

運動時の心機能に関する研究 (Ⅲ)

——あるヘビースモーカーにおける禁煙と
持久性トレーニングの効果——

三田信孝*・鈴木秀子**・宮崎康文**・山並義孝***
菅沼達治**・中野昭一****・高宮 靖**

Study on Cardiac Function during Exercise (III)

——Effects of abstinence from smoking and enduring training
about one heavy smoker——

by

Nobutaka MITA, Hideko SUZUKI, Michinori MIYAZAKI,
Yoshitaka YAMANAMI, Tatsuji SUGANUMA,
Shoichi NAKANO and Yasushi TAKAMIYA

Abstract

The purpose of this study was investigated changes of heart rate, ST segment level, ST slope on ECG, ventilation, respiratory rate, Oxygen uptake and so on, during exercise by treadmill walking for one male who have abstained from smoking and was beginning the enduring training. The changes of heart rate, ST segment level and ST slope on ECG (II, aVF, V5) during exercise were determined by use of the stress system STS 6000 (Nihon Kodan Kogyo Co. Ltd.). The changes of Oxygen uptake and ventilation during exercise were determined by use of the oxylog (Morgan Co. Ltd.).

These was measured at October 22, October 29, November 5, November 12, November 19, December 1, December 15, 1983, January 21, March 27, April 28, May 12, 1984.

The obtained results are as follows,

- 1) The heart rate of rest was decreased.
- 2) The total oxygen uptake was decreased.
- 3) The total ventilation was decreased.
- 4) The changes of ST segment level was decreased.

* 体育学部解剖学研究室 ** 体育学部健康学研究室 *** 体育学部運動生理学研究室 **** 医学部生理学教室

I はじめに

近年、健康の維持、増進のための体力づくりとして、ランニングやジョギングが多くの人々によって行われている。それに伴ってこれらの運動中の死亡事故等の例も知られることから、メディカルチェックの必要性が再確認されている。従来は安静時の心電図等からメディカルチェックが行われていたが、安静時よりも運動を负荷して、その運動に対する個々の生体の対応をチェックし、安全性を確認する運動负荷試験の実施が望まれている。さらに現状の体力の維持、増進としての運動処方を実施する場合には、その個人個人にあった適切な運動強度、量の選択が必要となってくる。これらの問題に関しては種々の報告等^{1), 2), 3), 4), 5), 7), 8), 9), 10), 17), 18), 19), 20), 21), 22)}がなされているが、現在統一された基準はない状態である。

私達もその基礎的研究として、運動负荷中の心電図波形変化に関して、心筋の虚血性変化を反映するといわれているST部の変化を検討してきている。その結果、運動中の心筋はある程度の虚血状態でその機能を果たしていることを示唆する成績を得てきている^{11), 12), 13), 14), 15), 16)}。

さらに、運動の効果の結果として、持久性トレーニングを積んだ陸上競技の中、長距離選手と一般学生の比較、及び前報においては、循環器病のリスクファクターの1つとして考えられる喫煙をとりあげ、喫煙者について比較検討を行っている。それによると鍛練者は非鍛練者と比較して、運動负荷強度変化に対する心拍数の対応が早く、心電図上の変化および動揺が少ない傾向を認めた。喫煙者は非鍛練者と比較して、同一運動负荷でありながら運動负荷中に心拍数の著しい増加と、回復時に遅い回復傾向が認められた。心電図上のST levelの低下は、非鍛練者と比較して著しい低下を示し、回復過程も著しく遅い傾向にあり、ST slopeもそれに対応して、著しい増加傾向を示していた。このように運動负荷中の喫煙者の心筋には、非喫煙者と比較してより強い负荷が加わっているものと

考えられる成績を得てきている。

今回は、これらの成績をもとに、ヘビースモーカーであった者が、禁煙をして、さらにそれと同時に持久性トレーニングを始めた場合の安静時心拍数、運動负荷中の心拍数の対応、心電図上のST segment level, ST slopeの変化運動负荷中の換気量、酸素摂取量等の対応に関して、禁煙開始時とその後の経過について比較検討を行った。

