

有酸素的適応者の心理的負荷に対する 心臓自律神経系の反応について

京都大学 杉浦 健¹⁾

The cardiac autonomic responses of aerobically fit persons to the psychological stressor

SUGIURA, Takeshi

Department of Educational Psychology, Faculty of Education,
Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan

The purpose of this study was to examine the cardiac autonomic responses of aerobically fit persons to the psychological stressor. Ten male college long distance runners (FIT) and 10 control college students (UNFIT) performed a 5-min stroop task as a psychological stressor. The spectral analysis of heart rate variability was used for providing the indicators of sympathetic and parasympathetic activity. FIT exhibited lower heart rate and greater parasympathetic activity than UNFIT at rest. But FIT exhibited more increase in sympathetic activity and more decrease in parasympathetic activity than UNFIT to the task. These results suggested that cardiac autonomic responses to the psychological stressor were larger in aerobically fit persons.

Key words: psychological stressor, aerobic fitness, spectral analysis of heart rate variability, sympathetic and parasympathetic nervous system

【要 約】 本研究の目的は、有酸素的適応者の心理的負荷に対する心臓自律神経系の反応を調べることである。男子大学生の長距離ランナー10名 (FIT) と日常的に運動をしていない男子大学生10名 (UNFIT) が、心理的負荷としてストロープ課題を5分間行った。心拍変動のスペクトル分析によって、安静時と課題時の交感神経と副交感神経の指標を算出し、FITとUNFITで比較を行った。安静時において、FITはUNFITに比べて、心拍が低く、副交感神経の活動が高かった。しかし、FITはUNFITよりも課題に対して交感神経の活動が昂進し、副交感神経の活動が減少した。これらの結果は、心理的負荷に対する心臓自律神経系の反応は、むしろ有酸素的適応者の方が大きいことを示唆している。これらの結果について、初期値の法則 (Wilder, 1957) に基づいて解釈を行い、その意味を考察した。

1) 本研究の作成にあたり、ご指導下さいました京都大学教育学部坂野登教授、子安増生助教授、ならびに貴重な御意見をくださいました京都大学人間環境学研究所の森谷敏夫助教授に深く感謝いたします。なお本研究は平成5年度京都大学修士論文の一部を加筆修正したものであり、研究の一部は日本心理学会第56回大会 (1992, 同志社大学) において発表した。

心拍や血圧などの心臓血管系は、さまざまなストレス負荷(stressor)に対して、心拍の増加や血圧の上昇などのストレス反応を示す。

このようなストレス反応は、運動などの身体的負荷(physical stressor)に対しては、代謝的な必要量(metabolic demand)に応じた適正な反応である。それに対して、電気ショックなどの嫌悪的な事象や難易度の高い課題などの心理的負荷(psychological stressor)に対するストレス反応は、代謝的な必要量を超えた、いわば過剰なストレス反応である(Sherwood, Allen, Oblist, & Langer, 1986)。

Oblist(1976)やLight(1981)は、このような心理的負荷に対する過剰なストレス反応(以下、心理的ストレス反応と略記)は、自律神経系のバランスを変化させ、ストレス性の高血圧を引き起こす原因になるという仮説を提出した。その後、多くの研究者たちが、心理的ストレス反応の個人差や心理的ストレス反応による高血圧の発症メカニズムを探る研究を進めてきた。

個人差要因の中で、本研究でとりあげる有酸素的適応と心理的ストレス反応との関係は、有酸素的適応が心理的ストレス反応の減少をもたらすかもしれないという理由で、特に多くの研究が行われてきた。有酸素的適応とは、エネルギーの大部分を酸素によって産出する比較的長時間の運動に体が適応すること(Lamb, 1984)である。有酸素的適応をしている者は、そうでない者に比べて、安静時や強度の等しい運動において、交感神経の活動が少なく、心拍数が低いという(Blomqvist & Saltin, 1983)。

