

199900196A

厚生科学研究費補助金
長寿科学総合研究事業

高齢者の運動処方ガイドライン
作成に関する研究

(H10-長寿-025)

主任研究者: 佐藤 祐造

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やレジスタンス運動トレーニングの有効性について検討を行った。その結果、全身持久力、心機能には有酸素運動が、身体組成、筋力、インスリン抵抗性にはレジスタンス運動が各々有効であることが判明した。したがって、高齢者のための運動処方には有酸素運動とレジスタンス運動の組み合わせが最も効果的であると考えられた。また、運動療法の効果を上げる際、薬物療法の併用も有用であることも判明した。

【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 年間指導した。うち 3 名はさらに 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 8 名の高齢者(69 ± 1 歳、BMI: $24.8 \pm 1.3 \text{kg}/\text{m}^2$)を対象に、分担研究者の竹島伸生助教授の協力で、油圧マシンを用いた 8 種類からなるレジスタンス運動(ほぼ全身の骨格筋におよぶ)を 1 セットが各々 20 回、1 日 2 セット、週 3 日、12 週間にわたり実施した。その前後に、インスリン注入率が $40 \text{mU}/\text{m}^2/\text{分}$ (low-dose) ならびに $400 \text{mU}/\text{m}^2/\text{分}$ (high-dose) 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。さらに、トレーニング前後で身体組成、血中脂質、血中レプチン、血中 tumor necrosis factor- α (TNF- α)を測定した(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 :2 年間にわたり健康度測定が行いえた 170 名を対象とし、自転車エルゴメーターによる運動負荷試験より年齢別最大脈拍数の 75%に相当する運動負荷強度(PWC)を算出、運動耐容能の指標とし、生活行動調査から算出した日常生活度や血清 HDL-C との関連性について検討した。

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(平均年齢 65 歳)を歩行介助群 17 名(運動療法群)と歩行自立群 10 名(安静群)に分け、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: 対象は高齢者 63 名であり、前年度報告した 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 を 30 分間、週 1 日群 12 名、週 2 日群 15 名、週 3 日群 17 名、安静群 19 名に分け、12 週間の PACE トレーニング効果について体組成、全身性持久力(VO_2LT 、 VO_2Peak)、筋力、骨密度、血清脂質を測定し、運動頻度の相違による効果出現の差に関し、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 の確立: 対象は心拡大、心機能低下($\text{EF} \approx 38\%$)の重症慢性心不全患者 17 名である。運動療法+ACE 阻害剤投与群(Ex+AI)、運動療法単独群(Ex)、ACE 阻害剤投与群(AI)、安静対照群に分け、運動療法、ACE 阻害剤の心機能、特に EF(ejection fraction、駆出率)に対する効果について検討した(野原)。

5. 高齢高脂血症患者の運動処方 の確立: 閉経

後中高年女性 9 名(58±4 歳、BMI21.3±1.9kg/m²)を対象に、2 年間にわたる水泳トレーニングが血中脂質・リポ蛋白プロフィールおよび呼吸循環器機能に及ぼす影響について縦断的検討を行うとともに、有酸素運動であり、かつまたレジスタンス運動でもある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(20±1 歳)と同年齢の成人男性を身体組成、血中脂質・リポ蛋白プロフィールの観点から横断的検討を行った(樋口)。

C. 研究結果

1.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 μU/ml、600~1,600 μU/ml に達し、clamp 中の血糖値は全例とも空腹時レベルに維持された。

low-dose clamp 法の GDR では、トレーニング前 6.1±0.6mg/kg/分がトレーニング後 6.8±0.5mg/kg/分と増大傾向がみられたが、有意差はなかった。high-dose 法の GDR は、トレーニング前 10.4±0.5mg/kg/分がトレーニング後 11.3±0.7mg/kg/分と有意に増大した(p<0.05)。血清 HDL-C は 54±4mg/dl→62±6mg/dl と有意に増大し(P<0.05)、HbA_{1c} は 5.1±0.2%→4.8±0.1%と有意に低下した(P<0.05)、さらに、体脂肪率も 20±2%→19±2%と有意に減少し(P<0.05)、胸部、腹部の最大筋力は各々 424±30N→507±45N、383±46N→484±57N と有意に増加した(P<0.05)。しかしながら、血清総コレステロール、中性脂肪、TNF-α には、有意の変化がみられなかった。

2.PWC と日常生活活動度および運動活動度には各々正相関が成立した。また、PWC 低

下防止には、1 日 16kcal の運動量の増加が必要と推定された。血清 HDL-C と運動活動度には正相関(r=0.190、P<0.05)がみられたが、労働としての活動度とでは負の相関が認められた(r=-0.183、P<0.01)。HDL-C 低下予防のための運動量の増加は、年齢や耐糖能障害の有無に関係なく、1 日 21kcal 必要と推察された。一方、歩行介助群は歩行自立群に比較して、2 カ月のリハビリテーションの結果、空腹時血糖の有意の低下(P<0.01)、インスリン抵抗性の改善、HDL-C の増大が認められた。

3.peakVO₂ と VO₂LT は、運動頻度×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。

一方、骨密度に関しては、各群とも有意の変動を認めなかった。

4.Ex+AI 群の EF 改善は 18.3%であり、AI 群の 11.4%、Ex 群の 14.5%に比して、明らかに高値であった。なお、安静対照群の EF 改善率は-20.6%と著明に心機能は悪化した。また、Ex+AI 群の PeakVO₂ は 19.1ml/分であり、AI 群の 16.9ml /分より明らかに大であった。

