

閉経後女性の脂質特性, 性ホルモン, およびメンタル フィットネスに及ぼす水泳トレーニングの影響

九州大学 熊谷秋三
(共同研究者) 同 花村茂美
福岡大学 佐々木 悠
正樹会佐田病院 森山善彦
スポーツ医科学研究所

**The Effects of Swimming Training on Lipid Metabolism, Sex
Hormones, and Mental Fitness in Post-Menopausal Women**

by

Shuzo Kumagai, Shigemi Hanamura
Institute of Health Science, Kyushu University
Haruka Sasaki
*Second Division of Internal Medicine,
Chikushi Hospital, Fukuoka University*
Yoshihiko Moriyama
Institute of Sports Medicine, Sada Hospital

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate the effects of endurance training on lipid metabolism and sex hormones, and mental fitness in elderly women ($n = 13$) with sedentary life style. A training session was consisted of warming up for 5 minutes, cycle ergometer training for 15 minutes, and swimming training for 60 minutes. The physical training at 50% of maximal oxygen uptake ($\dot{V}_{O_{2max}}$) was performed for 5 months at a frequency of 2 times per week. Although body

weight and estimated $\dot{V}_{O_{2max}}$ did not change, significant reduction of estimated % of body fat and hip circumference were found after training ($P < 0.05$). The lipid parameters such as total cholesterol, triglyceride, high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), HDL 2-C and HDL 3-C levels did not change. On the other hand, significant increase in apoprotein A1 (Apo A1) and Apo B levels were observed after training ($P < 0.05$).

The levels of serum estradiol and sex hormone-binding globulin (SHBG) did not change, but serum free testosterone level was decreased significantly after training ($P < 0.05$). The mental fitness parameters such as type A score and Mental Health Pattern (MPH) did not change after training. From these results, we concluded that lipid metabolism and mental health in elderly women who participated in this study as volunteer had good condition, and that the effect of physical training on both metabolic and psychological fitness were not changed by this program.

要 旨

本研究の目的は、座位がちな高齢女性（平均年齢63.5歳， $n=13$ ）の脂質代謝，性ホルモンおよびメンタルフィットネスに及ぼす水泳を中心とした持久性トレーニングの影響を検討することである。トレーニングの内容は，5分間のストレッチング，15分間の自転車エルゴメータ運動，および60分間の水中・水泳運動であった。運動は，個人の最大酸素摂取量（ $\dot{V}_{O_{2max}}$ ）の50%に相当する強度とし，このような運動を週2回，5カ月間実施した。トレーニング後に，体重や $\dot{V}_{O_{2max}}$ は変化しなかったけれど，体脂肪率やヒップの周径囲りは有意に減少した。総コレステロール，中性脂肪，HDL コレステロール (HDL-C)，HDL 2-C，および HDL 3-C は変化しなかった。

一方，アポ蛋白 A1 やアポ B 水準は有意に増加した。血清エストラジオール，性ホルモン結合グロブリン (SHBG) は変化しなかったけれども，血清遊離テストステロン濃度は有意に低下した。タイプ A 行動特性スコアおよび精神的健康パターンには，トレーニング後に有意な変化は認め

なかった。これらの結果から，本トレーニングに参加した高齢女性の脂質代謝および精神的健康度は，トレーニング前にすでに良好な状態にあり，その状態は本トレーニングプログラムによって変化しなかった。

はじめに

閉経後の女性ランナーや身体活動量の多い閉経後の女性では，糖・脂質代謝が良好に保たれており，両者の密接な関連性が指摘されている^{6, 15}。しかしながら，閉経後でかつ高齢女性に対して，有酸素性トレーニングを実施した際の体力，脂質およびアポ・リポ蛋白，精神的健康度，および性ホルモンに及ぼす介入研究はほとんど実施されていない。

著者らは⁹⁾，すでに軽度肥満を伴う閉経前女性を対象に，6カ月に及ぶ lactate threshold (LT) 強度での身体トレーニングを行い，体重や体脂肪率の有意な減少，および HDL-C の有意な増加を報告している。さらに，性ホルモンとの関連性を検討した結果，遊離型の男性ホルモンおよび女性ホルモンの量や，そのバランスを規定している

