

足首の歩数から算出される運動消費エネルギー量は1日約200Calとなる。BMIは、治療前後でともに2.2であり、リハビリテーション治療期間に体重の増減はなかった。しかし、全体として耐糖能は改善傾向を示し、血清HDLコレステロールもリハビリテーション治療後に増加する傾向を示した。また、インスリン抵抗性の改善も認められた。一般に、強度の運動はインスリン感受性を高めて耐糖能を改善すると報告されているが、身体障害を治療する過程では健常者以上に身体活動は制限されているので、この程度の運動量が現実的なレベルと推定される。二次障害予防の観点からは、必要に応じて食事療法や薬物療法をも加味した総合的な対策を行うべきである。

E. 結論

日常生活活動度が高い者では運動耐容能が高く、HDLコレステロールは労働による活動度の増加とともに低下する傾向を示し、スポーツなどの運動の活動度の増加によっては逆に増加する傾向を示し、運動を日常生活に取り入れることの意義が確認された。また、縦断的研究から、運動耐容能の変化にはある程度長期にわたって身体運動を高めることが必要であり、HDLコレステロールの低下を予防するためには1日約50Kcalに相当する運動量の増加が必要であることが示された。脳卒中のリハビリテーションにおける身体運動エネルギー消費量は1日約100Calであり、身体機能の改善以外に、血清HDLコレステロールやインスリン抵抗性などの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. 発表論文
1. T. Sato, M. Oouchi, H. Nagakubo, T. Chiba, S. Ogawa, C. Sato, K. Sugimura, M. Fukuda: Effect of pravastatin on plasma ketone bodies in diabetics with hypercholesterolemia. *Tohoku J. Exp. Med.* 185: 25- 29, 1998.
2. Z.L.Jiang, T. Harada, M. Yokokawa, M. Kohzuki, T. Sato : Muscle damage induced by experimental hypoglycemia. *Metabolism* 47: 1472-1476, 1998.
3. M. Kohzuki, M. Kamimoto, X. M. Wu, K. Yoshida, T. Sato: Chronic effects of FR139317 and enalapril on renal failure rats with moderate exercise. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. 31(Suppl 1): 486-488, 1998.
4. M. Kohzuki, S. Tanda, K. Hori, K. Yoshida, M. Kamimoto, X-M. Wu, T. Sato: Endothelin receptors and angiotensin II receptors in tumor tissue. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. 31(Suppl 1): 531-533, 1998.
5. N. Kuge, K. Sugimura, M. Kohzuki , T. Sato: Determination of urinary hydrogen peroxide excretion. *Free Radical Research* (in press) 1999.
6. N. Kuge, M. Kohzuki, T. Sato: Relation between natriuresis and urinary excretion of hydrogen