II 実験方法

被験者には年齢42歳、安静時心電図上特に異常な所見を認めない正常人男性1名を選んだ。この被験者の禁煙までの喫煙期間は約20年、毎日の喫煙本数は30～40本であった。

持久性トレーニングとしての運動负荷は、傾斜角度8%のトレッドミル歩行で、负荷開始後2週間は4 km/hr. 2分間の後、5 km/hr. 3分間に移り、その後5.5 km/hr.の主運動を10分間行うものである。次いで、2週目以降は4 km/hr. 2分間から5 km/hr. 3分間の後に5.7 km/hr.の主運動を10分間行うものとした(図4)。2週目以降の主運動中の心拍数は、最大心拍数の75～85%になるように主運動を設定した。以上の運動负荷を週に少なくとも1回以上行うように指示をした。都合等でトレッドミル歩行が実施できない場合は、自宅等において散歩(約2 km)を実施するよう指示をした。運動负荷実施期間は、昭和58年10月22日より昭和59年4月28日までの約6ヶ月間であった。

実験は、ストレスシステム STS 6000 (日本

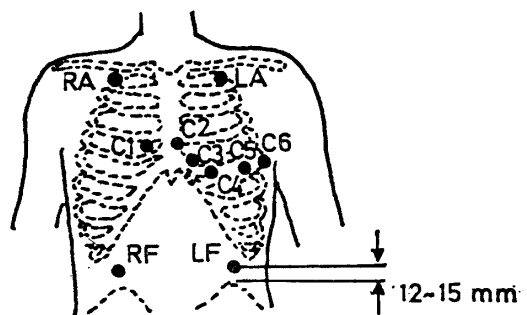


図1 電極の貼付位置

Fig. 1 The diagram of electrodes

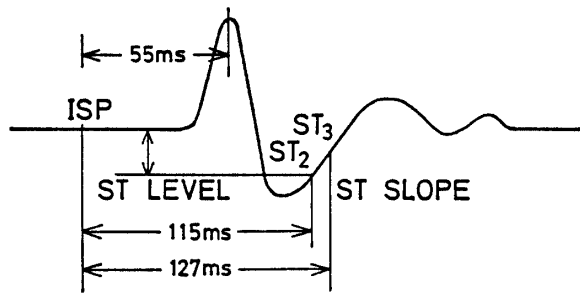


図2 心電図のコンピューター解析
Fig. 2 Computed analysis of ECG

光電工業社製)を用い、トレッドミル歩行中の心拍数、心電図上の ST level, ST slope を測定した。心電図上の ST level, ST slope は、図1, 2, に示すように従来私達が行ってきた解析方法にて、今回も同様に実施した。測定は昭和58年10月22日, 10月29日, 11月5日, 12月1日, 12月15日, 昭和59年1月21日, 3月27日, 4月28日, 5月12日に実施した。

呼吸数はサーミスター法, 毎分換気量, 積算換気量, 毎分酸素摂取量, 積算酸素摂取量はオキシログ(英国モーガン社製)にて, 昭和58年11月19日, 昭和59年3月27日, 4月28日, 5月12日に測定した。

Ⅲ 結 果

図3に今回の被験者がトレッドミルにて1週間当たりに歩いた距離を示した。

運動負荷開始後第1週から第8週は, 1週間当たり約6,000~10,000mの範囲で歩いている。年末, 年始にかけての第9週から第11週は一時的に歩行距離が減少し, その後第12週から第17週は増加し, 約4,000~9,000m/週の歩行となっている。第18週から第20週に再び減少した後, 第21週から第30週は約4,000~8,000m/週の歩行となっている。全体的に運動負荷開始後第1週から第2週, 第3週と週を追うごとに歩行距離が減少している傾向が認められている。

1. 安静時心拍数

安静時における3分間の心拍数の平均値及び標準偏差を図3に示した。安静時心拍数は運動負荷開始後第8週(12/15)までは、運動負荷開始前と比較してやや減少した値を示す傾向が認められている。検定の結果, 有意な減少であることが認められた。

