

少ないが、動脈硬化危険因子の改善をある程度期待できることが示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) ZL. Jiang, T. Sato et al.: Rise in plasma oxidized glutathione by experimental hypoglycemia. *Tohoku J. Exp. Med* 187: 59-64, 1999.
- 2) N. Kuge, T. Sato et al.: Relation between natriuresis and urinary excretion of hydrogen peroxide. *Free Rad. Res* 30: 119-123, 1999.
- 3) S. Ogawa, T. Sato et al.: The 5-HT₂ receptor antagonist sarpogrelath reduces urinary and plasma levels of thromboxane A₂ and urinary albumin excretion in non-insulin-dependent diabetes mellitus patients. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 26: 461-464, 1999.
- 4) C. Sato, T. Sato et al.: Elevated plasma immunoreactive neuropeptide Y concentrations and its increased urinary excretion in patients with advanced diabetic nephropathy. *Endocrine Journal* 46: 139-146, 1999.
- 5) S. Saiki, T. Sato et al.: Relation between changes in serum hypoxanthine levels by exercise and daily physical activity in the elderly. *Tohoku J. Exp. Med* 188: 71-74, 1999.
- 6) S. Saiki, T. Sato et al.: Changes in serum hypoxanthine levels after walk loads at mild to high intensity in healthy humans. *Tohoku J. Exp. Med* 188: 61-69, 1999.
- 7) M. Kohzuki, T. Sato et al.: Renal-protective effect of non-depressor dose of cicletanine in streptozotocin diabetic rats. *J Hypertens* 17: 695-700, 1999.
- 8) T. Yoshida, T. Sato et al.: Physical and

psychological improvements after phase II cardiac rehabilitation in patients with myocardial infarction. *Nursing and Health Sciences* 1: 163-170 1999.

9) M. Kohzuki, T. Sato et al.: Decreased binding sites of angiotensin II in rat LY-80 and AH109A tumor and human gastric cancer using quantitative in vitro autoradiography. *International Angiology* (in press) 2000.

10) M. Kohzuki, T. Sato et al.: Renal-protective effect of non-depressor dose of cicletanine in diabetic spontaneously hypertensive rats. *Am J Hypertens* (in press) 2000.

11) K. Yoshida, T. Sato et al.: A case of lobenzarit disodium-induced hyperkalemia successfully treated with fludrocortisone acetate. *Clin Exp Nephrol* (in press), 2000.

12) M. Kohzuki, T. Sato et al.: Rehabilitation to a hepatopulmonary syndrome patient who had living-related orthotopic liver transplantation. *Archives Physical Med & Rehabilitation* (in press), 2000.

13) 横川正美、佐藤徳太郎他：脳卒中患者の糖・脂質代謝における身体活動の影響。
理学療法学 26: 220-225, 1999.

14) 横川正美、佐藤徳太郎他：脳卒中リハビリテーション患者の活動と代謝系因子についての検討。
総合リハ 27: 951-955, 1999

15) 上月正博、佐藤徳太郎他：教育講演；運動負荷試験による内部機能評価：内部障害者における運動負荷試験の意義と連続的呼吸循環姿勢計測装置による新しい解析法の樹立。
臨床病理 47: 1149-1158, 1999.

2. 学会発表

- 1) Kohzuki M, Sato T et al.: Chronic isotonic exercise ameliorates renal function in rats with

renal failure. *15th International Congress of Nephrology*. (May, 1999, Buenos-Ayles). (Abstract No.1585)

2) Yokogawa M, Sato T et al.: Effects of physical activity on glucose and lipid metabolism in stroke patients. *13th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy* (May, 1999, Yokohama). (Proceedings p596)

3) Kohzuki M, Sato T et al.: Effects of chronic exercise on renal function in rats with chronic renal failure. *46th American College of Sports Medicine*. (June, 1999, Seattle). (*Med Sci Sports Exer* 31: S100, 1999.)

4) Sato T, et al.: Effects of intense exercise on renal oxygen consumption and urinary sodium

excretion. *46th American College of Sports Medicine*. (June, 1999, Seattle). (*Med Sci Sports Exer* 31: S323, 1999.)

5)上月正博、佐藤徳太郎他：脳卒中リハビリテーションが耐糖能異常・高インスリン血症を改善しうるか？ 第96回日本内科学会講演会、H11.4 東京（日内会誌 88(臨増): 194, 1997.)

6)上月正博、佐藤徳太郎他：脳卒中リハビリ患者の予後と影響を与える因子についての検討。第36回日本リハビリテーション医学会学術集会、H11.5. 鹿児島（リハ医学 36: 726, 1999.)

G.知的所有権の取得状況

なし

高齢者のためのレジスタンス運動処方法の確立
平成 11 年度 厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担 研究報告書

分担者 竹島伸生（名古屋市立大学自然科学研究教育センター）

研究要旨

運動頻度がそれぞれ 1 日/週、2 日/週、および 3 日/週と異なる 3 群を対象に 12 週間にわたる PACE トレーニングをおこない、運動を実施しなかった対照群（コントロール群）を加えた 4 群間の比較から体組成、呼吸循環機能、筋機能、血液性状、骨密度測定、および一般体力測定結果について運動の効果と頻度の関係を検討した。被検者は、週 1 日群が 12 人（男 7、女 5）、週 2 日群が 15 人（男 1、女 14）、週 3 日群が 17 人（男 8、女 9）、対照群が 19 人（男 8、女 11）であった。男女数に偏りがみられたが、サンプル数が少なかったために測定項目毎に性差が認められなかった場合には男女を合わせて処理し、性差が認められた場合には男女別々に検討した。全身持久性と筋力の向上または改善を期待する場合には少なくとも週に 2 日以上 PACE 運動が必要なことが推察された。PACE は約 30 分の運動時間で構成され、生理的強度は軽から中等度とみられたが、集団でおこなう様式であり、邦人高齢者においても親しみやすいものであり、健康づくりに有効な運動プログラムのひとつである。しかし、健康維持や体力保持の観点から運動量の下限界を調べることで、具体的には週に 1 日の運動で健康の維持が期待できるのかなど、が今後の課題として残された。

Keyword： PACE トレーニング、運動頻度、高齢者

A. 目的

近年、健康づくりのためには、エアロビクスとレジスタンス運動を組み合わせた well-rounded exercise program（以下 WEP）の実施が推奨されている。従来より我が国においては、高齢者においても歩くことに代表されるようにエアロビクスが推奨され、定期的な運動の実施により種々の成果が報告されてきた。しかし、邦人高齢者に対するレジスタンス運動の具体的な運動方法の導入を確立はいまだ十分とはいえない。

本研究は安全性が高いとみられる油圧制御によるレジスタンスマシンを用い、さらにエアロビクスとの組み合わせ（サーキット運動）による WEP の有効性を検討することを目的とした。具体的には、油圧制御による抵抗マシンで構成された PACE（Programmed Aerobic/ Anaerobic/ Accommodating Circuit Exercise）line による総合的トレーニングを用いて、高齢者における定期的な身体運動の有効性について検討した。平成 11 年度の研究は、運動頻度が 1、2、3 日

／週、運動期間が 12 週間のトレーニングをおこなわせ、運動頻度の違いによる効果の違いについて検討した。

B. 研究方法

新聞により特別な運動習慣を有しない高齢者を募集し、最終的に 63 人の協力者を得た。被検者は、週 1 日群が 12 人 (男 7、女 5)、週 2 日群が 15 人 (男 1、女 14)、週 3 日群が 17 人 (男 8、女 9)、対照群が 19 人 (男 8、女 11) に分かれた。男女数に偏りがみられたが、サンプル数が少なかったために測定項目毎に性差が認められなかった場合には男女を合わせて処理し、性差が認められた場合には男女別々に検討した。

