

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：32672

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350768

研究課題名(和文) 月経周期を考慮した体組成管理法の開発

研究課題名(英文) Development of body composition management considering the menstrual cycle

研究代表者

須永 美歌子(SUNAGA, Mikako)

日本体育大学・児童スポーツ教育学部・教授

研究者番号：70534064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：成人女性は月経周期を有し、約一ヶ月周期で女性ホルモン濃度が大きく変動する。本研究は、月経周期に伴う体重・体組成の変化および運動時の脂質代謝への影響を観察することによって、月経周期のフェーズを利用した体組成管理法を開発することを目的とした。黄体期は体水分量および体脂肪量の増加によって体重の増加が引き起こされたが、一方で脂肪分解が促進し、有酸素運動を行うことで効率的に体脂肪を減少させる可能性が考えられた。このことから、月経周期のフェーズを考慮して運動頻度を変えることで体組成の変化に影響を与える可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Blood concentrations of ovarian hormones, such as estrogen and progesterone, change during the menstrual cycle. The purpose of this study was to develop a body composition management method considering the phase of the menstrual cycle. We examined "Influence of the menstrual cycle on body water fluctuation and fat metabolism" and "Exercise program contributing to body composition management in consideration of the menstrual cycle". As a result, the increase in body weight during the luteal phase was induced by an increase in body fluid and fat volume. However, aerobic exercise performed during the luteal phase might reduce body fat. In conclusion, when the frequency of exercise was changed according to the phase of the menstrual cycle, it was suggested that the change in body composition could be affected.

研究分野：運動生理学

キーワード：性周期 アミン 体重 水分貯留 レニン活性 エストロゲン プロゲステロン 女性アスリート カテコール

1. 研究開始当初の背景

成人女性は月経周期を有し、約 28 日周期で女性ホルモン濃度が大きく変動する。月経周期は、卵胞期(女性ホルモン濃度が低いフェーズ)と黄体期(女性ホルモン濃度が高いフェーズ)に分けることができる。女性ホルモンと総称されるエストロゲン、プロゲステロンには、レニン活性を高め、体水分貯留を高める作用があり、体水分量の増加に伴い卵胞期に比べて黄体期に体重が増加することが現象として捉えられている。しかしながら、女性アスリートにおける女性ホルモン濃度の変動と体水分量および体重の変化の関係性については明らかになっていない。

さらに、女性ホルモン濃度の変動は、運動中のエネルギー基質利用率にも影響をもたらす。黄体期には卵胞期に比べて脂質利用が高まることが多く報告されている。このように月経周期が脂質代謝に影響することが多く示されているにもかかわらず、脂質燃焼を目的とした運動プログラムは、月経周期が考慮されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、成人女性が有する性ホルモン濃度の周期的な変動(月経周期)に伴って生じる体水分量やエネルギー代謝の変化を観察し、その関係性について検討することであった。さらに、月経周期のフェーズによって頻度の異なる運動プログラムを実施し、月経周期を考慮した体組成管理有効性を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 月経周期が体水分量の変動および脂質燃焼効率に与える影響に関する検討

被験者は、正常な月経周期を有し、婦人科疾患がなく経口避妊薬を服用していない女性アスリート 8 名であった。

測定項目は、体組成、体水分量: 多周波部位別生体電気インピーダンス法を用いて体組成および体肢各部位の細胞内外体液量を測定した。さらに、呼吸代謝システム(本学に設置済)を用いて、酸素摂取量および二酸化炭素を測定し、脂質燃焼量を算出した。生化学的指標として女性ホルモン濃度(エストラジオール、プロゲステロン)、脂質代謝関連物質(成長ホルモン、遊離脂肪酸、カテコールアミン)、体水分調節関連物質(レニン活性、アルドステロン)を測定した。

運動は、自転車エルゴメーターを用いたサイクリング運動とし、最大酸素摂取量の 60% 強度で、60 分間実施した。測定は、卵胞期(月経開始日~7 日)、黄体期(月経開始日より 18 - 25 日)にそれぞれ実施し、実施順序はランダムとした。

(2) 月経周期を考慮した体組成管理に貢献する運動条件の検討

正常な月経周期を有する女性 8 名(年齢 19.9

±1.0 歳、身長 160.8±4.5cm、体重 54.2±5.4kg、体脂肪率 26.6±5.0%)を対象とし、FP 群(卵胞期に頻度を高める)4 名と LP 群(黄体期に頻度を高める)4 名にランダムに群分けした。FP 群は卵胞期に週 3 回、黄体期に週 1 回、LP 群は卵胞期に 1 回、黄体期に週 3 回の頻度で 8 週間の運動プログラムを実施した。運動プログラムの内容は、50%HRR 強度、30 分間の自転車運動であった。

