった。接地時間の平均値及び標準偏差値を、方向別及び性別に図9に示した。なお老人では転倒しそうになり、全試行を通じて介助を必要としたものが後方傾斜時に認められ、その数は男子2名、女子3名であった。また、老人の値は若年者に比べて著しく大きく、若年者に対して前方傾斜では男子2.09倍、女子2.04倍、後方傾斜時では男子1.75倍、女子1.58倍であった。また、傾斜方向間では、若年者では男女とも後方傾斜時の方が有意に高い値を示し、老人では有意な差は認められなかった。

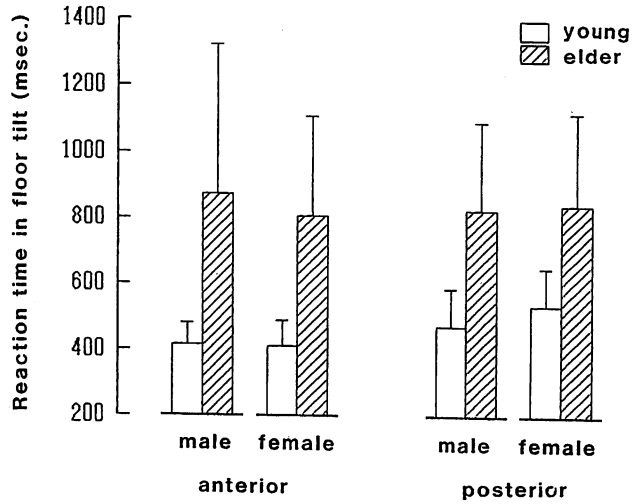


Fig. 9 Reaction time in floor tilt

(2) 平行機能の各項目間の相関関係

動的平行機能の代表値を、トラッキングでは全区間の平均誤差、床振動では第5試行のCFP平均速度、急激な床傾斜では傾斜方向別の接地時間とし、項目間の相関係数を求めた(表1)。平衡機能の各項目間の相関は、全般的に低いものであった。有意な相関は、男子においてのみ認められ、トラッキングと前方傾斜 ( $r=0.548$ )、前方傾斜と後方傾斜 ( $r=0.673$ ) であった。

Table 1. Correlation coefficients among items for equilibrium function.

	Vibration	Tilt (ant.)	Tilt (post.)
Male			
CFP tracking	0.221	0.548**	0.266
Vibration tilt (ant.)		-0.001	0.098
			0.673**
Female			
CFP tracking	0.121	0.248	0.158
Vibration tilt (ant.)		-0.164	-0.195
			0.369

\*\*p<0.01

### (3) 体力要素の若年者と老人の比較

形態、柔軟性、下腿の筋力、全身反応時間、及び運動感覚能に関係する項目について、若年者と老人の平均値、標準偏差値、及び若年者に対する老人の値の割合を、表2に示した。若年者に比べて老人の値が低かったのは、形態の中では大腿周径囲であった。それに対して、ほとんど差が認められなかったのは、足幅と中足指節関節部の周径囲であった。また体重と除脂肪体重が老人で顕著に減少しているのに、体脂肪率は老人の方が若干高い傾向があった。

柔軟性の項目では、老人の男女とも股関節伸展可動域が特に低い値を示した。また、老人男子では体前屈可動域が著しく低くかった。それ以外の項目では老人において女子の方が男子よりも低い傾向があった。

下腿筋力についての若年者に対する老人の値の割合は、背屈よりも底屈力の方が低かった。体重に対する筋力の割合については、底屈力は若年者では男女とも1.7に近い値であるのに対して、老人では男子1.49、女子1.23であり、特に女子で低かった。体重当りの背屈力は男子では年代間にほとんど差が認められず、女子ではむしろ老人の方が高い傾向を示した。全身反応時間は、若年者に対して老人での値は約1.5倍であった。その内訳については、動作時間よりも反応開始時間の方が老人で大きな値を示した。