- peroxide. Free Radical Research (in press) 1999.
7. T. Yoshida, M. Kohzuki, K. Yoshida, M. Hiwatari, M. Kamimoto, C. Yamamoto, S. Meguro, S. Endo, A. Kato, M. Kanazawa, T. Sato: Physical and Psychological Improvements after Phase II Cardiac Rehabilitation in Patients with Myocardial Infarction. Journal of Nursing (in press) 1999.
 8. M. Kohzuki, X-M. Wu, M. Kamimoto, K. Yoshida, M. Watanabe, M. Hashimoto, M. Kanazawa, T. Saito, M. Yasujima, T. Sato: Renal-protective effect of non-depressor dose of cicletanine in streptozotocin diabetic rats. Journal of Hypertension (in press) 1999.
 9. 佐藤徳太郎、齋木しゅう子、横川正美：運動療法—脳卒中。Me bio、5：60—63, 1998.
 10. 上月正博：脳卒中患者における虚血性心疾患の発病の背景。リハビリテーション医学、35：209—212, 1998.
 11. 佐藤徳太郎、斉藤和子、齋木しゅう子：白血球中性プロテアーゼ。日本臨床、56：154—159, 1998.
 12. 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効果と食事療法遵守の必要性の検討。糖尿病、41：171—177, 1998.
 13. 久家直巳、佐藤徳太郎：運動負荷による尿中過酸化水素排泄量の変化。理学療法科学、13：39-43, 1998.
 14. 丹野尚、佐藤徳太郎：薬物療法中の肥満糖尿病に対する塩酸ブホルミン、アカルボース併用投与の効果。PRACTICE, 15：75-80, 1998.
2. 学会発表
1. M. Kohzuki, X-M. Wu, M. Kamimoto, K. Yoshida, M. Watanabe, M. Yasujima, T. Sato: Renal-protective effect of non-depressor dose of cicletanine in streptozotocin diabetic rats. Proceedings of the 17th Scientific Meeting of the International Society of Hypertension. 1998.
 2. M. Kohzuki, M. Kamimoto, X-M. Wu, K. Yoshida, M. Hashimoto, M. Yasujima, T. Sato: Chronic effects of an endothelin type A receptor antagonist and an ACE inhibitor on renal function in renal failure rats with moderate exercise. Proceedings of the 17th Scientific Meeting of the International Society of Hypertension. 1998.
 3. M. Kohzuki, S. Tanda, K. Hori, T. Sato: Attenuated vasoconstrictive response to angiotensin II and angiotensin II receptor subtypes in tumor tissue. Proceedings of the 18th World Congress of the International Union of Angiology. 1998.
 4. 横川正美、上月正博、後藤葉子、佐藤徳太郎：脳卒中患者における糖・脂質代謝と

身体活動量についての検討。日本理学療法士学会、1998.

5. 佐藤徳太郎：日常生活活動度と運動耐容能及び血清HDLコレステロールとの関連。第2回運動療法研究会、1月、1999.
6. 神本昌宗、上月正博、佐藤徳太郎、笠井豊：健常人における運動負荷時の循環反応を規定す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、5月、1999.
7. 佐藤徳太郎：日常生活活動度と運動耐容能及び血清HDLコレステロールとの関連。第36回日本リハビリテーション医学会学術集会、5月、1999.

高齢者のためのレジスタンス運動処方法の確立

分担研究者 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

平成10年度の研究では、油圧によって制御されたマシンを利用した PACE line による総合的トレーニング（PACE マシンによるレジスタンス運動＋リズム運動を中心としたエアロビクス運動による構成内容）を用いて、高齢者に対する定期的な運動による生理的効果を調べた。週3日、30分/日（主運動）、12週間に亘る PACE トレーニングをおこなわせたところ、全身持久性、筋力、筋パワー、敏捷性、体組成（とくに体脂肪率）、高比重リポ蛋白(HDL)コレステロールなどへの有意な向上が認められた。本研究からは、well-rounded exercise としての有用性が確認された。しかし、骨密度(DXA 法)については運動前後で有意な変化が認められなかった。

A. 研究目的

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することをねらいとし、本研究で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ての運動の有効性を検討する。運動の効果を最大限に引き出すためにレジスタンス運動に加えて従来より推奨されているエアロビクスをも含めた well-rounded exercise program の本邦高齢者への導入の有用性を調べ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 line による総合的トレーニングを用いて、運動頻度が3日/週、運動期間が12週間のトレーニングをおこなわせ、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。

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、38名の参加者をえた。運動前のメディカルチェックをおこなった後に2群に分けた。すなわち、運動をすぐに実施する群（前半）と3ヵ月後に運動を開始する群（後半）とした。後半群では、前半群が運動を継続している期間で通常的生活（とくに運動をしない）をおこなってもらい、この間に得られた成績を非運動群（対照群）の結果として扱った。PACEマシンを利用した運動が嫌いであること、週3日の運動頻度で続かないということなどの理由で途中3人がドロップアウトした。最終的には、運動群は18人（E群、平均年齢 68 ± 5 歳）、非運動群17人（C群、 68 ± 3 歳）となった。