4. 研究成果

(1) 月経周期が体水分量の変動および脂質燃焼効率に与える影響に関する検討

体重は、排卵期に比べて黄体期に高い傾向を示した(p=0.06)。また、各個人の月経周期に伴う体重の変化量は最小で 0.2kg、最大で 1.9kg であった。体脂肪量は、排卵期に比べて黄体期に有意に高い値を示した(p<0.05)。エストラジオールは、すべてのポイントにおいて卵胞期に比べて排卵期および黄体期に有意に高い値を示した。プロゲステロンは、卵胞期、排卵期に比べて黄体期に有意に高い値を示した(図 1)。レニン活性は、運動後 30 分において月経期に比べて黄体期に有意に高い値を示したが、アルドステロンではフェーズ間の差は認められなかった(図 2)。黄体期において、プロゲステロンとレニン活性に有意な相関関係が認められた(r=0.632, P<0.01)。ノルアドレナリンは、運動 30 分後において月経期に比べて黄体期に有意に高い値を示した。アドレナリン、FFA、グルコース、呼吸交換比は、すべてのポイントにおいてフェーズ間に有意な差は認められなかった。以上のことから、黄体期は体水分量および体脂肪量の増加によって体重の増加が引き起こされるが、一方で脂肪分解が促進し、有酸素運動を行うことで効率的に体脂肪を減少させる可能性が示唆された。

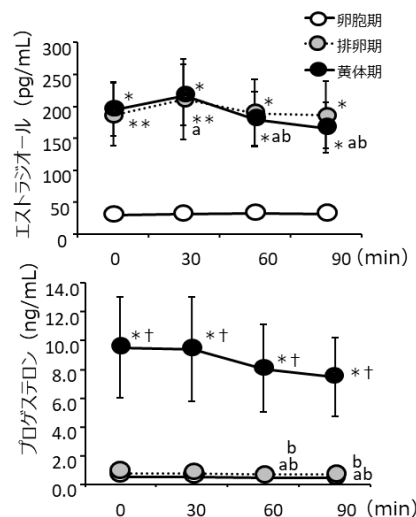


図1 血中女性ホルモン濃度の経時的変化  
Mean ± SE, a p<0.05 vs. 0min, b p<0.05 vs. 30min, C p<0.05 vs. 60min, p<0.05, \*\*p<0.01 vs. 卵胞期, + p<0.05, vs. 排卵期

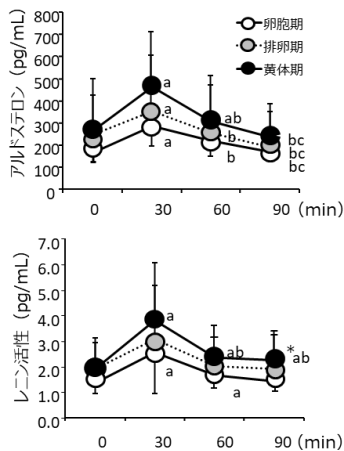


図2 血中アルドステロン濃度およびレニン活性の経時変化  
 Mean ± SE, a p<0.05 vs. 0min, b p<0.05 vs. 30min, c p<0.05 vs. 60min,  
 \* p<0.05 vs. 卵胞期

## (2) 月経周期を考慮した体組成管理に貢献する運動条件の検討

本研究では、月経周期のフェーズによる体脂肪減少量を比較するため、卵胞期と黄体期で頻度が異なる運動プログラムを実施し、その有効性を検討した。トレーニング前後の体重は、それぞれ FP 群トレーニング前  $52.4 \pm 1.2$ kg、トレーニング後  $52.5 \pm 1.3$ kg、LP 群  $55.6 \pm 4.7$ kg、トレーニング後  $54.8 \pm 4.6$ kg であり、両群ともにトレーニング前後で有意な差は認められなかった。しかしながら、トレーニング前後の体脂肪率の変化量は、それぞれ FP 群  $-4.3 \pm 5.3\%$ 、LP 群  $-0.3 \pm 2.1\%$  であり、LP 群と比較して FP 群において有意な減少が認められた。

以上のことから、月経周期のフェーズによってトレーニング頻度を変えることで体組成の変化に影響を与える可能性があること示唆された。今後は、被験者数を追加し、性ホルモンや食事によるエネルギー摂取量との関連性についても合わせて検討すべきであると考えられた。