感覚能は足関節底屈を除いて、老人で低下し、中でも肩関節の男女の値と股関節屈曲の男子の値の低下が顕著であった。

### (4) 平行機能と体力要素の関係

平衡機能の各項目と体力要素との相関関係を検討した。表3～6に、各平行機能の代表値ごとに0.3以上の相関係数を示した体力要素を列挙し、その有意水準を示した。

男女に共通してあげられた項目は、トラッキングでは底屈力(負)と肩関節外転感覚能(正)のみであった。同じく床振動では体脂肪率(負)と底屈力(負)、前方床傾斜では肩関節屈曲感覚能(正)と体幹屈曲感覚能(正)、後方傾斜では底・背屈可動域(負)と肩関節屈曲可動域(負)であった。

相関係数が0.5以上と高かった項目は、トラッキングでは、男子が体重当りの底屈力(負)、女子では下腿長(負)、足長(負)及び肩関節外移転感覚能(負)であった。床振動では、男子が体重(負)、大腿周径囲(負)、下腿周径囲(負)、中足指節関節部周径囲(負)、女子が全身反応時間(正)であった。前方床傾斜では、男子が体重当りの底屈力(負)であった。後方床傾斜では、男子が背屈可動域(負)及び肩関節外転感覚能(正)であった。



Table 2. Comparison of some items for physical fitness between elder and young subjects

Item	(elder) male		female		(young) male		female	
	mean (ration)	S. D.	mean (ratio)	S. D.	mean	S. D.	mean	S. D.
Blood pressure (mmHg)								
Diastolic	78.9 (1.09)	13.41	79.2 (1.10)	14.58	72.7 *	9.90	72.3 *	8.70
Systolic	143.0 (1.13)	19.05	138.8 (1.18)	18.97	126.6 *	10.60	117.3 *	10.90
Physique (cm)								
Height	159.2 (0.92)	5.57	146.6 (0.92)	4.98	172.7	5.98	159.2	4.96
Sitting height	84.4 (0.93)	3.18	78.9 (0.94)	2.83	90.7 *	3.67	83.9 *	4.32
Upper limb length	52.8 (0.95)	2.02	48.5 (0.95)	2.10	55.8	2.60	51.0	2.30
Leg length	73.1 (0.93)	4.81	69.1 (0.93)	3.63	79.0	4.12	74.0	3.56
Lower leg length	37.6 (0.92)	1.94	35.0 (0.92)	2.38	40.9	2.37	38.0	1.49
Upper leg girth	38.8 (0.75)	3.85	39.4 (0.78)	3.52	51.9 **	4.63	50.8 **	3.75
Lower leg girth	31.5 (0.88)	2.72	31.1 (0.90)	3.23	35.7 **	2.73	34.7 **	2.15
Foot length	23.8 (0.94)	0.95	21.9 (0.94)	0.71	25.4	1.02	23.2	1.06
Foot breadth	10.0 (0.98)	0.61	9.2 (0.99)	0.49	10.2	0.47	9.3	0.41
Foot girth	23.2 (1.00)	1.24	21.2 (0.98)	0.88	23.2	1.07	21.6	0.99
Weight (kg)	55.5 (0.88)	8.53	46.5 (0.89)	6.71	62.9 **	8.75	52.0 **	6.35
Body fat (%)	15.6 (1.04)	4.64	25.2 (1.06)	6.91	15.0 **	4.91	23.8 **	5.39
Lean body mass (kg)	46.5 (0.88)	5.37	34.4 (0.87)	3.11	52.8 **	5.61	39.5 **	3.46
Flexibility								
Plantar flex. (degree)	23.5 (0.85)	6.73	20.2 (0.82)	4.11	27.7	8.84	24.5	5.75
Dorsal flex. (degree)	15.3 (0.97)	4.82	15.0 (0.89)	4.21	15.7	3.92	16.8	2.33
Hip flex. (degree)	72.5 (0.96)	10.14	65.3 (0.88)	12.04	75.7	7.87	74.2	9.82
Hip ext. (degree)	16.8 (0.59)	5.40	16.8 (0.50)	6.90	28.4	5.18	33.9	4.45
Trunk flex. (cm)	-4.2	11.38	8.7	6.47	0.4	8.08	9.8	11.17
Muscle strength								
Plantar flex. (kg)	81.9 (0.78)	14.95	57.8 (0.66)	12.61	105.3 **	19.95	88.0 **	15.87
Dorsal flex. (kg)	19.5 (0.84)	4.52	16.2 (0.98)	2.98	23.1 **	4.61	16.6 **	3.38
Plantar flex./W	1.49(0.89)	0.219	1.23(0.73)	0.258	1.68**	0.289	1.69**	0.303
Dorsal flex./W	0.36(0.97)	0.093	0.35(1.09)	0.080	0.37**	0.079	0.32**	0.076
Body reaction time (msec)								
Start time	279.5 (1.68)	69.42	278.2 (1.61)	70.25	166.5	17.61	172.9	15.89
Movement time	228.0 (1.39)	29.68	234.8 (1.36)	38.22	164.0	19.75	172.6	21.79
Reaction time	507.5 (1.54)	90.44	510.0 (1.48)	100.25	328.8	31.75	345.5	29.95
Sensibility (degree)								
Shoulder abd.	8.0 (3.64)	5.27	6.6 (4.40)	4.45	2.2	2.31	1.5	1.11
Shoulder flex.	7.3 (2.92)	4.0	6.1 (2.54)	3.96	2.5	2.08	2.4	1.66
Trunk flex.	3.3 (1.14)	2.48	3.2 (2.00)	3.07	2.9	2.45	1.6	1.62
Hip flex.	3.5 (2.50)	2.24	2.3 (1.35)	1.91	1.4	1.27	1.7	1.65
Ankle plant. flex.	4.8 (1.07)	3.02	3.5 (0.56)	3.48	4.5	2.35	6.3	4.73