研究にあたり、すべての被検者は問診、安静時心電図検査、血圧、肺機能検査などのメディカルチェックを受けた。被検者に対しては、個別に研究の目的、内容と併せて運動の危険性についての説明をおこない、研究協力の承諾を得た。測定は、形態 (身長、体重、胸囲、周径囲など)、体組成 (皮下脂肪厚、%fat)、全身持久性体力 (乳酸性閾値 (VO_2LT)、最高時酸素摂取量 (VO_2peak))、筋力 (油圧制御によるマシンを利用した最大トルク、パワー測定、ハイドラオムニトロン、ミズノ社)、一般的体力測定 (垂直跳び、反復横跳び、閉眼片足立ちなど)、呼吸機能 (努力性肺活量、一秒量)、血清脂質 (総コレステロール、トリグセライド、HDL コレステロールなど) とした。骨密度は DXA 法 (Hologic 社製、

QDR-1000)により全身を一度にスキャンし、骨密度、体脂肪、筋量なども求めた。

PACE トレーニングの実施にあたっては、すべての運動 (筋) 様式が異なる油圧マシン 10 台を円形に並べ、マシンの間にエアロビクス用のエアロボード (9 台) と自転車 (1 台) を設置した。油圧マシンとエアロボードおよび自転車の各々の位置で 30 秒間の運動をおこない、次の運動への移動時間を 10 秒間とり、主運動は総合で 30 分間とした。準備運動 10 分と整理運動 5 分間の運動を含めると総運動時間が 45 分間となった。運動参加者には 30 秒間で最大努力の運動を試み、30 秒間で 10~15 回のマシンによる反復運動をおこなうよう求めた。エアロボードを利用したリズム運動では、運動指導者の動きに合わせて、毎回同じ動作の繰り返す様式でおこなった。PACE マシンの油圧抵抗ダイヤルは、運動開始第 1 ステージ (0~4 週) がダイヤル(D)2、以後第 2 ステージ (5~8 週) は D3、最終ステージでの 4 週間 (9~12 週) が D4 として抵抗を漸増した。油圧マシンでの運動は、各被検者が 30 秒間の運動を終了する毎に検者がモニターに表示される運動の強さ (最大、平均、kg) を記録した。エアロビクスとしての運動強度は HR により調整した。運動参加者に運動前に HR モニター (アキュレックスプラス、ポーラ、フィンランド) を装着し、運動中は各自で HR をチェックし、100~120bpm の範囲になるよう求めた。

また、測定補助員がステーションでの運動直後の HR を調べ、記録した。自転車運動では、回転数は参加者に任せた（概ね 50~60rpm）が、1kp の負荷を用いて実施した。運動プログラムは 1 ヶ月毎に見直したが、油圧抵抗を漸増するとともにダンスにおける音楽のビートを速くする、ジャンプ系（ハイインパクト）を多く取り入れた。データの処理：トレーニング効果は、運動の種類（頻度）×時間の要因による repeated measure ANOVA により検討したが、交互作用が認められた場合に効果ありとみなした。また、処理は統計パッケージ SuperANOVA（Avacus 社、アメリカ）を用い、要因毎の比較は univariate repeated measures を用いた。

C. 研究結果

最高時酸素摂取量 (peak V_{O_2}) と lactate threshold に相当する酸素摂取量 ($V_{O_2}LT$) は、運動頻度（4 群間）×時間（pre & post）における交互作用が認められ、運動頻度がエアロビクスの効果に大きな影響を与えることが確認された。ANOVA による統計処理後に対比 (contrast) を用いて pre と post の成績を比較すると、peak V_{O_2} ではいずれのトレーニング群でも顕著な改善が認められたが、対照群のみ前後（時間）で有意な変化を認めなかった。また、post-test の成績を比較すると、週 1 日群 (24.6 ml/kg/min) と週 2 日群 (24.6 ml/kg/min) との間には有意差が認められなかったが、いずれも

週 3 日群 (23.7 → 27.3 ml/kg/min, $P < 0.05$) との間には有意差が認められた。 $V_{O_2}LT$ では、運動頻度が多くなればなるほど効果が大きかった。脚伸展パワーは、運動頻度（4 群間）×時間 (pre & post) における交互作用が認められ、筋力の改善においても運動頻度が大きな影響を与えることが確認された。運動前後でみると週 2 日、週 3 日群のみ有意な変化を認めたが、週 3 日群が週 1、2 日群に比し、トレーニング効果が高かった。骨密度については、運動前後において有意な変化が認められなかった。

D. 考察

1940 年にアメリカではエアロビクスを中心とした健康づくり運動が始まり、アメリカスポーツ医学会、その他種々の学術会議で健康づくりや運動処方に関する研究者の討議が進められてきた。アメリカスポーツ医学会では 1978 年に運動処方のガイドライン (position stand) を示しているが、このときはレジスタンストレーニングは強調されていなかった。つまり、エロビクスがとくに強調された時代であるとみられる。しかし、1980~1990 年代になり、エロビクスに加えて筋力の維持・増強も必要であるという見解が加えられている。骨粗鬆症の増加やエロビクス能力の加齢による低下には、運動を発現する筋そのものの機能低下や、筋量の減少が大きく影響しているのであろう。最近では、一般人のみならず心疾患患者に対しても

エアロビクスに加えて筋力、レジスタンストレーニングが積極的に取り入れられている。このように、全身の大筋群を使って体全体を鍛える全身運動は冒頭でも述べたが、well-rounded exercise program (WEP)と呼ばれ、幅広い対象に勧められている。WEPの一様式であり、油圧抵抗マシンを用いたレジスタンス運動を採用した PACE トレーニングをおこなった平成 10 年度の研究成果では、邦人高齢者における明らかな効果を確認することができたが、今回の研究結果からは運動頻度がトレーニング効果に影響することが明らかとなった。また、全身持久性と筋力の向上または改善を期待する場合には少なくとも週に 2 日以上の PACE トレーニングが必要なことが推察された。PACE は約 30 分の運動時間で構成され、生理的強度は軽から中等度とみられたが、集団でおこなう様式であり、邦人高齢者においても親しみやすいものであり、健康づくりに有効な運動プログラムのひとつである。しかし、健康維持や体力保持の観点から運動量の下限界を調べること、具体的には週に 1 日の運動で健康の維持が期待できるのかなど、が今後の課題として残された。

F. 研究発表

1. 論文発表

ペーストレーニングのすべて PACE、田中喜代次、野田洋平編、第 2 章 高齢期に対する運動の勧め、田中喜代次、竹島伸生、浅野

勝巳（分担執筆） pp8-12, 第 10 章、レジスタンストレーニングの有用性、中垣内正樹（分担執筆）、竹島伸生、田中喜代次、pp34-39、ミズノ、1998.

2. 学会発表

平成 12 年日本体力医学会などで発表予定。

研究要旨：

高脂血症を含めて、高齢者の心機能低下患者の運動療法の安全性と効果について検討した。今年度は運動療法と、リモデリング（心筋の再構築）抑制に効果的な ACE 阻害薬(ACEI)の併用効果を検討し、運動療法に ACEI を併用することは、各々の単独治療以上に心機能改善に効果的であることが判明した。また、この治療で心事故は認められず併用は安全であった。

A. 研究目的

脂質代謝、糖代謝の改善、あるいは薬物療法（特にβ遮断薬、ACE 阻害薬）に運動療法の併用が効果的であることは既に報告され始めている。しかし心機能の低下を伴う高齢者の、薬剤併用の運動療法は未だその適否を含めて不明な点が多いのが現状である。今回は、この点を明らかにすべく運動療法と、リモデリング（心筋の再構築）抑制に効果的な ACE 阻害薬(ACEI)の併用効果を検討した。