## 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 9 件)

Okamoto T, Kobayashi R, Sakamaki-Sunaga M. Effect of resistance exercise on arterial stiffness during the follicular and luteal phases, *International journal of Sports Medicine*. 査読有, 38, 2017, 347-352 DOI: 10.1055/s-0043-101377

Sunami A, Tamura H, Sakamaki-Sunaga M, (8 名、3 番目), Odorless garlic supplementation for two months attenuates exercise-induced increase in interleukin-6: a before and after comparison study, *J. Agric. Sci., Tokyo Univ. Agric.* 査読有, 61(1), 2016, 31-38

Sakamaki-Sunaga M, Kamemoto K, Yamada M. Effects of menstrual cycle on energy utilization during exercise in eumenorrheic women, 63rd American College of Sport and Medicine Annual Meeting, Med Sci Sports Exerc. 査読無, 48, 2016, 1026-7

Okamoto T, Kobayashi R, Sakamaki-Sunaga M. Menstrual cycle affects arterial stiffness after high-intensity resistance exercise, 63rd American College of Sport and Medicine Annual Meeting, Med Sci Sports Exerc. 査読無, 48, 2016, 195-6

Sakamaki-Sunaga M, Min S, Kamemoto K, Okamoto T. Effects of menstrual phase-dependent resistance training frequency on muscular hypertrophy and strength. *J Strength Cond Res*. 査読有, 30(6), 2015, 1727-1734

Okamoto T, Sakamaki MS, Min SK, Yoshida S, Watanabe Y, Ogasawara R. Repeated cessation and resumption of resistance training attenuates increases in arterial stiffness, *Int J Sports Med*. 査読有, 36(6), 2015, 440-445

Kikuchi N, Yoshida S, Min SK, Lee K, Sakamaki-Sunaga M, Okamoto T, Nakazato K. ACTN3 R577X genotype is associated with muscle function in a Japanese population, *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 査読有, 40, 2014, 316-322

Okamoto T, Min SK, Sakamaki-Sunaga M. Arterial compliance and stiffness following low-intensity resistance exercise, *Eur j Appl Physiol*. 査読有, 114(2), 2014, 235-241

Sakamaki-Sunaga M, Kamemoto K, Maruyama A, Nakamura A, Sato K, Fujita S. Effects of the menstrual cycle on the metabolomic profiles during endurance exercise in female athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 査読無, 46, 624-631, 2014

〔学会発表〕(計 32 件)

須永美歌子、女性アスリート特有の問題への対策を多方面から考える、第 27 回臨床スポーツ医学会学術大会、2016 年 11 月 5 日、「幕張メッセ(千葉県・千葉市)」

橋本佑斗、菊池直樹、須永美歌子、中里浩一、岡本孝信、COL5A1 遺伝子 BstUI 多型が身体及び動脈の柔軟性に及ぼす影響、第 71 回日本体力医学会大会、2016 年 9 月 23 日~9 月 25 日、「盛岡地域交流センター市民文化ホール(岩手県盛岡市)」

山田満月、菊池直樹、米地 徹、矢野晴之介、根本 研、亀本佳世子、須永美歌子、女性アスリートにおける骨密度とビタミン D 受容体遺伝子多型 Fok との関連性、第 71 回日本体力医学会大会、2016 年 9 月 23 日~9 月 25 日「盛岡地域交流センター市民文化ホール(岩手県盛岡市)」

須永美歌子、亀本佳世子、山田満月、  
月経周期に伴う体重の変化と細胞内外体液  
量および体液調節ホルモンとの関連性、第 71  
回日本体力医学会大会、2016 年 9 月 23 日～9  
月 25 日「盛岡地域交流センター市民文化ホ  
ール（岩手県盛岡市）」

亀本佳世子、根本 研、結城奈々、須永美  
歌子、鉄分強化グラノーラの摂取が女性アス  
リートの鉄栄養状態とコンディションに及  
ぼす効果の検討、日本スポーツ栄養学会第 3  
回大会 2016 年 7 月 1 日～7 月 3 日「松山市総  
合コミュニティセンター（愛媛県松山市）」

Wakui S., Machida M., Kamemoto, K., Sato,  
K., Sakamaki-Sunaga, M.

