

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23680071

研究課題名(和文)動脈硬化に対する運動効果を早期に予測できるか? - 血液バイオマーカーの探索 -

研究課題名(英文)Biochemical marker for prediction of exercise training-induced improvement of arterial stiffness

研究代表者

家光 素行 (Motoyuki, Iemitsu)

立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号：90375460

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円、(間接経費) 4,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、中高齢者の有酸素性トレーニングによる動脈硬化度と血中apelin濃度に及ぼす影響を検討した。健康な中高齢者男女34名を対象に、60-70%V02peak運動強度の自転車運動(週3日、45分間)を8週間実施する運動群18名と安静対照群16名に分けた。運動トレーニングにより頸動脈ステイフネスは有意に低下し、血中apelin濃度は有意に増加した。さらに、血中apelin濃度と頸動脈ステイフネスの変化率との間には負の相関関係($r = -0.508$, $P = 0.032$)が認められた。中高齢者の有酸素性トレーニングによる動脈硬化度改善の機序にapelinの調節が関与する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the effects of regular aerobic exercise on apelin concentrations in middle-aged and older adults. Thirty-four healthy middle-aged and older subjects were randomly divided into two groups: exercise intervention and sedentary controls. Subjects in the training group completed 8-week of aerobic exercise training (60-70% peak oxygen uptake [V02peak] for 45 min, 3 days/week). In the training group, V02peak was significantly increased, and carotid beta-stiffness was significantly decreased, after the intervention. Moreover, plasma apelin and NOx levels were significantly increased in the training group after the intervention. Additionally, there was a correlation between the training effects of plasma apelin levels and carotid beta-stiffness ($r = -0.508$, $P = 0.032$). These results suggest that the increased in plasma apelin levels may be associated with exercise training-induced alternation of arterial stiffness in middle-aged and older adults.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：動脈硬化 有酸素性運動 バイオマーカー

1. 研究開始当初の背景

「血管は年とともに老いる」と言われるように、中高齢期から動脈硬化性疾患（虚血性心疾患、脳血管疾患）などリスクは急増する。さらに近年の生活習慣病の急増が、動脈硬化リスクを増大させ、医療保険に係わる国民負担の増加によって生じる介護保険財政の圧迫を促進させている。そのため、動脈硬化性疾患リスク軽減のための第一次予防対策は政府を上げて取り組むべき緊急の課題である。中高齢期から動脈硬化性疾患（虚血性心疾患、脳血管疾患）リスク予防として、有酸素性運動トレーニングは効果的であることは明らかである（Tanaka et al. Circulation 2000）。しかし、動脈硬化をはじめ、生活習慣病に対する運動習慣改善のための指導の介入成果には、長期間にわたる療法が必要であり、運動プログラム実施中にドロップアウトする人が極めて多い。そのため、運動による効果が現れるよりも前に運動効果の状況を評価することができるような客観的的判断材料、つまり、バイオマーカーがあれば運動継続のモチベーションの向上だけでなく、運動プログラムの見直しなどができると考えられる。しかしながら、有酸素性トレーニングにおける動脈硬化度の経時的な変動を検討した研究はほとんどなく、さらに、運動効果に対するバイオマーカーを探索する検討は皆無である。

2. 研究の目的

本研究は、動脈硬化リスクに対する運動効果を予測できる血液指標（血液バイオマーカー）を探索することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 被験者：

健常な中高齢者 34 名（平均年齢：67.0 ± 1.3 歳，男性：14 名，女性：20 名）を対象とし、高齢者を 2 群にランダムに分割した：運動トレーニング群 18 名（平均年齢：66.4 ± 2.1 歳，男性 7 名，女性 11 名），コントロール群 16 名（平均年齢：67.8 ± 1.5 歳，男性：7 名，女性：9 名）。すべての被験者は慢性疾患がなく、被験者の中には運動習慣のない被験者および活動的な被験者が含まれているが、スポーツ競技者は含まれていなかった。本研究は、立命館大学の倫理審査委員会の承諾を受け、ヘルシンキ宣言の精神に則り行われた。被験者には、研究の目的および測定方法の説明をした後に実験参加の承諾を得て、測定を実施した。