と考えられる性ホルモン結合グロブリン (SHBG) の変化量が HDL-C の変化量と正相関することを明らかにした。SHBG は、HDL-C と正相関することは、閉経後の女性でも認められていることから、身体トレーニングに伴う両パラメータの変化量にいかなる関連性があるか興味あるところである。また本研究では、タイプ A 行動特性や精神的健康パターン (ストレスおよび生きがい度から評価) といった精神的健康度に及ぼす身体トレーニングの影響をも検討した。

1. 方法

1.1 対象

平均年齢が63.5歳 (60-70歳) で、過去に定期的な運動習慣がなく、かつ糖・脂質代謝に影響する薬剤を服用していない肥満者を含む健康な高齢女性13名を対象とした。

1.2 測定項目

1) 肥満度評価; 肥満指標として, body mass index (BMI), 推定による体脂肪率 (% fat) を求めた。また腹部型肥満の間接尺度としてウエスト・ヒップ比 (WHR) を用いた。

2) 体力評価; 有酸素的パワーの尺度である最大酸素摂取量 ($\dot{V}_{O_{2max}}$) を, 推定法により算出した。運動中は, 心電図と血圧をモニターした。

3) 血液検査; 以下の糖・脂質代謝指標および性ホルモン関連物質を測定した。インスリン, 総コレステロール, 中性脂肪, HDL コレステロール (HDL-C), HDL 2-C, HDL 3-C, Apo A1, Apo A2, Apo B, エストラジオール (E2), 遊離テストステロン (Free T), 性ホルモン結合蛋白 (SHBG)。なお, HDL 2-C および HDL 3-C の分析は, 残存検体量の不足のため4名実施できなかったため, 9名のみで検討した。

