

## 本研究の概要

有酸素運動は強度が低く長時間にわたって続けることが可能な運動として性別や年齢を超えて多くの人々に受け入れられており、一般的にインスリン感受性の亢進や血糖値低下、血圧降下、骨密度向上など様々な健康増進効果が示唆されている。特に高齢化が進んでいる欧米や日本では、高齢者の健康や QOL の向上だけではなく、医療費の削減までを目的とした運動分野の研究が多くなされている。しかし、韓国では儒教や社会的慣習などの問題点から高齢者を対象とした研究が遅れており、韓国高齢者に対する運動の様式や強度、頻度、トレーニング時間、期間などに関する正確なマニュアルが提供されていないのが現状である。そこで、本研究では韓国高齢女性における有酸素性運動の健康指標に及ぼす影響を検討する目的で、平均年齢  $64.2 \pm 1.6$  歳の韓国高齢女性延べ 132 名に対して長期間の有酸素性運動トレーニングを行い、特に生活習慣病と密接な関係をもつ、1) 左心室機能および血清脂質、2) 免疫機能、3) 骨折因子である骨密度と身体動揺、4) 脂質代謝、5) 血圧調節などに及ぼす影響について調査し、韓国高齢女性の健康と有酸素運動との関係についてそれぞれ検討を行った。

第一章では、有酸素運動の左心室機能、血清脂質に及ぼす影響を検討した。その結果、体重と体脂肪率などの身体組成は有酸素性運動トレーニング 36 週後に有意に改善された。様々な左心室変数においては有意な差は認められなかったが、最大酸素摂取量は有意に増加しており、左心室機能以外の因子による心肺機能の改善が推察された。さらに脂質代謝においては総コレステロールと中性脂肪、低密度リポタンパクコレステロール、動脈硬化指数、Apolipoprotein (Apo) B は有意に減少し、高密度リ

ポタンパクコレステロール、Apo A-I は有意な増加を示し、脂質代謝を改善することが示唆された。

第二章では、免疫機能に及ぼす有酸素運動の影響を検討した結果、有酸素トレーニング群でリンパ球活性度およびヘルパーT 細胞とサブレッサーT 細胞の比率が有意に増加したことから、長期間の有酸素運動トレーニングは高齢女性の免疫機能を向上することが示唆された。

第三章の高齢女性の骨密度および身体動揺に及ぼす影響の検討では、有酸素トレーニング群の大腿骨頸部および大転子の骨密度は有意に増加し、さらに骨吸収を示すデオキシピリジロリンが有意に低下したことから、有酸素性複合運動は高齢女性の骨吸収を抑制し骨密度を向上させることを見出した。また、重心動揺においても総軌跡長や平均軌跡長、X 軸方向重心変位が有意に減少しており、これらは重心動揺を安定させることにより転倒予防力を高め、高齢者の骨折因子を改善することが示唆された。

第四章では、脂質代謝への有酸素運動の影響をさらに深めるべく高脂血症の患者を対象に有酸素運動トレーニングを行い検討した。その結果、最大酸素摂取量および最大酸素脈の増加から心肺機能の改善が再確認され、また、総コレステロールと中性脂肪、低密度リポタンパクコレステロール、動脈硬化指数、Apo-B の有意な減少と、高密度リポタンパクコレステロールおよびApo A-I の有意な増加から脂質代謝の改善が認められた。すなわち、高齢女性においても適切な有酸素運動トレーニングは動脈硬化因子を低下させ、さらに抗動脈硬化因子を増加させることによって、高脂血症患者の動脈硬化性疾患を予防、または治療するのに有効であることが示唆された。

第五章では、高齢女性の血圧調節への有酸素運動の影響を明らかにするため、高血圧患者を対象に長期間の有酸素トレーニングを行った。その結果、運動トレーニングは収縮期および拡張期血圧ともに有意に低下させ、また、ノルエピネフリンやアンジ

オテンシン II、レニン、アルドステロンなどの血圧調節ホルモンの血中濃度も有意に低下させたことから高血圧の液性因子の改善を通じて血圧降下に効果的に作用することが示唆された。