心理的ストレス反応は、主に交感神経活動の昂進が原因である(e.g., Oblist, 1976; 澤田, 1990)ため、このような有酸素的適応による交感神経活動の減少によって、心理的ストレス反応も減少するのではないかと考えられた。そして、多くの研究が有酸素的適応者の心理的ストレス反応、及び交感神経の反応を調べてきた。

例えば、Light, Oblist, James, & Strogats(1987)は、運動を習慣的に行っている人の方が、そうでない人よりも単純反応時間課題に対する心拍数、収縮期血圧が低いこと、また、血中カテコールアミン濃度によって調べた交感神経の活動が低いことを報告した。Sothmann, Horn, Hart, & Guftafson(1987)は、最大酸素摂取量の異なるグループに、ストループ課題を行い、心拍数及び血中のカテコールアミン濃度を比較した。最大酸素摂取量とは、1分間あたりに取り込むことのできる酸素の最大量であり、有酸素的適応をすることによってその値が増加することが知られている(e.g., Cooper, 1970)。Sothmann et al.(1987)では、最大酸素摂取量の高い群は、低い群よりも、課題中の交感神経の活動が低かったが、心拍数には差がなかった。Clayton, Cox, Howley, Lawler, & Lawler(1988)では、最大酸素摂取量の異なるグループ間で、反応時間課題に対する心拍数、交感神経の活動とも群間差を見いださなかった。

このように、有酸素的適応の違いによって、心理的ストレス反応及びその原因となる交感神経の活動に差があるのかどうか、その結果は一致していない。その原因の一つとして、これまでの研究では、副交感神経の活動が測定されていなかったということが挙げられる。

Cox(1991)は、水泳のトレーニングをしたラットとしなかったラットでストレス中の心拍数を比較した。その結果、ストレス中の心拍数は、トレーニングしたラットの方が低かったが、副交感神経を薬物によって遮断したところ、両群の差が見られなくなった。このことから、彼は、ストレス中の副交感神経の活動はトレーニングしたラットの方が大きいのではないかと述べている。

ところで、これまで副交感神経の活動は、上述のCox(1991)の研究のように、薬物遮断の結果から間接的に推測されてきた。だが、近年、心拍の一拍毎の変動(心拍変動)をスペクトル分析することによって、心臓の交感神経や副交感神経の活

動を指標化することが可能になってきた。Allen & Crowell (1989) や榎原 (1992) は、この方法によって、心理的負荷として与えた課題に対して副交感神経の活動が減少することを示している。

しかしながら、この方法を使って、有酸素的適応による心理的ストレス反応の違いを調べた研究はほとんど見られない。前述したように、これまでの研究結果が一致していないことや、副交感神経の活動が心臓に対して防御的な働きを担っていること (e. g., Eckberg, 1980) を考えると、有酸素的適応によって心理的負荷に対する副交感神経の活動に違いがあるのかどうかを調べることは非常に有用であると思われる。

そのため本研究では、心理的負荷としてストループ課題を実施し、心拍変動のスペクトル分析を使って、課題に対する有酸素的適応者の心臓の自律神経の活動を調べた。仮説は、有酸素的適応をしている者はそうでない者に比べて、課題中の副交感神経の活動が高く、そのために心拍の増加が少ないということであった。

方 法

被験者 有酸素的適応群 (以下 FIT) は、大学の陸上競技部に所属する男子長距離選手10名であった。統制群 (以下 UNFIT) は、日常的に運動のトレーニングを行っていない男子大学生10名であった。

有酸素的適応の程度を知るために、最大酸素摂取量を測定した。最大酸素摂取量は、FIT が 58.9ml/min/kg, UNFIT が 41.0ml/min/kg で、FIT の方が UNFIT よりも有酸素的適応の程度が高いことが確認された ($t(18)=8.12, p<.01$)。

課題 心理的負荷として、ストループ課題を使用した。ストループ課題は、文字を読もうとする反応傾向と、色を答えようとする反応傾向とが同時におこる葛藤状態であるため (浜, 1978), 多くの研究で、心理的負荷として使われている課題である (e. g., Sothmann et al., 1987)。本研究では、

