

March 4, 2004.

- 16) N. Minami, M. Kohzuki Effect of high-salt diet or chronic captopril treatment on exercise capacity in normotensive rats Clin Exp Pharmacol Physiol,31, 197-201, 2004
- 17) 金澤雅之、小川美歌、森 信芳、原田 卓、黒澤 一、南 尚義、長坂 誠、上月正博：慢性心腎不全のリハビリテーション：運動療法とエコー検査に基づく体重調整により QOL が改善した 1 例。 リハ医学 40 : 134-140, 2003.
- 18) 森 信芳、後藤葉子、黒澤 一、松本香好美、吉田一徳、南 尚義、金澤雅之、上月正博：脳死肺移植術前後のリハビリテーション-本邦第一例を含む連続 4 症例での検討-。リハ医学 40 : 293-301, 2003.
- 19) 吉田俊子、金澤雅之、森 信芳、南 尚義、長坂 誠、河村孝幸、吉田一徳、目黒泰一郎、上月正博。高齢者における心臓リハビリテーション後の身体活動性と不安・抑鬱尺度との検討。心臓リハビリテーション 8:93-96, 2003
- 20) 萩原邦恵、樋渡正夫、永富良一、藤田和樹、塩野智子、上月正博：運動療法による自律神経機能の変化と脂質・BMI との関連性。日本臨床スポーツ医学会誌 11 : 263-272 2003.
- 21) 上月正博：呼吸器疾患の包括的リハビリテーション 総合リハ、31, 635-642, 2003
- 22) 黒澤 一、上月正博：急性期からの呼吸リハビリテーション COPD の急性増悪。臨床リハ 12: 391-397, 2003
- 23) 黒澤 一、飛田 渉、白土邦夫、上月正博：電子ビーム CT 肺気腫呼吸動画像による気道及び肺実質の病的動態の解析と臨床応用。

Innervision 18: 24,2003.

- 24) 上月正博：呼吸器疾患の包括的リハビリテーション。 総合リハ 31: 635-642, 2003.
- 25) 上月正博：低体力者のための健康・体力づくり。 体育の科学 53: 502-509, 2003.

## 2.学会発表

- 1) Kanazawa M, L.Li, Matsumoto K, Sasaki Y, H.Li, Kawamura T Minami N, Kurosawa H, Harada T, Mori N, Nagasaka M, Kohzuki M: Disability prevention of chronic renal failure (CRF): effects of moderate to intense exercise in rats with CRF. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)
- 2) Kohzuki M, Wu X-M, Sato T, Kawamura T, Yoshida K, Mori N, Nagasaka M, Harada T, Ito O, Minami N, Kurosawa H and Kanazawa M: Disability prevention of renal failure: effects of exercise and enalapril in Thy-1 nephritis rats. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)
- 3) Ji L, Kohzuki M, Yoshida K, Sato T, Kawamura T, Xu H-L, Mori N, Nagasaka M, Harada T, Ito O, Minami N, Kurosawa H and Kanazawa M: Disability prevention of renal failure: effects of exercise of exercise and enalapril in nephrotic rats. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)
- 4) Sasaki Y, Mue S, Kasai Y, Komatsu S, Goto Y, Jin S, Mori N, Kawamura T, Nagasaka M, Harada T, Ito O, Minami N, Kurosawa H, Kanazawa M, Kohzuki M: Gender and age differences in cardiovascular responses

to 5 minutes walking exercise. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)

5) Kataoka H, Kumagai E, Takahashi M, Funayama Y, Tsuchiya H, Sasaki I, Kohzuki M: Generic & disease-specific quality of life, anxiety and depression in Japanese.

6) Mori N, Kurosawa H, Ito A, Matsumoto K, Fujiwara K, Kameya T, Nagasaka M, Mori N, Harada T, Goto Y, Minami N, Kanazawa M, Kohzuki M: Altered ventilatory patterns and efficiency in patients with severe cerebral palsy with spinal rotation, scoliosis, and mental retardation. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)

7) Matsumoto K, Kurosawa H, Goto Y, Mori N, Nagasaka M, Harada T, Minami N, Kanazawa M, Kohzuki M: Reduced lung volume after chest physiotherapy. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)

8) Kawamura T, Kanazawa M, L.Li, Tateyama M, Onodera Y, Mori N, Nagasaka M, Minami N, Kurosawa H, Kohzuki M: Peripheral adaptation to 12-week exercise training in rats with renal failure. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)

9) Nagasaka M, Kohzuki M, Fujii T, Kawamura T, Mori N, Harada T, Ito O, Minami N, Kurosawa H, Kanazawa M, Ichie M, Sato Y: Low-voltage electrical stimulation induced angiogenic growth factors in hindlimb ischemia model of rats. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May,

2003, Prague) 10) Goto Y, Kurosawa H, Mori N, Matsumoto K, Kohzuki M: Long-term effects of lung volume reduction in exercise capacity, activities of daily living (ADL) and quality of life. 2nd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. (May, 2003, Prague)

11) Osamu Ito, Tsuneo Ishizuka, Masahiro Kohzuki, Ken Omata, Sadayoshi Ito. Role of androgen in elevating production of 20-hydroxyeicosatetraenoic acid in male SHR. 56<sup>th</sup> Annual Fall Conference and Scientific Session of the Council for High Blood Pressure Research (Washington) 2003

12) H. Kurosawa, W. Hida, J. Demachi, N. Ishide, K. Shirato, M. Kohzuki. Dynamic imaging of emphysematous lung using high speed CT. Management COPD in the pacific rim: A Bridge to Tomorrow. Jan 10, 2003. Waikoloa, Hawaii.

13) Kurosawa H, Hida W, Demachi J, Ishide N, Shirato K, Kohzuki M. Dynamic imaging of emphysematous lung using high speed CT. *Am J Respir Crit Care Med* 167: A80, 2003.(ATS Meeting in Seattle, 2003.5.18)

14) Goto Y, Kurosawa H, Mori N, Matsumoto K, Kohzuki M. ADL, psychological state, and quality of life improve following lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 167: A225, 2003.(ATS Meeting in Seattle, 2003.5.18)

15) Matsumoto K, Kurosawa H, Goto Y, Mori N, Kohzuki M. Functional residual capacity decreased after chest physiotherapy. *Am J Respir Crit Care Med* 167: A668, 2003.(ATS Meeting in Seattle, 2003.5.18)

16) Mori N, Kurosawa H, Ito A, Ito T, Matsumoto K, Fujiwara K, Kameya T, Kohzuki M. Ventilatory dysfunction in patients with severe cerebral palsy with

spinal rotation, scoliosis, and mental retardation. *Am J Respir Crit Care Med* 167: A792, 2003.(ATS Meeting in Seattle, 2003.5.18)

17) Goto Y, Kurosawa H, Mori N, Matsumoto K, Kohzuki M. Improved ADL and quality of life for one year following lung volume reduction surgery in patients with emphysema. 3<sup>rd</sup> Asia Pacific Occupational Therapy Congress 2003. in Singapore (A181)

18) Goto Y, Kurosawa H, Mori N, Matsumoto K, Kohzuki M. Long term effects of lung volume reduction surgery on HRQL in 2 patients with severe emphysema. 3<sup>rd</sup> Asia Pacific Occupational Therapy Congress 2003. in Singapore (A182)

19) Kurosawa H, Hida W, Demachi J, Ishide N, Shirato K, Kohzuki M. Dynamic imaging of emphysematous lung using high speed CT in a patient with severe COPD and a healthy subject. 8<sup>th</sup> Asian Pacific Society of Respiriology Congress 2003 (abstract P157) in Malaysia.