(2) 実験手順：

被験者は、有酸素性トレーニング介入に先立ち、12 時間以上の絶食後、早朝より測定を開始した。身長、体重を測定の後、座位安静状態にて採血を実施した。その後、安静時の血圧、心拍数、動脈硬化度を測定した。最後に、最高酸素摂取量（peak oxygen uptake:

VO_{2peak} ）の測定を実施した。トレーニング群は、8 週間のトレーニングが終了した 48 時間後にトレーニング前と同様の項目の測定を実施したが、採血および動脈硬化指標はトレーニング前、トレーニング開始 2、4、6、8 週目に測定した。また、コントロール群も同様の測定を実施した。

(3) 有酸素性トレーニング介入：

有酸素性トレーニングには、自転車エルゴメーター（828E: Monark 社製）を使用した。自転車エルゴメーターのペダルの回転数を 60 回転/分に設定し、60-70% VO_{2peak} の運動負荷を 1 日 45 分、週 3 回、8 週間実施した。実験開始 1 週目は、50% VO_{2peak} の運動強度で 45 分間の運動を行った。ウォームアップとクーリングダウンは、40% VO_{2peak} の運動強度でそれぞれ 5 分間行った。有酸素性トレーニングはすべて監視下で実施した。

(4) 測定項目：

VO_{2peak} の測定

VO_{2peak} の測定は、自転車エルゴメーター（828E: Monark 社製）を使用し、多段階漸増負荷法で呼気ガスを採取し、測定した。

動脈硬化指標の測定

すべての被験者は、動脈硬化の指標として、頸動脈 β -stiffness および脈波伝播速度（PWV）、血圧の測定を行った。

頸動脈 β -stiffness の測定は、超音波診断装置（Vivid S6: GE 社製）を用いて頸動脈直径を測定し、圧波形を、トノメトリーセンサー（form PWV/ABI, オムロンコーリン社製）を用いて左頸動脈から得られた。頸動脈最大収縮期直径、最小拡張期直径と頸動脈径較差、頸動脈収縮期血圧（Carotid Systolic Blood Pressure: CSBP）と頸動脈脈圧（Carotid Pulse Pressure: CPP）および拡張期血圧（DBP）から、以下の式によって頸動脈 β -stiffness を算出した。

頸動脈 β -stiffness (index) = $\ln(\text{CSBP}/\text{DBP}) / (\text{頸動脈径較差} / \text{頸動脈拡張期径})$

また、PWV 測定は、form PWV/ABI（オムロンコーリン社製）および頸動脈・大腿動脈トノメトリーセンサーを用いて、頸動脈 - 大腿動脈間脈波伝播速度（cfPWV）を測定した。

血中タンパク変動の網羅解析：

座位安静状態にて、肘正中静脈から採血した血液は、4 分で 3,000 回転、10 分間の遠心によって上清を分離し、血清を用いて MARS カラムにて除タンパク処理した後に二次元電気泳動法によりプロテオーム解析を行った。サンプルは、運動前、運動 2 週目、4 週目、6 週目、8 週目と経時的に採取した血清を使用した。それぞれの泳動解析には、ImageMaster 2D 5.0 Platinum（GE Healthcare 社製）を使用して定量化した。

血漿 NOx および ADMA, apelin, PTX3 濃度測定:

血漿 NOx および ADMA, apelin, PTX3 濃度を測定するまで -80 で冷凍保存した。血漿 NOx 濃度は, R&D システム社製の実験プロトコルに従って, Griess 法により, 測定した。吸光度値は, マイクロプレートリーダー (xMark microplate spectrophotometer; Bio-Rad Laboratories 社製) を用いて 540nm の波長で測定した。また, 血漿 ADMA, apelin, PTX3 濃度は, 酵素免疫測定法 (enzyme-linked immunosorbent assay: ELISA) により, 測定した。ADMA, apelin, PTX3 の吸光度値は, マイクロプレートリーダー (xMark microplate spectrophotometer; Bio-Rad Laboratories 社製) を用いて 450nm の波長で測定した。

