

# 高齢者の大脳皮質活動水準—集中維持機能 (TAF) の 変容と運動の影響

—一般高齢者と長期運動実施者との比較—

筑波大学 芳賀 脩 光  
(共同研究者) 杏林大学 大野 秀 樹  
東京医科大学 勝村 俊 仁  
筑波大学 武 政 徹  
北海道大学 高桑 栄 松

## The Influence of Exercise on the Function of Concentration Maintenance (TAF) in the Elderly

— Comparison of the Long-Time Exercise Group and Non-Exercise Group —

by

Shukoh Haga, Tohru Takemasa

*Department of Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba*

Hideki Ohno

*Department of Molecular Predictive Medicine and Sport Science,*

*Kyorin University, School of Medicine*

Toshihito Katsumura

*Department of Preventive Medicine and Public Health,*

*Tokyo Medical University*

Eimatsu Takakuwa (honorary professor)

*Department of School of Medicine, Hokkaido University*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the effect of long exercise on the target aiming function (TAF), that is the function of concentration maintenance, as an indicator of the

activity level of the cerebral cortex and on the Profile of Mood States (POMS) in healthy elderly. Forty-six subjects were divided into three groups: a long exercise (LE) group of 21 subjects (mean age: 66 years) ; an exercise (E) group of 12 subjects (mean age: 69 years) ; and a non-exercise (NE) group of 13 subjects (mean age: 70 years) . The following parameters were assessed: TAF, POMS and, in the urine, 8-hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG) , acrolein (ACR) (indicators of oxidative stress) , adrenaline, noradrenaline, and dopamine. The mean TAF-L values, indicating the function of concentration maintenance, were higher ( $p < 0.0001$ ) in the LE and E groups than in the NE group. Conversely, the mean TAF-D values, indicating deviation levels, were significantly lower ( $p < 0.01$ ) in the LE and E groups than in the NE group. TMD, that is the scored totals in the POMS test, and the scores of "Confusion" factor were lower ( $p < 0.05$ ) in the LE and E groups than in the NE group. However, there were no significant differences in either 8-OHdG, ACR, adrenaline, noradrenaline, or dopamine values among these three groups. These results suggest that exercise can increase the function of concentration maintenance in cerebral cortex activities and the Profile of Mood States of healthy elderly.

## 要 旨

本研究は高齢者における運動継続が脳皮質活動水準-集中維持機能, 気分, 生体酸化ストレスおよび自律神経活動におよぼす影響について検討することを目的とした。被検者は長期運動群: 21名, 66.0 ± 4.0歳, 健康運動教室参加の運動群: 12名, 68.6 ± 5.4歳と長年運動をおこなっていない一般高齢群: 13名, 70.3 ± 5.6歳であった。検査項目は集中維持機能 (TAF) の測定, 採尿により生体ストレス反応指標としての8-OHdG, アクロレイン, 自律神経活動の指標であるアドレナリン, ノルアドレナリン, ドーパミン濃度の検査, および気分 (POMS) 検査について実施した。集中維持機能 (TAF-L) は長期運動群, 運動群ともに一般高齢群より有意 ( $p < 0.0001$ ) に高く, また, 精神集中の動揺度 (TAF-D) も有意に小さい値であった。気分の総合点 (TMD) や情緒の「混乱」の項目も長期運動群, 運動群は一般高齢

群よりも明らかに低く, 自己制御能に優れていることを示した。しかし, 生体酸化ストレスや自律神経活動の各指標は3群間で差はなく, 集中維持機能との関連も観察されなかった。

結論として, 高齢者における運動の継続は, 脳皮質活動水準-集中維持能力を高め, 気分を安定させることが示唆された。

## 緒 言

わが国は世界に類を見ない速度で人口の高齢化がすすみ, 介護, 介助への福祉政策の対応が急がれている。現今, 老年性痴呆は増加を示しており, 重大な社会問題となりつつある。老年性痴呆の原因疾患は, アルツハイマー病と脳血管性痴呆が多く占めるが, いずれの痴呆も, 脳の老化と密接な関係がある<sup>3)</sup>。このため老化してくる脳の活動水準の維持能力を運動やスポーツ活動によって老化防止が可能であるかどうか, 青壮年期のレベルを維持できるかどうかは長寿社会において, 高齢