以上のことから長期間の有酸素運動トレーニングは韓国高齢女性において有酸素性体力の向上はもちろん、脂質代謝や心機能、血圧、免疫機能を改善し、骨密度や転倒予防力を高め、高脂血症、高血圧を始めとする様々な生活習慣病を予防することが示され、長期間の有酸素運動が韓国高齢女性の健康維持および改善に有効的であることが示唆された。

## はじめに

先進国では生活水準の向上、健康教育の普及、更には医療技術の進歩に伴って国民の平均寿命延長や死亡率の低下をもたらし、結果的に老年人口の急速な増加を来している。韓国では、総人口に対する老年人口（65歳以上）の比率は年々増え続けて、1995年には5.9%、2002年には7.9%まで増加し、高齢化社会（aging society; UN; 7%以上）に入っている（韓国統計省、2001）。さらに、2010年には10.7%、2020年には15.1%、2030年には23.1%まで急増し、本格的な高齢社会（aged society; UN; 14%以上）になると推計されている。日本では、この高齢社会が一層進展し、最近の調査結果では老年人口は17.5%に達しており（厚生省、2000）、国立社会保障・人口問題研究所の将来人口の推計（1997）によると2020年には26.9%、2050年には32.3%までに達し、世界で稀な超高齢社会になるといわれている。

産業技術の発達や日常生活のオートメーション（OA）化、IT化の進展に伴う身体運動量の減少は、西洋風の食習慣と相まって、運動不足とエネルギー源栄養素の取り過ぎをもたらし、高脂血症や高血圧、糖尿病などの生活習慣病を始めてとする様々な健康上の問題を引き起こす。特に、社会構造の産業化、都市化などによって活動する空間は狭くなり、益々高齢者の不健康や生活の質（Quality of Life; QOL）の低下など、様々な問題を引き起こしており、この高齢者の健康問題に対し世界的にも高い関心をもってその対策が立てられている。高齢者における運動不足や過栄養摂取は、インスリン作用の低下とそれに伴う糖質や脂質代謝の困難を引き起こし、糖尿病を始めとし高血圧や高脂血症、脳卒中などの動脈硬化

性疾患に罹患する可能性を高くするといわれている (Ruigomez A et al. 1995)。

一方、日本における国民医療費は増加し続け、1999年には30兆円を超え、国民医療費の国民所得に占める割合も8%を超えている (厚生労働省、2002)。医療費が社会の過大な負担になると、良質な医療の確保だけではなく、QOLを維持できない。また韓国の医療費も約3兆円で、総所得の約6%であり非常に高い水準を示している (韓国保健社会研究院、2002)。さらに、最近の国際通貨基金

(International Monetary Fund; IMF) の韓国経済についての報告書によると、韓国は急速な高齢化による年金受給者や医療費の増加によって30年以内に再び財政危機に直面すると言われており (IMF, 2001)、そのためにも国民の健康を維持し、医療費を節約する必要性は非常に高い。疾病予防や健康増進による健康レベルの改善は、結果として医療利用を低下させることによって医療費負担を削減できる。特に医療費の大きい部分を占めている高齢者の場合は、健康を維持することによって医療費の削減だけではなく QOL の向上までに繋がり、経済政策的に非常に重要であると考えられる。

高齢者の健康や QOL の向上を目的とした運動や栄養に関する様々な研究が世界的に行われており、その中でも、運動と栄養に関する生活習慣の改善は中高年層において骨折や心臓病、糖尿病の発病危険度を減少させることが示唆されている。また、運動と栄養の改善はインスリン感受性の亢進や血糖値の低下、血圧降下など様々な健康増進効果を示唆しているが、これらは欧米人や日本人を対象にした研究がほとんどであり、韓国高齢者を対象にした研究はこれまでに見当たらない。韓国は伝統的な儒教の国であり、身体を動かすことに対し否定的で、社会慣習的にも高齢者の定期的な運動への参加例は数少ない。特に、運動参加の機会不足や施設不足、運動条件などに関する資料不足などによって、60歳以上の女性高齢者