B. 研究方法

心拡大、心機能低下を有する当院の虚血性心疾患（10名）、拡張型心筋症（7名）の計17名（平均年齢56歳）が対象である。平均心駆出率(EF)は38%、拡張期径(Dd)は62.5mmである。3-6カ月間の運動療法群と、コントロール群に分けて比較した。運動療法はAT以下の歩行運動が基本である。週3回以上の30分以上の運動療法を指導した。（倫理面への配慮）全ての指導については口頭の許可を得て施行した。

C. 研究結果

ACEI 投与群を運動療法併用群と、非運動療法群にわけた。運動療法併用群(n=4)で全員 EF の改善を認め、その改善率は18.3%であった。しかし運動療法をしない群(n=4)では半数の改善で改善率は11.4%であった。また最終的な peak VO₂ は前群が19.1 ml/min であったのに比較して、後群は16.9 と差を認めた。

また、ACEI の非投与群を、運動療法群(n=6)と非運動療法群(n=3)に分けると前者の EF 改善率は14.5%、後者は-20.6%と大きな差を示した。更にこの治療で心事故を

認めず併用は安全であった。

D. 考察

今回の結果により、運動療法に ACEI を併用することは、各々の単独治療以上に極めて効果的に心機能改善に貢献することが判明した。この研究結果は臨床上重要な意義を持つ。すなわち、心機能低下を認めた時点で、ACEI は使用が開始され、リモデリングの抑制効果（肥大の抑制、繊維化の阻止）、血管拡張による減負荷、虚血改善、さらに神経体液性因子の改善、自律神経の改善効果が期待できる。また運動療法自身も虚血改善を含め、運動耐容能と末梢の酸素取り込み能の改善効果が在る。此の故に、両者の併用は、QOL の改善と予後の改善という心不全患者の治療目標にかなうわけである。

今回の結果は、低心機能患者への運動療法と ACEI の併用効果を示した訳であり、単独治療以上の効果を有する新しい治療法として心不全の重要な戦略になるものと考えられる。

E. 結論

心不全に於いて、治療上 ACEI を使用される頻度が高いが、その治療の上にさらに運動療法を付加することは心機能改善に極めて効果的である。

F. 研究発表

1) Li L, Nohara R, Makita S, Hosokawa R, Hata T, Okuda K, Hamazaki H, Fujita M, Sasayama S: Effect of long-term exercise training on regional myocardial perfusion changes in patients with coronary artery disease. Jpn Circ J, 1999; 63:73-78

- 2) Suzuki K, Hasegawa K, Nohara R, Matsumori A, Sasayama S: A patient with hypertrophic cardiomyopathy accompanied by right ventricular dilation of unknown cause. *Jpn Circ J*, 1999; 63:137-140
- 3) Masuda I, Nohara R, Inada H, Hirai T, Chen L, Kanda H, Inubushi M, Tadamura E, Fujita M, Sasayama S: Improvement of regional myocardial and coronary blood flow reserve in a patient treated with enhanced external counterpulsation. - Evaluation by nitrogen-13 ammonia PET-. *Jpn Circ J*, 1999; 63:407-411
- 4) Ishihara S, Nohara R, Makita S, Imai M, Kubo S, Hashimoto T: Immune function and psychological factors in patients with coronary heart disease (I). *Jpn Circ J*, 1999; 63:704-709
- 5) Nohara R, Hosokawa R, Hirai T, Okuda K, Ogino M, Fujibayashi Y, Fujita M, Sasayama S: Basic kinetic of 15-(p-iodophenyl)-3-R, -methylpentadecanoic acid (BMIPP) in canine myocardium. *Int J Cardiac Imaging*, 1999; 15:11-20
- 6) Hosokawa R, Nohara R, Fujibayashi Y, Okuda K, Ogino M, Hirai T, Fujita M, Tamaki N, Konishi J, Sasayama S: Myocardial metabolism of iodine-123-BMIPP in a canine model with ischemia: Implications of perfusion-metabolism mismatch on SPECT images in patients with ischemic heart disease. *J Nucl Med*, 1999; 40:471-478
- 7) Hosokawa R, Nohara R, Li L, Tamaki S, Hashimoto T, Tanaka M, Miki S, Sasayama S: Effect of long-term cholesterol-lowering treatment with HMG-CoA reductase inhibitor (Simvastatin) on myocardial perfusion evaluated by thallium-201 single photon emission computed tomography. *Jpn Circ J*, 2000; 64:(in print)
- 8) Shimomura M, Hamazaki H, Kawahatsu K, Nohara R: Clinical study of a swimming program in the pool and sea for patients with ischemic heart disease. In *Adapted Physical Activity*, Ed. by Nakata H, Shonan Shuppansha, Fujisawa-Japan, 133-138, 1999

G. 学会発表

- 1) Hosokawa R, Nohara R, Kataoka K, Hirai T, Fujibayashi Y, Okuda K, Fujita M, Konishi J, Tamaki N, Sasayama S: Myocardial oxidative metabolism is promoted by repeat ischemia: experimental validation with I-123 BMIPP, 4th International Conference of Nuclear Cardiology, 1999.4.18-21, Athens
- 2) Hirai T, Nohara R, Ogou S, Chin L, Hosokawa R, Taguchi S, Fujibayashi Y, Sasayama S: Serial evaluation of fatty acid metabolism and mitochondrial function in rat heart with myocardial ischemia using pinhole SPECT, 4th International Conference of Nuclear Cardiology, 1999.4.18-21, Athens
- 3) Tadamura E, Kudoh T, Inubushi M, Kubo S, Okada T, Magata Y, Nohara R, Matsumori A, Sasayama S, Yoshibayashi M, Yonemura T, Konishi J: Steal phenomenon in pediatric hypertrophic cardiomyopathy after dipyridamole infusion, The 46th Annual Meeting of the Society of Nuclear Medicine, 1999.6.6-10, California
- 4) Ishihara S, Imai M, Makita S, Nakae K, Matsuura Y, Hashimoto T, Nohara R: Immune function and psychological factors in patients with coronary heart disease, 20th Congress of Woman scientists Forum, 1999.7.29, Kyoto
- 5) Kanda H, Nohara R, Hasegawa K, Morimoto T, Kihara Y, Fujita M, Sasayama S: A nuclear complex of PPAR and p300 is markedly downregulated in hypertrophied left ventricular myocardium of adult rats, The 3rd Annual Scientific Meeting of the Heart Failure Society of America, 1999.9.22-25, San Francisco
- 6) Kanda H, Nohara R, Hasegawa K, Morimoto T: A nuclear complex of PPAR/p300 is markedly down-regulated in hypertrophied rat left ventricular myocardium with normal systolic function, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, 1999.11.7-10, Atlanta
- 7) Morimoto T, Kakita T, Kanda H, Nohara R, Kaburagi S, Hasegawa K: Peroxisome proliferator-

activated receptor-dependent pathways suppress myocardial cell hypertrophy, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, 1999.11.7-10, Atlanta

8) Hosokawa R, Nohara R, Hirai T, Inada H, Kataoka K, Masuda D, Kanda H, Tadamura E, Inubushi M, Konishi J : Importance of oxidative metabolism in definition of heart failure state and prediction of cardiac events, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, 1999.11.7-10, Atlanta

9) Iwakura A, Fujita M, Hasegawa K, Araki M, Iwai-Kanai E, Sawamura T, Nohara R, Komeda M : Pericardial fluid from patients with unstable angina induces myocardial cell apoptosis via a p38 mitogen-activated protein kinase-dependent pathway, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, 1999.11.7-10, Atlanta

10) Masuda D, Nohara R, Hirai T, Chen L, Inubushi M, Tadamura E, Fujita M : The new therapeutic approach with the enhanced external counterpulsation in patients with chronic stable angina : Evaluation of myocardial flow and flow reserve by N-13-Ammonia PET, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, 1999.11.7-10, Atlanta