者が自立した健康な社会生活を維持する上で極めて有意義である。集中維持機能 (The function of maintaining concentration: Target aiming function: TAF) とは高桑<sup>15)</sup>によって定義されているが大脳皮質活動の高水準を保つ精神集中の維持能力であり、大脳の精神的、生理的機能の総合された能力を表現するものである。その測定法 (TAFテスト)<sup>15)</sup>は大脳皮質活動水準をいかに維持するかを客観的に数値で示すことができ、統計的検討が可能である。これまでの研究では高度な射撃者<sup>10)</sup>やパイロット<sup>16)</sup>、および鍛練された運動競技者<sup>16)</sup>は集中維持機能が高いことが報告されている。このような点から考えれば、高齢者でも長期にわたって運動を継続している者は集中維持機能が高いことも予測される。また、高齢者における一定期間の健康づくり運動の影響なども併せて一般高齢者と比較することは興味深い。

そこで、本研究では高齢者の大脳皮質活動水準-集中維持機能 (TAF) が特定のスポーツを長期にわたって実施している長期運動高齢者および、健康づくり運動教室に参加している高齢者また、これまで長年にわたって運動やスポーツをおこなっていない高齢者を対象としてどのように運動が影響するのか、また酸化ストレスの指標である (8-OHdG<sup>11,14)</sup>、アクロレイン<sup>17,18)</sup>、また自律神経活動の指標であるアドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン濃度、および気分プロフィール検査 (POMS) などどのような影響を与えているのかを併せて検討するものである。

## 1. 対象および方法

### 1. 1 被検者

被検者は長期運動群としてテニスやジョギング歴20年～40年で、現在も週2回～5回継続しておこなっている健康な高齢者の男女21名 (66.0 ± 4.0歳)、運動群として長期の運動歴はないが、現在1～4年間にわたって週1回の健康づ

くり運動教室 (90分) への参加、およびウォーキングなど日常活動的に過ごしている健康な高齢者の男女12名 (68.6 ± 5.4歳)、また、一般高齢群としてこれまで特に運動をおこなっていない一般高齢者の男女13名 (70.3 ± 5.6歳) を対象とした。被検者には本研究の趣旨を十分に説明し、同意書を得て行なった。

### 1. 2 形態測定と血圧測定

問診および健康調査の後に、身長、体重を測定し、体重指数 (Body Mass Index: BMI) を求めた。安静時血圧は座位にて十分な安静を保持したあと、マンシュート法の水銀圧力計により聴診法で測定した。安静時心拍数は橈骨動脈を触診にて測定した。体脂肪率 (%) はオムロン社製体脂肪計HDF-302を用い、インピーダンス法で測定した。

### 1. 3 集中維持機能測定

集中維持機能の測定は、高桑<sup>15)</sup>によって開発された集中維持機能 (Target aiming function: TAF) テストによって測定した。

測定方法は、装置を利き目で覗き、直径2.5cmの円形の光を発する標的を利き腕で1分間連続して狙い、10秒間の休みを取りながら合計3分実施した。正確度の時間的変動を連続曲線で記録し、同時に数値に換算し評価をおこなった。評価は、記録紙の最上線を0.0とし、以下10.0までの点数とし、2.5秒ごとのプロットを取り各1分ごとの得点の平均をL1, L2, L3とした。3回の平均値をTAF-Lとし、標準偏差をTAF-Dとした。TAF-Lは精神集中の水準を表し、TAF-Dは精神集中時の動揺度を示している。得点が低いほど高い集中維持機能を有することを意味する。なお本測定は測定の説明をおこなったのち、1分間の練習を経験した後で開始した。

### 1. 4 気分プロフィール検査

気分を6つの尺度から評価する質問紙法を利用した気分プロフィール検査 (Profile of Mood State: POMS)<sup>22)</sup> で、過去1週間の気分・感情を評価した。評価は、「緊張・不安」、「抑うつ」、「怒り」、「活気」、「疲労」、「混乱」の各項目と、活気以外の尺度の合計粗得点から活気粗得点を引き、100を加えることにより算出したTotal Mood Disturbance Score (TMD) で比較した。