20) Kohzuki M. Invited Special lecture: Rehabilitation for the aged people. 1<sup>st</sup> Korea-Japan International Rehabilitation and Welfare Symposium. (Nov, 2003, Taejon, Korea)

21)片岡ひとみ、森信芳、長坂誠、原田卓、南尚義、黒澤一、金澤雅之、上月正博：尿路系ストーマ保有者の健康関連 QOL とストーマ適応度の評価。第 13 回日本リハビリテーション医学会東北地方会、H15.3. 山形

22)後藤葉子、黒澤一、森信芳、松本香好美、上月正博。Quality of life からみた LVRS の長期的効果について 第 17 回呼吸不全講演会 H15.3. 仙台

23)上月正博、林泰史、眞野行生、佐藤徳太郎：座談会：実りある人生を過ごすために。Human

Science、H15.6. 東京

24)上月正博、森信芳、原田卓、山川麻貴、黒澤一、南尚義、金澤雅之：オスメイトの QOL とそれに影響する因子について（第 1 報）：健康状態、不安状態、抑うつ状態との関連。第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

25)黒澤一、森信芳、長坂誠、原田卓、南尚義、金澤雅之、上月正博：原発性肺高血圧症プロスタグランジン治療期におけるリハビリテーション。第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

26)南尚義、森信芳、長坂誠、原田卓、黒澤一、金澤雅之、上月正博：運動耐用量・トレーニング効果に対するアンジオテンシン変換酵素阻害薬の効果。第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

27)山川麻貴、金澤雅之、森信芳、長坂誠、原田卓、南尚義、黒澤一、上月正博：LVAS 装着にて心臓移植待機中の患者のリハビリテーション、第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

28)南尚義、森信芳、長坂誠、原田卓、黒澤一、金澤雅之、上月正博：運動とβ遮断薬の血圧・心拍数・圧受容体反射機能に対する併用効果の検討。第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

29)金澤雅之、森信芳、原田卓、黒澤一、南尚義、長坂誠、上月正博：脳卒中片麻痺患者における脈波伝播速度とリハビリテーションによる改善効果。第 40 回日本リハビリテーション医学会学術集会、H15.6. 札幌

30)上月正博。ワークショップ：運動療法は高齢心肺機能障害者のフィジカルフィットネスの改善に寄

与するか？ 第 40 回日本リハビリテーション医学  
会学術集会、H15.6. 札幌

31)久留利菜菜、金澤雅之、南尚義、森信芳、長坂  
誠、河村孝幸、吉田俊子、上月正博：宮城県にお  
ける急性心筋梗塞後心臓リハビリテーションの現状、  
第 9 回日本心臓リハビリテーション学会、H15.7. 東  
京

32)吉田俊子、金澤雅之、南尚義、森信芳、長坂誠、  
河村孝幸、久留利菜菜、上月正博：2 週間入院型回  
復期リハビリテーション後のインスリン感受性の検  
討、第 9 回日本心臓リハビリテーション学会、H15.7.  
東京

33)黒澤 一、飛田 渉、松本 香好美、森 信芳、  
森 直樹、後藤 葉子、上月 正博. 電子ビーム CT  
による肺気腫呼吸動画像撮影と気道径の変化. 第 13  
回日本呼吸管理学会学術集会 H15.8. 幕張

34)黒澤 一、松本 香好美、森 信芳、森 直樹、  
後藤 葉子、上月 正博. 重症肺気腫患者一秒量測  
定時の呼気における最大努力の影響. 第 13 回日本  
呼吸管理学会学術集会 H15.8. 幕張

35) 松本 香好美、黒澤 一、森 直樹、後藤 葉  
子、森 信芳、上月 正博. 重症肺気腫患者にお  
ける呼吸理学療法急性効果. 第 13 回日本呼吸管  
理学会学術集会 H15.8. 幕張

36) 後藤葉子、黒澤 一、森 信芳、松本香好美、  
上月正博. Lung volume reduction surgery (LVRS) 術  
後 5 年の長期的検討. 第 13 回日本呼吸管理学会学  
術集会 H15.8. 幕張

37) 森直樹、黒澤一、松本香好美、上月正博. 重症  
心身障害児・者における脊柱変形と呼吸機能の関連  
性. 第 13 回日本呼吸管理学会学術集会 H15.8. 幕  
張

38)上月正博. 公開講座：呼吸リハビリテーション。

平成 15 年高知医科大学公開講座、H15.9. 高知

39)上月正博. 特別講演：呼吸循環障害のリハビリ  
テーション. 健康の医学教室、H15.10. 仙台

40)南尚義、伊藤修、金澤雅之、上月正博：アンジ  
オテンシン変換酵素阻害薬の運動耐用能・トレーニ  
ング効果への影響：高血圧自然発症ラットを用いた  
検討。第 26 回日本高血圧学会総会、H15.10. 宮崎

41)久留利菜菜、金澤雅之、南尚義、黒澤一、伊藤  
修、原田卓、森信芳、長坂誠、松本香好美、片岡ひ  
とみ、河村孝幸、吉田俊子、上月正博：宮城県にお  
ける急性心筋梗塞後心臓リハビリテーションの現況、  
第 14 回日本リハビリテーション医学会東北地方会、  
H15.10. 盛岡

42) 森直樹、黒澤一、上月正博. 重症心身障害児・  
者における脊柱変形と呼吸機能の関連性. 第 14 回  
日本リハビリテーション医学会東北地方会 H15.10.  
盛岡

43)上月正博. 呼吸循環障害とリハビリテーション：  
循環障害. 平成 15 年度東北大学公開講座『障害科  
学の進歩と将来展望』第 6 回、H15.11. 仙台

44)上月正博. 身体障害を伴う高齢者に対するリハ  
ビリテーションの効果. 平成 15 年度長寿科学研究  
成果発表会「高齢者における生活習慣病の予防と運  
動」市民公開講座、H15.12. 名古屋

45)上月正博、澤村誠志、佐直信彦、鈴木妙智恵。  
シンポジウム：県民のリハビリテーションのあり方  
を考える。リハビリテーションを考える県民のつど  
い、H16.1. 仙台

G.知的所有権の取得状況

特になかった。

研究要旨:

高齢者心不全患者 (心駆出率 40%以下) を対象に低レベル運動療法が効果的である事、及びその理由について検討した。2年間で安全性そして運動耐容能、BNP の改善について報告した。今回は低レベル運動が、如何に他の神経体液性因子、免疫因子に関わるかを検討した。運動処方では嫌気性代謝閾値 (AT) を決定し、そのレベルでの心拍数で運動療法を指導し、毎日2回、30分ずつの処方を1-3ヶ月くり返す。今回は1メッツ以上の改善者について結果をまとめた。今回の結果では、低容量の運動処方でも安全で、かつ最大酸素消費量の増加が得られ、交感神経活性の低下効果は得られないものの、副交感神経活性の有意な上昇があり、これは突然死を含めた予後改善に結びつくものと考えられる。血管拡張に関わる NO の産生は増加し、BNP は減少した。心機能の改善も積極的に期待できるものであった。

A. 研究目的

長期的運動療法が、心不全患者にとって有益であることは徐々に認められ実行されつつある。動脈硬化の危険因子の予防と改善、虚血改善、リモデリング抑制、心室性不整脈の減少、そして運動耐容能の延長と副交感神経活性の改善などである。これらの因子全ては心不全者にとって有意義である。しかし高齢者心不全患者では、運動療法が安全であり、なおかつ運動療法が長期的に有益であるかは神経体液性因子を含めて未だ未解決部分が多い。この点を明らかにすべく、今回低強度運動の意義を検討した。

B. 研究方法

前回 (2年間) 同様、虚血性心疾患、心筋症を含む心駆出率 (EF) 40%以下の症例で、65歳以上の高齢者を対象に当院での運動療法メニューを行った。10名が対象であり、患者は42名であった。

運動レベルは呼気ガス分析 (ミナト社製 AE-280) により time-trend 法、あるいは V-slope 法で AT と peak V02 を求めその時の心拍数を参考とした。運動は AT レベル以下での心拍数処方として、1日午前、午後の2回施行した。

今回の目的は運動耐容能の改善はともかく、このような低負荷運動で血管に関わる因子、すなわち、神経

体液性因子 (norepinephrine, NO, BNP), 自律神経活動 (BRS)、血管の硬さ (PWV)、血管破綻因子 (TNF- $\alpha$ , IL-6, hs-CRP, HSP-60)、血管成長因子 (HGF, b-FGF) の効果と、QOL への効果は運動療法期間の前後での心不全アンケート (SF36 (心不全)、QOL-I, II, III, STAI) を確認することである。

今回の検討では明らかに運動耐容能が1メッツ以上改善して効果があった群 (A群) と、それ以下の群 (B群)、更にコントロール (安静群: C群) の3者比較を行っている。

C. 研究結果

全体での最大運動負荷量は、コントロールが  $106 \pm 24$  W に対して、1ヶ月後には  $110 \pm 36$  W へと改善したが有意な変化ではなかった。しかし、ピーク V02 では  $20.8 \pm 3.9$  ml/min/kg から  $22.5 \pm 4.5$  へと有意に ( $p < .05$ ) 改善を示した。