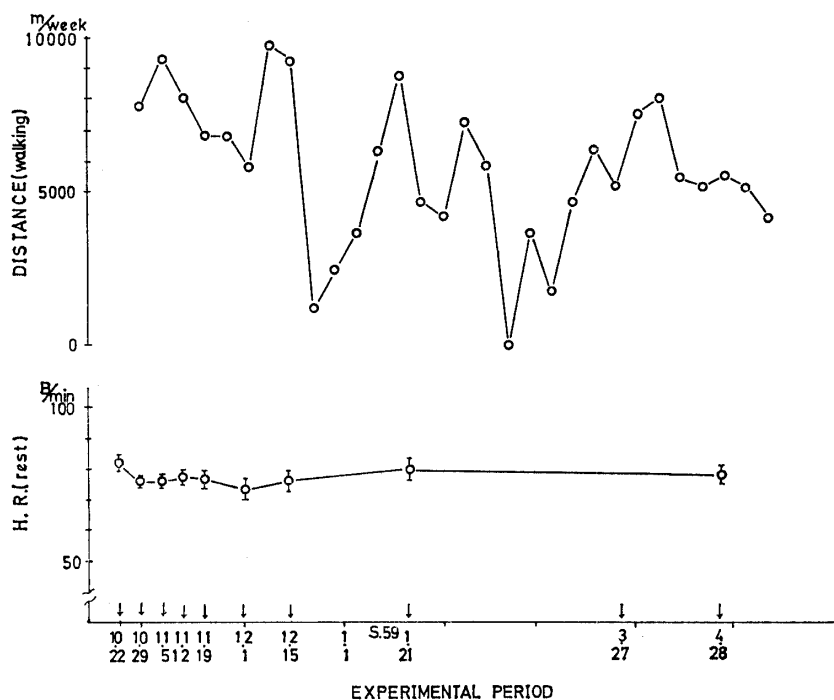


図3 歩行距離と安静時心拍数の変化

Fig. 3 Changes of walking distance and heart rate (rest)