### 1. 5 尿中酸化ストレスの測定項目と測定法

ハルンカップに約25ml採尿後、マイクロチューブ4本に各1ml分注し、-80℃で凍結保存した。後日、8-OHdG、アクロレイン、アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン濃度を以下の方法で測定した。

#### 1) 8-OHdG濃度測定

8-OHdGの測定は日研フード日本老化制御研究所製8-OHdG Checkを用いた。サンプルに第一抗体溶液を注入し、4℃で一晩反応させた。その後、洗浄し、第二抗体溶液を注入、常温で1時間反応させた。洗浄後に発色剤を注入し、常温、遮光状態で15分反応させ、反応停止液を加え、反応を停止させた。BIO-RAD社製Microplate Readerで吸光度を測定し、8-OHdGの濃度を読み取った。

#### 2) アクロレイン (ACR) 濃度測定

アクロレイン (ACR) 濃度測定は日本油脂 (株) 社製ACR測定キットを用いた。サンプルは測定前に3000回転で10分間遠心分離し、8倍希釈し

た。次に一次反応抗体液を注入後、室温で30分静置し、洗浄後に二次反応抗体液を注入、室温で60分静置した。洗浄後、発色液を注入し室温で15分静置し、反応停止液を注入、吸光度を測定してACR付加蛋白質量を算出した。

#### 3) アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン濃度の測定

アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン各濃度の測定はSRL社の検査センターへ依頼した。アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミンの日内変動差はクレアチニン値×10を分母にして、分子にアドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン濃度の各数値をあて計算した。

### 1. 6 統計処理

表中の数値は平均値±標準偏差とした。測定結果の統計解析は、Bartlett test実施後、One-factor ANOVAおよびKruskal-Wallis testを用いて検定を行なった。グループ間の差の検定はpost-hoc test (Tukey-Kramer法) を用いて行ない、有意水準は $p < 0.001$ または $p < 0.05$ とした。

## 2. 結果

### 2. 1 形態測定の結果

3群の被検者形態測定の結果は表1に示した。平均値をもって示すと、長期運動群の年齢はおおよそ66歳、運動群は69歳、一般高齢群の場合は70歳で、いずれもほぼ同じ年齢にあった。また身体特性として身長、体重は一般高齢群が他の2群よ

表1 被検者の身体特性

	長期運動群 (n=21)		運動群 (n=12)		一般高齢群 (n=13)	
Age (yr)	66.0 ±	4.0 *	68.6 ±	5.4	70.3 ±	5.6
Height (cm)	161.9 ±	5.9 **	160.7 ±	5.8	154.5 ±	7.4
Weight (kg)	58.9 ±	7.8	61.2 ±	5.7 *	52.8 ±	8.8
BMI	22.4 ±	2.1	23.8 ±	2.7	22.3 ±	3.6
%Fat	27.5 ±	4.9	27.3 ±	6.6	29.6 ±	5.7
BPS (mmHg)	136.1 ±	19.8	132.9 ±	17.5	128.4 ±	11.5
BPD (mmHg)	82.5 ±	10.6 **	75.1 ±	7.4	72.0 ±	8.2
HR (beats/min)	62.1 ±	6.2 **	70.1 ±	7.4	69.8 ±	7.7

平均値±標準偏差

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

りも有意に低く、差 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) を示したが、BMIは22~24の範囲で3群ともほぼ同じ値であった。% Fatとも3群間で同程度であった。収縮期血圧については3群ともに128~136mmHgにあり、有意差はなく、それぞれ正常範囲内であり、拡張期血圧においても3群ともに72~83mmHgの正常範囲であった。安静時心拍数は長期運動群が62/beats/minと運動群、一般高齢群より有意 ( $p < 0.01$ ) に低い値であった。