\* 東京都立大学体育学研究室 (1989) : 日本人の体力標準値 (第4版), 不味堂出版, 東京より引用  
 \*\* 藤原勝夫, 外山 寛 (1992) : 身体活動と体力トレーニング, 日本出版サービス, 東京より引用

Table 3. Items which show a significant correlation to total mean error of CFP tracking.

Male			Female		
Item	r	p	Item	r	p
Str. plantar flex.	-0.466	<0.05	Lower leg length	-0.578	<0.01
Str. plantar flex./W	-0.594	<0.01	Foot length	-0.611	<0.01
Body reaction time	0.474	<0.05	Str. plantar flex.	-0.340	<0.1
Sens. shoulder abd.	0.332	>0.1	Sens. shoulder abd.	0.542	<0.01
Sens. shoulder flex.	0.376	<0.1	Sens. hip flex.	0.419	<0.05

Table 4. Items which show a significant correlation to CFP mean speed in floor vibration.

Male			Female		
Item	r	p	Item	r	p
Weight	-0.653	<0.01	Height	-0.438	<0.05
Lower leg length	-0.407	<0.1	Sitting height	-0.406	<0.1
Upper leg girth	-0.674	<0.01			
Lower leg girth	-0.593	<0.01			
Foot breadth	-0.346	<0.1			
Foot girth	-0.529	<0.05			
Body fat (%)	-0.512	<0.05	Body fat (%)	-0.351	>0.1
Lean body mass	-0.614	<0.01			
Str. plantar flex.	-0.551	<0.01	Hip flex. range	-0.419	<0.1
Str. dornal flex./W	0.433	<0.1	Trunk flex. range	-0.377	<0.1
Sens. shoulder abd.	0.390	<0.1	Str. plantar flex.	-0.477	<0.05
Sens. shoulder flex.	0.371	<0.1	Str. plantar flex./W	-0.315	>0.1
Sens. ankle plant. flex.	0.511	<0.05	Body reaction time	0.590	<0.01

Table 5. Items which show a significant to reaction time in platform anterior tilt.

Male			Female		
Item	r	p	Item	r	p
Leg length	-0.468	<0.05			
Foot breadth	0.448	<0.05			
Plantar flex. range	-0.442	<0.05			
Dorsal flex. range	-0.331	<0.1			
Str. plantar flex./W	-0.519	<0.01			
Str. dorsal flex./W	-0.328	<0.1			
Body reaction time	0.372	<0.1			
Sens. shoulder abd.	0.448	<0.05	Sens. shoulder flex.	0.321	>0.1
Sens. shouder flex.	0.346	<0.1	Sens. trunk flex.	0.407	<0.1
Sens. trunk flex.	0.304	>0.1	Sens. hip flex.	0.336	>0.1

Table 6. Items which show a significant correlation to reaction time in platform posterior tilt.

