 特集 スポーツ医学

順天堂医学 44 (3)
p. 231~240 (1998)

内科疾患に対する運動療法**

The exercise therapy to diseases of internal medicine

坂本 静男*
SHIZUO SAKAMOTO, M.D.

中嶋 佳子*
YOSHIKO NAKAJIMA

田中 健毅*
KENKI TANAKA

相沢 邦彦*
KUNIIHIKO AIZAWA

田中 洋子*
YOKO TANAKA

飯島 敏彦*
TOSHIHIKO IJIMA, M.D.

これまでの内科的疾患の治療の中心は、薬物療法であったが、最近では食事療法とともに運動療法が注目されるようになってきている。特に生活習慣病（以前の成人病の概念に近い）に対する治療として、注目されてきている。またこの数年来の国民医療費の急激な増大から、保険医療費の漸減といった観点からも重要視されている。確かに生活習慣病の原因の多くは、不適切な食事摂取内容と運動不足とが主たるものである。そのような背景もあり、内科的疾患特に生活習慣病に対する運動療法が実施されてきている。運動トレーニングを行うことにより、循環器系・呼吸器系・内分泌系・筋骨格系などに有益な効果が得られるが、その効果を利用するのが運動療法である。糖尿病に対する運動療法はかなり以前より実施されており、運動実施によりインスリン感受性亢進が得られると考えられている。最近保険適用になったこともあり、高血圧症に対する運動療法実施も今後増えていくように思われる。高血圧に対する運動の効果発現機序はいまだ明らかではないが、カテコラミン・タウリン・プロスタグランディンEなどの関与が推測されている。小児より中高年者までの肥満・高脂血症・脂肪肝の増加により、脂質代謝異常に対する運動療法は、今後ますます重要視されると予測される。脂質代謝異常に対する運動の効果発現機序には、LPL・LCATなどが関与していることが考えられている。これらの内科的疾患特に生活習慣病に対して運動療法を行っていく上で注目すべきことは、運動強度は中等度（50～60% $\dot{V}O_{2max}$, ニコニコペース）が最適であることである。

キーワード：運動療法，高血圧症，脂質代謝異常，糖尿病，インスリン感受性

Key words: exercise therapy, hypertension, abnormality of lipid metabolism, diabetes mellitus, insulin sensitivity

生体に対する運動の効果

一般的には運動を定期的に長期間実施すること

により、循環器系・呼吸器系・内分泌系・筋骨格系などに対して好ましい効果が得られると、考えられている。この効果を期待して、いわゆる生活習慣病に対して、最近では積極的に運動を実施させることが推奨されるようになってきている。それゆえ、ここでは内科的疾患に対する運動療法に関して、国内外の報告を含めて総説する。

*順天堂大学医学部附属浦安病院健康スポーツ診療科
Sports Clinic for Health, Juntendo Urayasu Hospital, Juntendo University School of Medicine, Chiba, Japan

**第285回順天堂医学会学術集会〔May 20, 1998 開催〕
〔July 27, 1998 原稿受領〕

高血圧症に対する運動の効果

1. 高血圧自然発症ラット（SHR）を用いた研究

鈴木¹⁾は高血圧に対する運動の効果を、SHRを対象にした研究により報告している。自由運動の血圧に対する効果を、図-1は示している。SHRに5週齢頃より、水車のような運動機器を自由に使用させて運動をさせたところ（自由運動SHR群）、かごの中に閉じ込めておいた非運動SHR群に比較して、各週齢において有意に低い血圧を示していた。

また鈴木¹⁾は10週齢頃より自由運動SHR群と非運動SHR群とに分け、その後の血圧の変動を検討した（図-2）。10週齢頃より自由運動を開始した場合にも、その後非運動SHR群に比較して各週齢において有意に低い血圧を示していた。このことをヒトに当てはめて考えるならば、若い頃に運動を実施していなくても、中年年になって運動を実施することにより、十分に降圧効果が得られることを推測させるものである。

さらに鈴木¹⁾はラット用トレッドミルを使用し、電気刺激により強制的に運動を行わせ（強制運動SHR群）、その際の血圧に対する影響を検討した（図-3）。強制運動SHR群は非運動SHR群の血圧よりも、各週齢において有意に高い血圧を示していた。この結果は本人が納得せずに、好き