## 2. 2 集中維持機能 (TAF) 測定の結果

集中維持機能を示すTAF-Lは長期運動群、運動群がともに一般高齢群より有意 ( $p < 0.0001$ ) に低く、集中維持機能は優れていた (図1)。また、

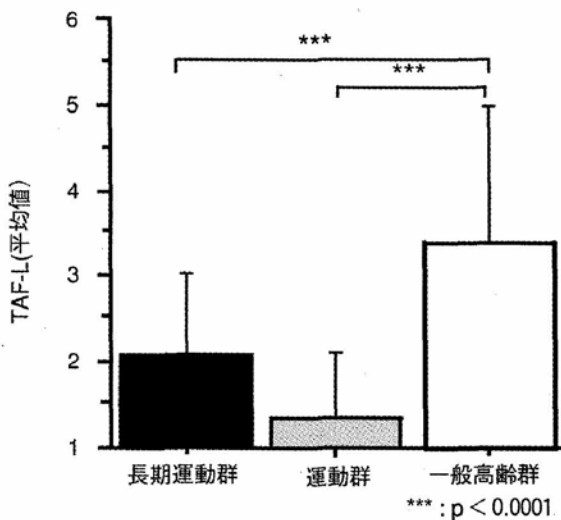


図1 長期運動群、運動群、一般高齢群におけるTAF-Lの平均値

集中維持能力測定中の動揺度を示すTAF-Dは一般高齢群と比較し、長期運動群は小さい傾向を示し、運動群の変動差は小さい ( $p < 0.01$ ) (図2)。

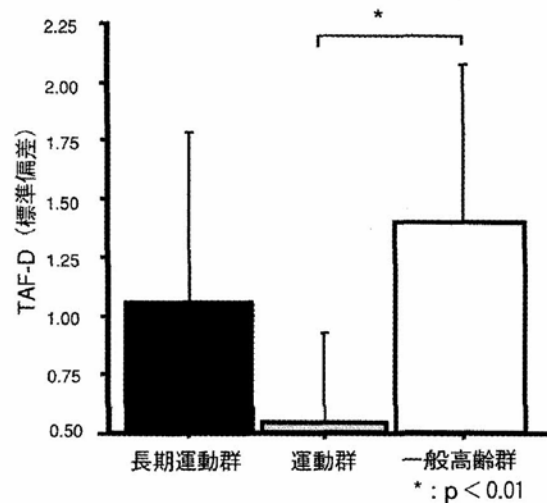


図2 長期運動群、運動群、一般高齢群におけるTAF-Dの標準偏差

## 2. 3 8-OHdG, アクロレイン, アドレナリン, ノルアドレナリン, ドーパミンの測定結果

尿中の8-OHdG, アクロレイン, アドレナリン, ノルアドレナリン, ドーパミン濃度については、3群との間に有意な差はなかった (表2)。各群におけるTAF-Lと8-OHdG, アクロレイン, アドレナリン, ノルアドレナリン, ドーパミン濃度との間に有意な相関関係はなかった。

## 2. 4 気分プロフィール検査

TMD (Total Mood Disturbance Score) について長期運動群は一般高齢群より有意 ( $p < 0.05$ ) に低い値を示し、運動群も低下の傾向を示した (表3, 図3)。混乱の項目は長期運動群および運動群が一般高齢群より有意 ( $p < 0.05$ ) に低い値であった (表3, 図4)。

表2 尿測定項目の結果

	長期運動群 (n=21)	運動群 (n=12)	一般高齢群 (n=13)
8-OHdG (ng/mg)	4.0 ± 2.1	4.2 ± 2.4	3.1 ± 2.3
ACR (nmol/mg)	146.2 ± 77.9	126.8 ± 58.2	118.9 ± 65.2
アドレナリン (μg/mg)	0.02 ± 0.01	0.06 ± 0.08	0.03 ± 0.02
ノルアドレナリン (μg/mg)	0.21 ± 0.18	0.15 ± 0.04	0.23 ± 0.19
ドーパミン (μg/mg)	2.20 ± 2.9	0.81 ± 0.3	1.60 ± 1.8