を対象にした研究は殆ど行われていない。運動トレーニングにおいても、有酸素運動は強度が低く長時間にわたって続けることが可能な運動として、多くの人々に受け入れられているが、韓国高齢女性に対する運動強度や頻度、トレーニング時間、期間などを規定できず、正確なマニュアルを提供していないのが現実である。

そこで、本研究では、有酸素性運動トレーニングの韓国高齢女性に対する影響を明らかにするために、60歳以上の高齢女性に対して長期間の有酸素性運動トレーニングを行い、特に生活習慣病と密接な関係をもつと考えられる、1) 左心室機能および血清脂質、2) 免疫機能、3) 骨折因子である骨密度と身体動揺、4) 脂質代謝、5) 血圧などに及ぼす影響について検討した。

## 第一章

韓国高齢女性の左心室機能および血清脂質に及ぼす

有酸素運動の影響

## 緒 言

高齢者の生活の質の評価において身体活動の量は重要な要素である。老化は最大運動中の生理学的ストレスを増加させ、運動能力を減少させる。身体活動が減少すると最大酸素摂取量も1年ごとに1%以上ずつ減少すると言われている (Fleg JL et al. 1995, Kasch FW et al. 1999, Ogawa T et al. 1992)。

年齢増加による心血管機能の低下は血管と心臓の構造的、機能的変化を引き起こし、後負荷 (after-load) を増加させてカテコールアミン (catecholamine) に対する反応の感受性を低下させる (Lakatta EG et al. 1975, Lakatta EG and Yin FCP 1982, Wei JY et al. 1984, Yin FCP et al. 1979, 1981)。このような変化は有酸素性運動能力の低下に繋がり、最大運動時の心臓機能が低下することが高齢者において観察されている。また、身体活動の減少および体脂肪の増加、無症候性心臓疾患は年齢増加と共に  $\dot{V}O_2\max$  の減少と深く関係している。

Healthy People 2010(US Department of Health & Human Services (USDHSS) 2001)および Surgeon General's Report on Physical Activity & Health(USDHSS 1996)、American College of Sports Medicine(1998)では一般人の運動能力向上の為に身体活動の増加を勧めており、また抵抗性・持久性運動プログラムが高齢者の運動遂行能力を向上させると報告している (Blumenthal JA et al. 1991, Evans WJ 1995, Green JS & Crouse SF 1995, Grimby G et al. 1992, Hagberg JM et al. 1989, Makrides L et al. 1990, Sidney KH & Shephard KJ 1978, Suominen H et al. 1977)。特に、韓国における有酸素運動と脂質代謝に関する研究は女子中学生 (Oh et al. 1998)、男女大学生 (Cho 1996、Lee 1997)、中年男女 (Cho 1997, Kim et al. 1999) の中年以下を対象

にした研究はあるが、高齢者を対象にしたのは殆どなく、左心室機能を見た研究も見当たらない。

そこで本章では、まず韓国高齢女性を対象として長期間の有酸素運動が最大酸素摂取量および左心室機能、血清脂質に及ぼす影響について検討することを目的とし以下の実験を行った (Park SK, 2003)。

## 対象および方法

### 対象

総計 35 名の座業生活を営み、ホルモン治療療法を受けていない韓国人の閉経女性を対象として次の基準に合致する 16 名を選抜し、対照群 (n=8, 63.4±2.9 歳) と有酸素トレーニング群 (n=8, 62.6±2.2 歳) に無作為的に分類した：(1) 60 歳以上、(2) 心肺疾患の症状と家族歴がなく、冠状動脈疾患の重要危険因子がない人、(3) 正常の心臓検査記録と 12 誘導心電図記録を持っている人、(4) 運動負荷心電図で心筋虚血がない人。