Clusters of menstrual distress and their  
association with sports confidence in  
Japanese female college athletes  
21st Annual Congress of the European  
College of Sport Science, 2016 年 7 月 6 日  
～7 月 9 日「ウィーン（オーストリア）」

Kikuchi N, Zempo H, Fuku N, Murakami H,  
Sakamaki-Sunaga M, Okamoto T, Nakazato K,  
Miyachi M. Actn3 R577x Polymorphism Is  
Associated With Trunk Flexibility In Two  
Different Cohorts. 63rd American College  
of Sport and Medicine Annual Meeting  
Medicine & Science in Sports & Exercise.  
48(5S) 2016 年 5 月 31 日～6 月 4 日「ボストン  
（アメリカ）」

Mikako Sakamaki-Sunaga, Kayoko Kamemoto,  
Mizuki Yamada, Effects of menstrual cycle  
on energy utilization during exercise in  
eumenorrheic women, 63rd American College  
of Sport and Medicine Annual Meeting  
Medicine & Science in Sports & Exercise.  
48(5S) 2016 年 5 月 31 日～6 月 4 日「ボストン  
（アメリカ）」

Takanobu Okamoto, Ryota Kobayashi,  
Mikako Sakamaki-Sunaga, Menstrual Cycle  
Affects Arterial Stiffness After  
High-intensity Resistance Exercise  
63rd American College of Sport and  
Medicine Annual Meeting Medicine & Science  
in Sports & Exercise. 48(5S) 2016 年 5 月  
31 日～6 月 4 日「ボストン（アメリカ）」

須永美歌子、月経周期に伴う運動時生体反  
応の変化～女性独自のトレーニング法開発  
に向けて～、第 28 回ランニング学会大会、  
2016 年 3 月 13 日、「環太平洋大学(岡山県・  
岡山市)」

須永美歌子、スポーツ貧血の実態とパフォ  
ーマンスへの影響、第 29 回女性スポーツ医  
学研究会学術集会、2015 年 12 月 12 日、「東  
京慈恵会医科大学（東京都・港区）」

須永美歌子、アスリートのコンディショ  
ニング～栄養とエネルギー代謝系の重要性～、  
第 30 回日本女性医学学会学術集会、日本女  
性医学学会雑誌、23、247-251、2015 年 11 月  
8 日、「メルパルク名古屋（愛知県・名古屋市）」

須永美歌子、骨格筋の性差に着目したトレ  
ーニングプログラム開発の可能性「月経周期  
を考慮したトレーニング法の開発」、第 70 回  
日本体力医学会大会、体力科学、65、2015 年  
9 月 18 日、「和歌山県民文化会館(和歌山県・  
和歌山市)」

砂見綾香、佐々木和登、須永美歌子、江崎  
治、多田由紀、日田安寿美、川野 因  
大学生アスリートにおける上気道炎発症頻  
度と野菜・果物摂取頻度との関連  
第 70 回日本体力医学会大会 2015 年 9 月 18  
日～9 月 20 日「和歌山県民文化会館（和歌山  
県和歌山市）」

涌井佐和子、町田 萌、亀本佳世子、佐藤  
馨、須永美歌子、大学生女子アスリートにけ  
る月経関連症状の類型化ならびにスポ  
ーツ・コンフィデンスとの関連、第 70 回日本  
体力医学会大会、2015 年 9 月 18 日～9 月 20  
日「和歌山県民文化会館（和歌山県和歌山  
市）」

亀本佳世子、橋本美彩、山田満月、須永美  
歌子、月経周期に伴う体組成変化と食事摂取  
状況の検討、第 70 回日本体力医学会大会 2015  
年 9 月 18 日～9 月 20 日「和歌山県民文化会館  
（和歌山県和歌山市）」

町田 萌、涌井佐和子、亀本佳世子、佐藤  
馨、須永美歌子、スポーツ・コンフィデンス  
尺度の信頼性、妥当性の検討、日本体育学会  
第 66 回大会、2015 年 8 月 25 日～8 月 27 日  
「国士舘大学世田谷キャンパス（東京都世田  
谷区）」

涌井佐和子、町田 萌、亀本佳世子、佐藤  
馨、須永美歌子、大学生女子アスリートにお  
ける月経随伴症状の変化ならびにスポ  
ーツ・コンフィデンスとの関連、日本体育学会  
第 66 回大会、2015 年 8 月 25 日～8 月 27 日  
「国士舘大学世田谷キャンパス（東京都世田  
谷区）」

山田満月、亀本佳世子、須永美歌子  
大学生女性アスリートにおける月経異常と  
体組成および骨量の関連性について、第 23  
回日本運動生理学会大会、2015 年 7 月 25 日、  
7 月 26 日「日本体育大学世田谷キャンパス(東  
京都世田谷区)」