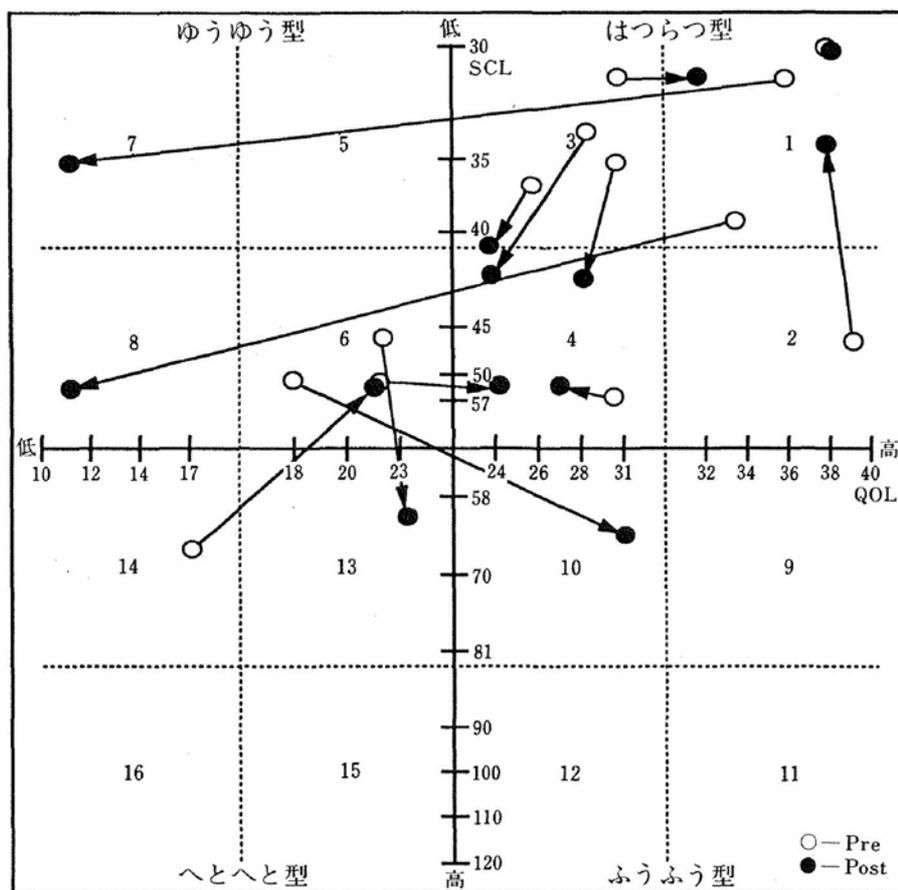


図1 Changes in mental health pattern (MPH) before and after training

4) 精神・心理的評価; Type A 行動パターンは, 前田¹³⁾によって作成された12項目からなる質問紙を用い評価した. すなわち, 17得点以上を Type A と判定した. また, ストレス度と生きがい度の双方を考慮して作成された精神的健康パターン (Mental Health Pattern; MHP) は橋本ら⁵⁾が開発した質問紙を用い評価した. MHP は, ストレス度 (身体的・心理的・社会的ストレス度を含む) および生きがい度のそれぞれのスコアから4区分される. すなわち, はつらつ型, ゆうゆう型, へとへと型, およびふうふう型に区分される (図1参照).

1.3 トレーニングプログラム

一回のトレーニング内容は, 5分間のストレッチング, 15分間の自転車エルゴメータ運動 (50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 強度) および60分間の水中・水泳運動であった. なお, 水中・水泳運動中もほぼ50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 強度に相当する運動強度で実施した. このような運動を週に2回, 5カ月間 (5月から10月まで) 実施した. すべての運動指導は, 某スイミングクラブの運動指導員によって行われた.

1.4 トレーニング効果の判定

採血は, 早朝空腹状態で実施した. その後, アンケート調査, 形態測定, および運動負荷テストを順次実施した. 上記の全測定は, 同一プロトコールおよび同一測定者により実施された.

2. 結 果

2.1 形態・体力の変化 (表1)

体重には有意な変化を認めなかったが, 体脂肪率は, 32.5%から29.6%へと有意に減少した. また, ウエスト囲は減少しなかったが, ヒップ囲は94.5 cm から92.9 cm と有意に低下した. したがって, WHR は増加傾向を示したが, 有意な変化は認めなかった. $\dot{V}_{O_{2max}}$ および安静時の最大・最低血圧には有意な改善は認めなかった.

2.2 脂質代謝, インスリンの変化 (表2)

総コレステロール, 中性脂肪, HDL 3-C, および FIRI には有意な変化は認めなかった. Apo A1 の有意な増加を認めたものの, HDL 2-C や HDL-C の有意な変化は認めなかった. また Apo B の有意な増加を認めたものの, 中性脂肪の上昇は認めなかった. なお, Apo A1 および Apo B の変動は, 正常範囲内にあった.

2.3 性ホルモン, SHBG の変化 (表3)

女性ホルモンであるエストラジオール, SHBG には有意な変化を認めなかったが, 遊離テストステロンの有意な低下を認めた.

2.4 精神的健康度の変化

トレーニング前に Type A 行動特性 (得点17以上) を示した4人のトレーニング後の得点は高く, Type A のままであった. また, トレーニン

表1 Changes of anthropometric and some physiological parameters (n=13)

	Pre		Post		Sign.
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Height (cm)	151.3	5.5	151.0	5.3	ns
Weight (kg)	55.5	7.0	55.7	7.0	ns
%fat (%)	32.5	7.8	29.6	6.3	P<0.05
WHR	0.8	0.06	0.81	0.05	ns
$\dot{V}_{O_{2max}}$ (ml/kg/min)	23.5	4.5	24.4	4.0	ns
SBP (mmHg)	123.0	11.0	123.0	12.0	ns
DBP (mmHg)	76.0	8.0	80.0	9.0	P<0.05

ns : non significant SBP : Systolic blood pressure
DBP : Diastolic blood pressure

表2 Changes of lipids and lipoprotein levels (n=13)

	Pre		Post		Sign.
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Total-C (mg/dl)	222.6	48.7	231.8	37.7	ns
TG (mg/dl)	101.2	41.5	103.7	48.8	ns
HDL-C (mg/dl)	56.1	13.2	58.5	15.4	ns
HDL2-C* (mg/dl)	36.3	7.5	38.9	8.4	ns
HDL3-C* (mg/dl)	19.2	2.3	19.0	2.3	ns
Apo A1 (mg/dl)	131.6	28.4	152.4	31.3	P<0.05
Apo A2 (mg/dl)	32.6	5.5	34.7	3.9	ns
Apo B (mg/dl)	101.3	22.3	109.5	23.3	P<0.05
FIRI (μ U/ml)	7.6	3.0	7.7	3.8	ns

* : n=9

表3 Changes in sex hormones and sex hormone-binding globulin (n=13)