1) 圧反射感受性 (baroreflex sensitivity: BRS): BRS は A 群で明らかな改善を認めた。 ( $2.86 \pm 1.89$  vs  $5.21 \pm 0.55$ ,  $p < .05$ ) これは B, C 群では確認できないものであった ( $4.06 \pm 3.19$  vs  $4.07 \pm 3.59$ ,  $4.17 \pm 3.99$  vs  $3.82 \pm 3.32$ )。

2) CaPWV: これは頸動脈における PWV (Pulse wave velocity) であり動脈硬化の度合いを調べる検査であ

る。これは A, B, C 群とも有意な改善を示しえなかった。しかし、B 群で有意な悪化を認め、A 群の予防効果が示唆された。(A: 785±188 cm/sec vs 819±217, B: 909±275 vs 1017±249, C: 976±257 vs 851±206)。

3) NO: 血管拡張に関わる NO の発現を見た。A 群で明らかな改善がある。(A: 59.0±44.0 vs 81.0±39.5: (p<.05), B: 56.78±45.98 vs 45.54±39.23, C: 77.26±51.23 vs 58.24±55.96)。

4) Norepinephrine: これは心不全時には増加しており、心不全急性期にはその場を改善する重要なホルモンであるが、これが慢性的に上昇することは決して良いことではなく、実際β遮断薬が予後を改善することとは裏腹である。このカテコラミンについては大きな運動効果は認められなかった。(A: 485±564 pg/ml vs 604±812, B: 297±178 vs 408±208, C: 443±180 vs 539±153)。

5) BNP: BNP は ANP 同様心臓から出るペプチドであるが、A 群でのみ傾向ではあるが BNP の改善を認めている。(A: 149±111 vs 65±54, B: 104±91 vs 98±70, C: 205±180 vs 194±241)。

6) 高感度 CRP (hsCRP): この CRP については 1 ヶ月での反応は有意なものではなかった。しかし 6 ヶ月データでは明らかな改善データが示された。(A: 2067±2512 vs 3557±5403, B: 2991±3917 vs 2206±3503, C: 5707±10768 vs 6553±9652)。長期的に見る必要がありそうである。

7) TNF-α, IL-6: 1 ヶ月データでの改善に乏しいがこれも 6 ヶ月でのデータが改善を示す。TNF-α は (A: 5.00±0.00 vs 5.0±0.0, B: 5.21±0.92 vs 5.95±2.91, C: 5.00±0.00 vs 5.00±0.00)、また IL-6 は (A: 2.47±0.96 vs 2.72±1.19, B: 3.24±1.89 vs 4.15±6.65, C: 4.21±3.15 vs 4.48±4.98) であった。長期的なフォローが必要である。

8) HGF, b-FGF: HGF は (A: 0.33±0.07 vs 0.32±0.06, B: 1.51±5.09 vs 0.31±0.03, C: 0.31±0.04 vs 0.30±0.01) で b-FGF は (A: 10.67±1.63 vs 10.17±0.41, B: 10.00±0.00 vs 11.11±4.03, C: 10.00±0.00 vs 10.00±0.00) である。運動のみの、しかも虚血を誘発しない程度のレベルではこの因子は効果的ではないのかもしれない。

9) HSP 60: このデータは A 群で低下傾向があったが有意な変化はない (A: 1.50±1.34 vs 0.75±0.25, B:

1.03±0.80 vs 1.37±1.11, C: 1.46±1.46 vs 1.64±1.44)。

10) QOL への効果:

QOL-1 (社会的主観的指標)、QOL-2 (自覚的健康度 QOL-3 (疾患に特異的な症状) といったアンケート指標、さらに STAI (状態不安)、STAI (特性不安) について検討したが、いずれも今回の検討では有意な変化は認められなかった。しかしこの運動療法で決してこれらの値が悪化するものではない。

#### D. 考察

全体での最大運動負荷量は改善したが、有意な変化ではなかった。しかし、ピーク V02 では有意に改善を示した。最大量を安全に楽にこなせるようになるということであろう。

この BRS の改善については予後因子として今、重要視されている。特にこの BRS の低下は突然死の発症に深くかかわり、運動がこの因子を改善することも報告されている。突然死のみならず、我々は心不全の予後にも重要であることを報告した。これらの結果は今回の値と照らし合わせると運動群で危険閾を脱する方向に動いているのが判明した。ここでは高齢者の低強度運動でも充分効果があることになる。

頸動脈における PWV (Pulse wave velocity) については有意な結果は出なかったが、B 群で有意な悪化を認め、A 群の予防効果が示唆された。今回の症例では動脈硬化度が高い集団とは考えられない。そのような動脈硬化度の高い群への適応が考慮されるべきものかもしれない。

血管拡張に関わる NO の発現は明らかな改善がある。この NO についても遺伝子発現レベル (ECNOS gene) での改善があることが既に報告されており、また、この内皮機能の一つである血管拡張反応は、予後、あるいは生存期間を推定する重要な因子の一つであることが明らかにされている。運動を介するこの NO 反応の改善は、生命予後をも改善するということである。

カテコラミンが増加することのメカニズムの一つに BRS の低下があるとされる。すなわち、BRS の低下は、中枢での交感神経抑制系の線維の抑制をとることで、交感神経活性を上昇させる。故に BRS の低下とは表裏一体である。BRS の改善は長期的には交感神経、あるいはカテコラミンの動態を改善するはずである。心不全の重症度とはこのカテコラミンレベルは相関してお

り、心不全改善の要因であろう。

BNP は ANP 同様心臓から出るペプチドであるが、心機能低下、あるいは心不全の重症度を反映する。この値はさらに心不全患者の予後推定に役立つことが明らかになっている。

心筋梗塞の予後評価に CRP が重要であるという疫学が多数報告される。この炎症反応がいかに予後、治療に関わるかは未だ判然としないが、局所反応には重要な役割を持っている。局所での産生がある事も報告され始めている。核内因子である NF- $\kappa$ B が関与する初期的データは出て運動療法に関わる可能性の高い分野であるが今後の研究が待たれる

TNF- $\alpha$ , IL-6 は免疫反応において動脈硬化、心不全の悪化に関わる重要なサイトカインである。動脈硬化には、atherogenic なサイトカインと atheroprotective なサイトカインがあり、それらは運動に反応して、防御性のものは増加して、攻撃性のものは低下するとされている。今回は長期的な効果が確認された。

HGF, b-FGF の両因子は血管成長に関わる成長因子である。両者とも短期運動のみの単独治療での改善は認められなかった。運動のみの、しかも虚血を誘発しない程度のレベルでは効果的ではないのかもしれない。

HSP については分子量の差で各種のものがあるが、ミトコンドリア内へのタンパク移行には重要な役割を果たしている。このタンパクは、病原菌の感染時に heat shock protein として形成され、交差反応で血管内皮の炎症反応時には動脈硬化の進行に関わるとされる。よってミトコンドリアへの効果と、血管内皮への効果があり複雑であるが、心筋梗塞時には低下することが報告されている。HSP70 については運動効果が報告される。

QOL-1 (社会的主観的指標)、QOL-2 (自覚的健康度)、QOL-3 (疾患に特異的な症状) といったアンケート指標、さらに STAI (状態不安)、STAI (特性不安) について検討したがいずれも今回の短期の検討では有意な変化は認められなかった。しかしこの運動療法でこれらの値が悪化するものではなかった。

#### E. 結論

心不全における高齢者の低強度運動は安全で運動耐容能改善に効果的である。心不全の悪化無く、副交感神経

活性の改善をはじめ NO, BNP の改善は心不全にとって重要である。サイトカイン、炎症因子、成長因子については一部で確認されたように、さらに長期的な検討を要するものと考えられる。

#### F. 研究発表

- 1) Kinugawa T, Kato M, Nohara R: Neurohumoral determinants of peak oxygen uptake in patients with chronic heart failure. Jpn Heart J 2003; 44: 725-734