5.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。一方、血中脂質・リポ蛋白濃度については(総コレステロール:258±8mg/dl→251±21mg/dl、HDL-コレステロール:70±19mg/dl→72±20mg/dl、LDL-コレステロ

ール:166±19mg/dl→159±26mg/dl、トリグリセリド:113±53mg/dl→95±30mg/dlと有意ではないが、若干改善傾向がみられた。

ボート選手の%FATは11±4%、VO₂maxは61±4ml/kg/分、総コレステロール値152±24mg/dl、LDL-C値79±20mg/dlと、いずれも一般成人男性に比較して、明らかに良好な数値を示していた。

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。

一昨年および昨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随伴する種々の病態、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。

本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耐糖能低下、とりわけインスリン抵抗性の増強、HDL-コレステロールの低下、心機能の減弱、全身持久力や筋力の低下に対して、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全身持久力や心機能の改善に有効であり、レジスタンス運動は、インスリン抵抗性(特にインスリン反応性)、筋力の改善に効果的であることを

示唆している。したがって、加齢に伴う内分泌・代謝異常、身体生理機能の低下の防止あるいは回復のための運動療法には、有酸素運動トレーニングとレジスタンス運動トレーニングの組み合わせが最も有効であると考えられる。さらに、中高年齢者のため運動処方ガイドライン作成に向けての貴重な資料にもなり得ると思われる。また、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り、さらに、ACE阻害剤の併用は一層の効果を上げるという極めて有意義な知見が得られた。

以上の事実は、高齢者の具体的運動処方の作成に極めて有用な指針を与えたと思われる。しかしながら、検討症例数が十分とは言えず、しかも効果出現に個体差も認められることから、来年度以降も本研究の継続・発展が必要と痛感するものである。

E. 結論

一昨年度および昨年度に引き続き、本年度に得られた研究成績は、加齢に伴ったインスリン抵抗性、血清脂質異常、筋力や全身持久力の減弱および加齢とともに発症した糖尿病、虚血性心疾患に対して運動療法の有効性を示唆しており、高齢者のための具体的運動処方ガイドラインの作成に極めて有用な資料を提供したと思われる。と同時に、本研究の継続・発展が必要であると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Y.Yanagimoto, Y.Oshida and Y.Sato:
Physical factors affecting daily walking activities among elderly female residents of a care house.

- Environmental Health and Preventive Medicine, 4 (1):34-38,1999.
- 2) Y.Oshida, K.Yamanouchi, I.Ohsawa, K.Usui, J.Sato, M.Kajita and Y.Sato: Relationship between insulin and blood pressure in Japanese obese subjects. Internal Medicine, 38(6): 467-471,1999.
 - 3) N.Nakai, Y.Sato, Y.Oshida, N. Fujitsuka, A.Yoshimura and Y.Shimomura : Insulin activation of pyruvate dehydrogenase complex is enhanced by exercise training, Metabolism, 48(7): 865-869,1999.
 - 4) L.Li, Y.Oshida, M.Kusunoki, K.Yamanouchi, B-L. Johansson, J.Wahren and Y.Sato: Rat C peptide I and II stimulate glucose utilization in STZ-induced diabetic rats. Diabetologia, 42(8):958-964,1999.
 - 5) H.Yamashita, Y.Sato and N.Mori : Difference in induction of uncoupling protein genes in adipose tissues between young and old rats during cold exposure. FEBS Letters,458:157-161,1999.
 - 6) Y.Oshida, M.Kako, N.Nakai, Y.Shimomura, L.Li, J.Sato, I.Ohsawa and Y.Sato: Troglitazone improves insulin-stimulated glucose utilization associated with an increased muscle glycogen content in obese Zucker rats. Endocrine Journal, 46(5):723-730,1999.
 - 7) 浅井敬子、山之内国男、矢島美智子、白井邦子、入山愛子、佐藤雄一、岡林直実、楠正隆、榊原文彦、佐藤祐造:インスリン抵抗性肥満患者における歩行の Post-exercise ketosis に及ぼす影響、肥満研究、5(1):35-39、1999.
 - 8) 大澤功、石田妙美、森圭子、佐藤栄子、加藤公彦、佐藤寿一、押田芳治、白井邦子、山之内国男、佐藤祐造:効用(utility)測定による糖尿病状態の QOL(quality of life)評価-第1報-、糖尿病、42(5): 341-346、1999.
 - 9) 芳賀脩光、衣笠隆、仲真迅、十枝内厚次、宮崎裕美、岩下太郎、伊藤稔、渡部和彦、佐藤祐造、大野秀樹:高齢者における全身持久性評価法の検討-400m 歩行テストの有効性-、日本運動生理学雑誌、6(2):103-114、1999.
 - 10) 佐藤祐造:特集 人体のエネルギー代謝-代謝管理と運動療法の機構- 運動療法、最新医学、54(1): 88-94、1999.
 - 11) 佐藤祐造:病態と運動支援システム 糖尿病と運動療法、活性酸素と運動 しなやかな健康と長寿を求めて(井上正康 編著)、共立出版、pp248-pp253、1999.
 - 12) 佐藤祐造:糖尿病患者の運動療法、内科学 2分冊版 [I] (編集主幹 黒川清、松澤佑次)、文光堂、pp1061-pp1063、1999.
 - 13) 山之内国男、押田芳治、佐藤祐造:21世紀の医療 スポーツ医学の現状と展望 インスリン抵抗性症候群と運動療法、第25回日本医学会総会 1999 東京 会誌 III(編集第25回日本医学会総会学術委員会委員長廣川信隆)、第25回日本医学会総会、pp73、1999.