このストループ課題と逆ストループ課題とをランダムに混合した課題を使用した。逆ストループ課題とは、ストループ課題と同様に色と文字とが不一致の刺激が呈示され、ストループ課題とは逆に文字を答える課題である。このような修正を行って、難易度を高くするようにした。

課題は Basic (MicroSoft, QuickBasic) によってプログラミングし、ノートパソコン (NEC, PC9801NS/T) で実行した。課題呈示は、ノートパソコンから外部に接続したコンピュータディスプレイ (NEC, PC-TV451) によって行った。

刺激は、7.5×7.5mmの「緑」「赤」「黄」「青」という漢字で、それらのどれか一つをランダムで画面中央に呈示した。呈示する刺激の色は、上記の4色のどれかをランダムで選んだ。さらにその下に7.5×7.5mmの大きさで「色」もしくは「漢字」という文字のどちらかをランダムで呈示した。

被験者は、「色」と呈示されたら刺激の色を、「漢字」と呈示されたら漢字の読みを、それぞれの色シールが貼られたキーを押して答えた。

刺激は被験者がどれかのキーを押すまで呈示した。被験者の反応に対して、直ちに反応の正誤、反応時間、反応時間に対する得点を画面中央にフィードバックした。反応時間と反応の正誤はフロッピーディスクに記録し、後の分析の対象とした。フィードバックを3秒間呈示した後、直ちに次の刺激を呈示した。課題は、刺激呈示とフィードバックの繰り返しで構成し、5分間行なった。

手順 被験者は、実験室入室後、電極を装着され、安楽椅子に座って実験の説明を受けた。実験は室温23-25度の間に保たれたシールドルームで行った。実験の説明後、15-20分間安静を保ち、その後、5分間の安静時を測定した。

安静時測定後、課題を行った。被験者は、安楽椅子に座って、机の上に置いてあるテンキーボードに両手を添える形でディスプレイに向かった。被験者とディスプレイの間は約50cmで、実験者は被験者の斜め後ろにいた。

被験者は本試行前に練習課題を行い、正しく反応できるようになってから本試行を行った。本試行前には、できるだけ速く正確に反応すること、得点によって謝礼が違うことを教示した。課題終了後、研究の目的を説明し、お礼のお金を払って実験終了とした。

測定 胸部双極誘導法によって、表面心電図を、heart rate monitor (日本光電, WT-6102) によって増幅した後、12bitのA/D変換器(ネオローク電子, PCN-2198)によって1000Hzでサンプリングし、コンピュータ(NEC, PC-9801VX)に入力した。心電図R波の間隔(R-R間隔)を1ms単位で測定したものを、フロッピーディスクに記録、後の分析の対象にした。

心拍変動のスペクトル分析 心拍変動のスペクトル分析は、Yamamoto & Hughson(1991)のTIME SERIES STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM(Ver2. 01. 01)²⁾(以下、TSASと略記)によって行った。このTSASによって安静時、及び課題時の5分間のR-R間隔のデータについて、高速フーリエ変換を使用したスペクトル分析を行った。算出したスペクトルを2乗してパワースペクトルを求め、その0-0.15Hz, 0.15-0.5Hzを積分して面積を求め、それぞれを低周波成分(low frequency, 以下LF)、高周波成分(high frequen-

cy, 以下HF)とした³⁾。その後、HF/TOTAL、(ただし、TOTAL=0-0.5Hzのパワースペクトル)を副交感神経の指標(parasympathetic nervous system indicator, 以下PNS)、LF/HFを交感神経の指標(sympathetic nervous system indicator, 以下SNS)として算出した。これらの指標は、数値が高いほどそれぞれの活動が高い事を示している。また、安静時と課題時の5分間のR-R間隔のデータについて平均値を算出し、それぞれの時間内の代表値(以下RRI)とした。RRIが短いほどその時間内での心臓の活動は増加していることになる⁴⁾。