#### G. 知的財産権の出願・登録状況 特になかった。

高齢者の健康増進のための運動指導マニュアル作成に関する研究

-健康高齢者の呼吸循環器系・筋骨格系機能向上のための運動指導マニュアル作成に関する研究-

分担研究者 樋口 満 早稲田大学スポーツ科学部 教授

高齢女性では、肥満傾向がなければ、中等度の運動強度でのスポーツを行うことによって、糖・脂質代謝プロフィールが良好な状態に保持されることが示唆された。また、ローイング（ボート漕ぎ）運動を行っている高齢男性はウォーキング愛好者と同様に良好な糖・脂質代謝プロフィールを示した。ローイングを愛好している高齢男性は BMI がほぼ同レベルの運動習慣のない人々よりも呼吸循環器系機能が高く、上肢・下肢、及び体幹の骨格筋量も多いことが示された。さらに、ローイングを愛好している高齢女性は LBM が多く、全身の骨量もウォーキングを行っている高齢女性よりも高いことが示された。

#### A. 研究目的

「健康日本 21」は病気や障害による社会的な負担を減らし、国民の健康寿命を延長して、活力ある持続可能な社会を目指している。加齢に伴い身体活動が低下すると、骨格筋を中心とした除脂肪体重の減少と相まって QOL が低下し、さまざまな生活習慣病も発症しやすくなると考えられる。

本分担研究においては、日常生活において不自由のない健康な高齢者を対象として、日常規則的に行われている様々な運動・スポーツ活動が呼吸循環器系・筋骨格系機能や糖・脂質代謝など身体諸機能に及ぼす効果を検討した。

#### B. 研究方法

研究 1. 各種運動・スポーツが高齢女性の身体組成、呼吸循環器系機能と糖・脂質代謝指標に及ぼす影響

閉経後中高年女性 70 名を身体活動強度および体脂肪率により、高強度 (H) [n=28, 年齢 62±5 歳, 身長 156±5 cm, 体重 50±5 kg, BMI 20.4±1.6 kg/m<sup>2</sup>, 体脂肪率 28±4%], 中等度・非肥満 (MN) [n=27, 61±4 歳, 155±6 cm, 50±4 kg, 20.6±1.6 kg/m<sup>2</sup>, 30±4 %], 中等度・肥満 (MO) [n=15, 62±4 歳, 155±6 cm, 57.1±6.0 kg, 23.6±1.4 kg/m<sup>2</sup>, 38±2%] の 3 つのグループに分けた。

各被検者に対して早朝空腹時に採血を行った。血液は血清に分離した後、(株) SRL に依頼して、糖・脂質代謝に関する各種パラメータを分析した。体脂肪率は BOD POD システムにより測定した。

また後日、トレッドミルによる歩行と走行を併用した漸増負荷試験を行い、最大酸素摂取量 (VO<sub>2</sub>max) を測定した。

研究 2. 運動習慣のある高齢男性の身体組成と糖・脂質代謝指標—ローイング愛好



者とウォーキング愛好者の比較一

運動習慣のある健康な高齢男性 23 名（ローイング愛好者 15 名：年齢  $66 \pm 4$  歳，身長  $173 \pm 3$  cm，体重  $70 \pm 6$  kg，BMI  $23.4 \pm 2.0$  kg/m<sup>2</sup>，体脂肪率  $23 \pm 5\%$ 、ウォーキング愛好者 8 名： $69 \pm 5$  歳， $167 \pm 7$  cm， $62 \pm 5$  kg，BMI  $22.4 \pm 2.4$  kg/m<sup>2</sup>， $22 \pm 5\%$ ）を被検者とした。なお、体脂肪率は BOD POD システムにより算出し、LBM を求めた。空腹時に採血を行って、糖・脂質代謝パラメータを(株)SRL に委託し分析した。

**研究 3. 高齢男性の有酸素能力と身体各部の筋量に及ぼすローイング運動の効果**

定期的にローイング運動を行っている高齢男性 12 名（年齢： $65 \pm 3$  歳：ローイング群）とローイング群と年齢、体格を合わせた過去にはローイング経験があるが現在は運動習慣のない男性 11 名（年齢： $66 \pm 4$  歳：対照群）を被検者とした。

BOD POD システムにより体脂肪率を算出し、得られた体重と体脂肪率から LBM を求めた。ローイングエルゴメータでの漸増負荷法によって  $Vo_2max$  を測定した。

筋量の評価として、磁気共鳴映像化 (Magnetic Resonance Imaging 以下 MRI) (AIRIS II Comfort System 0.5-T、日立メディコ) によって、大腿部、上腕部、体幹部の横断面積を測定した。測定部位は、大腿部は右の大転子から大腿骨外側顆までの大腿長において、上腕部は右の肩峰から

橈骨点までの上腕長においてそれぞれの 50% に相当する部位にて横断面画像を撮影した。体幹部は第 3 腰椎と第 5 腰椎の間に相当する部位で横断面画像を撮影した。得られた画像を筋、脂肪、骨に分類してトレーサ紙に写し取り、スキャナーによりパーソナルコンピュータに取り込んだ。その後、NIH イメージソフトウェアにより、各部位の全体および筋のみの横断面積を算出した。各部位における筋として、大腿部は膝伸筋と膝屈筋、上腕部は肘伸筋と肘屈筋、体幹部は腹筋・背筋を含む筋群の横断面積を算出した。

**研究 4. 高齢女性の身体組成と骨密度に及ぼすローイング運動の効果**

定期的にローイング運動を行っている高齢女性 9 名（年齢： $65 \pm 3$  歳：ローイング群）と同年齢層の女性 123 名（年齢： $60 \pm 5$  歳：対照群）を被検者とした。

身長を測定し、DEXA(ホロジック社製 QDR-4500)により体重、体脂肪率、LBM 及び全身、腰椎、大腿骨頸部の骨密度を測定した。

(倫理面への配慮)

すべての研究は、ヘルシンキ宣言による倫理基準に則り、独立行政法人国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した。測定に先だて、被検者に対して、

本研究の意義や各種測定に際しての不利益の可能性、具体的な測定内容、被検者としての権利の擁護などについて十分に説明し、文書によるインフォームド・コンセントを得た。

### C. 研究結果

#### 研究 1. 各種運動・スポーツが高齢女性の身体組成、呼吸循環器系機能と糖・脂質代謝指標に及ぼす影響

3つのグループ間において、MO群が体重、BMI、体脂肪率で有意に高値を示したが、LBMは3群間に有意な差はみられなかった。Vo<sub>2</sub>maxはH群が他の2群に比べて有意に高値を示した(H: 38±5, MN: 32±4, MO: 27±3 ml/kg/min)。

血液検査の結果、総コレステロール(Chol)とLDL-Cholは3群間で有意な差はなかったが、MO群においてHDL-Chol(H: 75±14, MN: 75±13, MO: 63±15 mg/dl)が有意に低く、レプチン(H: 4.6±1.9, MN: 4.9±1.9, MO: 9.6±3.7 ng/dl)、およびLDL-/HDL-Chol比(H: 1.9±0.5, MN: 2.0±0.7, MO: 2.7±1.0)、は有意に高値を示した。

#### 研究 2. 運動習慣のある高齢男性の身体組成と糖・脂質代謝指標—ローイング愛好者とウォーキング愛好者の比較—

ローイング愛好者(R)は身長、体重ともウォーキング愛好者(W)よりも大きく、

LBMも多かったが、BMI、体脂肪率は両グループ間に差がみられなかった。

また、糖・脂質代謝に関連する各種パラメータはいずれも両グループ間に顕著な差が認められなかった(R vs. W: 血糖値 106±15 vs. 96±9 mg/dl, HbA1c 5.1±0.7 vs. 4.8±0.5%, インスリン 7.8±4.8 vs. 8.3±5.5 μU/ml, HOMA-R 2.1±1.4 vs. 2.0±1.3, 総 Chol 213±36 vs. 202±29 mg/dl, LDL-Chol 130±32 vs. 126±26 mg/dl, HDL-Chol 58±10 vs. 55±15 mg/dl, LDL-/HDL-Chol 2.32±0.8 vs. 2.46±0.8, トリグリセリド 128±48 vs. 111±25 mg/dl)。

#### 研究 3. 高齢男性の有酸素能力と身体各部の筋量に及ぼすローイング運動の効果

ローイング・トレーニング群(RT)と非トレーニング群(UT)の間には、BMIと体脂肪率(20±5 vs. 21±6%)には差がみられなかったが、Vo<sub>2</sub>maxは絶対値(2.7±0.4 vs. 2.2±0.3 l/min)、体重あたり(38±4 vs. 32±4 ml/kg/min)で約20%だけRT群がUT群よりも有意に大きかった。