表3 POMS測定項目の結果

POMS項目	長期運動群 (n=21)	運動群 (n=12)	一般高齢群 (n=13)
TMD	113.3 ± 24.4 *	117.9 ± 24.4	134.0 ± 20.0
緊張・不安	7.8 ± 5.0	7.0 ± 4.4	10.1 ± 4.5
抑うつ	7.0 ± 6.2	7.8 ± 7.1	12.1 ± 7.3
怒り	6.7 ± 7.2	7.2 ± 7.2	10.8 ± 5.8
活気	18.2 ± 5.6	18.1 ± 5.9	15.1 ± 5.2
疲労	3.3 ± 4.0	3.7 ± 2.8	5.8 ± 3.3
混乱	6.8 ± 4.0 *	6.7 ± 3.8 *	10.4 ± 3.0

平均値±標準偏差

\*: p<0.05

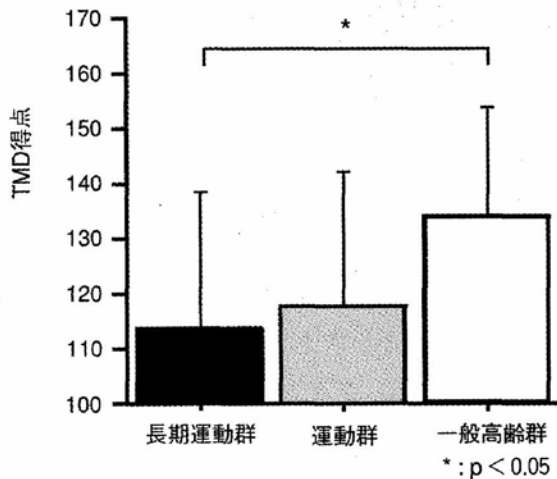


図3 長期運動群，運動群，一般高齢群におけるPOMSのTMD比較

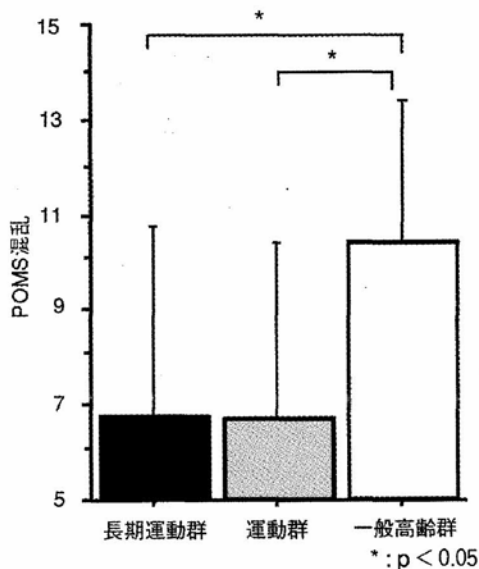


図4 長期運動群，運動群，一般高齢群におけるPOMSの混乱点比較

### 3. 論議

はじめに、本研究における被検者各群の年齢は長期運動群が他の2群より3～4歳若い値を示し

たが、いずれも65～70歳の前期高齢層にあることから、総じてほぼ同じ年齢層と考えられる。次に、身体的特性については長期運動群，運動群において、身長，体重共に一般高齢群に対し大きな値を示したが、身長と体重から算出した体重指数のBMIは各群間でほとんど同じ値であり、かつ正常範囲であった。いわゆるBMIが25以上を示す肥満群に該当するものではなかった。収縮期血圧は3群共に130mmHg前後の値で正常値内であり、拡張期血圧もおよそ、70～80mmHg程度にあり、同様に、正常値内であった。しかし、長期運動群において安静時心拍数は有意に低かった。これは、長期間の持続的運動の継続により慢性的な静脈環流の増大，すなわち、心拍出量の増大や、それに伴う拡張期左室容積の拡大や心筋の収縮力の増大などから生じる一回拍出量の増大によると共に、同時に、迷走神経緊張増大による除脈化の影響が生じ、その代償性として安静時心拍数の低下が反映したものであろう。

