

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560378

研究課題名(和文) 脂肪蓄積の局在変化は動脈硬化リスクの増大に関与するか？

研究課題名(英文) Muscular lipid is associated with a risk factor of arterial stiffness.

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・教授

研究者番号：90375460

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、筋細胞内・外脂肪含有量と動脈硬化との関係について、性別、年齢、運動習慣の影響を検討することを目的とした。40歳以上の中高齢者では、女性においてのみ筋細胞内脂肪含有量と動脈硬化との間に負の相関関係があり、特に低体力者で有意に影響した。一方、動脈硬化と筋細胞外脂肪含有量の間には年齢・性別・体力に関係なく有意に正の相関関係が認められた。また、有酸素性トレーニングによる筋細胞内脂肪含有量の増加量と動脈硬化の低下量との間には有意な相関関係が認められた。筋細胞内・外脂肪含有量は動脈硬化と関連性があることが明らかになった。また、その関係は年齢や性別、運動習慣によって異な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 effect of sex, age and cardiorespiratory fitness level on relationship between arterial stiffness and IMCL or EMCL contents (Experiment 1) and the effect of chronic aerobic exercise on IMCL or EMCL contents with arterial stiffness (Experiment 2). Experiment 1: IMCL and EMCL contents in 237 healthy subjects were evaluated by 1H-MRS. Arterial stiffness was estimated using baPWV. In the middle-aged and older female, baPWV negatively correlated with IMCL content, especially, in the low fitness female ($r=-0.54$, $p<0.001$). By contrast, significant positive correlation was observed between baPWV and EMCL in the both genders and fitness levels. Experiment 2: By 8-week aerobic exercise intervention in the middle-aged and older adults, the increase in IMCL content was significantly correlated with the reduction of baPWV. Thus, IMCL and EMCL contents may be a risk factor of arterial stiffness, and this association may be differed by gender, age and fitness level.

研究分野：運動生理・生化学

キーワード：脂肪蓄積 有酸素性運動 動脈硬化 筋細胞内脂肪 筋細胞外脂肪

1. 研究開始当初の背景

近年、高齢化社会が進む中、国内では虚血性心疾患、脳血管疾患などの動脈硬化を起因とする死亡原因が26%程度占めており、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、いかにして、動脈硬化性疾患やそのリスクを軽減させるかが重要な国家課題となっている。しかし、内臓脂肪の蓄積を基盤としたメタボリックシンドロームといった、動脈硬化性疾患（心疾患や脳血管疾患）を発症しやすい状態、つまり、疾患予備群は増大している。さらに、近年では、筋内や筋外に蓄積する脂肪が生活習慣病リスクに影響する可能性が報告されてきている。これらの先行研究から単に全身の脂肪の蓄積が動脈硬化などの生活習慣病リスクを増大させるのではなく、脂肪蓄積の局在がより重要である可能性が考えられる。つまり、各組織部位の細胞内・外の脂肪蓄積量を検討することにより、どの部位の脂肪蓄積が動脈硬化リスクの増大に貢献しているのかが解明できるかもしれない。

MRI(magnetic resonance imaging)の技術進歩により開発されたプロトン磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-MRS}$) は、筋細胞内脂肪と筋細胞外脂肪を定量的に同定することが可能であり、健康分野での応用が報告されてきている。Mancoら (Metabolism 2000)をはじめ複数の研究により、筋細胞内脂肪量とインスリン感受性との間に負の相関関係が認められ、糖尿病リスクに関連する可能性を報告している。一方、筋細胞外脂肪は、筋細胞内で消費できない脂肪が細胞外で霜降り状に蓄積される状態である。筋細胞外脂肪は BMI (Body Mass Index) との正の相関関係が認められ、体脂肪の増加に関連する可能性を報告している (Ingram et al. Obesity, 2011)。さらに、筋細胞内脂肪量と血中コレステロール濃度との間にも関連性があるという報告がある (Nakagawa et al, Gerontology 2007)。しかしながら、動脈硬化と筋細胞内脂肪および筋細胞外脂肪の蓄積量との関連性を検討した研究は国内・外を見ても皆無である。

2. 研究の目的

筋細胞内・外脂肪含有量と動脈硬化との関係について、性別および年齢、運動習慣の影響を横断的に検討すること、有酸素性トレーニングによる筋細胞内・外脂肪含有量の変化が動脈硬化リスクの改善に貢献するかを縦断的に検討することを目的とした。