- 14) 佐藤祐造、山之内国男、押田芳治、大澤功、佐藤寿一、中井直也:治療の最前線 糖尿病治療の最近の進歩 食事療法と運動療法、第 25 回日本医学会総会 1999 東京 会誌 II(編集第 25 回日本医学会総会学術委員会委員長廣川信隆)、第 25 回日本医学会総会、pp297、1999.
- 15) 佐藤祐造:糖尿病教室、新興医学出版社、pp1-pp188、1999.
- 16) ZL. Jiang, T. Sato et al.: Rise in plasma oxidized glutathione by experimental hypoglycemia. *Tohoku J. Exp. Med* 187: 59-64 , 1999.
- 17) N. Kuge, T.Sato et al.: Relation between natriuresis and urinary excretion of hydrogen peroxide. *Free Rad. Res* 30: 119-123, 1999.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) K. Yoshida , T. Sato et al.: A case of lobenzarit disodium-induced hyperkalemia successfully treated with fludrocortisone acetate. *Clin Exp Nephrol* (in press), 2000.
- 27) 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.
- 28) 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.
- 29) 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.
- 30) 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.
- 31) ペーストレニングのすべて PACE、田中喜代次、野田洋平編、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、pp8-12、レジスタンストレーニングの有用性、中垣内正樹、竹島伸生、田中喜代次、pp34-39、ミズノ、1998.
- 32) L.Li, R.Nohara, S.Makita, R. Hosokawa, T.Hata, K.Okuda, H.Hamazaki, M.Fujita, S.Sasayama: Effect of long-term exercise training on regional myocardial perfusion changes in patients with coronary artery disease. Jpn Circ J, 63:73-78, 1999.
- 33) K.Suzuki, K.Hasegawa, R.Nohara, A.Matsumori, S.Sasayama: A patient with hypertrophic cardiomyopathy accompanied by right ventricular dilation of unknown cause. Jpn Circ J, 63:137-140, 1999.
- 34) I. Masuda, Nohara R, H. Inada, T. Hirai, L. Chen, H. Kanda, M. Inubushi, E. Tadamura, M.Fujita, S.Sasayama: 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, 63:407-411, 1999.
- 35) S. Ishihara, R. Nohara, S.Makita, M.Imai, S.Kubo, T.Hashimoto: Immune function and psychological factors in patients with coronary heart disease (I). Jpn Circ J, 63:704-709. 1999.
- 36) R.Nohara, R.Hosokawa, T.Hirai, K.Okuda, M.Ogino, Y.Fujibayashi, M.Fujita, S.Sasayama: Basic kinetic of 15-(p-iodophenyl)-3-R, -methylpentadecanoic acid (BMIPP) in canine myocardium. Int J Cardiac Imaging, 15:11-20, 1999.
- 37) R.Hosokawa, R.Nohara, Y. Fujibayashi. K.Okuda, M.Ogino, T.Hirai, M.Fujita, N.Tamaki, J.Konishi, S.Sasayama: 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, 40:471-478, 1999.
- 38) R.Hosokawa, R.Nohara, L.Li, S.Tamaki, T.Hashimoto, M.Tanaka,

- S.Miki, S.Sasayama : 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*, 64:(in print),2000.
- 39) M.Shimomura, H.Hamazaki, K.Kawahatsu, R.Nohara : 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.
- 40) 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.
- 41) 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.
- 42) 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
- 43) 佐藤祐造:シンポジウム 2 運動療法 Update 基調講演-生活習慣病としての糖尿病、第 42 回日本糖尿病学会年次学術集会、横浜、1999.5.
- 44) 佐藤祐造:生活習慣病-特に糖尿病にならないために- 糖尿病とライフスタイル-一次予防を目指して:運動の役割- *Diabetes and Lifestyles: Role of Physical Exercise for Primary Prevention*、学術会議セッション、第 4 回静岡 健康・長寿学術フォーラム、静岡、1999.11.
- 45) M.Nagasaki, N.Nakai, Y.Shimomura, T.Murakami, N.Fujitsuka, Y.Oshida and Y.Sato :Effects of aging and exercise training on insulin receptor, IRS-1 and PI3-kinase in rat skeletal muscle ,*Experimental Biology*, Washington DC, USA,1999.4.
- 46) 北村伊都子、徳留みずほ、白井邦子、入山愛子、竹島伸生、山之内国男、佐藤祐造:高齢者における身体トレーニング(有酸素およびレジスタンス運動)のインスリン作用に及ぼす影響、第 42 回日本糖尿病学会年次学術集会、横浜、1999.5.
- 47) 中井直也、押田芳治、佐藤祐造:加齢および運動トレーニングがインスリン作用に及ぼす影響-インスリン作用の細胞内情報伝達機構の検討(第 2 報)-、第 41 回日本老年医学会学術集会、京都、1999.6.
- 48) M. Kohzuki, T. Sato 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*)
- 49) M. Yokogawa, T. Sato 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*)