最大酸素摂取量測定 被験者の有酸素的適応の差を確認するため、最大酸素摂取量を測定した。運動は自転車エルゴメーター(Combi, ERGO METER232C)の負荷をOWから1Wずつ漸増して疲労困憊まで行い、その際の呼気ガスを測定した。呼気ガスは、呼吸代謝測定装置(SENSOR MEDICS, MMC4400tc)で、1呼吸毎(breath by breath)に測定し、フロッピーディスクに記録した。後の分析で、15秒毎の平均の酸素摂取量を算出し、その最大値を各被験者の最大酸素摂取量とした。

2) このソフトウェアは東京大学教育学部体育学・スポーツ科学研究室の山本義春講師によって作成された。このソフトはインターネットのftpを使ってWaterloo大学のコンピュータより入手することが可能である(下記参照)。

ftp cgsa.uwaterloo.ca

) anonymous

) your e-mail address

) cd.pub

() =プロンプト) なお現在のバージョンはVer2. X2.01である。

3) 心拍変動のスペクトルの中には、交感神経や副交感神経などの調和的成分に対して、非調和的成分が含まれている事が分かっている。この成分は周波数に反比例して増加するため、特にLF成分のスペクトル算出に対して大きなノイズになる。通常、LF成分算出にあたっては、この非調和的成分の影響をなくすため、0-0.04Hzをカットする方法を取っている(e.g., Pomeranz, Macaulay, Caudill, Kutz, Adam, Gordon, Kilborn, Barger, Shannon, Cohen, & Benson, 1985)。これに対して、TSASでは、粗視化スペクトル法(coarse graining spectral analysis)(Yamamoto & Hughson, 1991)によってこの非調和的成分を除去している。そのため、LF成分の0-0.04Hzはカットしていない。

4) 心臓の活動を表すとき、1分間あたりの心拍である心拍数(heart rate, HR)が使われることが多い。しかし今回、HRを算出してPNS, SNS反応量との相関を求めたところ、RRI反応量とPNS, SNS反応量との相関が低くなり、心臓の反応と自律神経系の反応との関係が隠されてしまった。そのため、今回の研究では、結果の分析まで、RRIを用い、考察ではより理解しやすいように心拍という表現を使った。ここで心拍とはある時間内での心臓の拍動の数であり、RRIの短縮は、心拍の増加を示している。

結 果

RRI, PNS, SNSの課題に対する反応を調べるため、条件（安静時・課題時；被験者内）×有酸素的適応（FIT・UNFIT；被験者間）の2要因混合分散分析を行った。安静時・課題時のRRI, PNS, SNSの値はTable 1に示した。ただし、有酸素的適応の要因については、RRI, PNS, SNSの活動に違いがあるという仮説を設定したため、交互作用がなくとも単純主効果の検定を行った。また、後述するが、RRIには、安静時と課題時に相関があったため、その影響を除くために、安静時の値を剰余変数とした共分散分析を行った。また、RRIとPNS, SNSの反応の関係を見るため、各個人のRRI, PNS, SNSについて、課題時の値から安静時の値を引いて、それぞれRRI反応量、PNS反応量、SNS反応量を算出した。

Table 1 Comparison of mean values for each indicators between Baseline and Task period, and between aerobically fit subjects and control subjects

		Rest period	Task period
RRI	FIT	1064(107) ^{a)}	949(132)
	UNFIT	853(101)	807(97)
PNS	FIT	0.43(.20)	0.21(.07)
	UNFIT	0.23(.10)	0.25(.07)
SNS	FIT	1.06(1.53)	1.99(1.91)
	UNFIT	1.89(1.42)	1.19(.85)
RT	FIT		1631(385)
	UNFIT		1554(162)
ERROR	FIT		9.7 (4.4)
	UNFIT		5.4 (2.9)

^{a)}Values in parentheses indicate standard deviations. NOTE: RRI=mean values of R-R interval(ms), PNS=parasympathetic nervous system indicator, SNS=sympathetic nervous system indicator, RT=reaction time (msec), ERROR=(errors/all trials)*100(%), FIT=aerobically fit subjects, UNFIT=control subjects.