図-1 自然発症高血圧ラットの血圧上昇に対する自由運動トレーニングの効果
(鈴木慎次郎より一部改変)

でもない運動を高血圧症患者に無理に行わせることは、かえって血圧を上昇させてしまう危険性のあることを示唆していると考えられる。

2. ヒトを対象にした研究

宇佐美²⁾は長期間の運動トレーニングの血圧に対する効果を、スポーツクラブ会員を対象にして検討している。会員に対して適切な運動処方を行い、3回/週位の頻度で自転車エルゴメーター運動を長期間継続させた。その運動トレーニング

図-2 高血圧発症後の自然発症高血圧ラットの血圧上昇に対する自由運動トレーニングの効果
(鈴木慎次郎より一部改変)

図-3 自然発症高血圧ラットの血圧上昇に対する自由運動トレーニングと強制運動トレーニングの効果の相違
(鈴木慎次郎より一部改変)

の血圧に対する効果を、1ヵ月毎に示したのが図-4である。収縮期血圧および拡張期血圧はともに、運動トレーニング開始後2ヵ月頃より有意に下がっていた。その後はトレーニングを継続することにより、それ以上の有意な血圧降下は認めないが、同程度の血圧で維持されていた。2年間トレーニングを継続した会員での検討では、この同程度の降圧効果は2年後も維持されていた。

Boyer and Kasch³⁾も中高年高血圧症患者に対して運動トレーニングを行わせ、収縮期血圧および拡張期血圧両者に降圧効果が得られたと報告している。

3. 運動トレーニングが降圧効果をおよぼす機序

運動トレーニングの降圧機序に関して、これまでに多くの研究者が検討しているが、いまだその機序は不明である。現在推測されている運動の降

圧機序を表-1に示してある(荒川⁴⁾)。交感神経系の活動の低下、血管拡張、利尿作用などが降圧機序として考えられており、カテコラミン・タウリン・プロスタグランディンE・心房性ナトリウム利尿ホルモンなどの関与が推測されている。

脂質代謝異常に対する運動の効果

1. これまでの報告

鈴木ら⁵⁾は軽度肥満中年男性9名を対象に、肥満に対する運動の効果を検討し、報告している。1650kcal/日の軽度食事制限と2時間/日のトレッドミル運動を行わせた運動群と、1000kcal/日の食事制限のみを行わせた非運動群の2群を対象を分け、30日間の効果を判定した(図-5)。体重減少の程度は15日時点で約2kg、30日時点で約4.5kgと両群間で差は認めなかったが、体脂肪量減少は運動群で有意に大で、除脂肪体重(LBM)減少は運動群で有意に小であった。肥満治療上、この効果は非常に好ましいものであると結論した。

血清中性脂肪に対する運動の効果については、多くの研究者により報告されている。Lopezら⁶⁾は、13名の医学部学生を対象にし7週間にわたりジョギング(30分間/日)を行わせた。またHollooszyら⁷⁾は、それまでほとんど運動を実施していなかった15名の男性に6ヵ月間にわたって運動トレーニングを行わせた。各々血清中性脂肪の変化を検討し、運動トレーニング後に有意に減少したと報告している。

総コレステロールに対する運動の効果に関しては、研究者により多様な報告がなされている。Oscailら⁸⁾は5名の高脂血症患者を対象に3~4マイル4日間ジョギングを実施させ、総コレステロールに有意な変化を認めなかったと報告している。逆にKilbomら⁹⁾は42名の中年男性を対象にして、2~3日/週の運動(ランニングなど)トレーニングを8~10週間実施させた。またAltekruseら¹⁰⁾は39名の男子学生を対象にして、10週間の歩行運動などを実施させた。トレー

図-4 運動トレーニングに伴う血圧変動

(宇佐美暢久より一部改変)

表-1 運動による降圧の機序(荒川規矩男より)

1) 交感神経系活動の低下…カテコラミン減少
タウリン増加
2) 血管の拡張…プロスタグランディンEの増加
3) 利尿作用……プロスタグランディンEの増加
心房性ナトリウム利尿ホルモンの増加
4) その他

図-5 肥満に対する運動の効果 (鈴木ら)