MRIにより得られた身体各部の横断面積は筋、脂肪、骨をあわせた全体では、大腿部(RT: 202±18 vs. UT: 199±22 cm<sup>2</sup>)、上腕部(60±9 vs. 59±6 cm<sup>2</sup>)、体幹部(353±46 vs. 367±56 cm<sup>2</sup>)であり、それぞれ両群間に有意な差はみられなかったものの、各部位での筋の面積を比較すると大腿部で

10%、上腕部で 16%、体幹部で 13%だけ RT 群が UT 群よりも大きく、それぞれの部位での筋の面積比率は統計的に有意に高かった。

#### 研究 4. 高齢女性の身体組成と骨密度に及ぼすローイング運動の効果

ローイングを愛好している高齢女性は対照群の運動習慣のない人々よりも体脂肪率 ( $25 \pm 6$  vs.  $31 \pm 4\%$ ) が低く、LBM ( $39 \pm 3$  vs.  $35 \pm 3$ kg) が多かった。ローイング愛好高齢女性の全身骨量は対照群よりも高く、骨密度も全身 ( $0.993 \pm 0.087$  vs.  $0.954 \pm 0.080$  g/cm<sup>2</sup>)、腰椎 ( $0.912 \pm 0.135$  vs.  $0.857 \pm 0.120$  g/cm<sup>2</sup>) ではローイング愛好者が対照群より高くなっていった。しかし、ローイング愛好者と対照群の大腿骨頸部の骨密度 ( $0.651 \pm 0.086$  vs.  $0.650 \pm 0.090$  g/cm<sup>2</sup>) は同レベルであった。

### D. 考察

#### 研究 1. 各種運動・スポーツが高齢女性の身体組成、呼吸循環器系機能と糖・脂質代謝指標に及ぼす影響

閉経後中高年女性において日常生活における身体活動レベルが中等度で、体脂肪率 35%以下を維持していれば、高強度の運動を長時間行っている女性と比較してみると、呼吸循環器系機能に差はできるが、糖代謝、脂質代謝において同じような結果がもたらされることがわかった。すなわち、

中等度の運動を行い肥満していなければ、高い健康状態を保つことができることが示唆された。

#### 研究 2. 運動習慣のある高齢男性の身体組成と糖・脂質代謝指標—ローイング愛好者とウォーキング愛好者の比較—

高齢者の健康増進・生活習慣病予防にウォーキングが推奨されているが、高齢者が行うローイング運動は糖・脂質代謝機能に対する効果があるばかりでなく、骨格筋系に対しても効果がある可能性が示唆された。

#### 研究 3. 高齢男性の有酸素能力と身体各部の筋量に及ぼすローイング運動の効果

本研究においてローイング群は対照群よりも呼吸循環器系機能が高く、全身および身体各部の筋量も多くなっていたことから、高齢男性におけるローイング運動が呼吸循環器系と骨格筋系の両方の改善に効果的である可能性が示唆された。

#### 研究 4. 高齢女性の身体組成と骨密度に及ぼすローイング運動の効果

閉経後の女性が骨折を予防するには筋・骨格系の強化が重要である。骨密度を高める運動・スポーツとしては重力負荷がかかる各種球技系スポーツが推奨されているが、本研究によって、ローイング運動も高齢女性の筋・骨格系強化に効果的である可能性が示唆された。

### E. 結論

高齢女性では、高強度で長時間の運動を行わなくても、肥満していなければ、中等度の運動強度でさまざまな運動・スポーツを行うことによって、糖・脂質代謝プロフィールが良好な状態に保持されることが示唆された。

ローイング（ボート漕ぎ）は脚、腕、及び体幹を含む身体のひとつすべての筋肉を動員して行われる有酸素性の運動であり、シートに座って行う運動なので、ランニングに比べて、瞬間的な衝撃はむしろ小さく膝への障害が少ない運動といえる。そのため、肥満者にとっても比較的行いやすい運動と考えられる。このような事実と本研究の結果を合わせて考えると、ローイング運動は高齢者の健康増進・生活習慣病予防にとって適切かつ有効な運動である可能性が高いことが示唆された。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- ① Yoshiga C.C., Higuchi M., Oxygen uptake and ventilation during rowing and running in females and males. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13(6):359-363, 2003
- ② Yoshiga C.C., Higuchi M., Bilateral leg extension power and fat-free mass in young oarsmen. *Journal of Sports Science* 21(11):905-909, 2003

- ③ Yoshiga C.C., Higuchi M., Oka J., Rowing performance of female and male rowers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13(5): 317-321, 2003

- ④ Ogawa K, Oka J, Yamakawa J, Higuchi M., Habitual exercise did not affect the balance of type 1 and type 2 cytokines in elderly people. *Mechanisms of Ageing and Development* 124:951-956, 2003

- ⑤ Yoshiga C.C., Higuchi M., Lower heart rate response to ergometry rowing than to treadmill running in older men. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 23:58-61, 2003

- ⑥ Kimura M, Higuchi M., Methylenetetrahydrofolate reductase C677T polymorphism, folic acid and riboflavin are important determinants of genome stability in cultured human lymphocytes. *Journal of Nutrition*, 134, 48-56, 2004

- ⑦ 樋口 満：新しいトレーニングの視点 脂質代謝を高めるトレーニング. *体育の科学* 53(8):582-586., 2003

### 2. 学会発表

- ① Tachibana K., Miyazaki J., Yashiro K., Tani T., Usui C., Higuchi M.: Relationships between partial motion power during rowing and muscle cross-sectional areas. 50<sup>th</sup> Annual Meeting of

- American College of Sports Medicine, 5. 28, 2003, San Francisco, U.S.A.
- ② Yashiro K., Tachibana K., Usui C., Miyazaki J., Tani T., Higuchi M.: 2000-meter rowing power and muscle cross-sectional areas. 50<sup>th</sup> Annual Meeting of American College of Sports Medicine, 5. 31, 2003, San Francisco, U.S.A.
- ③ Usui C., Yamakawa J., Oka J., Kaneko K., Tabata I., Higuchi M.: Effects of daily physical activity level and body composition on biochemical parameters of lipid and glucose metabolism in postmenopausal women. 12<sup>th</sup> International Biochemistry of Exercise Conference -The Biochemical Basis of the Health Effects of Exercise-, 7. 14, 2003, Maastricht, Netherland.
- ④ Higuchi M., Terada S., Tabata I.: Effect of high-intensity intermittent swimming training on fatty acid oxidation enzyme activity in rat skeletal muscle. 12<sup>th</sup> International Biochemistry of Exercise Conference -The Biochemical Basis of the Health Effects of Exercise-, 7. 15, 2003, Maastricht, Netherland.
- ⑤ 金子香織, 春山知子, 田畑泉, 樋口満, 宮下充正: 中高年者に見られる 20km 歩行前後の水分摂取状況と血液成分の変動. 第 7 回日本ウォーキング学会, 6.22, 2003, 東京都
- ⑥ Ogawa K., Oka J., Yamakawa J., Higuchi M.: Impact of the regular exercise in elderly people on the balance of type 1 and type 2 cytokines. European College of Sport Science Congress, 7.9-12, 2003, Salzburg, Austria.
- ⑦ 樋口 満: 基調講演 スポーツ競技者の栄養管理. 第 50 回日本栄養改善学会学術総会, 9.17, 2003, 倉敷市
- ⑧ 金子香織, 樋口 満: 聴覚障害者ラグビーチームに対する栄養・食事サポート. 第 50 回日本栄養改善学会学術総会, 9.17, 2003, 倉敷市
- ⑨ 多島早奈英, 笠岡(坪山)宣代, 樋口 満, 吉池信男, 佐々木敏: 第六次改定日本人の栄養所要量の活用状況と「第七次改定」における期待される情報提供. 第 50 回日本栄養改善学会学術総会, 9.18, 2003, 倉敷市
- ⑩ 薄井澄誉子, 岡 純, 樋口満, 山川純, 田畑泉: 運動習慣のある 60 歳以上の高齢男性の基礎代謝量. 第 58 回日本体力医学会大会, 9. 19, 2003, 静岡市
- ⑪ 奈良典子, 井上喜久子, 杉浦克己, 樋口 満: 柔道日本代表選手の血中ビタミンの栄養状態および栄養摂取状況. 第 58 回日本体力医学会大会, 9.19, 2003, 静岡市