(5) 統計解析

本研究結果は, すべて平均値 ± 標準誤差で表した。8 週間のトレーニング運動による cfPWV や血中 NOx 濃度, ADMA 濃度, apelin 濃度, apelin 濃度は, 一元配置分散分析を用いた。介入前後の運動トレーニング群およびコントロール群の 2 群間の比較は, 二元配置分散分析を用いた。さらに, 相関関係をピアソンの相関係数によって検討するとともに, 単回帰により回帰直線を求めた。危険率は 5% 未満を有意水準とした。

4. 研究成果

トレーニング前, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後に cfPWV を測定した結果, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後において徐々に低下する経時的な変動を示したが, 有意に改善したのはトレーニング 6 週間後と 8 週間後のみであった (図 1)。また, 2 次元電気泳動法を用いて血液中のタンパク発現を網羅的に解析し, 経時的に定量した結果, 動脈硬化改善が認められる 8 週目よりも前の 4, 6 週目に発現が変動しているタンパク質を複数検出した。その中で 12 か所のタンパクのアミノ酸解析を行い, 動脈血栓に関わるタンパク質や血中脂質に影響するタンパク質などが複数同定された。

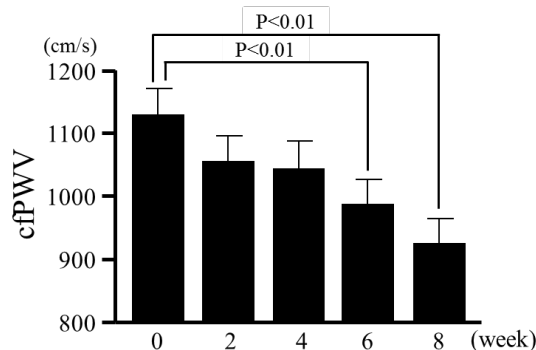


図1. Change in the cfPWV in middle-aged and older adults before, after 2, 4, 6, and 8 weeks of exercise training (Training group, $n = 18$). Data are expressed as the means ± SE.

さらに血管拡張物質である一酸化窒素 (NO) の代謝産物である NOx 濃度および NO 産生阻害である asymmetric dimethyl arginine (ADMA) 濃度, 内皮細胞において発現しており, NO 合成酵素活性を亢進させる apelin 濃度, 血管炎症マーカーである Pentraxin 3 (PTX3) 濃度を経時的に解析した結果, NOx 濃度は, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後において徐々に増加する経時的な変動を示したが, 有意に増加したのはトレーニング 6 週間後と 8 週間後のみであった (図 2)。

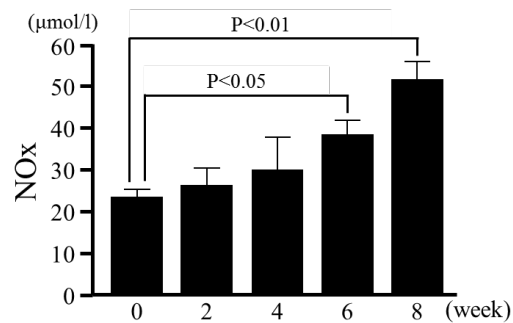


図2. Change in the plasma NOx levels in middle-aged and older adults before, after 2, 4, 6, and 8 weeks of exercise training (Training group, $n = 18$). Data are expressed as the means ± SE.

また, ADMA 濃度は, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後において徐々に低下する経時的な変動を示したが, 有意に低下したのはトレーニング 8 週間後のみであった (図 3)。

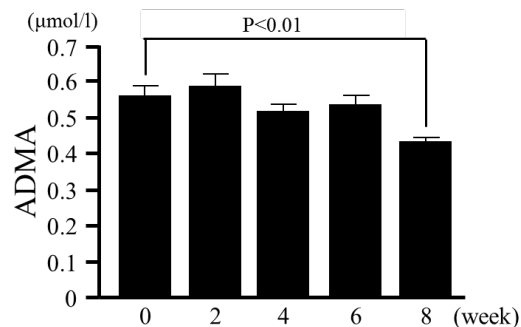


図3. Change in the plasma ADMA levels in middle-aged and older adults before, after 2, 4, 6, and 8 weeks of exercise training (Training group, $n = 18$). Data are expressed as the means ± SE.