ニング後に総コレステロール値は減少したと報告している。

動脈硬化予防の観点から、運動の血清脂質に対する効果としては特にHDL-コレステロールが注目されている。HDL (high density lipoprotein: 高比重リポ蛋白) は血管壁に沈着しているコレステロールを取り去り、HDL-コレステロールとなって、肝臓へと運搬され処理される。それゆえ動脈硬化予防作用が、HDLにはあると考えられている。血清HDL-コレステロールに対する運動ト

レーニングの効果の報告を、表-2に示してある。健常人および有疾患者の両者に対して、運動トレーニングはHDL-コレステロール値を上昇させる効果を持っている。測定開始当初はかなりの運動トレーニング量 (たとえば60km/週以上のランニングなど) が必要と考えられていたが、最近では必ずしもそれほどの運動量は必要とせずHDL-コレステロール値を増加させることが可能と考えられている。

2. 自験例の報告

最大脂質燃焼量とカルボネンの式を考慮して作成された運動処方により運動トレーニングを行い、脂質代謝に有益な効果を筆者ら¹¹⁾は認めた。

また体育大学生を対象にし運動クラブ別に血清脂質値を比較し、運動種目による血清脂質値に対する効果を筆者ら¹²⁾は検討した。栄養摂取の検討が不十分だが、いわゆる有酸素運動種目であっても1~2分といった継続時間の反復運動では、血清脂質値に対する効果は得にくいことが推測されている。

3. 脂質代謝異常に対する運動の効果の機序

運動の急性効果としての血清脂質の変化の機序としては、骨格筋や血中の中性脂肪が運動のためのエネルギー源として利用されたことが関与している。またカイロミクロンからHDL-コレステロールへの代謝反応が、活性化されることが関与していると考えられている。そしてこれらのことは、骨格筋や脂肪組織の血管内皮に存在しているLPL (lipoprotein lipase: リポ蛋白リパーゼ) の活性が亢進するためと考えられている (Lithellら¹³⁾)。

また長期間にわたって有酸素的トレーニングを続けている選手において、脂肪組織LPLとHDL-コレステロールが有意に相関していること、一般対照や短距離走選手に比較してLPLが有意に高値を示していることなどからも、HDL-コレステロール値の増加にLPL活性の亢進が関与していることが、推測されている (Nikkilaら¹⁴⁾)。肝臓で生成されるLCAT (lecithin cholesterol acyltransferase) のHDLとの強い親和性、そしてLCATがHDLに作用して遊離エステルをエス

表-2 HDL-コレステロール値と運動活動度 (McCunney, R. J. より)

-
- 1) Williamsら
 - ・対象：無症状の非運動実施者，30～55歳，48名
 - ・研究期間：52週間
 - ・運動内容：10マイル／週（3時間20分／週）の歩行あるいはジョギング（5時間45分／週）
 - ・HDL-コレステロール：8mg/dlの増加
 - 2) Streja& Mymin
 - ・対象：虚血性心疾患を有した非運動実施中年者，32名
 - ・研究期間：13週間
 - ・運動内容：30分／日の歩行あるいはジョギング
 - ・HDL-コレステロール：3.5mg/dl（10％）の増加
 - 3) Erkelensら
 - ・対象：心筋梗塞後患者，83名
 - ・研究期間：26週間
 - ・運動内容：45分／1回の歩行，ジョギングおよび体操を3回／週
 - ・HDL-コレステロール：4.2mg/dl（11.7％）の増加
 - 4) Altekruze& Wilmore
 - ・対象：非運動実施者，39名
 - ・研究期間：10週間
 - ・運動内容：歩行，ジョギングあるいはランニングを5マイル／週（3回／週）
 - ・ α -リポプロテイン：50％の増加
 - 5) Huttunen & Froberg
 - ・対象：無症状のフィンランド人，100名
 - ・研究期間：16週間
 - ・運動内容：20～30分間／1回の運動，3～4回／週
 - ・HDL-コレステロール：11％の増加
 - 6) Carlsonら
 - ・対象：健常スポーツマン，約50名
 - ・研究期間：10週間
 - ・運動内容：500km歩行
 - ・HDL-コレステロール：12％の増加（62→70mg/dl）
 - 7) Goldbergら
 - ・対象：男性8名，女性6名
 - ・研究期間：16週間
 - ・運動内容：ウェイトトレーニング
 - ・総コレステロール／HDL-コレステロール比：15～20％減少
 - 8) Shephardら
 - ・対象：フィットネスプログラム実施者，256名
 - ・研究期間：26週間
 - ・運動内容：ジョギング，体操を30分／1回
 - ・HDL-コレステロール：変化なし
 - 9) Jenningsら
 - ・対象：志願者，男性12名
 - ・研究期間：16週間
 - ・運動内容：4種類の運動
 - ・HDL-コレステロール：変化なし
 - 10) Paulyら
 - ・対象：フィットネスプログラム実施者，73名
 - ・研究期間：14週間
 - ・運動内容：5種類の運動
 - ・HDL-コレステロール：変化なし
-