Male			Female		
Item	r	p	Item	r	p
Upper limb length	-0.342	<0.1	Foot length	-0.344	>0.1
Leg length	-0.391	<0.05	Plantar flex. range	-0.399	<0.1
Plantar flex. range	-0.413	<0.05	Dorsal flex. range	-0.367	<0.1
Dorsal flex. range	-0.529	<0.01			
Hip ext. range	-0.332	<0.1			
Trunk flex. range	-0.459	<0.05			
Str. plantar flex./W	-0.375	<0.1			
Str. dorsal flex./W	-0.328	<0.1	Movement time	-0.409	<0.1
Sens. shoulder abd.	0.554	<0.01	Sens. shoulder flex.	0.358	>0.1
Sens. shoulder flex.	0.367	<0.1	Sens. trunk flex.	0.465	<0.1

#### 4. 考 察

##### (1) 各平衡機能測定の特徴

老人の動的平衡機能の項目間に、有意な相関が認められないか(女子では全く認められない)、あるいは認められても最も高いもので前方傾斜と後方傾斜の0.673であった。これは、これらの平衡機能を左右する要因が著しく異なっていることを示唆するものであろう。

トラッキングでは、トラッキング周波数が0.25Hzとゆっくりであり、前後方向のCFP位置による姿勢の安定性の違いを検討するために考察されたものである。これには視覚入力によるフィードバックが強く関与する<sup>1)</sup>。

床振動は、あえて周期的に床を移動しており、外乱刺激を予測した姿勢制御能を検討するために考察されたものである。これは閉眼で試行されており、体性感覚系が強く関与している。また、若年者では1分間の試行を5回繰り返すだけで、顕著な訓練効果が得られることがわかっている<sup>4)</sup>。

急激な床傾斜では、外乱刺激によって崩れた平衡を取り戻す速さを、前方と後方に分け検討するために考察されたものである。これが、つまり転倒するような刺激に最も近いものであろう。

##### (2) 老人の平衡機能のトレーニングの方向性

このような平衡機能の測定を通じて、いずれの項目にも老人に共通して認められたことについてあげる。

第1に、若年者より著しく低下していた。これとの対応で、若年者と大きな差のあった体力要素が参考になる。その中で、大腿周径囲の低下は大腿部の筋量の低下を示すものであろう。筋力では底屈力の低下が顕著であった。また股関節伸展可動が著しく低下していた。全身反応時間、その中でも神経系要因を示す反応開始時間が著しく遅くなり、かつ体幹部に位置する関

節の運動感覚が著しく低かった。

第2に男子よりも女子の方の平衡機能が劣っていた。これは、安静立位姿勢の安定性についてのこれまでの報告<sup>7),9),10),13),14),16),18)</sup>と大きく異なっている。上述した中で顕著な性差が認められ、男子が優れていたのは、底屈力のみであった。

第3に年齢との相関がないかあるいはあっても極めて低いものであった。すなわち、生理的年齢が歴年齢と大きく異なることを示すものであろう。このことに関連して、生活様式を変えたり、トレーニングを行うことによって平衡機能を向上させ得ること示唆する報告がいくつかなされている<sup>5),12),15),19)</sup>。床振動の試行を重ねることによる平衡機能の変化は、若年者と比べて低いが、老人でもある程度のトレーナビリティを有していることを示すものであろう<sup>4)</sup>。

第4に前方よりも後方で姿勢調節や安定性が老人で著しく低いものであった。これに関連する体力要因として股関節伸展可動域の著しい低下、女子の背屈可動域の低下、男子の背屈力の低下などが要因としてあげられよう。

前述したように平衡機能のトレーニングの可能性が示唆されたが、その方法について結果をもとに考察する。動的平衡機能と言ってもその関与する生理機能や体力は大きく異なっていることが推察された。しかし、各平衡機能と体力要素との相関をみると、底屈力などの脚筋力と運動感覚能はいずれの平衡機能にも関係していることが推察される。そのほか特有な体力要因としては、床傾斜では足関節の可動域があげられよう。これらはいずれも老人においてある程度トレーニングの可能性のあるものである。この他に、今回測定した平衡機能は、どの様な感覚系や調節系が関与しているかを考慮する必要がある。また、前述した若年者と著しい差を示した体力要素や、顕著な性差や方向間の差に関係する体力要素に注目する必要がある。