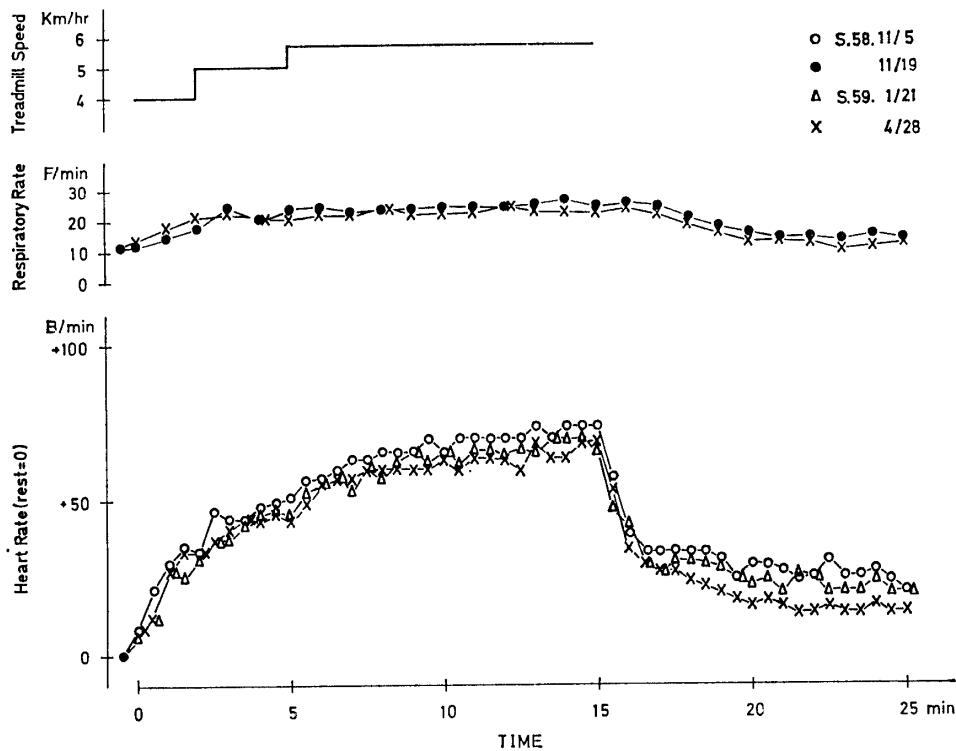


図4 呼吸数, 心拍数の変化

Fig. 4 Changes of respiratory rate and heart rate

り著明に認められている。

2. 運動負荷時の心拍数

運動負荷時の心拍数を第2週(11/5), 第13週(1/21), 第28週(4/28)目についてみたものが図4である。安静時を0としてその増減数を示してあるが, 主運動中の心拍数は第2週, 第13週, 第28週と徐々に減少する傾向が認められている。運動負荷終了後の回復過程においては, この傾向がより著明に認められている。

3. 運動負荷時の ST level

運動負荷時の ST level の変化についてみたものが図5である。心拍数の変化と同様に第2週(11/5), 第13週(1/21), 第28週(4/28)について安静時を0としてその増減を示してある。

ST level は運動負荷開始後徐々に低下を示すが, その低下の程度は最大値でみると第2週が約-2.5mmの低下, 第13週が約-2.3mm, 第28週が約-2.1mmと徐々に減少する傾向が認められている。主運動に入った後の運動開始後10~15分の安定時期においては, この傾向がよ

4. 運動負荷時の ST slope

ST level と同様に安静時を0として第2, 第13, 第28週目の ST slope の変化について図6に示した。ST slope は運動負荷開始後, ST level の低下に対応して増加する傾向にあるが, 増加した状態での増減の動揺が第2週に比較して第13, 第28週と少なくなる傾向が認められる。

5. 呼吸数

第4週目(11/19)と第28週目(4/28)の運動負荷中の呼吸数を示したのが図4である。呼吸数の変化は運動負荷第4週目に比べて第28週目の方がやや増加が少ない傾向が認められる。そこで, 運動負荷開始時からの積算の呼吸数をみてみると, 運動負荷終了時で第4週が366回, 第28週が347回であった。さらに回復時の呼吸数を運動負荷終了時から終了後10分までみると第4週が211回, 第28週が179回と第4週に比べて, 第28週の方が積算の呼吸数が少ないこと

運動時の心機能に関する研究(Ⅲ)