Mikako Sakamaki-Sunaga, Kayoko Kamemoto,  
Risako Tomimaga, Ryo Yamauchi, Moe Machida,  
Sawako Wakui, Effects of menstrual cycle on  
stress biomarkers and sport performance  
62nd American College of Sport and  
Medicine Annual Meeting  
Medicine & Science in Sports & Exercise  
2015 年 5 月 26 日～5 月 30 日「サンディエゴ  
（アメリカ）」

② Moe Machida, Sawako Wakui, Kayoko  
Kamemoto, Mikako Sakamaki-Sunaga  
Stress as a Source of Sport-Confidence in  
Female Athletes: The Effects of a  
Menstrual Cycle, 62nd American College of  
Sport and Medicine Annual Meeting  
Medicine & Science in Sports & Exercise

2015年5月26日~5月30日「サンディエゴ（アメリカ）」

②須永美歌子、亀本佳世子、富永梨紗子、山内亮、涌井佐和子、町田萌、丸山麻子  
月経周期に伴う主観的コンディションの変化と疲労バイオマーカーとの関連性の検討  
第28回女性スポーツ医学研究会学術集会  
2014年12月13日「東京慈恵会医科大学（東京都港区）」

③菊池直樹、吉田翔、岡本孝信、須永美歌子、中里浩一、ACTN3 遺伝子 R577X 多型は中高齢者の下肢筋機能に影響する、第69回日本体力医学会大会、2014年9月19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

④須永美歌子、亀本佳世子、丸山麻子、中村亜紀、川崎美紀子、関川巖、メタボローム解析からみた月経周期が持久性運動時の血中代謝物質変動に与える影響、第69回日本体力医学会大会、2014年9月19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

⑤岡本孝信、須永美歌子、吉田翔、渡邊裕斗、関石基、一過性のインターバル速歩が若年者および高齢者の動脈スティ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19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

⑥吉田翔、島田彰彦、須永美歌子、岡本孝信、野井真吾、富永大介、中里浩一、中高齢者における下肢機能動作と Trail Making Test との関連性、第69回日本体力医学会大会、2014年9月19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

⑦涌井佐和子、丸山麻子、町田萌、中村亜紀、亀本佳世子、須永美歌子、大学生女子アスリートにおける月経周期と心理的運動パフォーマンスとの関連、第69回日本体力医学会大会、2014年9月19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

⑧渡邊裕斗、吉田翔、須永美歌子、岡本孝信、若年者および高齢者におけるインターバル速歩中の下肢骨格筋動員様相の相違、第69回日本体力医学会大会、2014年9月19日~9月21日「長崎大学文教キャンパス（長崎県長崎市）」

⑨須永美歌子、月経周期を活かしたコンディショニング法の可能性、第22回運動生理学会、2014年7月20日、「川崎医療福祉大学（岡山県・倉敷市）」

⑩亀本佳世子、富永梨紗子、根本研、山内亮、須永美歌子  
月経周期を考慮した女子大学生バレーボール選手の鉄栄養状態の検討  
第1回スポーツ栄養学会  
2014年7月11日~7月13日「早稲田大学（東京都新宿区）」

⑪Mikako Sakamaki-Sunaga, Kayoko Kamemoto, Asako Maruyama, Aki Nakamura, Koji Sato, Satoshi Fujita, Effects Of The Menstrual Cycle On The Metabolomic Profiles During

Endurance Exercise In Female Athletes  
61st American College of Sport and Medicine Annual Meeting, Medicine & Science in Sports & Exercise, 2014年5月27日~5月31日「オーランド（アメリカ）」  
⑫ Takanobu Okamoto, Seokki Min, Sho Yoshida, Yuto Watanabe, Mikako Sakamaki-Sunaga, Relationship between intima-media thickness and arterial stiffness after acute walking exercise in young and older adults, 61st American College of Sport and Medicine Annual Meeting, Medicine & Science in Sports & Exercise, 2014年5月27日~5月31日「オーランド（アメリカ）」

〔図書〕(計 1 件)

阿江通良、須永美歌子他 65 名、株式会社エヌ・ティー・エス、進化する運動科学の研究最前線、女性アスリートの健康管理、2014年、406ページ（215-221）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

須永美歌子 (SUNAGA, Mikako)

日本体育大学・児童スポーツ教育学部・教授

研究者番号：70534064