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

ついでの説明をおこない、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（VO₂LT）、最高時酸素摂取量（VO₂peak）、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。さらに、活力年齢についても算出した。

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、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：運動前後の検査値の比較は繰り返しによる分散分析により検討した。統計的有意水準は 5%とした。

C. 研究結果

体重は両群ともに有意な変化が認められなかったが、%fat は E 群がトレーニング後に有意に減少した。全身持久性体力では、E 群が VO₂LT (13.9 → 18.0 ml/kg/min)、VO₂peak (23.9

→27.4 ml/kg/min)ともに有意に増加した。脚伸展パワー、サイドステップ、立位体前屈についても E 群で有意な改善が認められた(341→430 W、25.5→29.1 回、2.5→5 cm)。HDL コレステロールも同様に改善が認められた(60.7→71.6 mg/dl)。活力年齢についても E 群で7歳程度若返った。一方、C群ではいずれの項目に有意な変化を認めなかった。しかし、E群における骨密度については C 群と同様に明らか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 と呼ばれ、幅広い対象に勧められている。本研究においては、高齢者に対する週3日、12週間に亘る定期的な PACE トレーニングにより、%fat が有意に低下し、全身持久性、腕や脚および腹背筋の多くの部位における筋力、筋パワー、柔軟性、敏捷性が改善した。HDL コレステロールも有意に改善した。活力年齢も7歳程度若齢化した。このように多くの測定項目で良好な結果が得られた。これらの結果からエアロビクスとレジスタンスのそれぞれから期待される効果を顕著に示したものとみられ、高齢者における PACE トレーニングの有用性が確かめられたといえる。しかし、骨密度については著明な変化が認められなかった。この点については今後の課題とみられる。長期的に同様の形態の運動を継続することが困難という被検者の感想もあり、運動頻度と運動効果などとの関係や実用的な観点からの具体的な運動方法について今後さらに検討することが望まれる。これらの課題は平成 11 年度の研究計画に盛り込みたい。

E. 結論

本研究では、油圧によって制御されたマシンを利用した PACE line による総合的トレーニング (PACE マシンによるレジスタンス運動+リズム運動を中心としたエアロビクス運

動による構成内容)を用いて、高齢者に対する定期的な運動による生理的効果を調べた。週3日、30分/日(主運動)、12週間に亘る PACE トレーニングをおこなわせたところ、骨密度を除き、全身持久性、筋力、筋パワー、敏捷性、体組成(とくに体脂肪率)、高比重リポ蛋白(HDL)コレステロールなどへの有意な向上が認められた。本研究からは、well-rounded exercise としての有用性が確認された。

F. 研究発表について

平成 11 年度アメリカオーランドで開催される Physical activity & Aging の国際会議などで発表予定。

高齢者虚血性心疾患患者の運動処方

分担研究者 野原隆司

京都大学医学研究科循環病態学 講師

心機能低下群における運動療法効果について検討した。心機能を心駆出率40%でわけて検討すると、EFが40%を下回る群に於いて有意な改善が確認された。また運動とACE阻害薬の併用効果についての検討では、併用がremodelingを含めた機能改善に役立つことが確認された。故に運動は心機能を低下させることなく心不全治療として期待できるものと考えられる。

キーワード：運動療法、心機能、リモデリング、ACE阻害薬

A. 研究目的

脂質代謝の改善には食事だけよりは運動の併用が効果的であることが報告された (New Engl J Med 1998; 339: 12-20)。またこの脂質代謝が心筋代謝に与える重要性はBMIPP (betametyliodoohenyl pentadecanoic acid) という tracer を用いてかなり精力的に検討されている^{1,4)}。しかし、運動との関係については未解明な部分が多い。特に急性心筋梗塞を含めた心機能不全を有する高齢者の運動療法は、未だその適否を含めて不明点が多い分野である^{5,6)}。しかし、心機能 (心駆出率) の悪化は生存率に関係して指数関数的に増加することは明瞭な事実である。今回はこの点を明らかにすべく、高脂血症患者を含めて運動が心機能に及ぼす影響について検討することを目的とする。