- ⑫ 宮崎 純, 橘完太, 谷代一哉, 太田富貴雄, 樋口 満: 高齢男性の有酸素能力と筋量に及ぼすローイング運動の効果. 第 129 回日本体力医学会関東地方会, 11.29, 2003, 東京都
- ⑬ Ogawa K., Oka J., Yamakawa J., Higuchi M.: The effect of physical training on immune responses, their mechanisms and biological significance. 2003 Symposium on Human & Sport Science: Obesity, Exercise & Cytokine. 12.22, 2003, Daegu, Korea.
- ⑭ Ogawa K., Oka J., Yamakawa J., Higuchi M.: Type 1/Type 2 cytokine balance in elderly people. 2003 Symposium on Human & Sport Science: Obesity, Exercise & Cytokine. 12.22, 2003, Daegu, Korea

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になかった。

## 半健康高齢者の筋機能向上のための運動指導マニュアル作成に関する研究

分担研究者 勝村俊仁

東京医科大学衛生学公衆衛生学教室

**研究要旨** 本研究では、年齢と身体トレーニング状況の異なる対象者の全身有酸素能と活動筋酸素動態を横断的に検討し、身体トレーニングおよび加齢による全身有酸素能の変化のメカニズムを明らかにすることを目的とした。その結果、加齢に伴う全身有酸素能の低下には、心機能の低下が関与している可能性が示された。しかし、日常的な身体トレーニングにより、加齢による活動筋への酸素供給機能低下を予防することが可能であり、全身有酸素能の低下を抑制することができると考えられた。

### 研究協力者

浜岡隆文 鹿屋体育大学スポーツ科学講座・教授

村瀬訓生 東京医科大学衛生学公衆衛生学教室・講師

長田卓也 東京医科大学衛生学公衆衛生学教室・助手

ング状況の異なる対象者の全身有酸素能と活動筋酸素動態を横断的に検討し、身体トレーニングおよび加齢による全身有酸素能の変化のメカニズムを明らかにすることを目的とし、本研究を行った。

### B. 方法

対象は、23歳から76歳までの日常的に身体トレーニングを行っていない男性16名(mCON)と女性16名(fCON)および、週3回、1回2時間以上のローイングトレーニングを行っている男性高齢ポート選手15名(EmATH: 64±3歳)と女性高齢ポート選手5名(EfATH: 65±2歳)であった。mCONは、男性は若年者(YmCON (5名): 25±2歳)、中年者(MmCON (5名): 35±8歳)、高齢者(EmCON (6名): 64±9歳)の3群に分類し、fCONは、中年者(MfCON (7名): 39±10歳)と高齢者(EfCON (9名): 61±8歳)の2群に分類した(表1)。上記対象者に自転車エルゴメータによる症候限界性最大運動負荷試験をランプ負荷法にて実施した。運動負荷のプロトコールは、対象者の年齢、体重および運動習慣などの情報より10分程度で運動を終了するように10watt/min、15watt/min、

### A. 研究背景および研究目的

加齢により全身有酸素能が低下することはよく知られている(Astrand et al. J Appl Physiol 35:649-654, 1973)。一方、Tanaka et al. (J Appl Physiol 83:1947-1953, 1997)は、鍛錬者と非鍛錬者の最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )を若年者から高齢者まで調査したところ、すべての年齢において、鍛錬者のほうが非鍛錬者より高値であると報告している。また、高齢者であっても持続的トレーニングにより、 $\dot{V}O_{2max}$ が向上することも示されている(McGuire et al. Circulation 104:1358-1366, 2001, Beere et al. Circulation 100:1085-1094, 1999)。しかしながら、高齢者のトレーニングによる全身有酸素能の改善のメカニズムは未だ明らかにされていない。そこで、年齢と身体トレーニ

20watt/minのいずれ

表1. 対象者の年代別身体特性

男性	非アスリート群			アスリート群
	YmCON	MmCON	EmCON	AmATH
n	5	5	6	15
年齢 (歳)	25±2	35±7	63±8	63±2
身長 (cm)	169.8±3.7	172.4±8.0	167.8±3.1	172.8±4.3
体重 (kg)	60.8±3.7	75.0±9.7	69.0±6.9	68.3±6.3
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.1±0.7	25.2±3.0	24.4±1.8	22.9±2.1

女性	非アスリート群		アスリート群
	MfCON	EfCON	AfATH
n	7	9	5
年齢 (歳)	39±10	61±8	65±2
身長 (cm)	158.9±4.0	153.9±5.6	154.0±2.9
体重 (kg)	54.1±8.9	58.8±8.6	48.1±2.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.5±3.4	24.8±3.3	20.3±0.6

(mean ± S. D.)

かを用いた。ペダル回転数は 60rpm を維持するように指示し、この回転数を維持できなくなった時点を疲労困憊として運動負荷中止点とした。

安静および運動時の心拍数(HR)はストレステストシステム(Case8000: GE マルケットメディカルシステム社)を用いて測定し、全身酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )は、心肺機能測定装置(AE300 ミナト医科学社)を用いて breath by breath 法にて測定した。運動時の HR と  $\dot{V}O_2$  の最大値を、それぞれ最高心拍数(HRpeak)、最高酸素摂取量( $\dot{V}O_{2peak}$ )とした。同時に運動負荷試験中の外側広筋(VL)および腓腹筋外側頭(GC)の酸素動態を近赤外分光法装置(NIRS: HE0200 オムロン社)にて測定し、自転車運動終了直後からの VL および GC の酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン(Hb/MbO<sub>2</sub>)の1/2回復時間(t1/2)を骨格筋への酸素供給機能として評価した。

C. 結果

先行研究と同様に日常的な身体トレーニングを行っていないmCON群とfCON群のHRpeakと $\dot{V}O_{2peak}$ は、年齢の増加に伴って低下した。さらに、年齢とHRpeakおよび $\dot{V}O_{2peak}$ との間に有意な負の相関

がみられた(p<0.01) (図1)。EmCON群のHRpeak(137.1 ± 9.2bpm)と $\dot{V}O_{2peak}$ (26.3 ± 3.6ml/kg/min)は、他の男性群(YmCON:188.4 ± 5.0bpm、51.3 ± 2.9ml/kg/min、MmCON:185.6 ± 6.1bpm、42.4 ± 5.2ml/kg/min、EmATH:161.4 ± 4.3bpm、38.5 ± 2.2ml/kg/min)と比較して有意に低値を示した(図2、3)。EmATHのHRpeakは、YmCONとMmCONより有意に低値であった(図2、3)。また、 $\dot{V}O_{2peak}$ では、EmATHはYmCONより有意に低値であったが、MmCONとは有意な差は認められなかった(図2、3)。女性においては、EfCONの $\dot{V}O_{2peak}$ は、他の2群と比較して有意に低値を示したが、HRpeakにおいては、3群間に有意な差はみられなかった(図2、3)。