	Pre		Post		Sign.
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Estradiol (pg/ml)	12.4	3.9	12.0	3.0	ns
Free T (pg/ml)	1.15	0.55	0.76	0.44	P<0.05
SHBG (nmol/l)	56.5	19.2	49.7	23.7	ns

SHBG : Sex hormone binding-globulin

グ前に Type A ではなかった 9 名は、トレーニング後に Type A に変化するのは認めなかった。

MHP に関しては (図 1), トレーニング前は、はつらつ型 9 名, ゆうゆう型 3 名, へとへと型 1 名であった。すなわち, 本集団の特性としてストレス度が低く, 生きがい度が高い集団であると考えられた。トレーニング後は, はつらつ型 8 名, ゆうゆう型 3 名, へとへと型 1 名, ふうふう型 1 名となっていた。著しい変化としては生きがい度の著しい低下を伴って, はつらつ型からゆうゆう型に変化したもの 2 名認めた。

3. 考 察

高齢女性を対象に, 約 50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ の強度で 15 分間の自転車エルゴメータ運動と 60 分間の水中・水泳運動を週 2 回, 5 カ月間実施した結果, 体重の低下は認められないものの, 体脂肪率とヒップ周りの有意な減少を認めた。また, $\dot{V}_{O_{2max}}$ には

トレーニングに伴う有意な増加は認めなかった。さらに, 脂質代謝では正常範囲内での変動ではあるが, Apo A1 と Apo B 水準の有意な増加を認めた。

$\dot{V}_{O_{2max}}$ に有意な変化を認めなかった要因としては, まず方法論的には $\dot{V}_{O_{2max}}$ の測定法が間接法であることが考えられた。また, 第 2 番目の要因としては, $\dot{V}_{O_{2max}}$ が増加するためのトレーニング条件として, トレーニング強度と持続時間の条件は満たしているものの, トレーニング頻度が週 2 回と少ないことに関係している可能性が高いと考えている。

閉経に伴い, 脂質代謝にはネガティブな影響 (たとえば, HDL-C の低下や LDL-C の上昇など) が生じることが縦断的調査で明らかにされている⁷⁾。しかしながら, 脂質代謝に及ぼす身体トレーニングの影響を検討した研究は極めて少ない^{10, 12)}。Cauley らは³⁾, 平均年齢が 58 歳の女性を対象に, HDL-C に及ぼす 2 年間にわたる random-

mized exercise trial を行った。その結果、歩行グループ (n=100) とコントロールグループともに、総コレステロール、HDL-C、HDL 2-C、HDL 3-C、中性脂肪への影響はないことを明らかにした。すなわち、横断的研究で認められている身体活動量と脂質代謝の関連性は、高齢者においては認められないと結論した。

北嶋らは⁹⁾、肥満傾向にある閉経前・後の女性 (55.1±5.3歳) を対象に、60% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 強度の運動を一回50分間、週3回、10週間行った。その結果、体重、体脂肪率の有意な減少、および $\dot{V}_{O_{2max}}$ の有意な増加を報告している。脂質代謝に関しては、両群ともに総コレステロールとβリポタンは有意に減少し、HDL-C は閉経前女性のみ有意な変化を認めている。また両群とも HDL-C/総コレステロール比の有意な増加を報告している。このような成績をもとに、閉経後の女性では、有酸素性トレーニングを通して、脂質代謝に関する閉経のマイナスの影響が相殺されていると結論している。

Bulmenthal らは¹⁾、同じく閉経前後の女性を対象に有酸素性トレーニングの脂質代謝に及ぼす影響を検討した。その結果、閉経後の女性ではトレーニング後に総コレステロールおよび HDL-C ともに有意に減少したが、閉経前女性では有意な変化を認めていない。これらの結果から、彼らはトレーニングによる脂質代謝応答は女性の内分泌の状態に関係が深いと結論している。Motoyama らは¹⁰⁾、高齢男女 (平均年齢76歳) を対象に lactate threshold 強度での身体トレーニング (30分/回、3-5回/週を9カ月) に伴い、HDL-C の有意な増加と、脱トレーニングに伴う有意な減少を認めている。しかしながら、女性のみでの比較や性ホルモンの測定も行われていない。