一般に、脳の可塑性とはニューロンや神経回路網の形態と機能が環境的要因などによって変容する性質であるが、脳は発育発達期には成熟し、老化すると低下しやすく、そのための学習や記憶力は脳の加齢の影響を受けやすく特に衰えやすい機能であると考えられている<sup>3)</sup>。今日、高齢人口の増加に伴って留意しなければならない最も重要な点は、高齢期にあつては血管の動脈硬化を予防すると共に、いかに「老年性痴呆症:老人ボケ」を予



防する<sup>4)</sup>かにある。このボケを予防する手段として集中維持機能と運動の影響を検討することは有意義なことと考えられる。

本研究では図1, 2に示したように、特定のスポーツを長期にわたっておこなっている長期運動群、健康づくり運動教室に参加している運動群は、特に運動していない一般高齢群より、有意に高い集中維持機能を有することが認められた。また集中維持能力を測定中の動揺度も有意に小さいものであった。これは落ち着いた、冷静な精神状態で集中力を一点に絞って対応したことを意味する。これらの結果から、運動継続期間、運動量に差があっても、運動を継続して実施すると大脳皮質の活動水準-集中維持機能が高いレベルで保持できることが明らかとなった。安静時における心拍出量の13~16%は脳に向かっており、脳の酸素消費量はおよそ $3\text{ml}\cdot 100\text{g}^{-1}\cdot \text{min}^{-1}$ で、脳全体としては $45\text{ml}\cdot \text{min}^{-1}$ であり、安静時において全身で消費される酸素のほぼ20%は脳で消費される<sup>5)</sup>。また、親指と人差し指でスプリングを押す手指運動をおこなわせると一次運動野の局所の脳血流量は安静時脳血流量と比較して、スプリング運動の頻度に比例して直線的に増大する傾向が認められている<sup>7)</sup>。さらには、漸増負荷法による全身運動時において脳内血流量は $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ のおよそ50~60%相当の強度から著明な増大を示すことも知られている<sup>20)</sup>。また、30秒間の無酸素性の運動でも脳内の血流量および酸素化レベルが増大する<sup>21)</sup>。一方、脳血管性痴呆発症の背景には、脳血流の低下が基礎にあり、急性健忘症候群がかなりの改善を示すか、完全な痴呆化へと推移するかの差は、基礎にある血流低下の程度と相関している可能性が高いとの報告もある<sup>8)</sup>。本研究の結果から、高齢者が1週間に1~2回の頻度で運動を継続していくことにより、脳内毛細血管網の維持、あるいは血管内皮それ自体の機能の向上などの点から、酸素抽出能が高齢になっても維持され、神経伝達

が円滑化され、脳機能を活性化させ、集中維持能力を保持し、脳の老化を予防できると推察される。

また、脳神経の再生について、ラットを用いた先行研究では、運動は脳を刺激し、海馬の神経再生能を高め、認知機能も高めることが報告されている<sup>19)</sup>。ニューロンの損失はヒトにおいて避けがたい現象であるが、海馬の歯状回の神経は成熟しても再生することを示唆する報告もみられる<sup>2)</sup>。また、脳に入力される情報を扁桃体が「快」あるいは「価値がある」と判断すると液性調節系を介して脳全体の活性が高まり、大脳皮質では入力情報の処理のための学習性が向上し、神経回路網が作られる<sup>9)</sup>。すなわち、運動時には「快」や「価値の認知機構」が興奮し、大脳の賦活水準が高まると考えられる。これらのことから、高齢者が運動をおこなうことは加齢の影響を受けやすく、老化に対して衰えやすいと考えられている学習や記憶力、また集中維持能力といった大脳皮質活動水準の維持・改善およびボケ防止等に極めて大きく寄与する可能性が示唆される。

体内の抗酸化システムで消去されない活性酸素により、酸化ストレスが亢進すると、生体における組織の器官が酸化損傷を引き起こし、老化亢進や疾病につながるものと考えられている。本研究では、老化と運動の観点から酸化ストレスの指標である8-OHdG<sup>11, 14)</sup>、アクロレイン<sup>17, 18)</sup>および自律神経反応の指標であるアドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミンに及ぼす影響についても検討した。その結果、各測定値とも3群の間に有意な差は認められなかった。これらのことから大脳の集中維持機能に対し酸化ストレス等は直接的には、相互に関与しないことを示唆するものであろう。