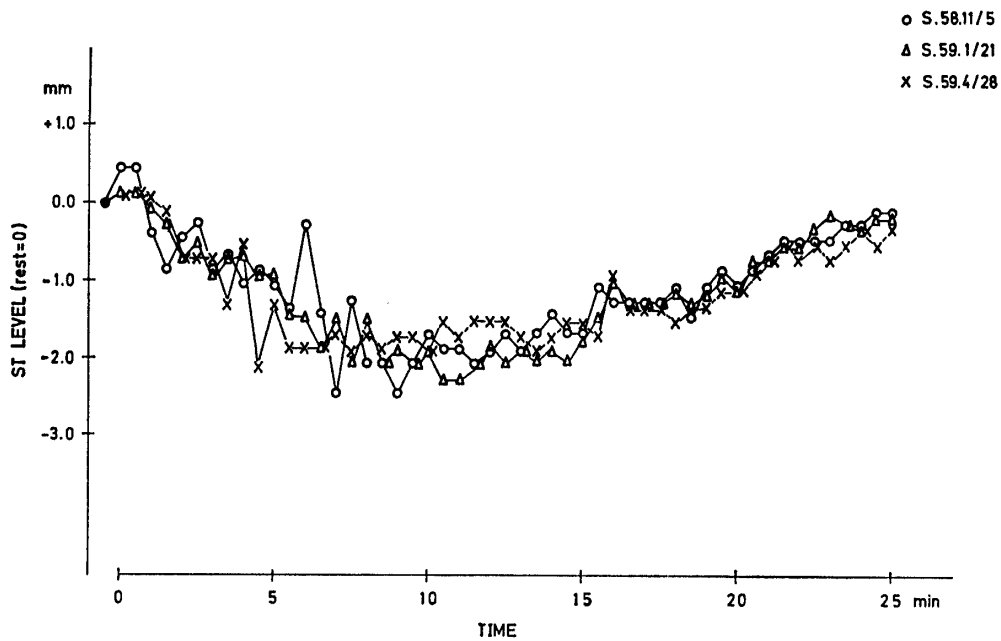


図5 ST level の変化
Fig. 5 Changes of ST level

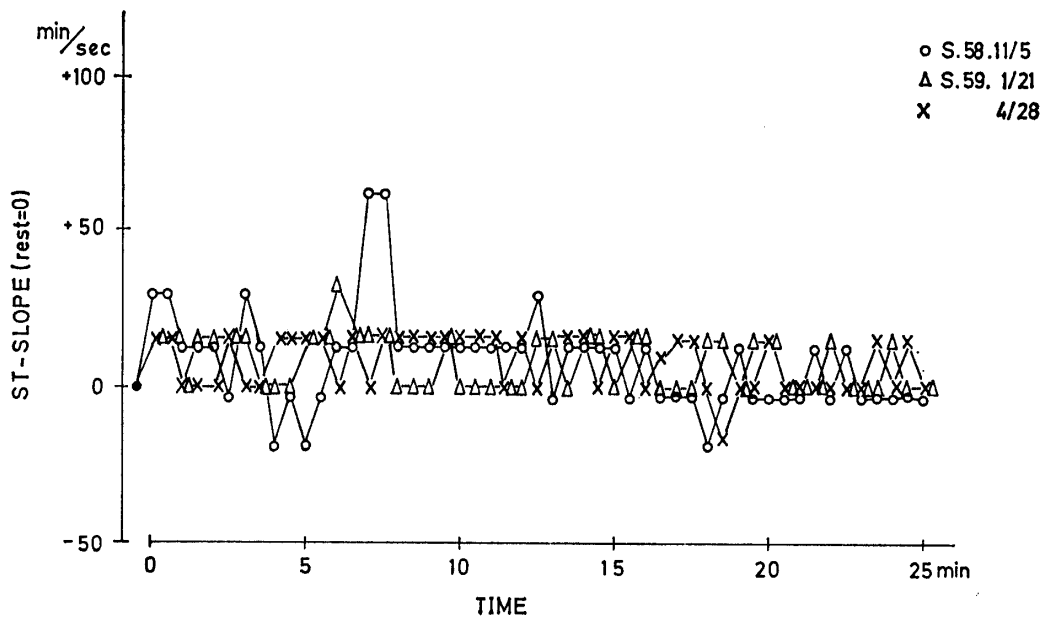


図6 ST slope の変化
Fig 6. Changes of ST slope

が認められた。

6. 運動負荷時の毎分換気量と積算換気量

第4週と第28週目の運動負荷時の毎分換気量と積算換気量について示したのが図7である。

毎分の換気量をみてみると第4週に比べて第28週の方が運動負荷中、回復時とも少ない傾向

にある。積算の換気量でみるとより明らかであり、運動負荷終了時点で第4週が 629 l 第28週が 587 l であった。また、呼吸数で割って、1回の呼吸当たりの換気量をみると、第4週で 1718.6 ml/回、第28週で 1691.6ml/回で第4週に比べ第28週の方が減少していることが認められた。回復時においては、運動負荷終了直後か