RRIの反応について 分散分析の結果、有酸素的適応、及び条件の主効果が有意で ($F(1,18)=13.28, p<.01$; $F(1,18)=19.76, p<.01$), FITより

も UNFITの方が、また安静時よりも課題時の方がRRIが短かった。単純主効果の検定を行ったところ、FITは、安静時よりも課題時のRRIが短かった ($F(1,9)=20.04, p<.01$) のに対して、UNFITは、安静時と課題時に差がなかった。UNFITは、FITよりも、安静時、課題時ともRRIが短かった ($F(1,18)=16.59, p<.01$; $F(1,18)=7.51, p<.05$) が、安静時と課題時のRRIの間に $r=.82 (p<.01)$ の相関があったため、安静時の値を剰余変数とした共分散分析を行ったところ、FIT, UNFITに課題に対する反応の差はなくなった。

PNSの反応について 分散分析の結果、有酸素的適応の主効果に傾向があり ($F(1,18)=3.09, p<.10$), UNFITよりもFITの方がPNSが高い傾向があった。また、条件の主効果に有意差があり ($F(1,18)=9.65, p<.01$), 課題時よりも安静時の方がPNSが高かった。また、交互作用が見られた ($F(1,18)=13.90, p<.01$) ため、単純主効果の検定を行ったところ、FITは、課題時よりも安静時のPNSが高かった ($F(1,9)=16.94, p<.01$) のに対して、UNFITは、安静時と課題時のPNSに違いがなかった。また、安静時のPNSは、UNFITよりもFITの方が高かった ($F(1,18)=7.94, p<.05$) が、課題時には、両群に差はなかった。

SNSの反応について 分散分析の結果、有酸素的適応と条件との交互作用のみが有意であった ($F(1,18)=8.25, p<.05$)。単純主効果の検定を行ったところ、FITにおいては、安静時よりも課題時の方がSNSが高い傾向があった ($F(1,9)=3.49, p<.10$) のに対して、UNFITにおいては、安静時と課題時に違いがなかった。また、安静時SNS及び課題時SNSは、FITとUNFITで違いがなかった。

課題成績について 成績（反応時間、誤答率）と各反応量との関係を調べるため相関を算出したが、成績と反応量との間に相関は全く見られなかった。また、成績の上位下位で被験者を群分け

して、各反応量の比較を行ったが、やはり差は見られなかった。FITとUNFITについて、成績を比較したところ、FITの方が誤答率が高いことが見いだされた($t(18)=2.45, p<.05$) (Table 1)。

RRIとPNS、SNSとの関係(安静時において、RRIとPNSの間に $r=.61(p<.01)$ 、RRIとSNSに $r=-.50(p<.05)$ 、PNSとSNSに $r=-.80(p<.01)$ の相関があった。しかしながら、課題時においては、RRIと、PNS及びSNSには相関はなく、PNSとSNSの間に、 $r=-.79(p<.01)$ の相関があったのみであった。

安静時のRRIと課題時のRRIには高い相関があった($r=0.82, p<.01$)が、PNS及びSNSについては安静時と課題時に相関がなかった。

課題に対する反応量について、RRI反応量はPNS反応量との相関が高かった($r=.76, p<.01$)が、SNS反応量とは相関がなかった。PNS反応量とSNS反応量との相関は $r=-.52(p<.05)$ であった。

PNS反応量、SNS反応量は、それぞれの安静時の値に強く影響を受けていたが($r=-.80, p<.01$; $r=-.55, p<.05$)、RRI反応量は安静時の値に影響を受けていなかった。興味深いことに、RRI反応量については、安静時PNS、安静時SNSと相関が高く、それぞれ $r=-.72(p<.01)$ 、 $r=.52(p<.05)$ であった。