国際スポーツ心理学会は規則的な運動の心理的効果を不安状態や抑うつ状態、さまざまなストレス指標を減少させ、性、年代を問わず情緒的な効

果をもたらすとしている<sup>6)</sup>。

本研究では、運動の継続が日常生活における気分に応じたような変化を及ぼすかも併せて検討した。このような日常生活の気分を総合的に評価する指標として、今回は気分プロフィール検査 (POMS) を用いた。その結果、POMS の6つの尺度の総合評価を示すTMDおよび混乱において、長期運動群、運動群ともに一般高齢群より低い値であった。長期運動群、運動群の2群においては一般高齢群より明らかに気分の安定を示し、継続して運動することにより精神的な自己制御の能力の高いことが示唆された。運動の実施時には常に落ち着いた冷静さが要求され、素早く物事に対処しなければならない。さらにテニスなどのプレーにおいてはボールの動きやゲームの展開に瞬時に対応しなければならないことや、また健康づくり運動教室に参加した場合、指導者の説明や解説に正しく反応し、学習することが要求される。運動を継続することにより、これらの対処が習慣化され、日常生活においても混乱が抑制され、情緒の安定、冷静さが向上すると考えられる。先行研究では、一過性の運動に抗うつ作用や抗不安作用のあること<sup>1)</sup>や運動が不安の減少とポジティブな感情の増加に関係している<sup>12,13)</sup> ことなどを明らかにしている。従って、このようにスポーツ活動における成功・失敗が自己反省に役立ち、あるいはスポーツ活動において我慢する、耐えるという場面が多いことから忍耐力が付き、また、成功が達成感をより高めるため、自己制御能を向上させる要因になると考えられる。

#### 4. まとめ

高齢者における運動の継続が脳皮質活動水準-集中維持機能におよぼす影響、また併せて、生体酸化ストレスや自律神経活動におよぼす影響を検討した。結果は以下の通りである。

##### 1. 長期にわたって運動を継続している長期運

動群、および健康づくり運動教室に参加している運動群の高齢者は運動期間や運動量に差があっても、運動をおこなっていない一般高齢群と比較して集中維持機能が有意に高い値を示した。

2. また、運動を実施している長期運動群、運動群の高齢者においては一般高齢群に比較し、精神の集中維持を発揮している時の動揺度も小さい。

3. 長期運動群および運動群の高齢者は、一般高齢者と比較して気分 (POMS) の総合点 (TMD) が有意に低く、精神的な自己制御能力が高いことが認められた。また、気分の因子である「混乱」についても、運動を継続している高齢者の2群は一般高齢者より得点が有意に低かった。その理由として、運動中は常に冷静さや忍耐力が要求され、正確に反応し、行動することが習慣化されるために、気分の良さが日常生活にも反映されているものと考えられる。

以上より、高齢者が習慣的に運動を実施し継続していくことは脳活動水準-集中維持機能を高めることが認められた。

#### 謝 辞

本稿を終えるに当たり、本研究に多大なご協力を頂いた杏林大学医学部衛生学公衆衛生学教室の木崎節子先生、鈴木健二先生、人見嘉哲先生および筑波大学体育科学系の江崎和希氏、大学院笹原美智子氏に厚く感謝を申し上げます。本研究にあたり、快く被検者を引き受けて下さった皆さまに深く感謝の意を表します。また、本研究の遂行助成金を受与下さいました、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) Dishman R.K. ; Brain monoamines, exercise, and behavioral stress: animal model. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, 63-74 (1997)