- 50) M. Kohzuki, T. Sato 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.)
- 51) T. Sato 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.)
- 52) 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.)
- 53) 上月正博、佐藤徳太郎他：脳卒中リハ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.)
- 54) 竹島伸生他：油圧制御マシンを利用したレジスタンストレーニングが高齢者の筋力に及ぼす効果、第54回日本体力医学会大会、熊本、1999.9.30.
- 55) R.Hosokawa, R.Nohara, K.Kataoka, T.Hirai, Y.Fujibayashi, K.Okuda, M.Fujita, J.Konishi, N.Tamaki, S.Sasayama : Myocardial oxidative metabolism is promoted by repeat ischemia : experimental validation with I-123 BMIPP, 4th International Conference of Nuclear Cardiology, Athens,1999,4.18-21.
- 56) T.Hirai, R.Nohara, S.Ogou, L.Chin, R.Hosokawa, S.Taguchi, Y.Fujibayashi, S.Sasayama: Serial evaluation of fatty acid metabolism and mitochondrial function in rat heart with myocardial ischemia using pinhole SPECT, 4th International Conference of Nuclear Cardiology, Athens, 1999.4.18-21.
- 57) E.Tadamura, T.Kudoh, M.Inubushi, S.Kubo, T.Okada, Y.Magata, R.Nohara, A.Matsumori, S.Sasayama, M.Yoshibayashi, T.Yonemura, J.Konishi: Steal phenomenon in pediatric hypertrophic cardiomyopathy after dipyridamole infusion, The 46th Annual Meeting of the Society of Nuclear Medicine, California, 1999. 6.6-10.
- 58) S.Ishihara, M.Imai, S.Makita, K.Nakae, Y.Matsuura, T.Hashimoto, R.Nohara : Immune function and psychological factors in patients with coronary heart disease, 20th Congress of Woman scientists Forum, Kyoto, 1999.7.29.
- 59) H.Kanda, R.Nohara, K.Hasegawa, T.Morimoto, Y.Kihara, M.Fujita, S.Sasayama : 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, San Francisco, 1999. 9.

- 22 -25.
- 60) H.Kanda, R.Nohara, K.Hasegawa, T.Morimoto : 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, Atlanta, 1999.11.7-10.
- 61) T.Morimoto, T.Kakita, H.Kanda, R.Nohara, S.Kaburagi, K.Hasegawa : Peroxisome proliferator-activated receptor-dependent pathways suppress myocardial cell hypertrophy, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, , Atlanta,1999.11.7-10.
- 62) R.Hosokawa, R.Nohara, T.Hirai, H.Inada, K.Kataoka, D.Masuda, H.Kanda, E.Tadamura , M.Inubushi , J.Konishi : Importance of oxidative metabolism in definition of heart failure state and prediction of cardiac events, The 72nd Scientific Meeting of the American Heart Association, Atlanta, 1999.11.7-10.
- 63) A.Iwakura, M.Fujita, K.Hasegawa, M.Araki, E.Iwai-Kanai, T.Sawamura , R.Nohara, M.Komeda : 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, Atlanta, 1999.11.7-10.
- 64) M.Inubushi, E.Tadamura, M.Fujita : 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, Atlanta, 1999. 11. 7- 10.
- 65) 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.
- 66) Y.Kasuya, T.Takeyasu, T.Sekine, Mitsuda, I.Tabata, M.Higuchi: Effect ingestion on plasma adrenocorticotrophic hormones during prolonged exercise. American College of Sports Medicine 46th Annual Meeting, 1999.6.4.
- 67) T.Takeyasu, M.Higuchi, Y.Yoshitake, 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.
- 68) 中川裕子, 樋口 満, 根本 勇: ダウンヒルランニングがラット_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, 熊本, 1999.9.30.
- 69) 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

選手の筋損傷と抗酸化ビタミン栄養状態. 第54回日本体力医学会, 熊本, 1999. 9.30.

70) 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, 熊本, 1999.9.30.

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

72) 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, 熊本, 1999.9.30.

73) 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, 熊本, 1999.9.30.

74) 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.

75) 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.

76) 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.

G. 知的所有権の取得状況

特にありません。

高齢糖尿病患者の運動処方確立

佐藤祐造(名古屋大学総合保健体育科学センター教授)

押田芳治(名古屋大学総合保健体育科学センター助教授)

北村伊都子(名古屋大学大学院医学研究科健康・スポーツ医学)

山之内国男(愛知医科大学第一内科助教授)

三橋大輔(東海学園大学助手)

高齢健常者 8 名を対象に、加齢および身体活動低下に伴うインスリン抵抗性に対して、週 3 回、12 週間、全身の骨格筋に負荷がかかる 8 種類の油圧マシンを用いたレジスタンス運動トレーニングの有効性について、縦断的検討を行った。その結果、peakVO₂やインスリン感受性には、有意な効果は認められなかったが、加齢により低下したインスリン反応性や筋力、身体組成は有意に改善した。以上の成績は、高齢者に対するレジスタンス運動トレーニングの有効性を示唆している。

A. 研究目的

加齢とともに耐糖能が低下することは周知の事実である。この耐糖能低下の要因の一つとしてインスリン抵抗性が注目されている。しかしながら、加齢に伴うインスリン抵抗性の進展機構の詳細については未だ十分解明されるに至っていない。これまで加齢に伴うインスリン抵抗性の重要な原因として加齢そのものよりも加齢に関連した体構成成分の変化や身体活動量の低下が示唆されてきた。実際、我々もすでに身体トレーニングがインスリン抵抗性を改善させることを報告している。また、糖尿病の発症予防や治療に運動療法が有効であることも明らかとなっている。にもかかわらず、中高年者に発症した糖尿病に対する安全でしかも効果的な運動処方は未だ確立されていない。そこで、一昨年度は、高齢健