一方, apelin 濃度は, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後において徐々に増加する経時的な変動を示したが, 有意に増加したのはトレーニング 4 週間後, 6 週間後, 8 週間後であった (図 4)。さらに, PTX3 濃度は, トレーニング開始 2, 4, 6, 8 週間後において徐々に増加する経時的な変動を示したが, 有意に増加したのはトレーニング 4 週間後, 6 週間後, 8 週間後であった (図 5)。このように, apelin 濃度および PTX3 濃度は, cfPWV の変化よりも早期に増大していることから, 動脈硬化リスクに対する運動効果を予測するバイオマーカーになる可能性が示された。

次に apelin は血管拡張物質である NO 合成

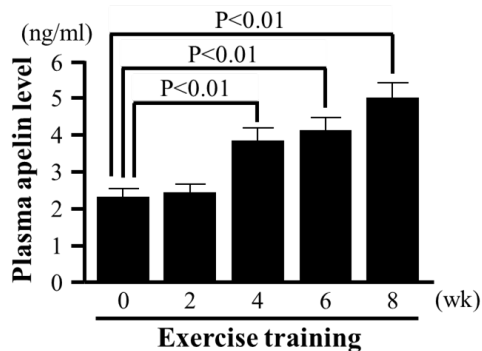


図4. Change in the plasma apelin levels in middle-aged and older adults before, after 2, 4, 6, and 8 weeks of exercise training (Training group, $n = 18$). Data are expressed as the means \pm SE.

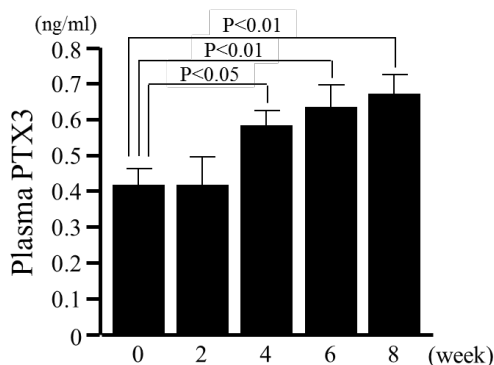


図5. Change in the plasma PTX3 levels in middle-aged and older adults before, after 2, 4, 6, and 8 weeks of exercise training (Training group, $n = 18$). Data are expressed as the means \pm SE.

酵素の活性を促進させることから、運動による動脈硬化リスク改善に関わる NO 産生に apelin が関与するのかを検討するために、8週間の有酸素性トレーニング介入前後を比較検討した。その結果、運動トレーニング群では、 $\dot{V}O_{2peak}$ は有意に増加し ($P < 0.05$)、頸動脈 スティフネスおよび cfPWV は有意に低下した ($P < 0.05$) (表 1)。加えて、血中 NOx 濃度および apelin 濃度は有意に増加した ($P < 0.05$) (表 1)。

さらに、血中 apelin 濃度の変化率と頸動脈 スティフネスの変化率との間には負の相関関係 ($r = -0.508$, $P = 0.032$) が認められ、血中 apelin 濃度の変化率と血中 NOx 濃度の変化率との間には正の相関関係 ($r = 0.494$, $P = 0.037$) が認められた。一方、コントロール群は、すべての測定項目において 8 週間後に有意な変化は認められなかった。以上の結果から、中高齢者の有酸素性トレーニングにおける頸動脈 スティフネスの低下には、apelin を介した NO 産生の増大が関与している可能性が考えられる。

本研究結果から、中高齢者の有酸素性トレーニングによる動脈硬化度改善の機序として、様々なホルモン、ペプチドが関与する可能性が示唆された。今後、動物実験にて分子機序を検討することにより、動脈硬化リスクに対する運動効果の血中バイオマーカーを

同定できるかもしれない。

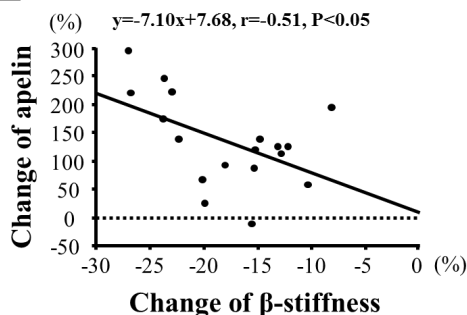
表 1 Comparison of characteristics in trained and control groups