### 測定項目および分析項目

身長および体重は有酸素トレーニング前と 36 週後に測定した。皮下脂肪厚 (Skinfold thickness) はキャリパー (Lange skinfold caliper: Cambridge Scientific Ins., USA) を使用して上腕背部 (Triceps)、肩甲骨下縁部 (Subscapular)、腸骨稜上部 (Ilium)、腹部 (Abdomen)、大腿部 (Thigh) の 5 箇所をそれぞれ 3 回測定し平均値を算出した。体脂肪率 (%body fat) は Jackson AS & Pollock ML(1985)の公式 (体脂肪率 =  $0.29731(X_1) - 0.00053(X_1)^2 + 0.03037(X_2) - 0.63054(X_1 = \text{sum of 5 skinfolds})$ ,

$X_2=Age$ ) を用いて算出した。安静時の心拍数および心電図、血圧は座位で測定した。血圧は水銀血圧計を用い右上腕の動脈圧を測定した。

### 運動負荷検査

運動負荷検査は運動プログラム実施前・後および 12 週目と 24 週目の計 4 回行った。全ての対象者は運動負荷検査前の 3 日間適応訓練を受けた後、トレッドミル (Quinton ST650, USA) にて運動テストを行った。運動テスト方法は、最初は傾斜度 0%、速度 80m/min で 3 分間の準備運動を行い、続けて 3 分間の休憩を取った直後、走行速度 80m/min から 3 分経過ごとに 20m/min ずつ速度を増加させて各被験者が最大運動に到達するように漸増負荷した (Yoon MS 1999)。最大運動負荷の判定基準は、運動強度が増加しても心拍数は増加せずに酸素摂取量が 150ml/min 以上増加しない場合、主観的疲労度 (RPE) が 17 以上、そして最大運動負荷時の呼吸交換比 (Respiratory Exchange Ratio ; RER) が 1.15 以上に達した時点とした (ACSM, 2000)。なお運動中の酸素摂取量および心拍数などは代謝分析器 (Quinton Metabolic Cart 4500, USA) を用いて測定した。

### 心超音波検査

トレーニング前および 36 週後の左心室の機能測定は心超音波 (Echocardiography) を用いて行い、左心室形態および機能はアメリカ心臓超音波学会 (American Society Echocardiography: ASE) の計測方法に従って検査を行った。左心室の M-mode 記録による測定項目は左心室拡張末期内径 (Left Ventricular end-Diastolic Dimension: LVDD)、左心室収縮末期内径 (Left Ventricular end-Systolic Dimension: LVSD)、左心室拡張末期容量 (Left Ventricular end-Diastolic Volume:

LVDV)、左心室収縮末期容量 (Left Ventricular end- Systolic Volume: LVSV) であった。一回拍出量 (Stroke Volume: SV) は  $LVDV-LVSV$ 、心拍出量 (Cardiac Output: CO) は  $SV \times HR$ 、左心室駆出率 (Left Ventricular Ejection Fraction: EF) は  $(SV/LVDV) \times 100$ 、左心室内径短縮率 (Fraction of Left Ventricular Shortening: FS) は  $(LVDV-LVSV) \times 100/LVDD$  の式によって計算された。

### 運動プログラム

運動強度の設定は運動負荷検査結果による心拍数を用い余裕最大心拍数の 50～60%に該当する目標心拍数 (Target Heart Rate(THR)=heart rate reserve×intensity(%)+rest heart rate) を算出して行った。運動時間は総 60 分で、準備運動と整理運動としてそれぞれ 10 分間、柔軟体操とストレッチングを実施した後、歩行、走行、自転車エルゴメーター漕ぎなどで構成された主運動を一回 40 分間、週 3 回、延べ 36 週間実施した。運動強度を維持するために携帯用心拍数測定器 (Polar Analyser, Polar Elector of Finland) を用いて運動時の心拍数を測定し、目標心拍数を維持するようにした。運動プログラム 12 週目と 24 週目に全ての対象者は再び運動負荷検査を実施し、個人別の目標心拍数を再調整した。