3. 研究の方法

【実験】

(1) 被験者：

健常な男女 237 名 (男性 136 名、女性 101 名：年齢 43.9 ± 1.4 歳) を対象とした。被験者は、40 歳未満の若年成人群 (男性 76 名、女性 35 名) と 40 歳以上の中高年齢群 (男性 60

名、女性 66 名) の 2 群に分割した。すべての被験者は糖尿病、高血圧、脂質異常症、心疾患、腎疾患などの慢性疾患がなく、非喫煙者であった。また、本研究への参加に先立ち、すべての被験者に実験の内容や手順、予想される結果および予測されるリスクを説明した後に文書による実験参加の同意を得た。なお、本研究は「立命館大学びわこ・くさつキャンパス生命倫理審査委員会」の承諾を受け、ヘルシンキ宣言の精神に則り実施した。

(2) 実験手順：

被験者には、測定の前 24 時間前から激しい運動、カフェインおよびアルコール摂取を中止し、12 時間前から絶食させた。なお、飲水は自由摂取とした。実験中の室温は 25℃ に設定し、一定の気温にて実施した。

(3) 測定項目：

体組成の測定

体脂肪率、上肢および下肢脂肪量は、二重エネルギー X 線吸収測定法 (DXA 法: Lunar iDXA; GE ヘルスケアジャパン社製) により測定した。さらに、腹部内臓脂肪面積および腹部皮下脂肪面積は、磁気共鳴画像法 (MRI: Signa HDxt, 1.5T; GE ヘルスケアジャパン社製) を用いて、腹部の横断画像をスライス幅 1cm、ギャップなしで連続的に撮影した。

IMCL および EMCL 含有量の測定

IMCL および EMCL の測定は、磁気共鳴診断装置 (Magnetic Resonance System: Signa HDxt, 1.5T; GE ヘルスケアジャパン社製) と 8ch Body array Coil を用いて $^1\text{H-Magnetic Resonance Spectroscopy}$ ($^1\text{H-MRS}$) 法にて行った。

動脈硬化指数 (baPWV) および血圧、心拍数の測定

baPWV、上腕部の血圧および心拍数は、最低 15 分間の安静後、form PWV/ABI (血圧脈波検査装置 BP-203RPE, オムロンヘルスケア社製) を用いて仰臥位で、上腕 - 足首の間の動脈間脈波伝播速度を測定した。また、左右の上腕から得られた血圧は平均し、上腕の収縮期血圧 (SBP) と上腕の拡張期血圧 (DBP) を算出し、心拍数は R-R 間隔から 1 分間当たりの心拍数を自動的に計測した。

最大酸素摂取量の測定

$\text{V}\text{O}_2\text{max}$ の測定は、自転車エルゴメーター (828E: Monark 社製) を用いた多段階漸増負荷法で行った。運動中の呼気ガスは breath-by-breath 法により測定し、酸素と二酸化炭素の濃度分析およびガス量は 30 秒ごとの平均値を算出した (AE-310SRD: ミナト医科学社製)。

(4) 統計解析：

本研究結果は、すべて平均値 \pm 標準誤差で

表した。各変数の性別における群間の比較は、対応のない t 検定にて解析した。baPWV と局所脂肪との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。さらに、baPWV に対して、年齢、性別、body mass index (BMI)、腹部内臓および皮下脂肪面積、IMCL および EMCL 含有量、上肢および下肢脂肪量、血圧、心拍数、血液パラメーターの中で独立して貢献している因子を検討するために重回帰分析を行った。危険率 (P) は 5%未満を有意水準とした。すべての統計解析は、StatView5.0 (SAS 社製) を使用した。

【実験】

(1) 被験者：

健常な中高齢男女 45 名 (平均年齢: 68.3 ± 0.7 歳) を対象とし、それぞれ 2 群に分割した: 運動トレーニング群 26 名 (平均年齢: 67.0 ± 1.4 歳、男性=12 名、女性=14 名)、安静コントロール群 19 名 (平均年齢: 70.1 ± 1.3 歳、男性=9 名、女性=10 名)。すべての被験者は糖尿病、高血圧、脂質異常症、心疾患、腎疾患などの慢性疾患がなく、非喫煙者であった。また、本研究への参加に先立ち、すべての被験者に実験の内容や手順を説明した後、文書による実験参加の同意を得た。なお、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実施した。