テル化するといわれている。以上より、長期間の有酸素的トレーニングがLCAT活性を亢進させ、脂質代謝異常改善に運動が有用であることが、推測されている (Glomset¹⁵⁾)。

糖尿病に対する運動の効果

1. これまでの報告

糖尿病に対する運動療法は、内科的疾患の中でも特に早期から行われてきている。特にインスリン感受性亢進を推測可能にさせる検査法が開発されてからは、その機序の解明に関する報告も多くなっている。

運動トレーニング前後に糖負荷試験を行い、血糖およびインスリン (IRI) の反応パターンから、運動トレーニングの効果を武越¹⁶⁾ は推測している (図-6)。運動トレーニング後にはブドウ糖負荷後の血糖値は有意に低下し、またインスリン値も有意に低下しており、この反応はインスリン

感受性亢進を示すものと推測している。

インスリンクランプ法を利用し、運動トレーニングのインスリン感受性に対する効果を、Yamanouchi¹⁷⁾ が報告している。中年糖尿病患者を食事・運動療法群と食事療法群の2群に分類した。食事療法群には1000～1600kcal/日の食事摂取とそれまでの日常生活活動のみとし、食事・運動療法群には同様の食事摂取内容とそれまでの日常生活活動に毎日1万歩以上 (平均1日歩数19200歩) の歩行を行わせた。インスリンクラ

図-7 食事療法群と食事・運動療法群との比較
インスリン感受性 (グルコース代謝率)
(Yamanouchiらより一部改変)

表-3 食事療法群と食事・運動療法群との比較

	食事療法群 (10名)	食事・運動療法群 (14名)
性別 (男/女)	8/2	11/3
年齢 (歳)	41.3±1.8	41.6±1.6
身長 (cm)	163.1±2.7	162.8±2.5
体重 (kg) 前	83.9±5.8	82.1±4.1
後	79.7±6.5*	74.3±3.4* §
BMI 前	31.6±1.8	31.2±1.2
後	29.8±2.3*	27.9±2.0* §
75gOGTT (2時間血糖値mmol/l)	13.6±0.3	13.8±0.3
HbA1c (%)	7.0±0.5	7.2±0.6

*p<0.01 対トレーニング前

§p<0.01 対食事療法群

図-6 トレーニング前後の安静時100gOGTTにおける血糖曲線と血中IRI値の変化(武越 裕らより)

ンブ法によるグルコース代謝率は、食事・運動療法群の方が有意に高値を示し、インスリン感受性亢進が運動により得られることを示唆している(図-7、表-3)。

2. 糖尿病に対する運動の効果の機序

運動トレーニングによる運動効果の発現機序には、骨格筋重量の増大・骨格筋の受容体性因子・筋内酵素活性・糖輸送担体 (GLUT4)・脂肪組織量減少・脂肪細胞サイズの縮小などが関与していると、佐藤¹⁸⁾により推測されている。

心筋梗塞に対する運動の効果

1. 心筋梗塞の発症予防 (1次予防) に関する報告 (表-4)

これまでにFramingham Study, San Francisco Longshoremen Study, College Alumni Study, London Civil Servants Studyなどの多くの研究がなされている。多くの研究は、中等度強度の運動トレーニングあるいは日常生活活動の活発化により、虚血性心疾患の発症の危険率を低下させることが可能であると報告している。長期