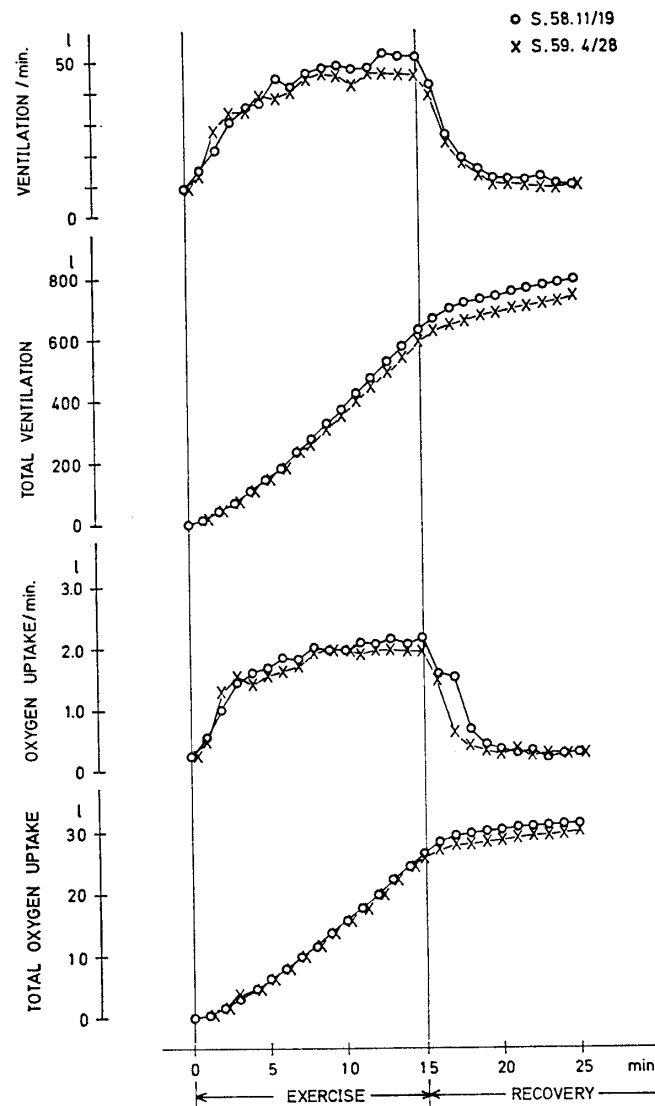


図7 毎分換気量, 積算換気量, 毎分酸素摂取量, 積算酸素摂取量の関係

Fig. 7 Relationship among ventilation/min., total ventilation, O_2 uptake/min. and total O_2 uptake

ら10分までをみてみると, 第4週で 165 l, 第28週で 148 l であった。1回の呼吸当たりの換気量をみると, 第4週で 782.0 ml/回, 第28週で 826.8 ml/回であった。

7. 運動負荷時の毎分酸素摂取量と積算酸素摂取量

第4週と第28週の毎分酸素摂取量と積算酸素摂取量を図7に示した。

毎分の酸素摂取量をみてみると, 第4週に比較して, 第28週の方が, 運動負荷中, 回復時とも少ない傾向が認められている。積算酸素摂取

量をみると, 運動負荷終了時で第4週が 26.4 l, 第28週が 25.9 l とわずかではあるが第28週の方が少ない。呼吸数で割って1回当たりの呼吸による酸素摂取量をみると, 第4週が約 72.1 ml/回, 第28週が約 74.6 ml/回と第28週の方がやや多い傾向が認められた。回復時をみてみると第4週が 5.0 l, 第28週が 4.7 l と第28週の方が少ない傾向にあった。しかし, 1回の呼吸当たりの酸素摂取量は, 第4週が約 23.7 ml/回, 第28週が約 26.3 ml/回で第28週の方がやや多い傾向が認められている。

以上のように、あるヘビースモーカーの男性が禁煙をし、それと同時に持久性トレーニングを始めた際の心拍数の変化、心電図波形上の ST level, ST slope の変化、呼吸数の変化、換気量、酸素摂取量等の変化について、その経過をみてきた。それによると持久性トレーニングにより、安静時の心拍数が有意な減少を示し、同一の負荷ながら少ない呼吸数で、少ない積算換気量で、少ない積算酸素摂取量で運動を遂行していることが認められた。さらに呼吸1回当たりの換気量は減少するが、酸素の摂取量は増加していることが認められた。運動負荷時の心拍数も少なく、心電図上の ST level, ST slope の変化も減少する傾向にあることが認められた。