### 血液検査

血液はトレーニング前と 36 週後に 12 時間空腹後の朝に上腕肘静脈から採血した。総コレステロール (TC) と中性脂肪 (TG)、高密度リポタンパクコレステロール (HDL-C) は酵素法 (Hitachi7150, Japan) にて測定した。動脈硬化指数 (Atherogenic Index: AI) は  $((TC-HDL-C) / HDL-C)$  の式、低密度リポタンパクコレステロール (LDL-C) は  $(TC-(HDL-C+TG/5))$  の式を用いて算出した。

Apolipoprotein A-I (Apo A-I) と Apolipoprotein B (Apo B) は免疫拡散法 (Single radial immuno diffusion: SRID) にて分析した。

### 統計分析

個人用コンピューターの SPSS-PC 統計ソフトを用い、全ての変因の測定結果を平均と標準偏差として算出した。36 週間のトレーニング前後の平均値の差の検定には paired t-test を用い検討し、有意水準は  $p < .05$  とした。

## 結果

36 週後の身体組成および最大酸素摂取量、左心室機能、血清脂質の変化を Table 1-1、1-2、1-3、1-4 と Fig. 1 に示した。

### 身体組成

有酸素トレーニング群では体重および体脂肪率は 36 週後に有意に減少し (それぞれ  $p < .01$ ,  $p < .05$ )、除脂肪率は有意に増加した ( $p < .05$ )。除脂肪量は増加する傾向を示したが、有意差は認めなかった。安静時の収縮期血圧には 21.25mmHg の有意な減少がみられ ( $p < .05$ )、拡張期血圧は 8.38mmHg 減少したが有意性はなかった (Fig.1)。対照群では脂肪量および体脂肪率は増加し、除脂肪率は減少した ( $p < .05$ )。

### 最大酸素摂取量

有酸素トレーニング群では最大酸素摂取量と体重当り最大酸素摂取量はそれぞれ有意に増加したが ( $p < .05$ ,  $p < .01$ )、最大心拍数と酸素脈には有意な差を認めなかった。しかし、対照群では全ての変数において有意な減少が認められた ( $p < .05$ )。

### 左心室機能

有酸素トレーニング群では 36 週間のトレーニング前・後の左心室拡張末期内径および左心室収縮末期内径、左心室拡張末期容量、左心室収縮末期容量、一回拍出量、心拍出量、駆出率、分画短縮など全ての項目において有意な差は認められなかった。対照群でも 36 週後の左心室構造および機能において変化は認められなかった。

### 血清脂質とリポタンパク

有酸素トレーニング群では 36 週後の総コレステロールおよび中性脂肪はそれぞれ有意に減少した ( $p<.01$ ,  $p<.05$ )。高密度リポタンパクコレステロールと Apolipoprotein A-I は有意に増加し ( $p<.01$ )、低密度リポタンパクコレステロールと Apolipoprotein B 有意に減少した ( $p<.01$ )。

対照群では Apolipoprotein B が 36 週後に有意に増加し ( $p<.05$ )、総コレステロールおよび中性脂肪は増加傾向、Apolipoprotein A-I は減少傾向を示すが有意性は認められなかった。

## 考察

### 身体組成と心肺機能

身体組成の変化は体脂肪と除脂肪の比率で説明される。エネルギー摂取量が消費量より上回る時に体重は増加し、エネルギー消費量が摂取量より上回る時に体重は減少する。身体活動と肥満、または高血圧、冠状動脈疾患、糖尿病などのよ

うな慢性疾患の有病率との間には逆相関関係があることは良く知られており

(Kiyonga A et al. 1985)、冠状動脈疾患を予防し治療するには長期間の有酸素運動が非常に効果的であることが示唆されている (King AC et al. 1989)。アメリカスポーツ医学会 (ACSM, 1995) では、体重と体脂肪を減少させて除脂肪体重を増加させるためには、中等度の運動強度 (40~75%  $\dot{V}O_2\text{max}$ ) の有酸素運動を毎日 30 分以上行うことを勧めており、特に持続的な有酸素運動は生活習慣病予防に効果的であることが良く知られている (King AC et al. 1989)。