表-4 心筋梗塞に対する運動療法の効果に関する報告

1) 1次予防

・Framingham Study

日常生活活動度と発症率との比較…中等度活動度で発症率は低値

・San Francisco Longshoremen Study

波止場職人の仕事エネルギー消費量と死亡率の比較…中等度作業群の死亡率は激作業群の1.8倍

・College Alumni Study

ハーバード大学卒業生16936名での多方面からの検討

1日に5階以上階段を昇るか否か、1日に5街区以上歩くか否か、

現在のスポーツ実施状況 (3時間/週以上, 2000kcal/週) などと発症の危険率との比較

・London Civil Servants Study

男性市職員の運動量と心筋梗塞発症の割合の比較…エネルギー消費量7.5kcal/分に達する運動を実施している者の割合は、心筋梗塞発症者では発症していない者の約1/2

2) 2次予防

・Wilhelmsen's Study (Sweden)

急性心筋梗塞後患者に対する運動療法の効果 (4年間) …運動群とコントロール群での再梗塞率と心筋虚血死亡率に有意差を認めず

・Kallio *et al*'s Study (Finland)

心筋梗塞後患者を総合的管理 (禁煙, 食事療法および運動療法) 群とコントロール群での比較…再梗塞率は総合的管理群でやや高かったが、心筋虚血死亡率および突然死の率は総合的管理群の方が有意に低かった

・The National Exercise and Heart Disease Project (USA)

心筋梗塞発症2~36ヵ月の男性患者を運動トレーニング群とコントロール群に分け、再梗塞率と心筋虚血死亡率とを比較…有意差を認めず

・Canadian Exercise and Rehabilitation Study

心筋梗塞後患者を低強度運動群と高強度運動群に分けて比較…再梗塞率も心筋虚血死亡率も有意差なし

間にわたり、日常的に・定期的に運動を行うことにより、虚血性心疾患の発症をある程度予防することが可能であることを、示唆しているように思われる。

前述されているように、いわゆる冠危険因子である高血圧症・高脂血症・糖尿病などに対して運動が有益であることからして、心筋梗塞の発症に対しても有効であることは明らかなことである。

2. 心筋梗塞の再発予防に対する運動の効果(表-4)

心筋梗塞の再発に対する運動の効果に関する研究も、Wilhelmsen's Study (Sweden), Kallio *et al*'s Study (Finland), The National Exercise and Heart Disease Project (USA), Canadian Exercise and Rehabilitation Study (Canada) など、これまでに多数行われてきている。多くの研究は、運動の実践により早期の社会復帰や日常生活内容の向上(QOLの向上)は得られるが、有意な再発予防効果は得られないと報告している。

高血圧症・脂質代謝異常・糖尿病などに 対する好ましい運動処方

1. 高血圧に対する運動療法

1) 運動種目の選定

基本的には、有酸素的・動的・等張性の運動が推奨されている。怒責を伴うような運動では血圧を上昇させることが考えられており、静的な運動は避けるべきと考えられている。しかしながら最近では、筋力トレーニングにより降圧効果が得られたとの報告¹⁹⁾もあり、今後さらに検討される必要がある。

2) 運動強度の決定

高血圧症に対する運動の効果の有無に関して、以前には賛否両論があった。荒川⁴⁾は、降圧効果の有無に差が出る原因として運動強度の相違を推測し、検討した。その結果、運動強度を50% $\dot{V}O_2\max$ に設定した場合には、ほとんどすべての場合に降圧効果が得られたと報告している(後にその運動強度を共同研究者達によりニコニコペー

スと称されている)。

3) 1回の運動時間と運動頻度

後述するように、1回の運動時間は30～60分間、運動頻度は3～4回/週が推奨されている。

2. 脂質代謝異常に対する運動療法

1) 運動種目の選定

筆者らが行った一般市民スポーツ愛好家の検討²⁰⁾や、スポーツクラブ所属の体育大学生の検討¹²⁾から、脂質代謝異常の改善のためには、細切れではない持続的な運動種目の選択が必要であることが判明している。またFox²¹⁾や伊藤²²⁾などが報告しているように、運動のためのエネルギー産生機構の観点からは、運動強度は軽度から中等度で、長時間持続できるような有酸素運動が、脂質代謝異常の改善のためには推奨されている。このような点に適合する運動種目としては、ウォーキング・ジョギング・サイクリング・スイミングなどが考えられる。