常者における身体活動の増加が個体のインスリン作用におよぼす影響について検討するとともに、発症間もない中高年肥満糖尿病患者に対する歩行を中心とした運動療法の効果についても検索を加えた。その結果、歩行を中心とした軽度の有酸素運動トレーニングが、加齢や肥満、糖尿病により惹起されたインスリン抵抗性改善に有用である事実を認めた。昨年度は、一昨年度に引き続き、高齢健常者の 1 年半にわたる長期の有酸素運動トレーニング効果を、さらに、有酸素運動にレジスタンス運動を加えた PACE トレーニング効果についても、インスリン作用の面より検討したところ、歩行を中心とした有酸素運動トレーニングのみでは、インスリン抵抗性の改善は十分でなかったが、レジスタンス運動を併用することで、インスリン抵抗性の著明な

改善がみられた。そこで、本年度は、レジスタンス運動単独でもインスリン作用の増大を招くか否かについて検索した。

B. 研究方式

対象は、高齢健常者 8 名 (69 ± 1 歳、BMI: $24.8 \pm 1.3 \text{ kg/m}^2$) であり、分担研究者竹島の協力で、油圧マシンを用いた 8 種類(膝、肩、胸、腹、腰背の各部)からなるレジスタンス運動を 1 セットが各々 20 回、1 日 2 セット、週 3 日、12 週間にわたり、実施させた。トレーニング効果の評価には、インスリン注入率 $40 \text{ mU/m}^2/\text{分}$ (low-dose) および $400 \text{ mU/m}^2/\text{分}$ (high-dose) の sequential euglycemic clamp 法を、トレーニング開始前後に行い、glucose disposal rate(GDR)を算出し、個体のインスリン作用 (insulin sensitivity / responsiveness) の指標とした。さらに、トレーニング前後で体脂肪率、血清脂質、血中レプチン、血中 tumor necrosis factor- α (TNF- α)、PeakVO₂ を測定した。

C. 研究結果

low-dose および high-dose clamp 中の血漿インスリン濃度は、それぞれ $50 \sim 80 \mu \text{ U/ml}$ 、 $600 \sim 1200 \mu \text{ U/ml}$ に達し、前者は physiological hyperinsulinemia、後者は supraphysiological (pharmacological) hyperinsulinemia に至った。また、clamp 中の血糖値は、全症例空腹時レベルに維持された。low-dose clamp 法の GDR は、トレーニング前 $6.1 \pm 0.6 \text{ mg/kg/分}$ がトレーニング後 $6.8 \pm 0.5 \text{ mg/kg/分}$ と増大傾向を認めしたが、有意差はなかった。high-dose clamp 法の GDR は、トレーニング前 $10.4 \pm 0.5 \text{ mg/kg/分}$ がトレーニング後 $11.3 \pm$

0.7 mg/kg/分 と有意に増大した ($p < 0.05$)。また、HDL-コレステロールは、 $54 \pm 4.5 \text{ mg/dl}$ から $62 \pm 6 \text{ mg/dl}$ へと有意に増加し ($P < 0.05$)、HbA_{1c} は $5.1 \pm 0.2\%$ から $4.8 \pm 0.1\%$ と有意に低下した ($P < 0.05$)。さらに、体脂肪率も $20 \pm 2\%$ から $19 \pm 2\%$ へと有意に減少し ($P < 0.05$)、胸部、腹部の最大筋力は、各々 $424 \pm 30 \rightarrow 507 \pm 45 \text{ N}$ 、 $383 \pm 46 \rightarrow 484 \pm 57 \text{ N}$ へと有意に増加した ($P < 0.05$)。しかしながら、PeakVO₂ は $26 \pm 2/\text{分}$ から $27 \pm 2/\text{分}$ へと有意な変動を認めず、血清コレステロール ($210 \pm 12 \rightarrow 224 \pm 8 \text{ mg/dl}$)、中性脂肪 ($135 \pm 18 \rightarrow 102 \pm 10 \text{ mg/dl}$)、および TNF- α ($1.1 \pm 0.2 \rightarrow 1.5 \pm 0.2 \text{ pq/ml}$) にも有意な変化はなかった。

D. 考察

in vivo のインスリン作用は、主に骨格筋での insulin-stimulated glucose uptake 量に依存しており、physiological hyperinsulinemia となる low-dose euglycemic clamp 法より求めた GDR は、骨格筋細胞表面のインスリンレセプターの機能を反映する submaximal insulin action、すなわち、insulin sensitivity (インスリン感受性) を、また supraphysiological hyperinsulinemia に達する high-dose euglycemic clamp 法からの GDR は、インスリンレセプター以降のインスリンシグナル伝達機構の activity を表わす maximal insulin action、換言すれば insulin responsiveness (インスリン反応性) を各々示していると言われている。本研究において、高齢者のレジスタンス運動トレーニングは、インスリン感受性には有意な変動をおよぼさなかったが、加齢により著明に低下したインスリン反応性には有意の改善

をもたらした。この成績は、以前我々が報告した、高齢長距離走者および高齢スイマーを対象とした横断的研究成績と一致しており、インスリン抵抗性に対する運動療法には、有酸素運動のみならず、レジスタンス運動も有効であることを示しているものと思われる。また、レジスタンス運動トレーニングの継続により、全身性持久能力の指標である

PeakVO₂には効果がなかったが、体脂肪率の減少に伴うLBMの増大、最大筋力の増加、HDL-コレステロール濃度の上昇が認められ、身体組成、筋力の面からもレジスタンス運動の有効性が確認された。したがって、生活習慣の改善の観点からいかなるレジスタンス運動をどのような形で日常生活の中へ導入させるのか、今後の課題と思われる。同時に、高齢者がいつでも安全に運動の実施が可能な場所・設備の整備も重要な要因であると思われる。