F. その他 なし

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

分担研究報告書

樋口 満（国立健康・栄養研究所健康増進部室長）

高齢者の運動処方ガイドライン作成に関する研究

－高齢高脂血症患者の運動処方の確立－

日常定期的にスイミングを行っている閉経前・後の中高年女性スイマーの呼吸循環機能は一般女性に比べて高いが、血中脂質・リポ蛋白プロフィールは一般女性と同様であった。閉経後の高脂血症中高年女性は2年間のスイミングでも総コレステロール、HDL-, LDL-コレステロールには目立った変化がみられなかった。一方、長期間にわたって長時間ウォーキングをしている高齢男性の血中脂質・リポ蛋白プロフィールは抗動脈硬化型を示していた。

A. 研究目的

血中脂質・リポ蛋白プロフィールの改善には体脂肪率の減少と持久性体力を高める有酸素運動が推奨されているが、近年はレジスタンス運動の有効性も指摘されている。また、血中脂質・リポ蛋白プロフィールには男女差があり、女性では加齢、とくに閉経による影響が大きいことが知られている。

本研究プロジェクトでは高齢者の呼吸循環機能を高め、血中脂質・リポ蛋白プロフィールを改善する効果的な運動処方を確立するために、各種運動・スポーツを実施している中高年者を対象として研究を行っている。はじめに、これまで当研究所において中高年女性に対して行っている水泳トレーニング内容について心拍数を指標に検討を加える。つぎに横断的研究として、長期間にわたってスイミングトレーニングを実施している閉経前後の中高年女性の呼吸循環機能、血中脂質・リポ蛋白プロフィールについて3年間の本研究で蓄積したデータをもとに検討する。さらに、中高年女性を対象として、水泳が持久性体力と血中脂質・リポ蛋白プロフィールに及ぼす効果について当研究所で経過観察を続けているが、トレーニングが2年間経過した時点での結果を、とくに閉経後の高脂血症中高年女性に焦点を当てて報告する。

また、有酸素運動として推奨されており、近年非常に愛好者が増えているウォーキングについて、高齢男性を対象として血中脂質・リポ蛋白プロフ

イルに関し継続して観察を行っているので、経過を報告する。加えて、有酸素運動であり、かつレジスタンス運動であることが知られているローイング運動が血中脂質・リポ蛋白プロフィールに及ぼす効果について、予備的研究を行ったので報告する。

以上の研究から高齢者の健康の保持・増進のための運動処方確立に資するデータを提供することが本研究の目的である。

B. 研究方法

研究 1. スイミング教室参加者のうち、60歳以上の高齢者6名（年齢：70±4歳，BMI:23.2±2.5 kg/m²，50mクロール記録:70±9 秒）、高齢者と同レベルの中年女性5名（51±2歳，24.5±5.8 kg/m²，72±9 秒）に対して、クロールによるスイミング中の心拍数を心拍数連続記録装置を用いて記録し、トレーニング状況を生理学的に検討した。さらに、これら被検者について、本研究プロジェクトで行っている呼吸循環機能、筋力の測定を行い、これまでのデータとの比較を行った。

研究 2. 中高年女性水泳愛好者について継続して行っている呼吸循環機能、血中脂質・リポ蛋白プロフィールについて、総コレステロール濃度が240mg/dl以下の対象者に限定し、まとめて横断的に検討した。呼吸循環機能の測定はトレッドミルによる歩行と走行を併用した漸増法で行い、血中脂質・リポ蛋白濃度は(株)SRLに委託して分析し

た。

研究 3. 本研究では2年間継続して水泳教室に参加した対象者のうち、脂質代謝に影響を及ぼす薬物の投与を受けていなかった閉経後の高脂血症中高年女性9名(開始時の年齢:58±4歳, BMI:21.3±1.9 kg/m², 参加頻度:1年目 1.5±0.4回/週, 2年目 1.3±0.6回/週,)についてトレーニング開始2年後の変化を検討した。

研究 4. 日本歩け歩け協会等が主催する「伊能ウォーク」が昨年1月末から行われている。本研究は「伊能ウォーク」参加者のうち全行程踏破を目指す16名の本部隊員のうち60歳以上の男性9名を対象として、約半年が経過した夏季に、血中脂質・リポ蛋白プロフィールを測定した。

研究5. ローイング運動を日常規則的に行っている男性ボート選手(人数 41名, 年齢 20±1 歳, 身長 177±5 cm, 体重 71±5 kg, ローイングエルゴメータによる2000m漕ぎ記録 424±15 秒)の血中脂質・リポ蛋白プロフィールを同年齢層の一般成人(31名, 24±1 歳, 173±6 cm, 65±8 kg)との対比で検討した。

C. 研究結果と考察

研究 1. 水泳教室において各種泳法をマスターした中高年女性のトレーニングメニューは以下の通りである。

17:30-17:45...柔軟体操、ストレッチ、筋力トレーニング

17:45-17:55...水中歩行(100m)、板キック(200m)

18:00-19:15...クロール(1000m)、背泳ぎ(150-200m)、平泳ぎ(150-200m)、バタフライ(100-150m)、クーリングダウン

1回に泳ぐ距離は上級者では1600mほどである。クロールは50m×20回、100m×10回、あるいは1000m持続泳など季節や日によって異なっていた。ここでは、50m×20回のトレーニングについて示す。トレーニングの開始時点での心拍数は101~105拍/分であり、1回目の終了時には138拍/分に増加し、インターバル中には113拍/分にまで回復していたが、次第に回復が悪くなり、20回目終了時に

は169拍/分にまで上昇していた。練習中の全平均心拍数は高齢女性では126拍/分であり、中年女性では143拍/分であった。高齢者と中年では練習内容が同じにもかかわらず、高齢者の心拍数は低かった。しかし、トレッドミル運動中の最高心拍数と比べると、両グループとも75-80%HRmaxを示していた。本被検者は心拍数から運動強度を推定すると、約90分間を75-80%HRmaxと高い強度で運動を行っていた。安全な運動強度の限界として、高齢者では60%VO₂maxが提案されているが、本高齢者の場合には70% VO₂max に相当する強度で運動をしていると考えられるが、水泳経験が4年以上になった健康な高齢者では、この程度の強度でも安全基準の上限範囲であるといえるだろう。

ここで対象とした高齢女性の脚伸展パワーや骨密度は中年女性に比べて30%低くなっていたが、呼吸循環機能は10%低くなっていた。そして、このようなトレーニングを達成できるようになった高齢者では3年間で呼吸循環機能が7%、脚伸展パワーも6%上昇しており、さらに、大腿骨頸部の骨密度も11%上昇しており、継続的なスイミングが高齢者の健康度を向上させることが明らかになった。

研究 2. 閉経前の中年一般女性19名(平均年齢:45歳, Peak VO₂:34ml/kg/分), 閉経前の水泳愛好中年女性11名(48歳, 42ml/kg/分)、閉経後の中高年一般女性16名(59歳, 33ml/kg/分)、閉経後の中高年水泳愛好者11名(57歳, 36ml/kg/分)の57名について検討した。閉経前の中年女性はいずれのグループもBMIが約21kg/m²であったが、水泳愛好者の体脂肪率は20%で一般女性の値(24%)よりも低かった。閉経前の水泳愛好中年女性では、スイミングトレーニング量が週に5kmと多くなっていたことが、呼吸循環機能、身体組成に影響を及ぼしていることが示唆された。しかし、血中脂質・リポ蛋白プロフィールには水泳愛好者と一般女性の間には差はみられなかった(トリグリセリド:61 vs 61 mg/dl, 総コレステロール:200 vs 203 mg/dl, HDL-コレステロール:78 vs 78 mg/dl, LDL-コレステロール:121 vs 116 mg/dl)。

また、閉経後の中高年女性のBMIは21-22 kg/m²

であり、体脂肪率も23-24%と水泳愛好者と一般人の両グループ間で顕著な差はみられなかった。また、血中脂質・リポ蛋白濃度についても両グループ間に顕著な差は認められなかった(トリグリセリド:78 vs 70 mg/dl,総コレステロール:215 vs 221 mg/dl, HDL-コレステロール:72 vs 75 mg/dl, LDL-コレステロール:143 vs 145 mg/dl)。