2) 運動強度の決定

運動強度決定のためには、トレッドミルや自転車エルゴメーターを使用した、運動負荷試験を実施しておくことが必要である。そこで得られた最高心拍数、最大酸素摂取量、AT(anaerobic threshold: 無酸素的作業閾値)レベルなどを利用して、運動強度が決定される。運動強度決定方法には以下のものがある: ①カルボネンの式で係数に0.5～0.6を代入して、運動時目標心拍数を求める; ②呼気ガス分析により最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)を測定し、50～60% $\dot{V}O_2\max$ 時の心拍数を求める; ③呼気ガス分析あるいは血中乳酸値測定によりATを導き出し、そのレベルの心拍数を求める; ④呼気ガス分析時にパソコンソフト(ミナト医科学社製AE-280S)を使用して最大脂質燃焼量を導き出し、その時点の心拍数を求める。

3) 1回の運動時間の決定

前述した有酸素的エネルギー産生機構が作動し始めるのは、運動が1分以上持続した場合である。また運動のためのエネルギーのうち有酸素的エネルギー産生機構によるものが90数%以上を

占めるようになるのは、運動が10数分以上持続した場合と考えられている(伊藤²²⁾)。

運動を実施する者の1日当たりの運動消費カロリー量によっても違ってくるが、一般的に厚生省により推奨されているのは300kcal以上である。そして運動消費カロリー量は運動強度×運動時間で決まってくる。脂質代謝異常に対して推奨されている運動強度は50～60% $\dot{V}O_2\text{max}$ であるので、通常1回の運動時間としては30～60分間が勧められることになる。

4) 運動頻度の決定

一般的に頻度を決定する場合に考慮しておくべき要素は、運動実施により得られる効果と運動実施によって起こり得る障害(主に整形外科的)の危険度である。この点に関して、Hellerstein and Franklin²³⁾が検討し報告している。その報告のまとめを、図-8に示してある。運動の効果は頻度が高いほど増大するが、5日/週以上では増大の程度はほんのわずかである。また逆に障害の危険度は、5日/週以上の頻度で急激に大きくなる。それゆえ推奨される運動の頻度は、3～4日/週つまり1日おきが最も好ましいと考えられている。

3. 糖尿病に対する運動療法

1) 運動種目の決定

糖尿病に対する運動も、基本的には有酸素運動

が推奨されている。ジョギング・サイクリング・スイミング・ウォーキングが推奨される運動種目となる。またある程度の筋力および筋持久力が必要だということで、ウェイトトレーニングを勧めている研究者もいる。

2) 運動強度の決定

運動時のエネルギー産生機構から考えると、有酸素的に糖質を多量に利用していくためには、それほど強度の高い運動は推奨されない。またLampmanら²⁴⁾の報告によれば、インスリン感受性亢進は70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上の運動強度では得られなかった。これらのことより、糖尿病に対して好ましい運動強度も、50～60% $\dot{V}O_2\text{max}$ と考えられる。

3) 1回の運動時間の決定

基本的には厚生省が一般人に推奨している300kcal/日にみあうように、運動強度との関連で決定される。つまり推奨される運動強度から考えて、30～60分ということになる。

4) 運動頻度の決定

特別な運動時間としてウォーキングやスイミングなどを実施する頻度は、脂質代謝異常に対する運動療法と同様に3～4日/週が推奨される。佐藤と押田²⁵⁾が、スポーツマン6名を対象に行ったトレーニング中断によるインスリン感受性への影響(低下)の結果からも、3日/週以上が好ましいと推測され得る。しかしながら糖尿病の患者に対しては、それ以外の日にも日常生活の中で、1万歩/日前後の歩行は必要と考えられる。

図-8 運動療法で望まれる適切な運動頻度
(Hellerstein and Franklinより一部改変)

引用文献

- 1) 鈴木慎次郎：高血圧ラットに対する運動の効果——スポーツと健康。からだの科学，1979；**89**：127～131。
- 2) 宇佐美暢久：高血圧の運動療法——薬物によらない治療法の考え方と応用。治療，1981；**63**(6)：1201～1206。
- 3) Boyer, J. L. & Kasch, F. W. : Exercise therapy in hypertensive men. JAMA, 1970 ; **211**