B. 研究方法

1) プロトコール1は、心不全状態で心機能がNYHA分類のII-IIIに相当する患者で運

動療法効果を検討した。対象患者は6-12ヶ月の運動療法群 (EX) でEF<40%のもの11名、EF>40%のもの7名、更に非運動群 (N-EX) でEF<40%のもの6名、EF>40%のもの5名である。

2) プロトコール2は、心拡大を有する12名の患者で、運動とremodelingの抑制効果を有するACE阻害薬 (ACEI) の併用効果を検討した。3ヶ月以上の期間でAT以下の歩行運動を行った。ACEIは5名に投与した。ACEI投与群 (EDd=66.9±6.5) と非投与群 (EDd=62.2±7.5) に拡張径に差は無かった。

C. 研究結果

プロトコール1の結果：拡張終期容量はEF<40%群でEX, N-EXともに10%の拡大を認める。しかしEF>40%群では変化を認めなかった。収縮終期容量はEF<40%群でEX群で差が無かったが、N-EX群で10%の拡大を認めた。このため収縮力の指標であるEFは、EX群 (EF<40%) でのみ20%の改善を認めた。EX群 (EF>40%) では改善は認められたものの有意では無かった。

プロトコール2の結果：ACEI (+) のEFの

改善が80%に比してACEI(-)は57%であった。更に、EXとACEI(+)群のEFの改善が100%認められたのに比して、ACEIとEX(-)群では50%にとどまった。またpeak V02は前者が19.1ml/min, 後者は16.9と差を認めた。またEX(+)群でACE(+)群のEFの改善率が51.5±31.2%であるのに比して、ACE(-)群は17.2±13.6%と差を認めた。またACE(-)群で、EX(+)群のEF改善率が17.2±13.6%であるのに比して、EX(-)群では-20.6±17.5と大きな差を認めた。よって運動そのものの効果は極めて明瞭であったが、運動療法とACEIの併用は、心機能の改善に更に有効である可能性が示された。

D. 考察

虚血性心疾患治療については色々な可能性が模索されている⁷⁻¹¹⁾。運動もその一つとして重要視される。心機能が運動によって修飾され、悪化する可能性が3-4年前まで議論されていた。しかし、この議論についてはイタリアを中心とした多施設研究で運動が心機能悪化には働かない結果が出された。また冒頭に示した様に運動と食餌療法の併用効果は、効果的にLDLを改善する事も示されている。脂質代謝の改善については、endothelの機能改善も示されており、心機能、冠血管の両者に運動が良好な効果を示すことがこれで証明されている事になる。今回の症例数が十分では無く更に経験を積み重ねる必要はあるものの、心拡大を伴う症例に対する運動治療効果が明瞭である。Remodelingについては心筋梗塞後の大きな問題であり、梗塞部の膨隆、対側部の肥大、左心室の拡大がある。メカニズムについては虚血、ストレス、心筋のslippage等考えられているが、ACE阻害薬が効果的であることは証明されている。今