(2) 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。60-70% V02max の運動負荷を 1 日 45 分、週 3 回、8 週間実施した。

(3) 測定項目：

以下の測定はすべて【実験】と同様の方法で測定した。

体組成の測定

IMCL および EMCL 含有量の測定

動脈硬化指数 (baPWV) および血圧、心拍数の測定

最大酸素摂取量の測定

(4) 統計解析：

本研究結果は、すべて平均値 ± 標準誤差で表した。介入期間前後の各変数の変化におけるは対応のある t 検定にて解析した。トレーニング群とコントロール群の IMCL および EMCL 含有量、baPWV の変化量の比較は、対応のない t 検定にて解析した。トレーニング期間前後の IMCL および EMCL 含有量と baPWV との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 (P) は 5%未満を有意水準とした。

4. 研究成果

【実験】

全被験者において、baPWV は IMCL 含有量と有意な負の相関関係が認められ ($r = -0.23$, $p < 0.001$)、EMCL 含有量と有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.53$, $p < 0.001$)。さらに、内臓および皮下脂肪面積、上肢脂肪量は baPWV と有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.001$ in both cases)。しかしながら、baPWV と下肢脂肪量との間に有意な相関関係は認められなかった。また、女性において、baPWV と IMCL 含有量との間には有意な負の相関関係が認められたが ($r = -0.45$, $p < 0.001$)、男性において、有意な相関関係は認められなかった。一方で、baPWV と EMCL 含有量との間には、男性 ($r = 0.59$, $p < 0.001$)、女性 ($r = 0.55$, $p < 0.001$) とともに有意な正の相関関係が認められた。さらに、baPWV と内臓および皮下脂肪面積、上肢脂肪量との間には、男女ともに有意な正の相関関係が認められたが (respectively $p < 0.05$)、baPWV と下肢脂肪量との間には、男性においてのみ有意な正の相関関係が認められた。

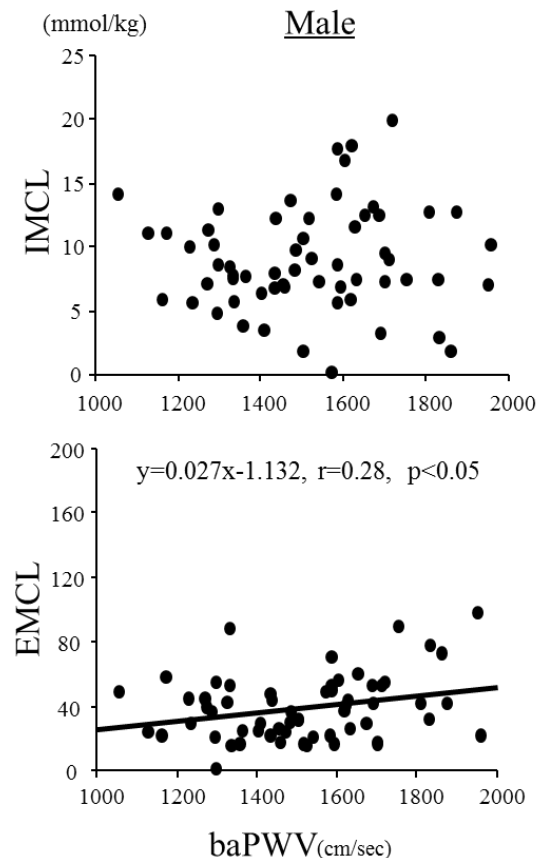


Figure 1: The correlation between baPWV and IMCL or EMCL in middle-aged or older males.

中高齢女性群において、baPWV は IMCL 含有量と有意な負の相関関係が認められたが ($r = -0.30$, $p < 0.05$)、中高齢男性群において有意な相関関係は認められなかった (Figure 1 and 2)。一方、baPWV と EMCL 含有量との間には、中高齢男性 ($r = 0.28$, $p < 0.05$)、中高齢女性 ($r = 0.32$, $p < 0.01$) とともに有意な負の相関関係が認められたが (Figure 1 and 2)、baPWV と内臓および皮下脂肪面積、