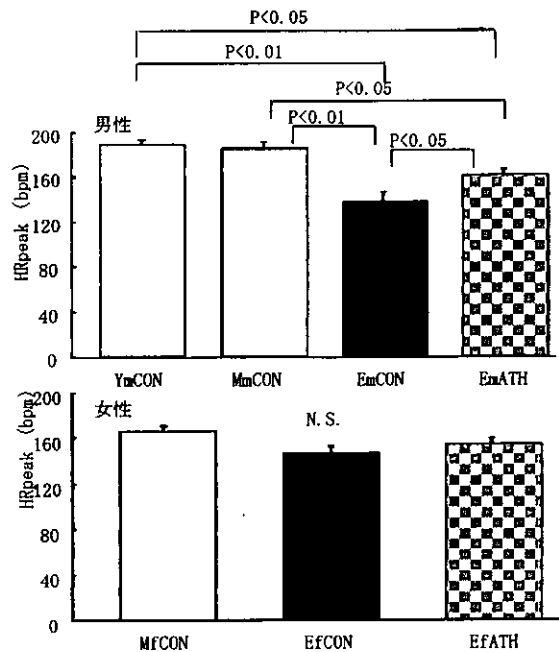


図2. 各群の最高心拍数



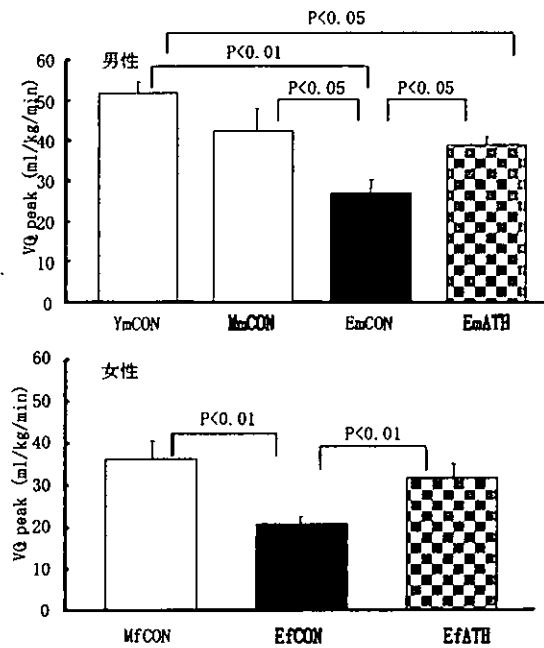


図3. 各群の最高酸素摂取量

VLとGCにおけるHb/MbO<sub>2</sub>のt<sub>1/2</sub>は、mCONとfCONともに加齢に伴って延長し、年齢とt<sub>1/2</sub>の間には、VLとGCともに有意な正の相関がみられた(p<0.05)(図4、5)。男性において、EmCONのt<sub>1/2</sub>は、VL、GCそれぞれ、他の3群より有意な延長が認められた(図6、7)。一方、EmATHとMmCON、YmCONのt<sub>1/2</sub>は、VL、GCともに有意な差は認めなかった(図6、7)。女性においても、男性と同様な結果であり、EfCONのt<sub>1/2</sub>は、VL、GCともに他の2群と比較して有意に延長し、EfATHとMfCONのt<sub>1/2</sub>において、有意な差は認められなかった(図6、7)。

#### D. 考察

本研究では、日常的に身体トレーニングを行っていない対象者において、男女それぞれに年齢とHRpeakや $\dot{V}O_2$ peakとの間に有意な負の相関が認められたことから、先行研究同様に、心機能と全身有酸素能は、加齢に伴い低下することが示された。また、加齢に伴うVLおよびGCにおけるt<sub>1/2</sub>、

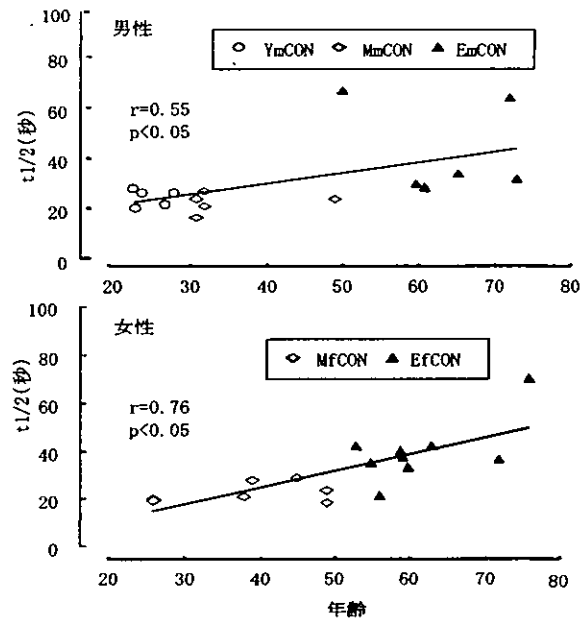


図4. 外側広筋における年齢と1/回復時間との関係

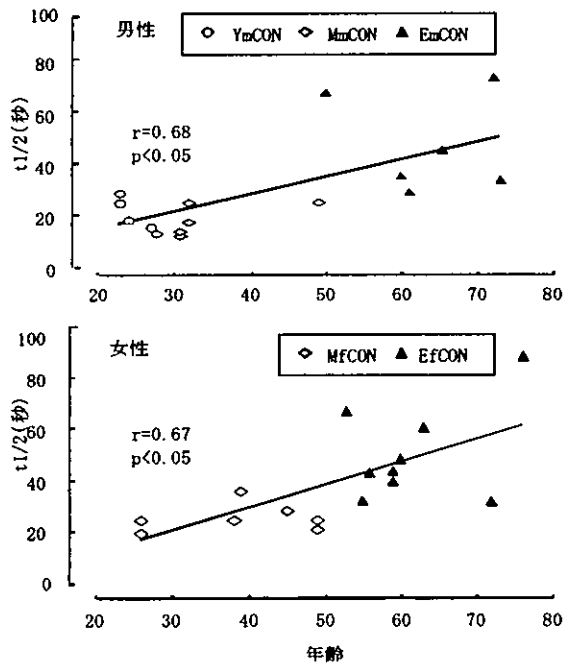


図5. 筋腹筋外側頭における年齢と1/回復時間との関係

の延長も確認されたことから加齢により活動筋への酸素供給能が低下することが明らかとなった。

男性において、高齢者アスリートと身体トレーニングを行っていない若年者および中年者を比較すると、EmATHは $\dot{V}O_2$ peakでは、YmCONより有意に低値であったが、MmCONとは有意差を認めなかつ

た。

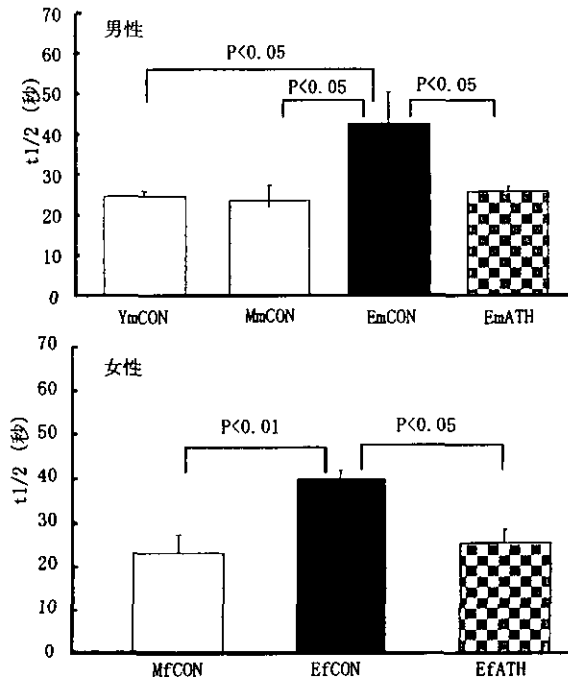


図6. 各群における外側広筋の 1/2回復時間

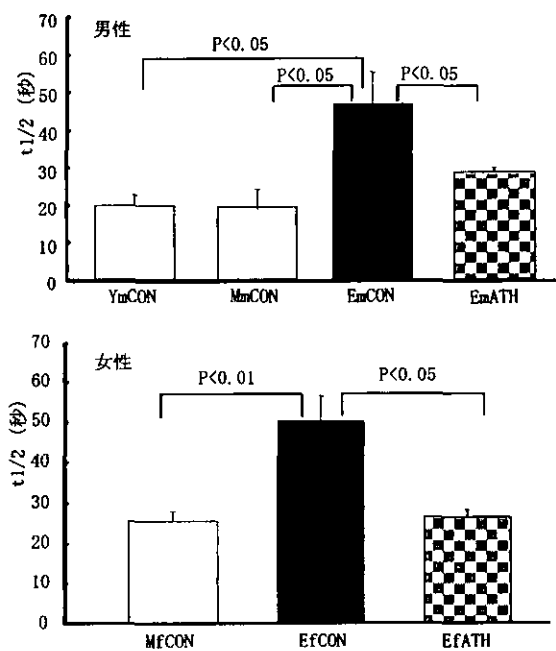


図7. 各群における腓腹筋外側頭の 1/2回復時間

また、HRpeak では、YmCON および MmCON より有意に低い値であったが、VL、GC の t1/2 において、上記 3 者間で有意な差は認められなかった。一方、高齢者アスリートと同年代の身体トレーニングを

行っていない高齢者との比較では、EmATH の  $\dot{V}O_2\text{peak}$  と HRpeak は EmCON のそれらより有意に高値を示し、VL、GC における t1/2 でも EmCON より短縮していることが示された。したがって、日常的に身体トレーニングを行うことにより、活動筋への酸素供給能は若年者や中高年者とほぼ同等のレベルに維持され、全身有酸素能や心機能は加齢による低下傾向を示すものの、ある程度低下が抑制されることが示唆された。