以上の結果から、中高年女性では水泳トレーニングによって閉経後のコレステロール上昇を抑制することがむずかしいことが示唆された。

研究 3. 高脂血症中高年女性のBMIはスイミングトレーニング開始前 ($21.3 \pm 1.9 \text{ kg/m}^2$) に比べて2年後 ($21.5 \pm 2.2 \text{ kg/m}^2$) でも変化しなかったが、Peak VO_2 は $32.4 \pm 3.2 \text{ ml/kg/分}$ から $34.5 \pm 4.2 \text{ ml/kg/分}$ へと増加していた。血中脂質・リポ蛋白濃度については、2年間の水泳トレーニングによって、顕著な変化が観察されなかった(トリグリセリド: $113 \pm 53 \rightarrow 95 \pm 30 \text{ mg/dl}$, 総コレステロール: $258 \pm 8 \rightarrow 251 \pm 21 \text{ mg/dl}$, HDL-コレステロール: $70 \pm 19 \rightarrow 72 \pm 20 \text{ mg/dl}$, LDL-コレステロール: $166 \pm 19 \rightarrow 159 \pm 26 \text{ mg/dl}$)。

これらの結果は高脂血症中高年女性ではスイミングトレーニングによって呼吸循環機能は向上するものの、血中脂質・リポ蛋白プロフィールには顕著な影響が現れにくいことを示唆している。

研究 4. 本研究で対象とした男性ウォーカー9名の年齢は 65 ± 7 歳であり、体重は 59.5 kg で冬に比べて 3 kg 減少していた。採血は1日に 20 km を歩いた後の夕食前に行い、血中脂質の検査は総コレステロール、HDL-コレステロールについて行った。

高齢男性ウォーカーの総コレステロール濃度は $206 \pm 22 \text{ mg/dl}$ (榊 SRL による基準値: $130-240 \text{ mg/dl}$)、HDL-コレステロール濃度は $68 \pm 11 \text{ mg/dl}$ (基準値: $35-82 \text{ mg/dl}$) であった。ウォーカーの血中脂質・リポ蛋白濃度は99年1月の値と比べて、HDL-コレステロールは同水準であったが、総コレステロールはやや高くなっていた。平均値で見るとウォーカーの総コレステロール値は適正域 ($< 200 \text{ mg/dl}$) よりもやや高くなっていたが、HDL-コ

レステロールは同年齢層の日本人の平均値 (50 mg/dl) よりも著しく高い水準であった。

以上の結果から、「伊能ウォーク」全行程に参加している高齢男性の血中脂質・リポ蛋白プロフィールは良好であることが明らかになった。

研究5. ボート選手のBMI ($22.5 \pm 1.7 \text{ kg/m}^2$) は一般人 ($21.8 \pm 2.4 \text{ kg/m}^2$) よりもやや高いが、体脂肪率はむしろ低く ($11 \pm 4\% \text{ vs } 13 \pm 5\%$)、筋肉質の体型であることが示された。さらに、ボート選手の呼吸循環機能 ($\text{VO}_2 \text{max}$; $61 \pm 4 \text{ ml/kg/分}$) は一般人 ($48 \pm 6 \text{ ml/kg/分}$) よりも著しく高く、ローイング運動が有酸素運動であり、かつレジスタンス運動であることが確認された。ボート選手の総コレステロール濃度 ($152 \pm 24 \text{ mg/dl}$) は一般人 ($184 \pm 25 \text{ mg/dl}$) よりも著しく低くなっており、それはボート選手のLDL-コレステロール濃度 ($79 \pm 20 \text{ mg/dl}$) が一般人の水準 ($112 \pm 20 \text{ mg/dl}$) よりも低いためであることが明らかになった。HDL-コレステロール濃度は選手が $60 \pm 12 \text{ mg/dl}$ で一般人が $59 \pm 9 \text{ mg/dl}$ であり両グループ間に差がみられなかったが、動脈硬化指数 (LDL-/HDL-コレステロール比) はボート選手 (1.41 ± 0.48) が一般人 (2.00 ± 0.56) に比べて著しく低くなっており、ローイング運動の抗動脈硬化作用が示唆された。ローイング運動は高齢者においても強度と運動時間、および頻度に配慮をすれば呼吸循環機能と筋量を高めるとともに、血中脂質・リポ蛋白プロフィールを改善するのに有効な運動である可能性が伺われた。

D. 結論

中高年女性においてスイミングはランニングと同様に長期間、継続して行うと呼吸循環機能を高める効果があることが明らかになった。しかし、一般に女性は運動の習慣がなくても血中脂質・リポ蛋白プロフィールが男性よりも抗動脈硬化型になっているので、週に1~2回のスイミングを行っても顕著な変化がみられなかった。また、高脂血症中高年女性でもスイミングの血中脂質・リポ蛋白プロフィール改善効果が認められなかった。

高齢男性では長期間にわたるウォーキングは血

中脂質・リポ蛋白プロフィールを抗動脈硬化型にすることが示唆された。また、男性ではローイング運動が呼吸循環機能、筋量を高め、血中脂質・リポ蛋白プロフィールを改善するの有効である可能性が示唆された。

本研究によって、血中脂質・リポ蛋白プロフィールの改善には、性、年齢、体力を考慮した運動処方が必要であることが明らかになった。

E. 研究発表

1. 論文発表

①樋口 満, 吉武 裕, 岡 純, 宮下充正: 「伊能ウォーク」に参加している高齢男性の血中脂質・リポ蛋白プロフィール. ウォーキング科学, No.3, 9-12, 1999.

②長谷川いずみ, 井上喜久子, 石井恵子, 樋口 満: 高校男子スピードスケート選手の栄養状態-ビタミンB₁及びビタミンB₂について-. 栄養学雑誌, 58: 2(印刷中), 2000.

③樋口 満: 現場に生かすスポーツ栄養学. 体育の科学, 50(3):232-235, 2000.

2. 学会発表

④樋口 満, 吉武 裕, 岡 純, 宮下充正: 「伊能ウォーク」に参加している高齢男性の血中脂質・リポ蛋白プロフィール. 第3回日本ウォーキング学会大会, 1999.4.10.

⑤Y.Kasuya, T.Takeyasu, T.Sekine, Mitsuda, I.Tabata, M.Higuchi: Effect of different types of carbohydrate ingestion on plasma adrenocorticotrophic hormones during prolonged exercise. American College of Sports Medicine 46th Annual Meeting, 1999.6.4.

⑥ T.Takeyasu, M.Higuchi, Y.Yoshitake, I.Tabata, H.Tanaka: Exercise life style and age-related decline of maximal oxygen uptake and lactate threshold in women. American College of Sports Medicine 46th Annual Meeting, 1999.6.5.

⑦中川裕子, 樋口 満, 根本 勇: ダウンヒルランニングがラット血漿および骨格筋におけるキサンチンオキシダーゼ活性に及ぼす影響. 第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑧樋口 満, 中川裕子, 武安岳史, 粕谷優子, 光田博充: アメリカンフットボール選手の筋損傷と酸化ビタミン栄養状態. 第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑨吉賀千恵, 川上泰雄, 福永哲夫, 岡村浩嗣, 樋口 満: 競技力向上の視点および健康増進の視点からみた「ローイング運動」第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑩武安岳史, 山川 純, 樋口 満: 中高年女性における持久的能力維持・増進のための水泳の運動強度. 第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑪武安典代, 矢満田真咲, 樋口 満, 加藤達雄: 若年女性運動鍛錬者における尿中 dehydroepiandrosterone (DHEA) 排泄量について. 第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑫粕谷優子, 光田博充, 武安岳史, 関根 豊子, 中川裕子, 樋口 満, 川野 因, 浜岡隆文: 運動時の飲料摂取の違いが水分吸収とエネルギー代謝に与える影響. 第54回日本体力医学会, 1999.9.30.