	Control		Trained		Two-way ANOVA
	Pre	Post	Pre	Post	
Age, years	67 \pm 1	68 \pm 1	66 \pm 2	67 \pm 2	0.981
Height, cm	160 \pm 2	160 \pm 2	161 \pm 2	161 \pm 2	0.978
Body weight, kg	54 \pm 2	54 \pm 2	63 \pm 3	63 \pm 3	0.926
BMI, kg/m ²	21.1 \pm 0.5	21.1 \pm 0.5	24.7 \pm 1.1	24.6 \pm 1.1	0.921
HR, bpm	59 \pm 2	56 \pm 2	60 \pm 1	59 \pm 2	0.602
SBP, mmHg	130 \pm 3	127 \pm 4	130 \pm 4	121 \pm 4	0.467
DBP, mmHg	77 \pm 2	75 \pm 2	78 \pm 3	75 \pm 3	0.732
β -stiffness, A.U.	15.2 \pm 0.8	15.4 \pm 0.6	13.7 \pm 0.6	11.2 \pm 0.5 *	0.049
cfPWV, cm/s	1034 \pm 30	987 \pm 41	926 \pm 38	1130 \pm 41 *	0.042
Total cholesterol, mg/dl	229 \pm 10	220 \pm 10	210 \pm 7	219 \pm 8	0.336
HDL cholesterol, mg/dl	80 \pm 6	80 \pm 7	66 \pm 5	67 \pm 6	0.925
Triglycerides, mg/dl	108 \pm 23	105 \pm 27	148 \pm 23	127 \pm 18	0.702
Plasma NOx, μ mol/l	21.6 \pm 1.8	19.6 \pm 2.3	23.5 \pm 1.8	51.6 \pm 4.5 *	0.001
Plasma apelin, ng/ml	2.78 \pm 0.18	2.94 \pm 0.16	2.31 \pm 0.20	5.00 \pm 0.39 *	0.001
$\dot{V}O_{2peak}$, ml/kg/min	26.7 \pm 1.6	26.5 \pm 1.4	23.2 \pm 1.3	28.9 \pm 1.5 *	0.013

BMI: body mass index, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, cfPWV: carotid-femoral pulse wave velocity, HDL: high density lipoprotein, $\dot{V}O_{2peak}$: peak oxygen uptake.

Values are means and SE. * $P < 0.05$ vs. Training-Pre

A



B

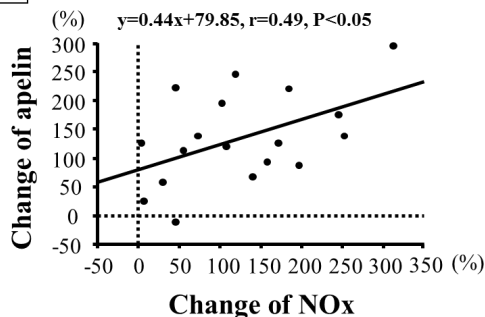


図6. The correlation of percent change between plasma apelin levels and carotid β -stiffness in the training group, which was composed of middle-aged and older adults (A). Correlation between percent change between plasma apelin levels and percent change of plasma NOx concentrations in the training group (B).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 17 件)

(1) Fujie S, Sato K, Miyamoto-Mikami E, Hasegawa N, Fujita S, Sanada K, Hamaoka T, Iemitsu M. Reduction of arterial stiffness by exercise training is associated with increasing plasma apelin level in

middle-aged and older adults. PLoS One 9: e93545, 2014. 10.1371/journal.pone.0093545, 査読有

(2) **lemitsu M**, Fujie S, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Tanaka N, Miyachi M. Higher cardiorespiratory fitness attenuates the risk of atherosclerosis associated with ADRB3 Trp64Arg polymorphism. Eur J Appl Physiol 2014 in press. 査読有

(3) Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, **lemitsu M**, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac mass. Med Sci Sports Exerc 46: 42-50, 2014. 10.1249/MSS.0b013e3182a38da8, 査読有

(4) Fujie S, **lemitsu M**, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Miyachi M. Higher cardiorespiratory fitness attenuates arterial stiffening associated with the Ala54Thr polymorphism in FABP2. Physiol Genomics 45: 237-242, 2013. 10.1152/physiolgenomics.00089.2012, 査読有