女性において、高齢者アスリートと身体トレーニングを行っていない中年者を比較すると、EfATH は  $\dot{V}O_2\text{peak}$ 、HRpeak および VL、GC における t1/2 とともに MfCON との間には有意な差は認められなかった。一方、高齢者アスリートと同年代の身体トレーニングを行っていない高齢者との比較では、EfATH は  $\dot{V}O_2\text{peak}$  と HRpeak は EfCON のそれらより有意に高値を示し、VL、GC における t1/2 でも EfCON より短縮していることが示された。以上の結果は、HRpeak を除き男性と同様の結果であった。HRpeak で MfCON と EfCON とで有意差が見られなかった理由としては、両群間の年齢差が男性と比較して小さかったことが原因の一つとしてあげられる。また、EfATH と MfCON とで有意差が見られなかった理由としては、EfATH が男性アスリートと比較し、日常でのトレーニング量が少なかったことが影響していると思われる。したがって、以上の条件が男性と同様であれば、女性においても男性と同様の結果が得られたものと考えられる。

本研究での加齢による全身有酸素能の低下について考えると、身体トレーニングを行っていない男性高齢者では、HRpeak の低下および VL、GC における t1/2 の延長が認められたことから、 $\dot{V}O_2\text{peak}$  低下は、心機能および末梢循環の両者の機能低下

により引き起こされた可能性が考えられる。一方、男性高齢者アスリートでは、HRpeak の低下は認められたが、VL、GC における t1/2 の延長は認められなかったことから、心機能の低下が  $\dot{V}O_2$  peak 低下に影響を与えていた可能性が考えられる。

以上のことから、日常的な身体トレーニングは、加齢による活動筋への酸素供給機能低下を予防することが可能であり、その結果、全身有酸素能の低下を抑制できると考えられた。

## E. 結論

身体トレーニングを行っていない男性および女性は年齢の増加により心機能、全身有酸素能および活動筋への酸素供給機能が低下することが明らかとなった。また、男性高齢者アスリートでは加齢による活動筋への酸素供給機能が、女性高齢者アスリートでは、心機能および活動筋への酸素供給機能が維持され、男女共に全身有酸素能の低下が抑制されることが明らかになった。

## F. 健康危険情報

特になかった。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Haga, S., Esaki, K., Toshinai, K., Kinugasa, T., Takemasa, T., Ueya, E., Hamaoka, T., Katsumura, T., Kizaki, T., Ohno, H. Cardiac output and stroke volume at anaerobic threshold during walking exercise in healthy aged subjects. *Adv Exerc Sports Physiol* 9(1): 37-43, 2003.
- 2) Hamaoka, T., Osada, T., Murase, N., Sako, T.,

Higuchi, H., Kurosawa, Y., Miwa, M., Katsumura, T., Chance, B. Quantitative evaluation of oxygenation and metabolism in the human skeletal muscle. *Opt Rev* 10(5): 493-497, 2003.

- 3) Hitomi, Y., Kizaki, T., Katsumura, T., Mizuno, M., Itoh, C., Esaki, K., Fujioka, Y., Takemasa, T., Haga, S., Ohno, H. Effect of moderate acute exercise on expression of mRNA involved in the calcineurin signaling pathway in human skeletal muscle. *IUBMB Life*, 55(7): 409-413, 2003.
- 4) Kime, R., Hamaoka, T., Sako, T., Murakami, M., Homma, T., Katsumura, T. Delayed reoxygenation after maximal isometric contraction in high oxidative capacity muscle. *Eur J Appl Physiol* 89:34-41, 2003.
- 5) Kime, R., Karlsen, T., Nioka, S., Lech, G., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Im J., Chance, B., Gundersen JS., Discrepancy between cardiorespiratory system and skeletal muscle in elite cyclists after hypoxic training. *Dyn Med* 2:1-9, 2003.
- 6) Kitahara, A., Hamaoka, T., Murase, N., Murakami, M., Ueda, C., Nagasawa, T., Ichimura, S., Homma, T., Motobe, M., Kurosawa, Y., Yashiro, K., Nakano, S., Katsumura, T. Deterioration of muscle function after 21-day forearm immobilization. *Med Sci Sports Exerc* 35(10): 1697-1702, 2003.
- 7) Kurosawa, Y., Hamaoka, T., Katsumura, T., Kuwamori, M., Kimura, M., Sako T., Chance B. Creatine supplementation enhances ATP

- synthesis rate during a single 10 sec. maximal exercise. *Mol Cell Biochem* 244(1): 105-112, 2003.
- 8) Nagasawa, T., Hamaoka, T., Sako, T., Murakami, M., Kime, R., Homma, T., Ueda, C., Ichimura, S., Katsumura, T. A practical indicator of muscle oxidative capacity determined by recovery of muscle O<sub>2</sub> consumption using NIR spectroscopy. *European Journal of Sport Science* 3(2): 1-10, 2003
- 9) 江崎和希, 武政徹, 長田卓也, 黒澤裕子, 木崎節子, 大野秀樹, 浜岡隆文, 勝村俊仁, 芳賀脩光. 膝伸展運動時の共同筋内における筋内酸素飽和度の相違. *脈管学* 43: 327-330, 2003.
- 10) 福島洋行, 市橋弘章, 高江久仁, 楨村進, 佐々木司, 四方達郎, 長江恒幸, 石丸新, 村瀬訓生, 勝村俊仁. 間歇性跛行肢に対する保存的治療法の早期成績—エルゴメーター負荷外来運動療法の有効性—. *日本血管外科学会雑誌* 12(5): 535-540, 2003.
- 11) 市村志朗, 浜岡隆文, 村瀬訓生, 長田卓也, 本間俊行, 上田千穂子, 北原綾, 永澤健, 中川直樹, 勝村俊仁. 異なる前腕位置での動的掌握運動時の筋酸素消費量と運動パフォーマンス. *疲労と休養の科学* 18(1): 95-104, 2003.
- 12) 川久保清, 伊東春樹, 勝村俊仁, 岸田浩, 古賀義則, 坂本静男, 下光輝一, 高田英臣, 高橋幸宏, 中澤誠, 長嶋正實, 野原隆司, 浅井利夫, 太田壽城, 小川聡, 橋本通, 馬場礼三, 武者春樹, 山崎元, 飛鳥田一朗, 宇津木伸, 大西祥平, 近藤千里, 菅原哲郎, 豊増功次, 羽田勝征, 齋藤宗靖, 村山正博. 心疾患患者の学校, 職域, スポーツにおける運動許容条件に関するガイドライン. *Circ J* Vol.67 Suppl VI: 1261-1325, 2003.
- 13) 村瀬訓生, 市村志朗, 北原綾, 永澤健, 上田千穂子, 本間俊行, 本部真由子, 長田卓也, 浜岡隆文, 勝村俊仁, 福島洋行, 石丸新. 閉塞性動脈硬化症患者に対する自転車エルゴメータによる通院型運動療法の効果. *脈管学* 43: 339-344, 2003.
- 14) 竹並恵里, 倉重(岩崎)恵子, 松本均, 長田卓也, 勝村俊仁, 浜岡隆文. 作業負荷時における末梢循環動態に対するカシス抽出物摂取の影響. *脈管学* 43: 331-334, 2003.
2. 学会発表
- 1) 村瀬訓生, 長田卓也, 本間俊行, 上田千穂子, 永澤健, 本部真由子, 黒澤裕子, 市村志朗, 北原綾, 勝村俊仁. 自転車エルゴメータ運動後のクールダウンが Hb/MbO<sub>2</sub> の回復時間に与える影響. 第 127 回日本体力医学会関東地方会. 2003. 3.
- 2) Esaki, K., Hamaoka, T., Osada, T., Kurosawa, Y., Takemasa, T., Katsumura, T., Ohno, H., Mizuno, M., Haga, S. Difference of regional oxygenation in quadriceps muscles during exercise at moderate intensity using nir spectroscopy. 50th American College of Sports Medicine (ACSM). 2003. 5.
- 3) Homma, T., Hamaoka, T., Murase, N., Osada, T., Kitahara, A., Ueda, C., Nagasawa, T., Ichimura, S., Kurosawa, Y., Katsumura, T. The effects of 21 day forearm immobilization and training on muscle function and metabolic characteristics.