回、運動との併用効果が明瞭になった事で更に運動治療に拍車がかかるものと考えられる。

E. 結論

運動療法による機序は逐次更に検討されねばならないが、今回の我々の結果は運動療法による高齢者の心機能改善効果(特にEFの低下群)と、remodelingに対する運動とACE阻害薬の併用効果が確認された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Nohara R, et al : Effect of metabolic substrate on-BMIPP metabolism in canine myocardium. J Nucl Med ; 1998, 39:1132-1137
- 2) Tadamura E, Nohara R, et al : First-pass radionuclide angiography using iodine-123 myocardial tracers and a multicristal gamma camera. J Nucl Med ; 1998, 39:938-944
- 3) Nohara R, et al : Basic kinetics of 15-(p-iodophenyl)-3-R, S-methylpentadecanoic acid (BMIPP) in canine myocardium. Int J Cardiac Imaging ; 1999, 14(in print)
- 4) Hosokawa R, Nohara R, et al : Myocardial metabolism of ¹²³I-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
- 5) Li Linxue, Nohara R, et al : Effect of long-term exercise training on regional myocardial perfusion

- changes in patients with coronary artery disease. Jpn Circ J ; 1999, 63:73-78
- 6) Ishihara S, Nohara R, et al : Immune function and psychological factors in patients with coronary heart disease (I). Jpn Circ J ; 1999, (in print)
 - 7) Tanaka T, Nohara R, et al : Marked elevation of brain natriuretic peptide levels in peri-cardial fluid is closely associated with left ventricular dysfunction. J Am Coll Cardiol ; 1998, 31:399-403
 - 8) Wakasugi H, Nohara R, et al : Effect of clarithromycin on renal excretion of digoxin : Role of P-glycoprotein. Clinical Pharmaceutical and Therapeutics ; 1998, 64:123-128
 - 9) Fujita M, Nohara R, et al : Importance of α_1 -sympathetic activity for disnormal changes in ischemic threshold in patients with stable angina. Clinical Cardiol ; 1998, 21:357-361
 - 10) Fujita M, Nohara R, et al : Marked elevation of vascular endothelial growth factor and basic fibroblast growth factor in pericardial fluid of patients with angina pectoris. Angiogenesis ; 1998, 2:105-108
 - 11) Tanaka T, Nohara R, et al : Improvement of exercise capacity by sarpogrelate as a result of augmented collateral circulation in patients with effort angina. J Am

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—

分担研究者 樋口 満 国立健康・栄養研究所 健康増進部 室長

日常規則的に高い頻度でスイミングを行っている中高年女性スイマーのBMIは低く、呼吸循環機能は高くなっていたが、血中脂質・リポ蛋白は一般女性と差がみられなかった。スイミングを始めて2年間を経過した中高年女性でも呼吸循環機能は顕著に増加していたが、血中脂質・リポ蛋白には目立った変化がみられなかった。長期間のウォーキングイベント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抗動脈硬化型を示した。

A. 研究目的

一般に女性は男性に比べてHDL-コレステロールが高く、LDL-コレステロールが低いことが知られているが、閉経後には加齢とともに体脂肪率が上昇し、LDL-コレステロールの上昇と、それに関連して心疾患による死亡率も増加する傾向が認められている。脂質代謝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。

本年度の研究においては、はじめ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おり、競技会にも積極的に参加している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明らかにする。つぎに、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、今年度はトレーニングが2年間経過した時点での結果を、参加頻度が高いグループについて報告する。また、これまで水泳愛好者に対

して行ってきた呼吸循環機能の測定法の妥当性、及び水泳トレーニングの強度・泳距離などについてレベル別に検討を加える。

さらに、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・リポ蛋白プロフィールに関する研究を開始したので、その一部を報告する。

以上の研究から高齢者の健康の保持・増進を目的とした運動処方の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. 研究方式

研究 1. 競技会にも積極的に参加している中高年女性マスターズスイマーについて横断的観察を行った。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。閉経前中年女性（平均年齢：48歳、

1年後のトレーニング量: 2 km/週, Peak Vo2: 35 ml/kg/分)、マスターズスイマー (平均年齢: 48歳, トレーニング量: 5.1 km/週, Peak Vo2: 41 ml/kg/分) ではいずれも体格指数(BMI)は約22 kg/m²であった。また、閉経後の中高年女性(58歳, 2 km/週, 33 ml/kg/分)、マスターズスイマー(52歳, 5.6 km/週, 38 ml/kg/分)のBMIは21-22 kg/m²であった。