一方、本研究で行ったレジスタンス運動は、昨年の報告書で示したように、心血管系への影響の少ない低負荷の運動であり、高齢者においても安全なプログラムと述べている。12週間の有酸素運動とレジスタンス運動の継続実施により、体重には変化がなかったが、体脂肪率とTNF- α の有意な低下とともにインスリン作用が有意に改善した。TNF- α は脂肪細胞からも分泌され、体脂肪量が多い程、血中TNF- α 値も高値であることが知られており、インスリン抵抗性惹起因子とされている。今年度の研究では、体脂肪量が低下したにも関わらず、TNF- α の減少は認められなかった。したがって、レジスタンス運動は体脂肪量の低下、および筋重量の増大という身体組成の変化により、インスリン抵抗性を改善させたものと考えられる。

以上より、本年度の研究結果は、高齢者の運動療法には、レジスタンス運動トレーニング単独でも、インスリン抵抗性改善のみならず、筋力の保持・増進の観点からも有用であることを示唆している。今後レジスタンス運動をも加えた高齢者のための運動教室等を開設し、高齢者、高齢糖尿病患者に対する具体的成果を明らかにする。

E. 結論

加齢に伴うインスリン抵抗性に対するレジスタンス運動の効果について縦断的検討を行い、以下の結論を得た。

すなわち、レジスタンス運動トレーニングの継続はインスリン抵抗性の改善に有効であるとともに、加齢や身体活動の低下によるインスリン作用の低下防止に期待できる可能性がある。

以上の成績は、高齢者にみられるインスリン抵抗性の改善には、高齢者にも実施でき、しかも安全で実行可能なレジスタンス運動も運動療法として有用であることを示唆している。今後、さらに、高齢者、高齢糖尿病患者を対象とした大規模な運動指導教室を開設し、具体的成果を上げる予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- ① Y.Yanagimoto, Y.Oshida and Y.Sato:
Physical factors affecting daily walking activities among elderly female residents of a care house. Environmental Health and Preventive Medicine, 4 (1):34-38,1999.
- ② Y.Oshida, K.Yamanouchi, I.Ohsawa,

- K.Usui, J.Sato, M.Kajita and Y.Sato:
Relationship between insulin and
blood pressure in Japanese obese
subjects. *Internal Medicine*, 38(6):
467-471,1999.
- ③ N.Nakai, Y.Sato, Y.Oshida, N.
Fujitsuka, A.Yoshimura and
Y.Shimomura : Insulin activation of
pyruvate dehydrogenase complex is
enhanced by exercise training,
Metabolism, 48(7): 865-869,1999.
- ④ L.Li, Y.Oshida, M.Kusunoki,
K.Yamanouchi, B-L. Johansson,
J.Wahren and Y.Sato: Rat C peptide
I and II stimulate glucose utilization
in STZ-induced diabetic rats.
Diabetologia, 42(8):958-964,1999.
- ⑤ H.Yamashita, Y.Sato and N.Mori :
Difference in induction of uncoupling
protein genes in adipose tissues
between young and old rats during
cold exposure. *FEBS Letters*,458:
157-161,1999
- ⑥ Y.Oshida, M.Kako, N.Nakai,
Y.Shimomura, L.Li, J.Sato, I.Ohsawa
and Y.Sato: Troglitazone improves
insulin-stimulated glucose utilization
associated with an increased muscle
glycogen content in obese Zucker
rats. *Endocrine Journal*, 46(5):723-
730,1999.
- ⑦ 浅井敬子、山之内国男、矢島美智子、白
井邦子、入山愛子、佐藤雄一、岡林直実、
楠正隆、榊原文彦、佐藤祐造:インスリ
ン抵抗性肥満患者における歩行の Post-
exercise ketosis に及ぼす影響、肥満研
究、5(1):35-39、1999.
- ⑧ 大澤功、石田妙美、森圭子、佐藤栄子、
加藤公彦、佐藤寿一、押田芳治、白井邦
子、山之内国男、佐藤祐造:効用(utility)
測定による糖尿病状態の QOL(quality
of life)評価-第1報-、*糖尿病*、42(5):
341-346、1999.
- ⑨ 芳賀脩光、衣笠隆、仲真迅、十枝内厚次、
宮崎裕美、岩下太郎、伊藤稔、渡部和彦、
佐藤祐造、大野秀樹:高齢者における全
身持久性評価法の検討-400m 歩行テス
トの有効性-、*日本運動生理学雑誌*、
6(2):103-114、1999
- ⑩ 佐藤祐造:特集 人体のエネルギー代謝
-代謝管理と運動療法の機構- 運動療
法、最新医学、54(1): 88-94、1999
- ⑪ 佐藤祐造:病態と運動支援システム
糖尿病と運動療法、活性酸素と運動 し
なやかな健康と長寿を求めて(井上正康
編著)、共立出版、pp248-pp253、
1999
- ⑫ 佐藤祐造:3.糖尿病患者の運動療法、内
科学 2分冊版 [I] (編集主幹 黒川清、
松澤佑次)、文光堂、pp1061-pp1063、
1999
- ⑬ 山之内国男、押田芳治、佐藤祐造:21 世
紀の医療 スポーツ医学の現状と展望
インスリン抵抗性症候群と運動療法、第
25 回日本医学会総会 1999 東京 会誌
III(編集第 25 回日本医学会総会学術委
員会委員長廣川信隆)、第 25 回日本医学
会総会、pp73、1999
- ⑭ 佐藤祐造、山之内国男、押田芳治、大澤
功、佐藤寿一、中井直也:治療の最前線
糖尿病治療の最近の進歩 食事療法と運
動療法、第 25 回日本医学会総会 1999