Cauley らは²⁾、閉経後女性の性ホルモン水準と脂質代謝との関連性を検討した結果、両者には有意な関連性はないことを明らかにした。近年、

熊谷らは¹⁰⁾、閉経後の女性 (n=46, 43-61歳) を対象に、内分泌の状態 (血中性ホルモン) と脂質代謝との関連性を検討した。その結果、男性ホルモンである遊離テストステロンは肥満度 (BMI) の影響を考慮した後でも、総コレステロール、Apo A 2, Apo B, および Apo B/Apo A 1 比と有意な正の相関が継続することを報告している。また、SHBG は Apo B, Apo B/Apo A 1 比およびインスリンとの間に負の関連性があることを認めている。しかし、女性ホルモンであるエストラジオールと脂質代謝との関連性は認められなかった。すなわち、そのメカニズムの詳細は不明であるが、上記の脂質代謝指標は、女性ホルモンではなく遊離テストステロンや SHBG の血中濃度に依存して変化することを認めている。

Semmens らは¹⁷⁾、HDL-C は女性ホルモンではなく、テストステロンとの間に有意な負の関連性があることを報告している。本研究において、トレーニング後に遊離テストステロンの有意な低下を認めたことから、閉経後においても脂質代謝への性ホルモンの関与が示唆された。この点に関しては、今後トレーニング条件や食事調査などをコントロールした介入研究を用い、明らかにしていきたい。

本研究では、精神的健康度に及ぼす身体トレーニングの影響についても検討を加えた。その結果、トレーニング前において、虚血性心疾患の危険因子と考えられている Type A 行動パターンを示す人は13人中4名と3割を占めるのみであった。この群において、トレーニング後に有意な変化を認めず Type A のままであった。さらに、Type A 行動パターンを示さなかった9名に関して、トレーニング後に有意な変化を認めなかった。

また、トレーニング前の精神的健康パターン評価では、13人中9人 (約7割) がはつらつ型に属していた。この型の特徴は、ストレス度が低く、生きがい度が高いことにある。トレーニング後に

おいても8名がはつらつ型であった。しかし、トレーニング前にはつらつ型であった2名に関しては、生きがい度の著しい低下を伴って、はつらつ型からゆうゆう型へ移行していた。この2名に関しては、聞き取り調査を実施していないことから、それがトレーニングに伴う変化であるかどうかの確認は行っていない。いずれにせよ、集団として把握すると、トレーニングに伴いストレス度や生きがい度に有意な改善効果は認められなかった。その原因としては、生きがい度が割りと高く、ストレス度が低いとする本集団の精神・心理特性が大きく関与しており、水泳トレーニングの効果が発現しなかった可能性が高いと考えている。

最近、精神・心理的健康度と身体活動との関連性に関する二つの成績が報告された。一つは閉経との関連性を検討したオーストラリアからの報告であるが、成績はネガティブであった⁴⁾。一方、65-84歳の高齢者を対象としたフィンランドからの報告では、ポジティブな成績が報告されている¹⁰⁾。とくに、心理的健康それ自体が高年齢になっても、より活動的にいられることの重要な予測因子であることも明らかにされた。しかしながら、上記の研究はいずれも横断的な研究成績であることから、今後は介入研究を含めた前向き調査が必要であろう。

庄野らは¹⁰⁾、中高年女性を対象に気功訓練に伴う精神的健康パターンの変化を観察した。その結果、良好な改善を認めている。すなわち、気功訓練に伴い、ストレス度の低下と生きがい度の上昇を認めた。また、精神的健康パターンでは、ふうふう型、へとへと型の激減を認めている。また、精神的健康度の改善は運動の頻度が高い群に顕著であり、平行して脂質代謝の改善も認めている。この集団の特性として、ストレス度がとくに高い集団ではないことなどを考慮すると、精神的健康の改善には運動の質が強く関与しているのかも知れない。

本研究で用いた水泳運動が、個々人の運動の嗜好性にあっていたかどうかなども、身体トレーニングの継続に伴う精神的健康の改善効果を検討する際の重要な要因と考えられることから、今後は高齢者の精神的健康度の改善をもたらす運動内容の再検討も重要な課題と考えられた。