本研究 (Park SK, 1996) は中年女性を対象に 8 週間の週 5 回、6km のトレッドミル歩行運動を行った結果、体重は平均 1.2kg、体脂肪率は平均 2.4%減少することを報告している。Bouchard C (1990)らは 30~52 歳の女性肥満者 22 名を対象として週 2 回、2.5 マイルの歩行と走行運動と、週一回の美容体操を 1 時間ずつ 17 週間行わせた結果、体重は平均 4.2kg、体脂肪量は平均 5.4kg、体脂肪率は平均 5%減少すると報告している。本章においても先行研究と同様に体重と体脂肪率は 36 週後に有意に減少した。

最大酸素摂取量は心肺機能を評価する指標として広く用いられており、酸素運搬能力と最大有酸素性能力に関する有用な情報を提供する (Åstrand PO & Rodahl K 1986; Coyle FE et al. 1986)。最大酸素摂取量は年齢の増加に従い減少し、その減少の主な原因は最大心拍出量の減少である (Stratton JR et al. 1994)。このような減少と関連する因子には心筋収縮および弛緩能力、血管硬直および動脈インピーダンス (impedance) の増加、変時性 (Chronotropic response) と変力性 (inotropic response) の減少と  $\beta$ -アドレナリン ( $\beta$ -adrenaline) 刺激反応の減少を含む。一般的にこのような変化の主な原因は老化のためであると言われている。しかし、非活動的な生活習慣は年齢の増加に伴い心臓機能の減少を来す。組織へ運搬される

酸素量は平均動静脈酸素差の過多に依存する (Coudert J & Van Praagh E 2000)。最大酸素摂取量の減少は動静脈酸素差の減少および末梢血管分布の低下、組織酵素活性の減少の影響を受ける (Shephard RJ 1997)。トレーニングによる最大酸素摂取量の増加に関するメカニズムは高齢男性と女性間で性差があることが報告されている (Spina RJ 1999)。高齢の男性の場合最大酸素摂取量の増加原因の3分の2は心拍出量の増加であり、残りは動静脈酸素差の増加であるが、高齢女性の場合最大酸素摂取量の増加は全て末梢適応 (peripheral adaptations) の増加によって引き起こる (Kohrt WM et al. 1991)。

本章で、心肺機能は対照群で有意に減少した反面、有酸素トレーニング群では心拍出量の増加は見られないが、最大酸素摂取量 ( $p<.05$ )と体重当り最大酸素摂取量 ( $p<.01$ )が改善された。このような結果は Ehsani AA (1991) らの有酸素後の運動誘発性左心室の拡張や左心室機能の改善を起こさないで最大酸素摂取量が増加したとする結果と同様に、本章での有酸素トレーニング群の最大酸素摂取量の増加は、心臓機能以外の末梢適応によることが推測される。さらに、高血圧患者の血圧を低下させて安静時の血圧を持続的に維持することにより、心血管疾患が減少することから、本章のトレーニング群の収縮期血圧の有意な減少は高血圧の改善だけではなく、心血管疾患の改善などを含む臨床的に非常に重要な意味を持っていると考えられる。

### 左心室機能

70%~80% peak  $\dot{V}O_2$  に相当する作業負荷でのトレーニングは成人期において左心室拡張を誘発する (Kiyonga A et al. 1985, King Ac et al. 1989, Åstrand PO & Rodahl K 1986; Coyle FE et al. 1986)。トレーニングが左心室拡張を引き起こすメカ