研究 2. 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中高年女性14名(水泳開始時の年齢: 60±6歳, 身長: 154±5 cm, 体重: 52.7±7.0 kg, 参加頻度: 1.7±0.3回/週)についてトレーニング開始1年後と2年後の変化を検討した。

研究 3. スイミング教室参加者のうち、参加して間もない初心者7名(年齢: 57±8歳, BMI: 24±5 kg/m², Peak Vo2: 31±6 ml/kg/min)、6ヶ月から1年程度の中級者6名(56±6歳, 22±2 kg/m², 34±1 ml/kg/min)、そして2年以上継続して参加している上級者8名(57±8歳, 23±4 kg/m², 33±5 ml/kg/min)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、レベル別にみたトレーニング状況を生理学的に検討した。さらに、水泳教室参加者にマスターズスイマーと指導者を加えた10名について、水泳運動中の酸素摂取量を速度漸増法で測定し、トレッドミルにより求めたPeak Vo2との比較を行った。

研究 4. 日本歩け歩け協会等が主催する「伊能ウォーク」が本年1月末から行われている。「伊能ウォーク」とは日本測量の旅をした伊能忠敬の故事にちなみ全国約1万kmを2年間かけて歩くイベントである。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、東京出立前の首都圏五街道大会期間中の血中脂質・リポ蛋白プロフィールを同年齢層のランナー・スイマーと比較した。

C. 研究結果と考察

研究 1. 血中脂質・リポ蛋白濃度を閉経前中年女性についてみると、総コレステロールはマスターズスイマー(215±40 mg/dl)が1年間の水泳トレーニング後の中年女性(195±27 mg/dl)よりも高い傾向であったが、それはマスターズスイマーのHDL-コレステロール濃度(82±17 mg/dl)が1年間の水泳トレーニング群の水準(74±15 mg/dl)よりも高かったためと考えられる。また、動脈硬化指数(LDL-/HDL-コレステロール)でみるとマスターズスイマー(1.50±0.44)と1年間の水泳群(1.52±0.56)との間に顕著な差はみられなかった。

閉経後についても同様に比較すると、総コレステロールには2群間に顕著な差はなく(マスターズ: 218±21 mg/dl, トレーニング後の中年女性: 229±28 mg/dl)、HDL-コレステロール濃度もそれぞれ72±14, 69±22 mg/dlと平均値には差がみられなかった。動脈硬化指数もそれぞれ1.95±0.54, 2.36±0.96で両群間には顕著な差は認められなかった。

これらの結果はBMIが適正な中高年女性ではスイミングトレーニング量が多くなっても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 2. 中高年女性水泳愛好者のBMIはトレーニング開始前(22.2±2.0 kg/m²)に比べて1年後(22.3±2.0 kg/m²)、2年後(22.0±2.3 kg/m²)でも変化しな

かった。一方、PeakVo2は1年後(30±2→31±3 ml/kg/分, P<0.05)にやや増加し、2年後(33±4 ml/kg/分, P<0.01)にはさらに増加した。

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、いずれも顕著な変化が観察されなかった(トリグリセリド:78±31→73±22→74±20 mg/dl, 総コレステロール:225±38→232±30→231±26 mg/dl, HDL-コレステロール:69±23→69±18→75±19 mg/dl, LDL-コレステロール:140±30→148±34→141±26 mg/dl)。さらに、動脈硬化指数(LDL-/HDL-コレステロール)は2年間の水泳トレーニングによって、やや低下したものの統計的に有意な変化ではなかった(2.24±0.89→2.30±0.84→2.05±0.82)。

これらの結果から適正なBMIを有する健康な中高年女性においては、水泳を週2回程度の頻度で2年間行くと呼吸循環機能は向上するものの、閉経後に認められる血中脂質・リポ蛋白プロフィールの易動脈硬化傾向の顕著な改善はむずかしいことが示唆された。