東京 会誌 II(編集第 25 回日本医学会総
会学術委員会委員長廣川信隆)、第 25 回
日本医学会総会、pp297、1999

- ⑮ 佐藤祐造:糖尿病教室、新興医学出版社、
pp1-pp188、1999

2.学会発表

- ⑯ 佐藤祐造:シンポジウム 2 運動療法 Up
Date 基調講演-生活習慣病としての糖
尿病、第 42 回日本糖尿病学会年次学術
集会、1999
- ⑰ 佐藤祐造:生活習慣病-特に糖尿病にな
らないために- 糖尿病とライフスタイル
-一次予防を目指して:運動の役割-
Diabetes and Lifestyles: Role of
Physical Exercise for Primary
Prevention、学術会議セッション、第
4 回静岡 健康・長寿学術フォーラム、
1999
- ⑱ M.Nagasaki, N.Nakai, Y.Shimomura,
T.Murakami, N.Fujitsuka, Y.Oshida
and Y.Sato :Effects of aging and
exercise training on insulin receptor,
IRS-1 and PI3-kinase in rat skeletal
muscle ,Experimental Biology,
1999
- ⑲ 北村伊都子、徳留みずほ、白井邦子、入
山愛子、竹島伸生、山之内国男、佐藤祐
造:高齢者における身体トレーニング(有
酸素およびレジスタンス運動)のインス
リン作用に及ぼす影響、第 42 回日本糖
尿病学会年次学術集会、1999
- ⑳ 中井直也、押田芳治、佐藤祐造:加齢お
よび運動トレーニングがインスリン作用
に及ぼす影響-インスリン作用の細胞内
情報伝達機構の検討(第 2 報)-、第 41 回
日本老年医学会学術集会、1999

G. 知的所有権の取得状況

特にありません。

高齢者の運動処方ガイドライン作成に関する研究
一 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一

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生訓練所長、
東北大学大学院医学系研究科・名誉教授）

上月 正博（東北大学大学院医学系研究科・教授）

神本 昌宗（東北大学医学部附属病院・助手）

笠井 豊（仙台市健康増進センター・所長）

研究要旨

耐糖能障害を合併する高齢循環器疾患患者の運動処方の確立を目的として、高齢男性での日常生活活動度・運動耐容能・血清 HDL-コレステロール(HDL-C)などの関連性、さらには脳卒中リハビリテーション（リハ）患者における身体活動度・身体機能と動脈硬化危険因子の変化について検討した。日常生活活動の中でも、運動は耐糖能障害例の運動耐容能を高めるが、勤労は HDL-C を低下させ、運動は増加させることが示された。平均2年間での運動耐容能や HDL-C の低下を予防するためには、年齢や耐糖能障害の有無に関わらず1日運動量を約20Cal増加させればよいことが明らかになった。一方脳卒中リハ歩行介助群では1日の活動量は低値であったが、2カ月のリハ施行後、日常生活動作の改善とともに空腹時血糖・HDL-Cに改善を認めた。脳卒中リハ患者の身体活動量は1日約100Calと低値であったが、身体機能の維持向上を図りうる活動量であり、HDL-C増加や高インスリン血症の改善を認めたことから、もともと低運動量の脳卒中患者ではわずかな活動量の増加が代謝異常予防・改善に重要であると考えられた。

A. 目的

運動不足は動脈硬化性疾患発病の背景因子である代謝異常を引き起こしやすい。糖尿病などの耐糖能障害を有する場合はなおさらである。本研究では耐糖能障害及び脳卒中を合併する高齢者の運動処方の確立を目的として、日常生活活動度・運動耐容能・血清 HDL-C などの関連性、さらには2カ月の脳卒中リハ治療例における身体活動度・身体機能・動脈硬化危険因子の変化について検討した。

B. 研究方法

1. 健康度測定者における検討

健康増進施設で健康度測定した成人男性のうち、薬物を服用せず平均2年後再測定を行った170人を対象とし、エルゴメーター運動負荷試験の結果を基に算出した運動耐容能、生活行動調査から算出した日常生活活動度や血清 HDL-C などの関連性を検討した。運動負荷時の運動強度と心拍数とは相関係数0.95以上の直線相関を示すことから、個人毎にその相関式を求め、年齢毎最大脈拍数の75%に相当する運動負荷強度（PWC75%HRmax；以下PWCと略）を算出して運動耐容能の指標とした。PWC・HDL-Cに關係する諸因子について、初年度の測定値により単回帰分析および

重回帰分析を行った。また全説明変数 20 変数を、身体的特徴 11 変数、運動能力 4 変数、日常生活活動度 5 変数に分けて分析を行い決定係数を比較検討した。

2. 脳卒中患者における検討

東北大学附属病院に入院した脳卒中リハ患者 27 例 (平均年齢 65 歳)を対象に 75 g OGTT のインスリン・血清脂質・カロリーカウンターを腰と足首に装着しての運動量・歩数の測定を行った。次に歩行介助群 17 例と歩行自立群 10 例の 2 群に分け、2 ヶ月間のリハ前後での身体活動量と代謝異常の状態を比較した。歩行自立群は主として高次機能障害に対するリハ目的で入院中の患者であり、積極的な運動療法は施行されなかった群である。歩行介助群は移動が車椅子/介助歩行の患者で、運動療法が施行された群である。