上肢および下肢脂肪量との間に有意な相関関係は認められなかった。若年男性群および若年女性群において、baPWV と IMCL および EMCL 含有量との間に有意な相関関係は認められなかった。若年男性群において、baPWV は内臓脂肪面積と有意な正の相関関係が認められたが ($r = 0.38, p < 0.001$)、他の脂肪と有意な相関関係は認められなかった。

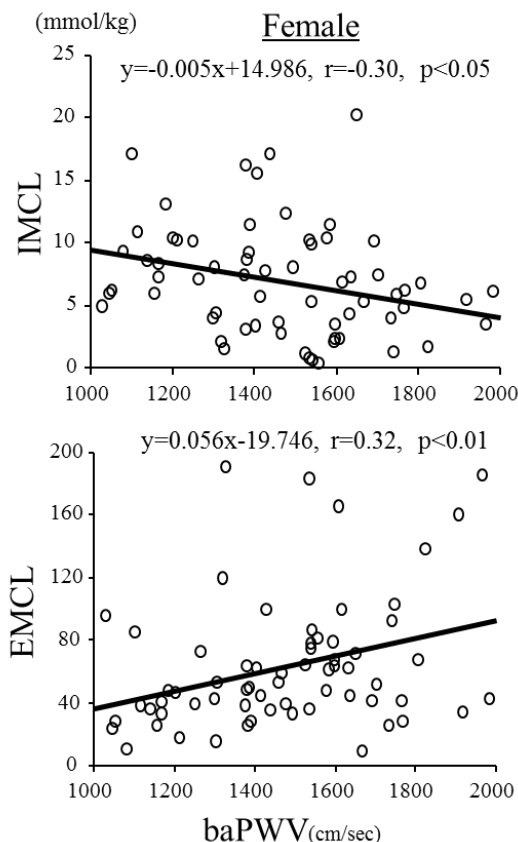


Figure 2: The correlation between baPWV and IMCL or EMCL in middle-aged or older females.

baPWV に対して、独立変数である年齢、IMCL 含有量、EMCL 含有量、下肢脂肪量、収縮期血圧、心拍数、性別、内臓および皮下脂肪面積、上肢脂肪量、拡張期血圧、血中パラメーターといった関連要因の貢献度について検討するために重回帰分析を行った結果、年齢、IMCL 含有量、EMCL 含有量、下肢脂肪量、収縮期血圧、心拍数が baPWV の独立した要因として認められた。

IMCL 含有量においては低体力女性群にのみ baPWV との有意な負の相関関係が認められたが ($r = -0.54, p < 0.001$)、高体力男性群、高体力女性群、低体力男性群では、有意な相関関係は認められなかった。一方、EMCL 含有量においては高体力男性群、高体力女性群、低体力男性群、低体力女性群のすべての群で正の相関関係が認められた ($r = 0.39, r = 0.58, r = 0.44, r = 0.69$, respectively $p < 0.01$)。

【実験】

介入後において、トレーニング群では、体重、BMI、体脂肪率、内臓脂肪面積、EMCL 含

有量、baPWV、収縮期および拡張期血圧、空腹時血糖値は有意に低下し、IMCL 含有量、VO2max は有意に増加した。

トレーニング群において、IMCL 含有量の変化量と baPWV の変化量との間には有意な負の相関関係が認められた。一方、EMCL 含有量とは有意な相関関係は認められなかった (Figure 3)。また、コントロール群において、IMCL および EMCL 含有量の変化量と baPWV の変化量との間に有意な関連性は認められなかった。

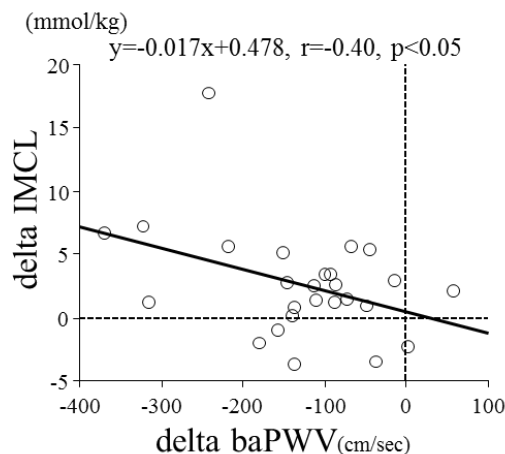


Figure 3: Correlations between delta baPWV and delta IMCL in middle-aged and older adults before and after 8 weeks of exercise training.