研究3. 当研究所で行っている水泳教室の初心者の1回当たりのトレーニングの泳距離は700~800m、中級者は1200m程度であり、上級者では1600mほどである。50mスイミングを10本行うトレーニングの開始時点での平均心拍数は101~105拍/分で3グループ間に差はみられなかった。50mスイミングの平均所要時間は初心者、中級者、上級者でそれぞれ103±27, 74±5, 63±5秒であり、3グループ間に明らかな差が認められた。そして、このトレーニング中の平均心拍数はそれぞれ146±8, 139±6, 142±13拍/分であり、3グループ間に顕著な差はみられなかった。この結果から、スイミング中の時間当たり

のエネルギー消費量にはレベルの違いによる差がみられないが水泳技術、つまり効率の違いにより泳速度が異なるため、一定の距離を泳ぐのに要する時間に差が出ることによって、1回のトレーニングによる泳距離に顕著な差が出ていることが明らかになった。

水泳による速度漸増法によって得られた全対象者のPeakVo2は28±7 ml/kg/分であり、トレッドミルにより求めた値(32±6 ml/kg/分)よりも低く、85±9%の水準であった。しかし、トレッドミルとスイミングによるPeakVo2の間には非常に高い相関関係(r=0.91, P<0.001)が認められた。この結果から、本研究プロジェクトにおいて呼吸循環機能の指標として測定しているトレッドミルを用いた歩行と走行による漸増負荷法で求められたPeakVo2は、水泳トレーニングによって変化した呼吸循環機能を評価する指標として適切であることが示唆された。

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67±5歳(平均±SD)、BMIは22.5±2.4 kg/m²であった。採血は午前中に20kmを歩いた後の昼食後(午後3時)に行った。血液検査項目は総コレステロール、HDL-コレステロール、フルクトサミン、ヘモグロビンA1c(HbA1c)、及び過酸化脂質であった。高齢男性ウォーカーの総コレステロール濃度は192±28 mg/dl(併SRLによる基準値:130-240 mg/dl)、HDL-コレステロール濃度は71±15 mg/dl(基準値:35-82 mg/dl)であった。総コレステロール/HDL-コレステロール比を動脈硬化指数とすると、2.78±0.48であった。糖代謝マーカーについては、ウォーカーのフルクトサミンが233±31 umol/L(基準値:205-285 umol/L)、HbA1cが5.1±0.5%(基準値:4.3-5.8%)であり、HbA1cで1名が基準値の上限を越

えていたが、他の被検者の値はすべて基準値内であった。また、過酸化脂質は 2.70 ± 0.28 nmol/ml で基準値 ($2-6$ nmol/ml) の範囲であった。

ウォーカーの血中脂質・リポ蛋白濃度を同年齢層の男性ランナー (年齢: 69 ± 2 歳, BMI: 20.6 ± 1.4 kg/m²)、スイマー (69 ± 7 歳, 21.6 ± 3.0 kg/m²) それぞれ 9 名と比較したところ、総コレステロール値はランナー (209 ± 22 mg/dl)、スイマー (210 ± 20 mg/dl) の値と比べてやや低く、HDL-コレステロールはランナーの値 (73 ± 21 mg/dl) とほぼ同水準であったが、スイマー (67 ± 22 mg/dl) よりはやや高い水準であった。また、平均値でみると、ウォーカーの総コレステロール値は適正域 (200 mg/dl 未満) であり、HDL-コレステロールも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り、糖代謝機能もおおむね良好であることが明らかになった。このイベントは今後 2 年間にわたって行われるので、継続的に検査を実施していくことにより、ウォーキングの健康効果を明らかにする。