⑬関根豊子, 中川裕子, 井上喜久子, 樋口 満, 堀内昌一: 大学女子テニス選手の栄養摂取状況と体内ビタミン栄養状態. 第54回日本体力医学会, 1999.10.1.

⑭寺田 新, 田畑 泉, 横関利子, 小川貴志子, 樋口 満: 高強度・短時間および低強度・長時間水泳トレーニングがラット骨格筋GLUT4濃度に及ぼす影響. 日本運動生理学会第7回大会, 1999.10.10.

⑮吉賀千恵, 川上泰雄, 福永哲夫, 武安岳史, 岡村浩嗣, 樋口 満: ローイング・エルゴメータの成績に影響を及ぼす諸因子. 日本運動生理学会第7回大会, 1999.10.11.

高齢者の運動処方ガイドライン作成に関する研究

佐藤祐造(名古屋大学総合保健体育科学センター・教授)

高齢健常者、高齢耐糖能異常者、高齢脳卒中患者、高齢重症虚血性心疾患患者を対象に、インスリン抵抗性、血清脂質、筋力、全身持久力、心機能の観点より、歩行や水泳などの有酸素運動トレーニングの短期および長期縦断的検討を行った。トレーニング効果は全ての項目で3~4カ月以内に出現し、その後は消失することなく維持される事実が判明した。また、レジスタンス運動やHMG-CoA阻害薬、ACE阻害薬の併用は、有酸素運動のトレーニング効果を一層増大させる可能性が示唆された。以上の検討成績は高齢者のための具体的運動処方ガイドライン作成に貴重な情報を提供した。

〔研究組織〕

- 佐藤祐造 (名古屋大学総合保健体育科学センター教授)
- 佐藤徳太郎(国立身体障害者リハビリテーションセンター更正訓練所所長)
- 竹島伸生 (名古屋市立大学自然科学研究教育センター助教授)
- 野原隆司 (京都大学大学院医学研究科講師)
- 樋口 満 (国立健康・栄養研究所健康増進部室長)

A. 研究目的

インスリン抵抗性が、原発性肥満者、糖尿病患者および高齢者の病態生理学特徴の一つであり、随伴する高インスリン血症が高血圧症、高脂血症、動脈硬化性疾患を発症・進展

させることは、近年特に注目されている。一方、加齢に伴い、身体活動が低下し、除脂肪体重の減少とも相まって QOL が低下することも周知の事実であり、高血圧症、高脂血症、糖尿病、動脈硬化性疾患などいわゆる生活習慣病は加齢及び身体活動の低下と密接に関連している。にもかかわらず、高齢者にとって安全かつ有効な運動処方は、国内外を問わず、未だ確立されていない。そこで、本研究は、これまで2型糖尿病や高血圧症に有効とされてきた有酸素運動について、運動種目、運動強度、運動頻度について横断的ならびに縦断的検討を加え、さらにこれまで回避あるいは禁忌とされてきたレジスタンス運動の可否や重症心不全患者への適応に関しても、内分泌・代謝学的、呼吸・循環器学および運動生理学的見地より種々検索して、高齢者のための「運動処方ガイドライン」作成を目指す

ものである。

B. 研究方法

本研究は以下に示す 5 つのプロジェクトで構成されている。

1. 高齢糖尿病患者の運動処方 の確立: 対象を 65 歳以上の高齢健常者とし、長期の軽度有酸素運動トレーニング効果、レジスタンス運動トレーニング効果、有酸素運動とレジスタンス運動を組み合わせたトレーニング効果について検討した。週 3 日以上、1 日 30 分以上の歩行を中心とした軽度の有酸素運動トレーニングを 1 年間指導し、さらに 6 カ月間有酸素運動トレーニングを継続させた。トレーニング開始前、1 カ月後、4 カ月後、12 カ月後および 18 カ月後に、インスリン注入率が ($\text{mU}/\text{m}^2/\text{分}$)40(low-dose) および 400(high-dose) の sequential euglycemic clamp 法を実施し、glucose disposal rate(GDR)を算出、インスリン作用の指標とした。

次に、分担研究者の竹島伸生助教授の協力で、8 種類からなる油圧マシンを用い、1 セットが各 20 回、1 日 2 セットのレジスタンス運動を週 3 日、12 週間にわたり実施した。その前後に、前述の sequential euglycemic clamp 法を行い、glucose disposal rate(GDR)を算出し、インスリン作用の指標とした。

最後に、前述のレジスタンス運動に有酸素運動であるエアロボードを加えた well-rounded exercise program、いわゆる PACE トレーニングを 1 日 30 分、週 3 回、12 週間実施させ、その前後に sequential euglycemic clamp 法を実施した (佐藤祐)。

2. 糖尿病を合併する高齢循環器疾患患者の運

動処方の確立 : 耐糖能正常者 310 名(うち 50 歳以上は 55 名)、耐糖能異常者 117 名(うち 50 歳以上は 39 名)の計 427 名を対象とした。自転車エルゴメーターによる運動負荷試験より心拍数 170/分に相当する、あるいは年齢別予測最大心拍数の 75%に相当する運動負荷強度(PWC)を算出して、運動耐容能の指標とし、生活行動調査より得られた日常生活活動度や HDL-C との関連性について、重回帰分析法にて解析した。さらに、2 年間追跡調査が可能であった 170 名にも縦断的に検討を加えた。

また、東北大学医学部附属病院リハビリテーション科に入院した脳卒中患者 27 名を歩行介助群(17 名、運動療法実施群)と歩行自立群(10 名、安静群)に分け、リハビリテーション効果を Barthel index、75g 経口ブドウ糖負荷試験時のインスリン反応、血清脂質の観点より検索した(佐藤徳)。

3. 高齢者のためのレジスタンス運動処方の確立 : まず、油圧マシンによるレジスタンス運動が高齢者に安全に実施できるかについて検討した。すなわち、高齢健常者(平均年齢 75 歳)を対象に、レジスタンス運動前、中、後にわたり、心拍数、心電図、血圧をモニターし、安全性の確認を行った。次に、PACE ラインを用い、サーキット形式で有酸素運動+レジスタンス運動を行う well-rounded exercise program、いわゆる PACE トレーニングを 30 分間、12 週間、週 1 日群(12 名)、週 2 日群 (15 名)、週 3 日群(17 名)および安静対照群(19 名)に分け、PACE トレーニング効果および運動頻度の相違に関して、体組成、全身性持久力(VO_2LT 、 PeakVO_2)、筋力、骨密度、血清脂質の観点より検討を加えた(竹島)。

4.高脂血症を合併する高齢虚血性心疾患患者の運動処方確立：対象は6~12カ月の運動療法群(EX)で駆出率(ejection fraction, EF)<40%の者11名、EF>40%の者7名、非運動群(N-EX)ではEF<40%の者6名、EF>40%の者5名である。左室造影法より拡張終期容量、収縮期容量を求め、運動療法の効果およびHMG-CoA阻害剤の併用効果についてEFの改善度より比較した。さらに、EF<40%で拡張期径62.5mmの重症慢性心不全患者17名を対象に歩行を中心とした3カ月以上の有酸素運動とACE阻害薬(ACEI)治療の併用効果についても検討を加えた(野原)。

5.高齢高脂血症患者の運動処方確立：閉経前マスターズ中年女性スイマー、閉経前対照女性、閉経後マスターズ女性スイマー、閉経後対照女性を対象に、水泳トレーニングが血中脂質・リポ蛋白プロフィールに及ぼす影響について横断的検討を行うとともに、高齢女性に対する2年間の水泳トレーニング(1.7回/週)効果を血清脂質・リポ蛋白プロフィールおよび呼吸循環器機能面より縦断的検討を実施した。また、レジスタンス運動の代表的なローイング運動を日常的に行っている男性ボート選手41名と同年齢の成人男性における身体組成、全身持久力、血中脂質・リポ蛋白プロフィールの相違に関して横断的に検討した(樋口)。