文 献

- 1) Bulmenthal, J. A., Matthews, K., Fredrikson, M., Rifai, N., Schniebolck, S., German, D., Steege, J., Rodin, J.; Effects of exercise training on cardiovascular function and plasma lipid, lipoprotein, and apo-lipoprotein concentrations in premenopausal and postmenopausal women, *Arteriosclerosis Thromb.*, 11, 912-917 (1991)
- 2) Cauley, J. A., Gutani, J. P., Kuller, L. H., Powell, J. G.; The relation of endogenous sex steroid hormone concentrations to serum lipid and lipoprotein levels in postmenopausal women, *Am. J. Epidemiol.*, 132, 884-894 (1990)
- 3) Cauley, J. A., Kriska, A. M., LaPorte, R. E., Sandler, R. B., Pambianco, G.; A two year randomized exercise trial in older women: Effects on HDL-cholesterol, *Atherosclerosis*, 66, 247-258 (1987)
- 4) Guthrie, J. R., Smith, A. M. A., Dannerstein, L., Morse, C.; Physical activity and the menopause experience: A cross-sectional study, *Maturitas*, 20, 71-80 (1995)
- 5) 橋本公雄, 徳永幹雄, 高柳茂美; 精神的健康パターンの分類の試みとその特性, *健康科学*, 16, 49-56 (1994)
- 6) Harting G. H., Moore, C. E., Mitchell, R., Kappus, C. M.; Relationship of menopausal status and exercise level to HDL cholesterol in women, *Exp. Aging Res.*, 10, 13-18 (1984)
- 7) Jensen, J., Nilas, L., Christiansen, C.; Influence of menopause on serum lipids and lipoproteins, *Maturitas*, 12, 321-331 (1990)
- 8) 北嶋久雄, 江崎利昭, 田中新治郎, 久永義治, 江口 閣; 座業的閉経女子の HDL コレステロール並びに有酸素的作業能に関する完全監視型有酸素的トレーニングによる改善, *体力研究*, 75, 40-47

- (1990)
- 9) Kumagai, S., Shono, N., Kondo, Y., Nishizumi, M. ; The effect of endurance training on the relationships between sex hormone binding globulin, high density lipoprotein cholesterol, apoprotein A1 and physical fitness in pre-menopausal women with mild obesity, *Int. J. Obesity*, **18**, 249-254 (1994)
 - 10) 熊谷秋三, 浅野勝巳 ; 有酸素性トレーニングの生理と効用 (5) 閉経前後の女性 - 脂質代謝への性ホルモンの関与, *臨床スポーツ医学*, **12**, 779-784 (1995)
 - 11) 熊谷秋三, 花村茂美, 佐々木悠 ; 中高年齢者における糖・脂質代謝の性差・個人差と性ステロイドホルモン, *小野スポーツ科学*, **3**, 7-20 (1995)
 - 12) Krummel, D., Etherton, T. D., Peterson, S., Kris-Etherton, P. M. ; Effects of exercise on plasma lipoproteins in women, *Pro. Soc. Exp. Biol. Med.*, **204**, 123-137 (1993)
 - 13) 前田 聡 ; 行動パターン評価のための簡易質問紙法「A型傾向判別表」, *タイプA*, **2**, 33-40 (1991)
 - 14) Motoyama, M., Sunami, Y., Kinoshita, F., Irie, T., Sasaki, J., Arakawa, K., Kiyonaga, A., Tanaka, H., Shindo M. ; The effects of long-term low intensity aerobic training and detraining on serum lipid and lipoprotein concentrations in elderly men and women, *Eur. J. Appl. physiol.*, **70**, 126-131 (1995)
 - 15) Rainville, S., Vaccaro, P. ; The effects of menopause and training on serum lipids, *Int. J. Sports Med.*, **5**, 137-141 (1984)
 - 16) Ruuskanen, J. M., Ruoppila, I. ; Physical activity and psychological well-being among people aged 65 to 84 years, *Age/Aging*, **24**, 292-296 (1995)
 - 17) Semmens, J., Rouse, I., Belin, L. J., Masarei, J. R. L. ; Relationship of plasma HDL-cholesterol to testosterone, estradiol, and sex hormone-binding globulin levels in men and women, *Metabolism*, **32**, 428-432 (1983)
 - 18) 庄野菜穂子, 矢山利彦, 小川鮎子, 熊谷秋三, 西住昌裕 ; 気功に関する生理・心理的研究, 一過性および長期訓練効果, 第17回健康科学会議抄録集 (1996)