考 察

これまでの研究においては、有酸素的適応をしている者は、心理的ストレス反応が少ないといわれていた。その原因は、例えば、Light et al. (1987)やVan Doornen & De Geus(1989)が述べるように、交感神経の昂進がより低く抑えられるためであると考えられてきた。

ところが今回の結果では、UNFITは、課題によって心拍、自律神経系とも変化しなかったのに対して、FITは、課題によってSNSが昂進し、PNSが減少した。また、同時に心拍も増加した。

これは、本研究の仮説やLight et al. (1987)やVan Doornen & De Geus(1989)の報告とは、全く異なった結果であり、FITの方がむしろ反応が大きいことを示している。いったいなぜこのような結果が見られたのだろうか。

今回の結果では、安静時において、FITは、UNFITよりもPNSが高く、心拍も低かった。この結果は、Blomqvist & Saltin (1983)やDixon, Kamath, McCartney, & Fallen(1992)らの報告と同様であり、有酸素的適応によって、安静時の副交感神経の活動が昂進することを示唆している。

ところが、今回の結果では、安静時において副交感神経の活動が高くなると、むしろ課題に対する反応は大きくなることが示された。すなわち、安静時の副交感神経の活動が高いと、課題に対してより大きな副交感神経の活動の抑制と心拍の増加が見られたのである。

この結果は、Wilder(1957)の初期値の法則(law of initial value)によって説明が可能である。Wilder(1957)は、刺激に対する自律神経系の反応が刺激前の自律神経系の状態に左右される事について、これを初期値の法則と表現した。初期値の法則によれば、実験前の自律神経系の測定値が高ければ高いほど刺激に対する反応は小さくなり、逆に測定値が低いと刺激に対する反応は大きくなる。

今回の結果は、FITは(おそらく有酸素的適応の影響によって)安静時の自律神経系のレベルが低かったため、課題に対してより大きな反応があらわれ、それに対して、UNFITは、安静時の自律神経系のレベルが高かったために、反応が起らなかったのだろう。

この結果について特に興味深いのは、安静時の自律神経系の活動、特に副交感神経の活動と心拍の反応量との間に相関が高かったことである。Sternbach(1966)は、初期値の法則に関して、自律神経系の反応には、造りつけの(build in)限界があると述べている。この結果は、副交感神経の活動

がそのような反応の限界を形成していることを示唆する。また、副交感神経の反応は、心臓にとって防御システムとして働いている (e. g., Eckberg, 1980) という。副交感神経の活動が心拍の反応量を決定しているということは、副交感神経の防御システムとしての一面を示しているのではないだろうか。

さて、FITとUNFITの反応の差について、もう一つ考えられる原因は、両群の課題成績の違いである。今回の結果では、UNFITはFITよりも相対的に課題の成績が優れていた。このことは、UNFITは、FITに比べて課題を心理的な負荷として感じていなかったため、反応量が少なかった可能性を示唆する。だが、誤答率や反応時間はRRI, PNS, SNS 反応量とは関係がなかった。また、本研究では状態不安を測定していなかったが、杉浦(1993)では、今回と同じ課題を実施した際、状態不安が、FIT, UNFITに関わらず、安静時よりも高かったことを報告しており、今回のUNFITのみが課題を心理的な負荷として感じていなかったとは考えにくい。やはり、安静時の自律神経系の活動は、課題に対する反応量との相関の高さから考えても、反応量にかなりの影響を与えているのではないかと思われる。

ところで、このような安静時の変化は、当然先行研究においても起こっているはずである。実際、Light et al.(1987)やVan Doornen & De Geus(1989)では、有酸素的適応群の方が安静時の心拍が低いことを報告している。それでは、なぜ今回の結果のみ、FITの反応が大きかったのだろう。その理由として考えられるのは、先行研究と本研究で、交感神経の指標が異なっていたことである。Van Doornen & De Geus(1989)では、交感神経の指標として前駆出期(pre-ejection period)