ニズムはまだ不明確であるが、安静時心拍数の減少は左心室弛緩末期容量の増加によるものと考えられる (Ehsani AA et al.1982)。

Stratton JR(1992)らは60~85歳の男性に6ヶ月間の持久性トレーニングを行った結果、最大酸素摂取量が21%増加したことを報告している。しかし、トレーニングによるイソプロテレノール (isoproterenol) 反応として駆出率、弛緩末期と収縮末期容量、SV、CO、SBP、DBP での変化は認めないと報告している。反対に Spina RJ(1998)らはベースラインと比較して9ヶ月間のトレーニング後、65歳の男性でイソプロテレノール反応として左心室内径短縮率 (FS) の増加と共に、28%の最大酸素摂取量増加を報告している。Pickering GP(1997)らは無酸素性閾値水準の強度で4ヶ月間のトレーニングの後FSが増加したことから、無酸素性閾値水準での中等度強度でのトレーニングが激しい無酸素性運動より心臓機能を改善することを示唆している。Levy WC (1993) らはトレーニング後高齢男性で運動中の左心室充満が増加されることを報告した。しかし、本章でトレーニングによる左心室弛緩末期および収縮末期駆出率、一回拍出量、心拍出量で変化を示さず、これは高齢女性の特徴である心臓適応 (central adaptation) の不足によって起因すると考えられる。Spina RJ (1992) らの研究によると、若い女性の場合、最大心拍出量の向上と左心室肥大が運動トレーニングによって現れるが、高齢女性には心臓適応の不足によって左心室機能と構造には変化を起こさないことが示唆されている。この心臓適応の不足はエストロゲン欠乏が一つの原因であると報告されている (Spina RJ1992)。血管硬直度の増加は後負荷 (afterload) を増加させる大動脈インピーダンス (impedance) の不適切な上昇をもたらし、運動中の一回拍出量の増加を防げる。後負荷の減少を誘導して左心室を完全に空にすることを助けているのはエストロゲンであり、動物およびヒトを対象とした実験から、血管硬直の減

少と内皮依存と非内皮依存性血管拡張作用が示唆されている (Celemajor DS 1997, Gilligan DM et al. 1994)。この女性ホルモンの不足が最大酸素摂取量に及ぼす影響については今後更なる検討が必要であろう。

### 血清脂質

規則的な有酸素運動が心血管系に肯定的な影響を及ぼすことは良く知られている。それは心拍数の減少や心筋の抵抗性増加、血清脂質水準および糖耐性の改善、インスリン感受性の増加による。規則的な有酸素運動は脂肪からエネルギーを誘導する lipoprotein lipase (LPL)を活性化し、肝臓での中性脂肪合成を引き起こす hepatic triglyceride hydrolase (HTGL)の活性を抑制する。その結果、LPL の活性化によって脂肪からのエネルギー利用が促進され、HTGL 活性低下により中性脂肪の合成が減少し、それに伴って血清脂質が減少する。

運動による血清中性脂肪の減少程度は運動形態および強度、頻度、運動前の中性脂肪濃度によって決定されており (Weintraub MS et al. 1989)、特に高中性脂肪患者の場合に顕著に減少するといわれている (Yamashita K 1998)。さらに、運動は動脈硬化の因子である血清脂質を減少させ、HDL-C を増加することが報告されている (Gordon T et al. 1977)。この HDL-C の水準が運動によって増加するメカニズムは、トレーニングによって血漿内 LPL が活性化して chylomicron および VLDL, LDL 内のコレステロールが HDL へ転換される比率が増加し、HTGL が抑制されることによって HDL の異化作用 (Catabolism) が低くなり、HDL-C が血漿内へと流入する量が増加するためである (Nikkila EA et al. 1978)。本章で血清脂質は対照群では有意な変化を示さなかったにもかかわらず、有酸素トレーニング群において TC、TG、LDL-C、Apo B は有意に減少し、HDL-C と Apo A-I は有意に増加し

たことは多くの先行研究と一致しており、運動による HDL-C の増加は lecithin-cholesterol acyl transferase (LCAT) の活性増加と HDL-C とアポリポタンパクの異化作用の遅延によって起こることが推察される。動脈硬化指数の場合、対照群で変化がなかったのに対し有酸素トレーニング群では 4.76 から正常範囲に近い 3.11 までに有意に減少していた。

これらの結果から、韓国高齢女性を対象にして実施した長期間の有酸素運動トレーニングは左心室機能向上および左心室増大は起こさないが、最大酸素摂取量を増加すると共に脂質代謝を改善しており、動脈硬化の予防に非常に効果的であることが示唆された。