(5) Hashimoto T, Sato K, **lemitsu M**. Exercise-inducible factors to activate lipolysis in adipocytes. J Appl Physiol 115: 260-267, 2013. 10.1152/jappphysiol.00427.2013, 査読有

(6) Katayama K, Fujita O, **lemitsu M**, Kawano H, Iwamoto E, Saito M, Ishida K. The effect of acute exercise in hypoxia on flow-mediated vasodilation. Eur J Appl Physiol 113: 349-357, 2013. 10.1007/s00421-012-2442-5, 査読有

(7) **家光素行**. 運動による心臓適応と分子メカニズム. 医学のあゆみ, 244: 250-257, 2013. 査読無

(8) Sanada K, **lemitsu M**, Murakami H, Gando Y, Kawano H, Kawakami R, Tabata I, Miyachi M. Adverse effects of coexistence of sarcopenia and metabolic syndrome in Japanese women. Eur J Clin Nutr 66: 1093-1098, 2012. 10.1038/ejcn.2012.43, 査読有

(9) Kawano H, **lemitsu M**, Gando Y, Ishijima T, Asaka M, Aoyama T, Ando T, Tokizawa K, Miyachi M, Sakamoto S, Higuchi M. Habitual rowing exercise is associated with high physical fitness without affecting arterial stiffness in older men. J Sports Sci 30: 241-246, 2012. 10.1080/02640414.2011.635311, 査読有

(10) Fuku N, Murakami H, **lemitsu M**, Sanada K, Tanaka M, Miyachi M. Mitochondrial

macrohaplogroup associated with muscle power in healthy adults. Int J Sports Med 33: 410-414, 2012. 10.1055/s-0031-1301317, 査読有

(11) **家光素行**. スポーツ心臓のサブタイプ. 体育の科学, 62: 285-290, 2012. 査読無

(12) **家光素行**. 運動効果と遺伝について. 成人病と生活習慣病, 42: 537-541, 2012. 査読無

(13) Murakami H, **lemitsu M**, Sanada K, Gando Y, Ohmori Y, Kawakami R, Sasaki S, Tabata I, Miyachi M. Associations among objectively measured physical activity, fasting plasma homocysteine concentration, and MTHFR C677T genotype. Eur J Appl Physiol 111: 2997-3005, 2011. 10.1007/s00421-011-1926-z, 査読有

(14) Zempo H, Tanabe K, Murakami H, **lemitsu M**, Maeda S, Kuno S. Age differences in the relation between ACTN3 R577X polymorphism and thigh-muscle cross-sectional area in women. Genet Test Mol Biomarkers 15: 639-643, 2011. 1089/gtmb.2011.0005, 査読有

(15) Sanada K, **lemitsu M**, Murakami H, Tabata I, Yamamoto K, Gando Y, Suzuki K, Higuchi M, Miyachi M. PPARG2 C1431T genotype increases metabolic syndrome risk in young men with low cardiorespiratory fitness. Physiol Genomics 43: 103-109, 2011. 10.1152/physiolgenomics.00129.2010, 査読有

(16) **家光素行**. 動脈硬化に対する運動効果に遺伝的要因が及ぼす影響. 臨床スポーツ医学, 28: 1325-1331, 2011. 査読無

(17) **家光素行**. 遺伝子発現に影響する遺伝子多型と運動能力. 体育の科学, 61: 865-870, 2011. 査読無

[学会発表](計15件)

(1) 藤江隼平, 佐藤幸治, 藤田聡, 真田樹義, 浜岡隆文, **家光素行**. 中高齢者における有酸素性トレーニングが血中 apelin 濃度に及ぼす影響. 第 68 回日本体力医学会, 日本教育会館, 千代田区, 東京, 2013 年 9 月 22 日

(2) 長谷川夏輝, 栗原俊之, 佐藤幸治, 藤田聡, 真田樹義, 大塚光雄, 浜岡隆文, **家光素行**. 筋細胞内脂肪含有量と動脈硬化指数の関係. 第 68 回日本体力医学会, 日本教育会館, 千代田区, 東京, 2013 年 9 月 22 日