以上の結果から、IMCL および EMCL 含有量は動脈硬化リスクと関連性があることが明らかになった。また、その関係は性差や運動習慣などによって異なり、特に低体力の中高齢女性において、IMCL 含有量の低下が動脈硬化リスクを増大させることが示された。さらに、有酸素性トレーニングによる動脈硬化改善に IMCL 含有量の変動が関連する可能性が示唆された。これらの結果から、IMCL および EMCL 含有量は、動脈硬化の新たな予測因子の1つになるかもしれないが、その関連性は年齢や性別、運動習慣によって異なる可能性が示唆された。

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 15 件)

Hasegawa N, Kurihara T, Sato K, Homma T, Fujie S, Fujita S, Sanada K, Hamaoka T, Iemitsu M. Intramyocellular and Extramyocellular Lipids Are Associated With Arterial Stiffness. Am J Hypertens. 2015 in press. 査読有

Miyamoto-Mikami E, Sato K, Kurihara T, Hasegawa N, Fujie S, Fujita S, Sanada K, Hamaoka T, Tabata I, Iemitsu M. Endurance training-induced increase in circulating

irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. PLoS One 10: e0120354, 2015. 査読有 . 10.1371/journal.pone.0120354.

Watanabe S, Sato K, Hasegawa N, **Kurihara T**, Matsutani K, Sanada K, **Hamaoka T**, **Fujita S**, **Iemitsu M**. Serum C1q as a novel biomarker of sarcopenia in older adults. FASEB J 29: 1003-1010, 2015. 査読有 . 10.1096/fj.14-262154.

Sato K, **Iemitsu M**. Exercise and sex steroid hormones in skeletal muscle. J Steroid Biochem Mol Biol 145: 200-205, 2015. 査読有 . 10.1016/j.jsbmb.2014.03.009.

Matsuo T, Saotome K, Seino S, Eto M, Shimojo N, Matsushita A, **Iemitsu M**, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. Low-volume, high-intensity, aerobic interval exercise for sedentary adults: VO₂max, cardiac mass, and heart rate recovery. Eur J Appl Physiol 114: 1963-1972, 2014. 査読有 . 10.1007/s00421-014-2917-7.

Park J, Aizawa K, Akimoto T, **Iemitsu M**, Agata U, Maeda S, Lim K, Omi N. Dehydroepiandrosterone administration increased trabecular mass and dihydrotestosterone levels in the cancellous region of the tibia in young female rats. Horm Metab Res 46: 651-655, 2014. 査読有 . 10.1055/s-0034-1374630.

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. 査読有 . 10.1371/journal.pone.0093545.

Iemitsu 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 114: 1421-1428, 2014. 査読有 . 10.1007/s00421-014-2862-5.

Murakami H, **Iemitsu M**, Fuku N, Sanada K, Gando Y, Kawakami R, Miyachi M. The Q223R polymorphism in the leptin receptor associates with objectively measured light physical activity in free-living Japanese. Physiol Behav 129: 199-204, 2014. 査読有 . 10.1016/j.physbeh.2014.02.053.

Sato K, **Fujita S**, **Iemitsu M**. Acute administration of diosgenin or dioscorea improves hyperglycemia with increases muscular steroidogenesis in STZ-induced type 1 diabetic rats. J Steroid Biochem Mol

Biol 143: 152-159, 2014. 査読有 . 10.1016/j.jsbmb.2014.02.020.

Sato K, **Iemitsu M**, Matsutani K, **Kurihara T**, **Hamaoka T**, **Fujita S**. Resistance training restores muscle sex steroid hormone steroidogenesis in older men. FASEB J 28: 1891-1897, 2014. 査読有 . 10.1096/fj.13-245480.

Uchida M, Oyanagi E, Kawanishi N, **Iemitsu M**, Miyachi M, Kremenik MJ, Onodera S, Yano H. Exhaustive exercise increases the TNF- α production in response to flagellin via the upregulation of toll-like receptor 5 in the large intestine in mice. Immunol Lett 158: 151-158, 2014. 査読有 . 10.1016/j.imlet.2013.12.021.

Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, **Iemitsu 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. 査読有 . 10.1249/MSS.0b013e3182a38da8.

Otsuki T, Shimizu K, **Iemitsu M**, Kono I. Multicomponent supplement containing Chlorella decreases arterial stiffness in healthy young men. J Clin Biochem Nutr 53: 166-169, 2013. 査読有 . 10.3164/jcbrn.13-51.