- 2) Eriksson P.S., Perfilieva E., Bjork-Eriksson T., Alborn A.-N., Nordborg C., Peterson D.A., Gage F.H.; Neurogenesis in the adult human hippocampus, *Nat. Med.*, **4**, 1313-1317 (1998)
- 3) 畠中 寛, 池上司郎, 有松靖温著; 脳の老化—ニューロンの生と死を考える—, プレインサイエンスシリーズ, 2, 共立出版株式会社, 東京, 2-16, (1994)
- 4) 平井俊策; Up date 加齢と動脈硬化-脳血管性痴呆-, 現代医療, **23**, 117-121 (1991)
- 5) 本郷利憲, 廣重力, 豊田順一, 熊田 衛 (編); 標準生理学, 医学書院, 東京, 510-512 (1992)
- 6) International Society of Sport Psychology; Physical activity and psychological benefits: A position statement. *Int. J. Sport Psychol.*, **23**, 86-90 (1992)
- 7) 川嶋隆太, 岡田 賢, 福田 寛; 運動を遂行させる脳への血液循環, 体育の科学, **46**, 801-805 (1996)
- 8) 松林公蔵, 松本道明, 河本昭子, 島田和幸, 斎藤 昇, 小沢利男, 小倉久和; 脳血管性痴呆の危険因子に関する検討 I-脳病変部位と脳循環-, 日本老年医学会雑誌, **25**, 569-575 (1988)
- 9) 松本 元; 脳の構成論的研究からみた情動, 脳と精神の医学, **6**, 365-382 (1995)
- 10) 宮崎利雄, 高桑栄松, 小泉 洌; 適性検査法としての“集中維持機能 (TAF)” 測定法の原法に基づく研究成績, 防衛衛生, **10**, 513-515 (1963)
- 11) Okamura K., Doi T., Hamada K., Sakurai M., Yoshida Y., Mitsuzono R., Migita T., Sumida S., Sugawa-Katayama Y.; Effect of repeated exercise on Urinary 8-hydroxy-deoxyguanosine excretion in humans, *Free Radic Res.*, **26**, 507-514 (1997)
- 12) Petruzzello S.J., Landers D.M.; State anxiety reduction and exercise: does hemispheric activation reflect such changes?, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 1028-1035 (1994)
- 13) Petruzzello S.J., Tate A.K.; Brain activation, affect, and aerobic exercise: An examination of both state-independent and state-dependent relationships, *Psychophysiology*, **34**, 527-533 (1997)
- 14) Rall L.C., Roubenoff R., Meydani S.M., Han S.N., Meydani M.; Urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OhdG) as a marker of oxidative stress in rheumatoid arthritis and aging: Effect of progressive resistance training, *J. Nutr. Biochem.*, **11**, 581-584 (2000)
- 15) Takakuwa E.; Maintaining Concentration (TAF) as a Measure of Mental Stress, *Ergonomics*, **14**, 145-158 (1971)
- 16) 高桑栄松; 疲労に関する研究-特に集中維持機能 (TAF) を中心として-, 日本衛生学雑誌, **35**, 77-87 (1980)
- 17) 内田浩二; 脂質過酸化反応によるアクロレインの生成とタンパク質修飾, 日本油化学会誌, **47**, 1207-1215 (1998)
- 18) Uchida K., Kanematsu M., Sakai K., Matsuda T., Hattori N., Mizuno Y., Suzuki D., Miyata T., Noguchi N., Niki E., Osawa, T.; Protein-bound acrolein: Potential markers for oxidative stress, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **95**, 4882-4887 (1998)
- 19) van Praag H., Christie B.R., Sejnowski T.J., Gage F.H.; Running enhances neuro-genesis, learning, and long-term potentiation in mice, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **96**, 13427-13431 (1999)
- 20) 安河内正文, 襄 祥容, 佐々木道子, 小関 迪, 浜岡隆文, 岩根久夫, 芳賀脩光; 近赤外分光法による脳内酸素血行動態, 体力科学, **45**, 686 (1996)
- 21) 安河内正文, 襄 祥容, 小関 迪, 中瀬雄三, 志賀利一, 浜岡隆文, 岩根久夫, 竹宮 隆, 芳賀脩光; 無酸素性運動時および回復期の局所脳内酸素血行動態, *Ther. Res.*, **18**, 184-189 (1997)
- 22) 横山和仁, 荒木俊一, 川上憲人, 竹下達也; POMS (感情プロフィール検査) 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討, 日本公衛誌, **37**, 913-918 (1990)