一般に喫煙者において、タバコの煙に含まれる一酸化炭素は容易に血液中のヘモグロビンと結合するため、酸素とヘモグロビンの結合が阻害され、酸素の運搬能力を低下させる。そのため心臓血管系への負担が非喫煙者と比較して大きいことが知られている^{6), 22)}。

今回の被験者においても禁煙をすることにより、肺胞内における一酸化炭素による酸素摂取の阻害要因がとりはらわれ、さらに持久性トレーニングを実施することにより、換気機能や酸素摂取の機能及び心筋への酸素供給が亢進され、禁煙開始時に比べて、より効率のよい呼吸循環機能の対応が行われたことが考えられる。

Ⅳ ま と め

私たちは、ヘビースモーカーだった者が禁煙をし、それと同時に持久性のトレーニングを始めた場合の心拍数、心電図上の ST level, ST slope, 呼吸数、換気量、酸素摂取量等について、トレーニング開始時とその後の経過から比較検討を行った。

その結果、以下のような成績を得た。

1) 安静時心拍数は、トレーニング開始後、トレーニング前と比較して有意な減少傾向を認めた。

2) 運動負荷時の心拍数は、トレーニングを重ねるに従い、徐々に増加量が減少する傾向が

認められた。回復時は回復が早くなる傾向が認められた。

3) 運動負荷時の ST level の低下は、トレーニングを重ねるに従い、低下の量が減少する傾向が認められた。

4) 運動負荷時の ST slope の増加は、トレーニングを重ねるに従い、増加した状態での動揺が少なくなる傾向が認められた。

5) 運動負荷時の呼吸数は、減少する傾向が認められた。

6) 運動負荷時の積算換気量は、トレーニング初期と約6ヶ月後で比較すると減少する傾向が認められた。

7) 運動負荷時の積算酸素摂取量は、減少する傾向が認められた。呼吸1回当たりの酸素摂取量はやや増加する傾向が認められた。

以上、今回はヘビースモーカーだった中年の男性が禁煙をし、それと同時に持久性トレーニングを始めた場合の心拍数、心電図波形上の ST 部の変化、呼吸数、換気量、酸素摂取量について、その経過をみてきた。今回は1名の被験者についてのみの報告であったが、今後さらに例数をふやして、より詳細な検討を加えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) アメリカスポーツ医学協会編(1982): 運動処方
の指針——負荷テストと運動プログラム(日本
体力医学会体力科学編集委員会監訳), 原著
第2版, 南江堂。
- 2) 綾井弘文, 川初清典, 伊藤稔, 浜崎博, 青戸
公一, 神原啓文, 門田和紀, 田巻俊一, 野原隆
司, 鈴木幸園, 橋本友久, 河合忠一(1984): 虚
血性心疾患の長期運動療法における野外プロ
グラムの検討, 日本体育学会第35回大会号: 306。
- 3) Franz Wöllzenmüller and Dr. med. B. Grün
ewald (1977): Die Gesundheitskarriere Durch
Ausgleichssport: あなたを救う健康スポーツ
(福岡孝行訳), ベースボールマガジン社。
- 4) 肺と心編集同人(1981): 心疾患の運動処方と
運動負荷テストの見直し, 克誠堂出版KK。
- 5) 波多野義郎(1973): 新しい健康づくり: 現代