を使用していた。この指標は、 β アドレナリン作動性の交感神経興奮を特異的に反映する(田中・澤田・藤井, 1994)。また、Light et al.(1987)やSothmann et al.(1987)では、交感神経の指標として、交感神経の神経伝達物質であるカテコールアミンの血中濃度を使用していた。それに対して、本研究での交感神経の指標は、副交感神経の指標と相互依存的であり、その指標は副交感神経の活動の影響を受けざるを得ない。本研究と先行研究の結果の不一致は、今回の交感神経の指標が副交感神経の活動の影響を受けたからかもしれない。

このことに関連して、パワースペクトルのHF成分について、FIT, UNFITそれぞれについて、符号付き順位と検定⁵⁾を行った。その結果、FITは、安静時から課題時へHFが減少し、UNFITは、安静時から課題時へHFが増加した。

このことは少なくとも副交感神経の活動には初期値の法則がかなり強く影響していることを示している。本研究では、副交感神経の活動が有酸素的適応の違いによって全く反対の反応をした。その事で、先行研究で見られたような有酸素的適応による交感神経活動の減少がマスクされてしまったのかもしれない。今後、前駆出期や血中カテコールアミン濃度などの指標とスペクトル分析を併用することで、副交感神経の活動と交感神経の活動について独立に考えていく必要があるだろう。

また、心拍変動の分析による副交感神経の指標は、呼吸によって変化することが知られている(Grossman, Karemaker, & Wieling, 1991)。本研究では、呼吸数や呼吸量については記録していなかったが、今後、呼吸パターンが有酸素的適応によって変化するのか、それが今回の結果で見られたような副交感神経の活動に影響を与えているの

5) 副交感神経の指標(HF/TOTAL)は、全心拍変動に及ぼす副交感神経の影響の割合であり、交感神経の活動は完全には分離されていない。それに対して、HFは、交感神経とは独立した副交感神経の活動の状態を反映している。ただし、今回、HFは非常に個人差が大きかったため、副交感神経の指標としては使用しなかった。また、このような個人差のため、ここでもノンパラメトリックな検定を行っている。

かについても調べる必要があるだろう。

本研究では、多くの先行研究と同様、心理的負荷として心理的課題を行った。だが、Takenaka (1992) は、有酸素的適応をしている者は、課題のような一過性の心理的負荷に対してよりも、むしろ長期的な心理的負荷に対する耐性が強いのではないかと述べている。有酸素的適応による心理的ストレス反応の違いを評価するためには、もっと長期的な心理的負荷を課題とすべきなのかもしれない。

また、今回の研究ではFITはUNFITに比べて安静時の副交感神経の活動が高かった。安静時の副交感神経に関しては、Grossman, Brinkman, & De Vries (1992) が、ボーダーライン高血圧の人は、一般人に比べて交感神経の活動は変わらないものの、副交感神経の活動が抑制されている事を報告している。前述のように、副交感神経は心臓にとって防御システムとして働いているという(Eckberg, 1980)。今後、有酸素的適応による安静時の副交感神経活動の変化が高血圧や心疾患にどのような影響を与えているのか、短期的、長期的に調べる必要があると思われる。