D. 結論

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。そして、男性においてはこれら有酸素運動は血中脂質・リポ蛋白プロフィールを著しく改善する効果が認められる。しかし、運動の習慣がない非肥満女性の血中脂質・リポ蛋白プロフィールは男性よりも抗動脈硬化型になっているので、そのような女性がスイミングのような有酸素運動

を行っても、それに顕著な変化がみられなかった。長期間にわたるウォーキングイベントに参加す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たが、今後どのような変化がみられるか経過観察を行っていく。

E. 研究発表

1. 論文発表

- ① 古旗照美, 井上喜久子, 石井恵子, 樋口満: 身体活動水準の異なる若年成人女性のビタミン栄養状態. ビタミン 72(8):363-371, 1998.
- ② 樋口満, 田畑泉, 川中健太郎: 特集○糖尿病の運動療法 -up to date -身体運動の効果-運動生理学的観点より-. 臨床スポーツ医学 15(10):1093-1098, 1998.
- ③ K. Kawanaka, I. Tabata, A. Tanaka and M. Higuchi: Effects of high intensity intermittent swimming on glucose transport in rat epitrochlearis muscle. J. Appl. Physiol. 84(6):1852-1857, 1998.
- ④ K. Umegaki, M. Higuchi, K. Inoue and T. Esashi: Influence of one bout of intensive running on lymphocyte micronucleus frequencies in endurance-trained and untrained men. Int. J. Sports Med. 19(8):581-585, 1998.
- ⑤ H. Tanaka and M. Higuchi: Age, exercise performance, and physiological functional capacities. Adv. Exerc. Sports Physiol. 4(2):51-56, 1998.
- ⑥ 田畑泉, 樋口満: 中高年勤労女性の最高酸素摂取量および腰椎骨密度に対する水泳トレーニングの影響. 体育科学 27:103-108, 1998.

⑦ 田畑 泉, 荻田 太, 樋口 満: 中高年女性の水泳運動中の酸素摂取量に関する事例研究. 体育科学 28: 102-107, 1999.

⑧ 樋口 満: スポーツ栄養学: スポーツ選手の健康管理と競技力向上の基礎. 体育学研究 44(1):1-12, 1999.

2. 学会発表

⑨ M. Higuchi, I. Hasegawa, K. Inoue, K. Ishii, T. Kobata: Nutritional intake and blood vitamin profile in Japanese male highschool athletes. The Third Annual Congress of the European College of Sport Science, 1998.

⑩ I. Tabata, K. Yoshizuru, K. Inoue, M. Higuchi, F. Ogita, T. Tanaka: Effects of dietary vitamin B₁ supplementation on blood vitamin B₁ nutritional status in collegiate Japanese swimmers. The Third Annual Congress of the European College of Sport Science, 1998.

⑪ 樋口 満, 田畑 泉, 吉武 裕, 武安岳

史, 関根豊子, 太田壽城, 山川 純, 森下はるみ, 田中弘文: 中高年女性の脂質代謝に及ぼす水泳トレーニングの影響. 第53回日本体力医学会 1998.

⑫ 武安岳史, 樋口 満, 田畑 泉, 吉武裕, 田中弘文: 成人女性の最大酸素摂取量に及ぼす加齢運動習慣の影響. 第53回日本体力医学会 1998.

⑬ 関根豊子, 井上喜久子, 中川裕子, 樋口満: 中高年女性スイマーの体内ビタミン栄養状態. 第53回日本体力医学会 1998.

⑭ 田口素子, 樋口 満, 根本 勇, 石田良恵: 女性ランナーの基礎代謝量と身体組成. 第53回日本体力医学会 1998.

⑮ 粕谷優子, 光田博充, 武安岳史, 田畑泉, 樋口 満: 長時間持久性運動中の各種糖質摂取がストレスホルモンの動態に及ぼす影響. 第53回日本体力医学会 1998.

⑯ 樋口 満: シンポジウム I 「生活習慣病における体力と体質」 4. 高脂血症. 第48回日本体質学会 1998.