研究対象者については人権擁護上最大の配慮を行い、研究方法の概要・予想される危険性・不利益の排除について説明し同意を得た。

C. 研究結果

1. 健康度測定者における検討

1) 運動耐容能の検討

初年度と 2 年後の各値の変化量の相関式から、PWC の低下を予防するための運動量の増加は年齢や耐糖能障害の有無に関わらず 1 日約 16Cal と算出された。男性全体について PWC を予測する重回帰関数は運動消費カロリー (運動)・勤労消費カロリー (勤労)・安静時脈拍数・ジャンプステップテストなどの変数によって求められ、運動の活動量が多いほど PWC が増加することが示された。耐糖能異常男性 PWC では運動の関与はさらに大きかった。一方耐糖能に関わらず高齢者で

は運動の関与は明らかでなかった。また、日常生活活動度を検討 (消費エネルギーの計算などを含む) することで、運動能力の検討 (運動負荷試験を含む) と同程度の精度で PWC を予測可能であった。変化率で重回帰分析をおこなったところ、PWC の変化率を規定する項目は、安静時脈拍数・ヘモグロビン・尿酸が、PWC の変化率が 20%を超える群では肥満度が有意に負に関与しており、変化率の大小で関与する因子が異なる可能性が示唆された。

2) 血清 HDL-C に関する検討

運動の活動度と血清 HDL-C との間には男性全体では有意な正の相関が認められた ($r=0.190$, $p<0.05$)。労働としての活動度と血清 HDL-C との間には有意な負の相関が認められた ($r=-0.183$, $p<0.01$)。耐糖能異常群では勤労には相関はないものの、運動には有意な正の相関が認められた ($r=0.326$, $p<0.05$)。高齢者では有意な相関は認められなかった。

HDL-C の低下を予防するための運動量の増加は年齢や耐糖能障害の有無に関わらず 1 日約 21Cal と算出された。HDL-C を予測する重回帰関数は運動・安静時脈拍数・中性脂肪・肥満度などの変数によって求められた。運動の関与は耐糖能異常者 HDL-C でも同様であり、運動の活動量が多いほど HDL-C が増加することが示された。高齢者では HDL-C に運動の関与は明らかでなくなった。日常生活活動度を検討することで HDL-C をある程度予測可能であった。重回帰分析で HDL-C の変化率を規定する項目は、TG・LDL-C・尿酸の、HDL-C の変化率が 10%を超える群では、運動・肥満度のそれぞれの変化率が有意に関与しており、変化率の大小で関与する因子が異なる可能性が示唆された。

2. 脳卒中患者における検討

1) 運動耐容能・耐糖能・高インスリン血症・血清脂質の変化

耐糖能は両群とも糖尿病約 40%、耐糖能障害約 40% であり耐糖能異常の割合は非常に高かった。糖尿病の割合は 2 ヶ月後に減少したが有意差は認めなかった。しかし空腹時血糖は歩行介助群で歩行自立群と比べ有意に減少していた ($p < 0.01$)。ΣBS にも同様の傾向が認められた ($p = 0.07$)。高/境界高インスリン血症の割合は入院時には歩行介助群 76% で歩行自立群 20% よりも明らかに高率であったが、歩行介助群で 2 ヶ月後 41% と有意に減少した。HDL-C は歩行介助群で増加し歩行自立群との間に有意傾向が認められた ($p = 0.05$)。

2) 身体活動と身体組成の変化

身体活動では歩行自立群の 2 ヶ月リハ前後の歩数は、腰で 3175 歩から 3011 歩、足首では、4056 歩から 4268 歩、推定消費カロリーも腰での運動量は 80 から 77Cal、足首では 141 から 144Cal とリハ期間ほぼ一定であった。一方歩行介助群の Barthel Index は入院時 42 点、2 ヶ月後 63 点で有意に増加した ($p < 0.001$) もの、移動や階段の達成度に著明な変化はなかった。歩行介助群の 2 ヶ月リハ前後の歩数は、腰で 571 歩から 851 歩、足首では、2269 歩から 2997 歩、推定消費カロリーも腰での運動量は 9 から 16Cal、足首では 44 から 70Cal とリハ中わずかに増加した。

D. 考察

運動の効用はいろいろ考えられるが、本研究では運動耐容能の改善 (PWC の増加) および糖・脂質代謝機能の改善 (HDL-C の増加、高インスリン血症の減少) に運動がどの程度関与するかを検討した。その結果成人男性で

は日常の運動消費カロリーは PWC や HDL-C と関係が深い、高齢になると少なくなったことは、対象になる高齢者数が少なかったために統計的に有意差が出にくかった可能性も否定できない。今回 PWC や HDL-C の低下を予防するための運動量の増加は年齢や耐糖能障害の有無に関わらず 1 日約 20Cal と算出されたことから、高齢者でも運動を続けることは若年者同様重要であり効果的であると考えられた。今回の研究で労働としての身体活動は血清 HDL-C を低下させる負の側面を持ち、同じく身体活動であっても運動はその増加をもたらすことが明らかとなった。

脳卒中例では高インスリン血症の頻度が高いことを明らかにした。片麻痺患者は運動効率の問題から動作時のエネルギー消費が大きく、健常者と比べ歩行動作で 50-60% 酸素需要が増加するという報告を考慮すると、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 (普通の効率では 100Cal) となる。耐糖能は改善傾向を示し、血清 HDL-C もリハ後に増加し高インスリン血症の改善も認められた。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が、もともと低運動量の脳卒中患者では、わずかな運動量の増加が代謝異常予防・改善に重要であると考えられた。

E. 結論

運動を積極的に日常生活に取り入れることの重要性が確認された。慎重に日常生活活動を検討することで身体的因子の検討や運動能力の検討と同程度の精度で PWC や HDL-C を予測可能であることが示唆された。脳卒中のリハにおける身体運動エネルギー消費量は