- (10) : 1668~1671.
- 4) 荒川規矩男：高血圧——スポーツと臨床応用. 最新医学, 1988 ; **43** (10) : 2225~2229.
- 5) 鈴木慎次郎, 他：肥満治療のための運動と栄養の処方に関する研究. 体育科学, 1976 ; **4** : 31~38.
- 6) Lopez, S. A. *et al.* : Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins. *Atherosclerosis*, 1974 ; **20** : 1~9.
- 7) Holloszy, J. O. *et al.* : Effect of six month program of endurance exercise on the serum lipids of middle-aged men. *Am J Cardiol*, 1964 ; **14** : 253.
- 8) Oscai, L. B. *et al.* : Normalization of serum triglycerides and lipoprotein electrophoretic patterns by exercise. *Am J Cardiol*, 1982 ; **30** : 775.
- 9) Kilbom, A. *et al.* : Physical training in sedentary middle-aged and older men——medical evaluation. *Scand J Clin Lab Invest*, 1969 ; **24** : 315.
- 10) Altekruuse, E. B. *et al.* : Changes in blood chemistries following a controlled exercise program. *J Occup Med*, 1973 ; **15** : 110.
- 11) 坂本静男, 他：脂肪肝・糖尿病など代謝疾患患者に対する運動療法——現代病：糖尿病・脂肪肝. 順天堂医, 1997 ; **43** (3) : 377~385.
- 12) 坂本静男, 他：肥満体育大学生の体脂肪率, 血中脂質およびapolipoproteinと体育大学生における肥満および脂質代謝異常の現状. 臨床スポーツ医学, 1994 ; **11** (1) : 103~108.
- 13) Lithell, H. *et al.* : Changes in lipoprotein lipase activity and lipid stores in human skeletal muscle with prolonged heavy exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1979 ; **107** : 257~261.
- 14) Nikkila, E. A. *et al.* : Lipoprotein lipase activity in adipose tissue and skeletal muscle of runner relation to serum lipoproteins. *Metabolism*, 1978 ; **27** : 1661.
- 15) Glomset, J. A. : Physiological role of lecithine cholesterol acyltransferase. *Am J Clin Nutr*, 1970 ; **23** : 1129.
- 16) 武越 裕, 他：糖尿病のひと——病気のひとの運動と栄養の考え方. 臨床栄養, 1984 ; **65** (5) : 548~554.
- 17) Yamanouchi, K. *et al.* : Daily walking combined with diet therapy is a useful means for obese NIDDM patients not only to reduce body weight but also to improve insulin sensitivity. *Diabetes Care*, 1995 ; **18** : 775~778.
- 18) 佐藤祐造：プラクティス (別冊). 29~54, 1997, 医歯薬出版, 東京.
- 19) Puddey, I. B. and Beilin, L. J. : Exercise in the prevention and treatment of hypertension. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 1995 ; **4** : 245~250.
- 20) 坂本静男, 他：一般市民スポーツ愛好家における冠危険因子保有状況およびトレッドミル時間からみた運動の効果. 臨床スポーツ医学, 1992 ; **9** (5) : 535~539.
- 21) Fox, E. L. : *Sports physiology*. 27~29, 211~221, 1979, W. B. Saunders, Philadelphia.
- 22) 伊藤 朗：図説・運動生化学入門. 19~28, 1987, 医歯薬出版, 東京.
- 23) Hellerstein, H. K. *et al.* : Exercise testing and prescription. *Rehabilitation of the coronary patient* (Ed. by Wegner, N. K. *et al.*), 1978, Wiley Medical, New York.
- 24) Lampman, R. M. *et al.* : The influence of physical training on glucose tolerance, insulin sensitivity and lipid and lipoprotein concentration in middle-aged hypertriglycerideamic, carbohydrate intolerant men. *Diabetologia*, 1987 ; **30** : 380~385.
- 25) 佐藤祐造, 押田芳治：トレーニングの運動効果——糖尿病運動療法の現状とその実際. 臨床スポーツ医学, 1988 ; **5** (5) : 509~514.