C. 研究結果

low-dose および high-dose euglycemic clamp 法により、血漿インスリン濃度はそれぞれ50~100 μ U/ml、600~1,600 μ U/mlに達し、前者は physiological hyperinsulinemia、後者は

supraphysiological hyperinsulinemia に至った。また、clamp 中の血糖値は全例とも空腹時レベルに維持された。まず、有酸素運動トレーニングについて、low-dose clamp 法で得られたGDRは、トレーニング前 5.31 ± 1.23 ml/kg/分、トレーニング1カ月後 6.34 ± 1.29 mg/kg/分、4カ月後 6.57 ± 1.41 mg/kg/分となり、有意に増大($p < 0.05$)したが、12カ月後 6.44 ± 1.28 mg/kg/分とやや漸減し、18カ月後には 5.28 ± 1.21 mg/kg/分とトレーニング前と同一レベルになった。high-dose clamp 法のGDRでは、トレーニング前が 7.69 ± 0.88 mg/kg/分であり、1カ月後 10.15 ± 0.82 mg/kg/分、4カ月後 10.17 ± 1.10 mg/kg/分、12カ月後 10.92 ± 1.53 mg/kg/分と、有意の増加($p < 0.05$)が認められた。また、18カ月後にも 10.79 ± 1.24 mg/kg/分と、プラトー状態を維持していた。

次に、レジスタンス運動トレーニング効果において、low-dose clamp 法のGDRでは、 6.1 ± 0.6 mg/kg/分 から 6.8 ± 0.5 mg/kg/分と増大傾向を認めたが、有意差はみられなかった。high-dose clamp 法のGDRは、 10.4 ± 0.5 mg/kg/分から 11.3 ± 0.7 mg/kg/分へと有意に増加した($P < 0.05$)。

一方、レジスタンス運動を併用した well-rounded program の効果に関して、low-dose clamp 法のGDRでは、トレーニング前 6.2 ± 0.7 mg/kg/分がトレーニング後 7.2 ± 0.2 mg/kg/分と有意に上昇($p < 0.01$)した。high-dose 法のGDRは、トレーニング前 10.4 ± 0.5 mg/kg/分がトレーニング後 12.6 ± 0.7 mg/kg/分と有意に増大した($p < 0.01$)。また、体重、%FAT、血中レプチン値においては有意な変動が認められなかったが、血中

TNF- α 濃度は $3.67 \pm 1.81 \text{ pg/ml}$ から $2.32 \pm 1.39 \text{ pg/ml}$ へと有意に減少した ($p < 0.01$)。2.日常生活活動度と PWC との間には耐糖能正常群、異常群ともに有意の正相関が認められた ($r=0.307$, $p < 0.001$; $r=0.495$, $p < 0.001$)。50 歳以上の群においても同様の相関関係が成立した。また、PWC 低下防止には 1 日 16kcal の運動量の増加で可能となることが推察された。血清 HDL-C と運動活動度には正の相関関係 ($r=0.190$, $P < 0.05$) が、労働による活動度には負の相関関係 ($r=-0.183$, $P < 0.01$) が各々認められた。HDL-C 低下防止のためには 1 日 21kcal の運動量が必要であることも判明した。

次に脳卒中患者のリハビリテーション効果について、日常生活動作(ADL)の指標である Barthel index は 63/100 から 76/100 と有意に改善していた ($p < 0.01$)。BMI は、訓練前後で 22 kg/m^2 と不変であった。訓練前後の 75g 経口ブドウ糖負荷試験の結果、歩行介助群は、歩行自立群に比して、明らかに sigma IRI、PeakIRI の改善がみられた。また、HDL-C においても歩行介助群は、リハビリテーションにより、 48.6 ± 2.5 から $51.7 \pm 2.5 \text{ mg/dl}$ へと有意の増加を示した ($p < 0.05$)。

3.油圧マシンを利用したレジスタンス運動は収縮期血圧を 20~30mmHg 上昇させたが、心電図上に著変がみられなかった。PeakVO₂ と VO₂LT は、運動強度×時間における交互作用がみられ、運動頻度と全身持久力との関連性が明かとなった。特に週 3 日群に有意の増大が認められた ($P < 0.05$)。また、脚伸展パワーにおいて、運動頻度×時間に交互作用の存在が確認され、レジスタンス運動の回数が多い程、筋力は増大することが判明した。

したがって、全身持久力と筋力の向上のためには少なくとも週 2 日以上 PACE トレーニングが必要であることが推察された。

4.拡張終期容量は EF<40%で EX 群、N-EX 群ともに 10%の拡大を認めた。しかしながら、EF>40%では変化がなかった。収縮終期容量は EF<40%で EX 群で有意差がなかったが、N-EX 群で 10%拡大した。したがって、収縮力の指標である EF は、EX 群 (EF<40%) でのみ 20%改善した。一方、EF>40%の EX 群では改善傾向を認めたが、有意ではなかった。また、HMG-CoA 投与は一層改善傾向を助長させた。次に EF<40%の重症慢性心不全患者において Ex 群に ACEI を併用投与は EF を 18.3%改善させたが、Ex のみでは 14.5%ACEI 投与のみでは 11.4%の改善度にとどまった。なお、安静対照群は EF が 20.6%悪化した。

5.閉経前女性において、マスターズスイマー群の総コレステロール、HDL-コレステロールは対照群に比して高値であった。しかし、動脈硬化指数では著変はなかった。また、閉経後女性ではマスターズスイマー群、対照群とも総コレステロール、HDL-コレステロール、動脈硬化指数いずれも同一レベルであった。さらに、閉経後女性における 2 年間の水泳トレーニング効果に関して、BMI には変化がなかったが、PeakVO₂(ml/kg/分)は 32.4 ± 3.2 から 34.5 ± 4.2 へと有意に ($p < 0.01$) 上昇した。しかし、血中脂質・リポ蛋白濃度はいずれも有意な変化がみられなかったが、やや改善傾向を認めた(総コレステロール:258→251mg/dl、HDL-コレステロール:70→72mg/dl、LDL-コレステロール:166→159mg/dl、トリグリセリド:113→95mg/dl、動脈硬化指数:2.24→2.05)。

D. 考察

本研究の目的は、高齢者に歩行を中心とした軽度有酸素運動、レジスタンス運動を長期にわたり実施させ、内分泌・代謝、呼吸・循環器および筋力などの体力への効果を検討し、最終的には高齢者に対する生活習慣病の発症、進展の防止、および QOL 向上のための運動処方ガイドラインを作成することにある。

まず、初年度(平成 9 年度)の研究において、加齢や糖尿病、虚血性心疾患などの生活習慣病に伴う種々の病態、すなわち、インスリン抵抗性、全身持久力、筋力低下、循環反応の減弱および心機能の低下は歩行、水泳などの軽度な有酸素運動により改善し得ることおよびレジスタンス運動は高齢者に対しても安全に実施可能であることが判明した。

次に、第 2 年度(平成 10 年度)および最終年度(平成 11 年度)の研究成績では、加齢や虚血性心疾患、脳卒中などの動脈硬化性疾患によりもたらされたインスリン抵抗性、HDL-コレステロールの低下、心機能の減弱、全身持久力の低下に対して、歩行やマイペースの水泳で代表される軽度の有酸素運動トレーニングは、3~4 カ月の短期的観点で見れば、上述の検討項目が全て改善された。また、1~2 年の長期縦断的検討では、トレーニングの短期効果を減弱させることなく、プラトー状態を維持・継続させた。すでに、これまでの報告で明らかになったように、トレーニング効果は検討項目により相違はあるものの、数日から 3 カ月で消失することが知られており、したがって、軽度の有酸素運動トレーニングは減弱した種々の機能を回復させ、その状態を維持・継続させるのに有効であると考えられる。また、今回、PACE トレーニン