(3) 長谷川夏輝, 栗原俊之, 佐藤幸治, 藤田聡, 真田樹義, **家光素行**. 体力レベルおよび加齢, 性別と筋細胞内・外脂肪含有量の関係. 第 64 回日本体育学会, 立命館大学, 草津, 滋賀, 2013 年 8 月 30 日

(4) Kono S, **lemitsu M**, Murakami H, Fujie S, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami

R, Tanaka N, Miyachi M. Ghrelin Leu72Met polymorphism affects a relationship between HDL cholesterol and cardiorespiratory fitness level in middle and older adults. 18th Annual Meeting of European College of Sport Science Annual Congress, National Institute of Physical Education of Catalonia, Barcelona, Spain, 2013年6月27日

(5) Fujie S, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Miyachi M. Cardiorespiratory fitness affects polymorphism in ADRB3 Trp64Arg-caused increase in common carotid intima-media thickness. Experimental Biology 2013, Boston Convention & Exhibition Center, Boston, USA, 2013年4月24日

(6) 家光素行. 運動トレーニングによる心臓・血管の適応メカニズム. 第6回運動循環器病学研究会, 東京都, ファイザー(株), 2013年2月16日

(7) 藤江隼平, 佐藤幸治, 藤田聡, 真田樹義, 松谷健司, 高橋圭, 辻野真史, 浜岡隆文, 家光素行. 中高齢者の有酸素性トレーニングが血管拡張・収縮物質の血中レベルに及ぼす影響. 第25回トレーニング科学大会, 滋賀県, 立命館大学, 2012年12月1日

(8) Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, Iemitsu M, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. Myocardial Mass Increases with both Sprint- and Aerobic-type Interval Exercise but not with a Traditional, Continuous Aerobic Exercise in Sedentary Adults: An 8-week Randomized Intervention Study. American Heart Association 2012 Scientific Sessions, Los Angeles Convention Center, Los Angeles, USA, 2012年11月6日

(9) 齊藤満, 片山敬章, 岩本えりか, 石田浩司, 金尾洋治, 家光素行. 運動時の神経性循環調節に対する持久トレーニング効果. 第20回日本運動生理学会, 茨城県, 筑波大学, 2012年7月28日

(10) Fujie S, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Miyachi M. Cardiorespiratory fitness affects relationship between GHRL Leu72Met polymorphism and cardiovascular disease risks. 17th European College of Sport Science Annual Congress, Brogue, Belgium, 2012年7月7日

(11) Fujie S, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Miyachi M. Cardiorespiratory fitness affects polymorphism in FABP2 Ala54Thr-caused increase in arterial stiffness and blood pressure. 59th Annual Meeting of American College of Sports Medicine, San Francisco, USA, 2012年5月30日

(12) 家光素行. 運動効果と遺伝について.

第46回日本成人病学(生活習慣病)会学術集会, 東京都, 都市センターホテル, 2012年1月15日

(13) 家光素行, 村上晴香, 真田樹義, 河野寛, 川上諒子, 宮地元彦. 体力レベルの違いが生活習慣病リスクと遺伝的要因の關係に及ぼす影響. 日本体育学会第62回大会, 鹿児島県, 鹿屋体育大学, 2011年9月26日

(14) 家光素行. 遺伝的特性を考慮した運動療法. 第29回日本肥満症治療学会学術集会, 京都府, 京都テルサ, 2011年6月10日

(15) Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Fuku N, Hayashi K, Miyachi M. Genome-Wide Association Study of Habitual Exercise-Induced Improvement of Arterial Stiffness in Japanese Adults. 58th Annual Meeting of American College of Sports Medicine, Denver, USA, 2011年6月2日

〔図書〕(計 3件)

(1) 家光素行. 運動時の呼吸循環系応答. スポーツ指導者に必要な生理学と運動生理学の知識, 市村出版, 101-107, 2013.

(2) 家光素行. 運動トレーニングによる呼吸循環系適応. スポーツ指導者に必要な生理学と運動生理学の知識, 市村出版, 109-117, 2013.

(3) 家光素行, 前田清司. 高血圧症. エクササイズ科学, 文光堂, 131-142, 2012.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

家光 素行 (IEMITSU MOTOYUKI)

立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 90375460