## 5. ま と め

老人の動的平衡機能について、大学生との比較を行うとともに、体力要素との相関関係について検討した。

1) 動的平衡機能として、①足圧中心による視標トラッキング能力、②水平床振動時の平衡維持能力、③急速床傾斜時の平衡反応を測定した。いずれも、大学生に比べて老人の能力は低いものであった。特に、後方で平衡が著しく低いものであった。また、いずれも女子の方が低い傾向が認められた。ただし、3つの平衡機能の相関は、男子における①と③の前方傾斜のみ認められ、他は有意でなかった。

2) 形態、柔軟性、下腿筋力、全身反応時間及び運動感覚能について測定した。大学生に比べて老人の値が著しく低かったのは、形態では大腿周径囲、柔軟性では股関節伸展可動域、下腿筋力では底屈力、全身反応時間では反応開始時間、運動感覚能では肩関節外転と屈曲感覚能であった。

3) 平衡機能と体力要素の間で有意な相関で、男女に共通してあげられた項目は、①では底屈力と肩関節外転感覚能、②では体脂肪率と底屈力、③の前方傾斜では肩関節屈曲感覚能と体幹屈曲感覚能、後方傾斜では底・背屈可動域と肩屈可動域であった。

本研究の遂行にあたり、松任市山島地区老人会の多大なる協力を得た、深謝致します。なお、本研究一部は、デサントスポーツ研究助成と高年齢者雇用開発協会の研究助成を得て行われたものである。

## 参 考 文 献

- 1) 浅井 仁, 藤原勝夫; 低速度での足圧中心による視標トラッキングからみた立位姿勢調節能. 体力科学, 41 (4): 447-456 (1992)
- 2) Fernie, G. R. et al.; The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age and Aging*, 11: 11-16 (1982)
- 3) 藤原勝夫, 池上晴夫; 床振動時の立位姿勢の応答特性. 体育学研究, 29: 251-261 (1984)
- 4) Fujiwara, K. et al.; Development of the adaptability of postural control during floor vibration. In Brandt, T., Paulus, W., Bles, W., Dieterich, M., Krafczyk, S. and Straube, A. (Eds): *Disorders of posture and gait*, 1990. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York. 185-189 (1990)
- 5) 藤原勝夫ほか; 老人の平衡機能の適応能の評価. デサントスポーツ科学, 13: 262-271 (1992)
- 6) 藤原勝夫, 外山 寛; 身体活動と体力トレーニング. 日本出版サービス, 東京, (1992)
- 7) Hellebrandt, F. A. Tepper R. H.; The location of the cardinal anatomical orientation planes passing through the center of weight in young adult women. *Am. J. Physiol.*, 121: 465-470 (1937)
- 8) 猪飼道夫ほか; 全身反応時間の研究とその応用. *Olympia*, 2: 18-27 (1961)
- 9) 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)
- 10) Murray, M. P. Seireg, A. A.; Normal postural stability and steadiness quantitative assesment *J. Bone and Joint Sur.*, 57: 510-516 (1975)
- 11) 中西光雄ほか; 日本人の体力標準値. 第4版, 不味堂出版. 東京, (1989)
- 12) 種田行男ほか; 高齢者の日常生活における身体活動能力 (生活体力) 測定法の開発に関する研究: 第1報 姿勢保持能力について. 体力研究, 78: 1-9 (1991)
- 13) 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的応用. 慶応医学, 51: 265-277 (1975)
- 14) 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)
- 15) Sakamoto, M. et al.; Influence of the amount of daily activity on movement of the center of gravity in standing posture. *J. Phys. Ther. Sci.*, 1: 21-24 (1989)
- 16) Sheldon, J. H.; The effect of age on the control of sway. *Geront Clin.* 5: 129-138 (1963)
- 17) 畝 正二ほか; 中高年齢者の労働災害防止のための平衡機能に関する調査研究. 労委研63-8 (1989)
- 18) Woollacott, M. H.; Changes in postural control and the integration of postural responses into voluntary movements with aging: is borderline pathology a contributor?. In Brandt, T., Paulus, W., Bles, W., Dieterich, M., Krafczyk, S. and Straube, A. (Eds): *Disorders of posture and gait*, 1990. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York. 221-228 (1990)
- 19) 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)