- のフィッテネス理論, 日本YMCA同盟出版部。
- 6) 平山雄, 額田繁, 原義雄, 蓮村靖, 武内重五郎, 板倉弘重, 坂本信夫, 佐藤祐造, 高橋和郎, 庵政志, 中島眞樹, 岡田慶夫, 森渥視, 肥後昌五郎, 藤村昌樹, 安藤史隆, 山本明, 上野陽一郎, 藺潤, 藤野昇三, 武内俊史, 平野正満, 三上理一郎, 春日宏友, 伊藤新作, 松山栄吉(1981): 特集・酒, タバコと疾病, 診断と治療, 第69巻, 第6号: 1~85, 診断と治療社。
 - 7) 池上晴夫(1982): 現代の体育・スポーツ科学: 運動処方——理論と実際, 朝倉書店。
 - 8) 稲垣義明, 宇佐美暢久(1980): エルゴメトリ——エルゴメーター負荷試験による心臓病診断, 新興医学出版社。
 - 9) 川初清典, 齊田ゆかり, 田口貞善, 神原啓文, 門田和紀, 野原隆司, 田巻俊一, 鈴木幸園, 橋本友久, 河合忠一(1983): 虚血性心疾患患者の運動療法における心室性期外収縮の出現頻度の経過, 日本体育学会第34回大会号: 272。
 - 10) 川初清典, 伊藤稔, 綾井弘文, 浜崎博, 青戸公一, 野原隆司, 鈴木幸園, 田巻俊一, 橋本友久, 門田和紀, 神原啓文, 河合忠一(1984): 虚血性心疾患患者運動療法への水泳の導入——監督下プログラムにおける方法的基準——第39回日本体力医学会予稿集: 242。
 - 11) 三田信孝, 鈴木秀子, 宮崎康文, 山並義孝, 菅沼達治, 中野昭一, 高宮靖(1982): 運動時の心機能に関する研究——運動負荷強度変化とST segment level, ST slope の関係, 東海大学紀要体育学部, 第12輯: 89~97。
 - 12) 三田信孝, 鈴木秀子, 宮崎康文, 山並義孝, 菅沼達治, 中野昭一, 高宮靖(1983): 運動時の心機能に関する研究(Ⅱ)——鍛練者, 非鍛練者, 喫煙者における運動負荷強度変化とST segment level, ST slope の関係, 東海大学紀要体育学部, 第13輯121~127。
 - 13) 中野昭一, 三田信孝, 森山安弘(1978): 運動負荷中における心機能監視の一方方法——S-T segment level と S-T slope の継時的測定, 東海大学紀要体育学部, 第8輯: 127~133。
 - 14) 中野昭一, 三田信孝, 森山安弘(1979): 運動負荷中における心機能監視の一方方法——S-T segment level と S-T slope との関係, 東海大学紀要体育学部, 第9輯: 165~169。
 - 15) 中野昭一, 佐藤恒久, 三田信孝, 森山安弘(1980): 運動負荷中における心機能監視の一方方法——S-T segment Computer による心臓前壁, 側壁, 下壁各部の虚血状態の解析, 東海大学紀要体育学部, 第10輯: 153~159。
 - 16) 中野昭一, 寺尾保, 吉岡利忠, 中原凱文, 五十嵐純(1984): 運動に対応する心機能の変化とMedical Check, 日本体育学会第35回大会号: 324。
 - 17) 夕取礼二, 永田晟, 中野昭一, 梅本二郎, 増田允, 遊佐清有, 井川幸雄, 伊藤朗, 片尾周造, 佐伯聰夫, 佐久間春夫, 佐藤良男, 徳力幹彦, 中原凱文, 正貞彦, 室増男(1983): 健康体力づくりハンドブック——その理論と指標, 大修館書店。
 - 18) 小野三嗣, 塩川優一(1981): 運動と寿命, 朝倉書店。
 - 19) 小野三嗣(1984): ジョギングトレーニング頻度からみた循環器系のレスポンス, 日本体力医学会第39回大会号: 238。
 - 20) Pollock, M., J. H. Wilmore and S. Fox, III (1981): Health and Fitness through physical activity: 運動処方(広田広一・飯塚鉄雄・中西光雄・石川旦訳), ベースボールマガジン社。
 - 21) 齊田ゆかり, 川初清典, 田口貞善, 神原啓文, 門田和紀, 野原隆司, 田巻俊一, 鈴木幸園, 橋本友久, 河合忠一(1983): 虚血性心疾患患者の運動療法における運動強度——ジョギング・バレーボール・卓球・ミニテニス・バドミントン, 日本体育学会第34回大会号: 271。
 - 22) 山地啓司(1981): 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店。