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

〔学会発表〕(計 14 件)

Hasegawa N, **Kurihara T**, Sato K, **Fujita S**, Sanada K, Otsuka M, **Hamaoka T**, **Iemitsu M**. Muscular lipid is associated with a risk factor of arterial stiffness. American Heart Association scientific sessions 2014. November 16 2014. Chicago, USA.

Fujie S, Sato K, Hasegawa N, **Fujita S**, Sanada K, **Hamaoka T**, **Iemitsu M**. Plasma apelin level contributes exercise training-induced improvement of arterial stiffness in the middle and older adults, American Heart Association Scientific Sessions 2014, November 16, 2014, Chicago, USA.

長谷川夏輝、**栗原俊之**、佐藤幸治、**藤田駿**、真田樹義、**浜岡隆文**、**家光素行**. 有酸素性トレーニングによる動脈硬化改善と筋細胞内・外脂肪含有量との関係. 第 69 回日本体力医学会大会. 2014 年 9 月 20 日, 長崎大学 (長崎県長崎市).

藤江隼平, 佐藤幸治, 長谷川夏輝, **藤田駿**, 真田樹義, **浜岡隆文**, **家光素行**. 中高年齢者における有酸素性トレーニングが血中

adropin 濃度に及ぼす影響 .第 69 回日本体力医学会大会 ,2014 年 9 月 20 日 ,長崎大学(長崎県長崎市) .

大和洋輔, 長谷川夏輝, 藤江隼平, **家光素行** .一過性のストレッチ運動が中心および末梢の動脈ステイフネスに及ぼす影響 .第 69 回日本体力医学会大会 .2014 年 9 月 20 日 ,長崎大学(長崎県長崎市) .

藤江隼平, 佐藤幸治, 長谷川夏輝, **家光素行** .肥満ラットの運動トレーニングによる動脈血管拡張因子の改善に動脈 Apelin 産生の増大が関与する .第 22 回日本運動生理学会大会 .2014 年 7 月 20 日 ,川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市) .

長谷川夏輝, 佐藤幸治, 藤江隼平, 渡邊真也, **藤田聡**, 真田樹義, 大塚光雄, **家光素行** .体力レベルの違いが筋細胞内・外脂肪含有量と動脈硬化指数の関係に及ぼす影響 .第 22 回日本運動生理学会大会 .2014 年 7 月 19 日 ,川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市) .

Hasegawa N, Kurihara T, Sato K, Fujita S, Sanada K, Otsuka M, Hamaoka T, Iemitsu M. Effects of intramyocellular and extramyocellular lipid contents on arterial stiffness. 19th Annual Congress of the European College of Sport Science. July 4, 2014. Amsterdam, Netherlands.

Yamato Y, Hasegawa N, Sato K, Iemitsu M. Effect of central arterial stiffness on acute stretching exercise in young men. 19th Annual Congress of the European College of Sport Science. July 4, 2014, Netherlands, Amsterdam.

Hasegawa N, Kurihara T, Watanabe S, Sato K, Fujita S, Sanada K, Hamaoka T, Iemitsu M. Effects of cardiorespiratory fitness level, age, and sex on intramyocellular and extramyocellular lipid contents. 61st ACSM Annual Meeting. May 29, 2014. Orland, USA.

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, 61st American College of Sports Medicine Annual Meeting 2014, May 29, 2014, Orland, USA.

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 .2013 年 9 月 22 日 ,日本教育会館(東京都千代田区) .

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 .2013 年 8 月 30 日 ,立命館大学(滋賀県草津市) .

Fujie S, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Kawano H, Gando Y, Kawakami R, Tanaka N, Miyachi M. Cardiorespiratory fitness

affects polymorphism in ADRB3 Trp64Arg-caused increase in common carotid intima-media thickness, Experimental Biology 2013, April 24, 2013, Boston, USA.

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・教授
研究者番号 : 90375460

(2)研究分担者

栗原 俊之 (KURIHARA TOSHIYUKI)
立命館大学・スポーツ健康科学部・助教
研究者番号 : 10454076

浜岡 隆文 (HAMAOKA TAKAFUMI)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号 : 70266518

藤田 聡 (FUJITA SATOSHI)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号 : 80451863