グで代表されるレジスタンス運動の併用や ACE 阻害薬の併用は、有酸素運動単独療法による効果を一層増大させる可能性を示唆しているものと思われる。さらに、これまで、重症心不全患者に対しては回避または禁忌とされてきた運動療法が臨床上有効であるという極めて有意義な知見が得られた。

したがって、3 年間にわたる検討成績により、高齢者の運動処方の際して、以下の指針が得られた。すなわち、

- 1)歩行、水泳、ラジオ体操、ストレッチ運動などの全身性の有酸素運動を 1 日 30 分間、週 3 日以上、可能な限り継続することが基本である。
- 2)筋力低下、インスリン抵抗性が著しい場合は、レジスタンス運動を併用する。
- 3)重症慢性心不全患者、高コレステロール血症合併虚血性心疾患患者には、それぞれ ACE 阻害剤、HMG-CoA 阻害剤を併用する。

しかしながら、検討症例数が十分とは言えず、また、効果出現に個体差が著しいことも判明した。今後、検討症例数を一層増やし、個体差要因としての遺伝的特性についても検討する必要性が生じ、本研究の継続を痛感するものである。

E. 結論

3 年間にわたった本研究成績は、加齢によるインスリン抵抗性血清脂質異常、全身持久力や筋力の低下、さらには、これらの結果発症した脳卒中、虚血性心疾患に対して運動療法の有効性を示しており、高齢者のための具体的運動処方ガイドライン作成に極めて貴重な情報を提供した。近日中にガイドラインを作成し、出版する予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) N.Nakai, Y.Sato et al: Activities of liver pyruvate dehydrogenase complex and 3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase in sand rat (*Psammomys obesus*), *Life Science*, 60: 51-55, 1997.
- 2) N.Nakai, Y.Sato et al: Effects of aging on the activities of pyruvate dehydrogenase complex and its kinase in rat heart, *Life Science*, 60:2309-2314, 1997.
- 3) 芳賀脩光、佐藤祐造他: 健常高齢者の運動耐容能および歩行の限界と安全範囲、*日本運動生理学雑誌*、4:105-115、1997.
- 4) 柳本有二、佐藤祐造他: 女性高齢ケアハウス入居者における日常歩行活動の構成要素、*体力科学*、46:489-500、1997.
- 5) N.Iwao, Y.Sato et al: Regional difference in lipolysis caused by a β -adrenergic agonist as determined by the microdialysis technique,
- 6) T.Fujii, Y.Sato et al: The association of physical activity level characteristics and other lifestyles with obesity in Nagoya University alumni, *Japan, Scand. J. Med. Sci. Sports*, 8:57-62,1998.
- 7) 佐藤祐造: 高血圧の非薬物療法—運動療法を中心にして—、*臨床高血圧*、3:109-115、1997.
- 8) 中井直也、佐藤祐造他: 中年・熟年にかかわる栄養とスポーツの課題、*臨床スポーツ医学*、14(9):997-1002、1997.
- 9) 佐藤祐造、大平充宣: 糖尿病患者への運動処方—理論的背景と実践—、*医学のあゆみ*、183:462-463、1997.
- 10) 佐藤祐造: 運動療法に関する基本的事項、*日本臨床 糖尿病 2 1997 年増刊号 通巻 725*、79-83、1997.
- 11) 佐藤祐造他: 運動処方プログラム、*日本臨床 55*、1997 年増刊 *糖尿病 2*、84-88、1997.
- 12) 佐藤祐造: 運動と生活習慣病、*最新医学*、53: 80-86、1998.
- 13) 佐藤祐造: 糖尿病と健康、運動、食糧・栄養・健康'97 (食糧栄養調査会編)、*医歯薬出版*、東京: 46-54、1997
- 14) 佐藤祐造、押田芳治: 科学的な根拠に基づき治療を考える 運動療法の理論と実際、*Modern Diabetes・糖尿病の診断と治療*(河盛隆造他編集)、*メジカルビュー社*、東京、123-129、1997.
- 15) 佐藤祐造他: 臨床セミナー 糖尿病の運動療法の適応と実際、*糖尿病記録号 1996*((社)日本糖尿病学会監修、第 39 回日本糖尿病学会会長野中共平編集)、*医学図書出版*、東京、119-124、1997.
- 16) 小川晋、杉村和彦、福田元司、佐藤千晴、佐藤徳太郎: ボグリボースの臨床的效果と食事療法遵守の必要性の検討、*糖尿病*、41:171-177、1998.
- 17) 佐藤徳太郎: 糖尿病の運動療法、*リハビリテーション医学*、34:202-204、1997.
- 18) 佐藤徳太郎: 内科疾患と運動療法—糖尿病、—総合リハビリテーション、25:202-204、1997.
- 19) 吉田俊子、神本昌宗、佐藤徳太郎: 糖尿病—知能低下症例への教育効果、*日本臨床*、55:380-383、1997.

- 20) 佐藤徳太郎：糖尿病—生体アミン、日本臨床、55:164-173、1997.
- 21) 後藤由夫、及川真一、佐藤徳太郎他：Niceritrol による動脈硬化性疾患に対する予防疫学研究、動脈硬化、24:831-841、1997.
- 22) 吉田俊子、佐藤徳太郎他：急性心筋梗塞患者の QOL に及ぼす要因、心臓リハビリテーション、2:125-130、1997.
- 23) S.Inomata, T.Sato et al: Serum levels of erythropoietin as a novel marker reflecting the severity of diabetic nephropathy. *Nephron* 75, 426-430,1997.
- 24) M.Kohzuki et al: Disability prevention of chronic heart failure (CRF) : introduction of animal heart failure model to study of rehabilitation medicine. The 8th World Congress of the International Rehabilitation Medicine Ass. 1001-1004, 1997.
- 25) M.Kohzuki, T.Sato et al: Disability prevention of chronic renal failure : introduction of animal renal failure model to the study of rehabilitation med. The 8th World Congress of the International Rehabilitation Med. Ass.1033-1036,1997.
- 26) M.Kohzuki, T.Sato et al: Disability prevention of chronic renal failure failure (CRF) : effect of exercise mild to moderate exercise in rats with CRF. The 8th World Congress of the International Rehabilitation Medicine Ass. 1037-1040,1997.
- 27) 李林雪、野原隆司 他：慢性冠動脈疾患に対する長期集団運動療法の効果。呼吸と循環 44:745-751、1997.
- 28) 野原隆司 他：運動療法における左心機能改善効果 循環制御 18(3):310-315、1997.
- 29) K.Kawanaka, M.Higuchi et al: Moretetanic contractions are required for activating glucose transport maximally in trained muscle. *J. Appl. Physiol.* 83:429-433,1997.
- 30) K.Kawanaka, M.Higuchi et al: Changes in insulin-stimulated Glucose transport and GLUT-4 protein in rat skeletal muscle after training. *J. Appl.Physiol.*83:2043-2047, 1997.
- 31) 宮下充正,樋口 満: 老化と体力, 図説高齢者白書 97, 全国社会福祉協議会, 東京,94-103,1997.
- 32) 樋口 満,根本 勇: 高脂血症の運動療法 (a)運動の健常者の血中脂質・リポ蛋白プロフィールに及ぼす影響, 臨床スポーツ医学, 15(4):357-362,1998.
- 33) T.Fujii, Y.Sato et al: The association of physical activity level characteristics and other life styles with obesity in Nagoya University alumni, Japan, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 8: 57-62, 1998.
- 34) T.Ookuwa, Y.Sato et al: Novel assay for glutathione reductase activity by high performance liquid chromatography with electrochemical detection,