引用文献

- Allen, M. T., and Crowell, M. D. 1989 Patterns of autonomic response during laboratory stressors. *Psychophysiology*, 26, 603-614.
- Blomqvist, C. G., and Saltin, B. 1983 Cardiovascular adaptations to physical training. *Annu. Rev. Physiol.*, 45, 169-189.
- Clayton, R. P., Cox, R. H., Howley, E. T., Lawler, K. A., and Lawler, J. E. 1988 Aerobic power and cardiovascular response to stress. *J. Appl. Physiol.*, 65, 1416-1423.
- Cooper, K. H. 1970 The new aerobics. New York: M. Evans and company, Inc. (クーバー K. H. 加藤橋夫監修 広田公一・石川 且訳 1972 エアロビクス 第1版 ベースポ
- ル・マガジン社)
- Cox, R. H. 1991 Exercise training and responses to stress: insights from an animal model. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 853-859
- Dixon, E. M., Kamath, M. V., McCartney, E., and Fallen, E. L. 1992 Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc. Res.*, 26, 713-719.
- Eckberg, D. L. 1980 Parasympathetic cardiac control in human disease: A critical review of methods and results. *Am. J. Physiol.*, 239, H581-593.
- Grossman, P., Brinkman, A., De Vries, J. 1992 Cardiac autonomic mechanisms associated with borderline hypertension under varying behavioral demands: evidence of attenuated parasympathetic tone but not enhanced beta adrenergic activity. *Psychophysiology*, 29, 698-711.
- Grossman, P., Karemaker, J., and Woeling, W. 1991 Prediction of tonic parasympathetic cardiac control using respiratory sinus arrhythmia: the need for respiratory control. *Psychophysiology*, 28, 201-216.
- 浜治世 1978 Stroop遂行におけるコンフリクト強度とMMPIとの関係 人文学, 133, 29-47.
- Lamp, D. R. 1984 Physiology of exercise (Second edition). New York: Macmillan Publishing Company.
- Light, K. C 1981 Cardiovascular responses to effortful active coping: implication for the role of stress in hypertension development. *Psychophysiology*, 18, 216-225.
- Light, K. C., Oblist, P. A., James, S. A., and Strogats, D. S. 1987 Cardiovascular responses to stress: II relationships to aerobic exercise patterns. *Psychophysiology*, 24, 79-86.

- Oblist, P. A. 1976 The cardiovascular behavioral interaction -As it appears today. *Psychophysiology*, 13, 95-107.
- Pomeranz, B., MaCaulay, R., Caudill, M. A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D., Kilborn, K., Barger, A. C., Shannon, D. C., Cohen, R. J., Benson, H. 1985 Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am. J. Physiol*, 248, H151-H153.
- 榊原雅人 1992 心拍変動のスペクトル分析による自律神経機能評価 心理学研究, 63, 123-127.
- 澤田幸展 1990 血圧反応性—仮説群の構築とその評価 心理学評論, 33, 209-238.
- Sherwood, A., Allen, M. T., Oblist, P. A., and Langer, A. W. 1986 Evaluation of beta adrenergic influences on cardiovascular and metabolic adjustments to physical and psychological stress. *Psychophysiology*, 23, 89-104
- Sothmann, M. S., Horn, T. S., Hart, B. A., and Gustafson, A. B. 1987 Comparison of discrete cardiovascular fitness groups on plasma catecholamine and selected behavioral responses to psychological stress. *Psychophysiology*, 24, 47-54.
- Sternbach, R. A. 1966 Principles of psychophysiology. New York: Academic Press) (スターンバハ R.A., 中川四郎・古閑永之助 中川泰彬・遠藤四郎共訳 1969 精神生理学入門 医学書院)
- 杉浦健 1993 能動的対処課題に対する心拍の反応の個人差の研究 京都大学教育学部修士論文
- Takenaka, K. 1992 Psychophysiological reactivity to stress and aerobic fitness. 体育学研究, 37, 229-242
- 田中豪一・澤田幸展・藤井力夫 1994 暗算と反応時間作業における心臓血管系ストレス反応の血行力学的対比 心理学研究, 64, 442-450.
- Van Doornen, L. J. P., and De Geus, E. J. C 1989 Aerobic fitness and the cardiovascular responses to stress. *Psychophysiology*, 26, 17-28.
- Wilder, J. 1957 The law of initial values in neurology and psychiatry. Facts and problems. *J. Nerv. Ment. Dis.*, 125, 73-86.
- Yamamoto, Y., and Hughson R. L. 1991 Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. *J. Appl. Physiol.*, 71, 1143-1150.