

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：32672

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01691

研究課題名（和文）月経異常が女性アスリートの運動時内分泌応答およびトレーナビリティに及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of menstrual disorder on endocrine response and trainability during exercise in female athletes

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） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：正常月経および月経異常の女性アスリートを対象として、持久性最大運動時およびレジスタンス運動時の内分泌応答を観察した。その結果、月経異常の女性アスリートは、持久性最大運動時において運動前、運動直後および運動30分後のIGF-1濃度が正常月経群に比べて有意に低い値を示した（ $p<0.05$ ）。IGF-1は筋タンパク合成や骨形成に関与することから、月経異常が長期間続いた場合にはトレーナビリティに影響を与える可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

正常月経および月経異常の女性アスリートの運動時生理反応・トレーニング反応を比較することによって、月経異常がスポーツパフォーマンスに与える影響が明らかになる。本研究によって月経異常がトレーナビリティおよびスポーツパフォーマンスの低下を引き起こすことが明らかになれば、アスリートや指導者に月経異常の予防・改善の重要性を示すことが可能となる。本研究で得られた知見は、女性アスリートの健康管理、ひいては競技力向上に役立つものと期待される。

研究成果の概要（英文）：This study was to observed endocrine responses during maximal endurance exercise and resistance exercise in female athletes with normal and abnormal menstruation. As a results, the levels of IGF-1 pre, post, and 30 minutes after the maximum endurance exercise were significantly lower in the abnormal menstrual group than in the normal menstrual group ($p<0.05$). The IGF-1 is involved in muscle protein synthesis and bone formation, suggesting that it may affect trainability in cases of prolonged menstrual abnormalities.

研究分野：運動生理学

キーワード：無月経 IGF-1 コルチゾール レジスタンス運動 最大酸素摂取量 持久性運動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、我が国での女性アスリートの活躍がめざましく、今年開催されたリオデジャネイロオリンピックでは入賞した日本人選手の半数が女性であった。今後も国際大会等で世界的に活躍する女性アスリートの増加が期待される。しかしながら、トレーニングの過酷さやウェイトコントロールの難しさゆえ、女性アスリートに生じる特有の健康障害が問題となっており、国際的にも解決すべき重要な課題として取り上げられている (De Souza MJ et al., Clin J Sport Med. 2014)。女性アスリートに多くみられる健康障害には、利用可能なエネルギー不足、視床下部性無月経、骨粗鬆症が挙げられ、これらは女性アスリートの三主徴と定義されている (Nattiv A et al. ACSM Position stand, 2007)。このような女性特有の健康障害を抱えたままトレーニングを継続することは、将来の妊孕性に影響することや選手寿命の短縮をもたらすことも懸念され、早急に解決すべき問題であるといえる。

(2) 利用可能なエネルギー不足(運動によるエネルギー消費量がエネルギー摂取量を上回る状態)は性腺刺激ホルモンの分泌低下によって月経異常を引き起こし、さらにはインスリン、コルチゾール、成長ホルモン、IGF-1(インスリン様成長因子)、グレリン、レプチン等の内分泌系調節機能低下を引き起こすことが報告されている (Wade GN and Jones JE, Am J Physiol, 2004)。また、エネルギー摂取不足による糖質欠乏状態が糖代謝および脂質代謝異常やエネルギー代謝率の低下を促すことも報告されている (Loucks AB and Thuma JR, J Clin Endocrinol Metab, 2003)。しかし、これらは安静状態で観察されており、運動時反応については明らかとなっていない。内分泌系調節機能やエネルギー代謝機能は、運動刺激による内部環境の変化に対応するために重要な役割を果たしていることから、月経異常と正常月経のアスリートでは、運動刺激に対する生理的反応に差が生じる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、正常月経および月経異常の女性アスリートを対象として、持久性最大運動時の生理反応および内分泌応答に差が生じるのか？ レジスタンス運動時の生理反応および内分泌応答に差が生じるのか？ について明らかにする。その結果から、月経異常がスポーツパフォーマンスに与える影響について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

【実験1】持久性最大運動時の内分泌応答

(1) 対象者

体育系大学在籍の女性アスリートを対象とし、予め健康状態に関するアンケート調査を実施した。その結果から、正常月経群(7名)と月経異常群(6名)を選定した。対象者は、現在クラブおよびサークルに加入し、週5日以上運動習慣があり、経口避妊薬等の服用が半年以上ない者とする。正常月経群は、月経周期が25-38日であること、月経異常群は、月経周期異常(月経周期が24日未満または39日以上)、無月経(3か月以上月経がない)、過短月経(月経期間が3日未満)および過長月経(月経期間が8日以上)のいずれかに当てはまることを条件とした。

(2) 測定項目

生理学的指標として、体組成(体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量):インピーダンス法(Inbody770, 株式会社インボディ・ジャパン)、最大酸素摂取量(VO_{2max})を測定した。さらに、生化学的指標として、性ホルモン(エストラジオール、プロゲステロン)、インスリン様成長因子-1(IGF-1)、コルチゾールを測定した。

(3) 実験デザイン

早朝空腹時に VO_{2max} の測定を実施し、運動前、運動直後および運動30分後に採血を行った。

【実験2】レジスタンス運動時の内分泌応答

(1) 対象者

体育系大学在籍の女性アスリートを対象とし、正常月経群(3名)と月経異常群(4名)を選定した。対象者の条件に関しては、実験1と同様である。

(2) 測定項目

生理学的指標として、身長、体重、体脂肪率(Inbody770, インボディジャパン社)を測定した。さらに、生化学的指標として、性ホルモン(エストラジオール、プロゲステロン)、インスリン様成長因子-1(IGF-1)、コルチゾールを測定した。

(3) 実験デザイン

早朝空腹時にレジスタンス運動(上肢3種目、下肢3種目、最大挙上重量の70-80%、10回、3セット)を実施し、運動前、運動直後および運動30分後に採血を行った。

4. 研究成果

【実験1】持久性最大運動時の内分泌応答

(1) 被験者の身体的特性

身長、体脂肪率に有意な差は両群間に認められなかった。体重は、正常月経群に比べて月経異常群で有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。

(2) 性ホルモンの運動時反応

エストラジオールは、正常月経群 (運動前; 319.0 ± 51.9 pg/mL, 運動後; 375.8 ± 75.0 pg/mL, 運動30分後; 326.0 ± 61.3 pg/mL), 月経異常群 (運動前; 39.0 ± 3.6 pg/mL, 運動後; 44.0 ± 4.2 pg/mL, 運動30分後; 42.3 ± 3.8 pg/mL) であった。すべてのポイントにおいて、エストラジオールは正常月経群に比べて月経異常群において有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。プロゲステロンは、正常月経群 (運動前; 2.6 ± 1.8 ng/mL, 運動後; 2.7 ± 1.9 ng/mL, 運動30分後; 2.6 ± 1.8 ng/mL), 月経異常群 (運動前; 0.6 ± 0.2 ng/mL, 運動後; 0.7 ± 0.2 ng/mL, 運動30分後; 0.6 ± 0.2 ng/mL) であった。プロゲステロンは、両群間に有意な差は認められなかった。

(3) IGF-1 およびコルチゾールの運動時反応

IGF-1 は、正常月経群 (運動前; 319.0 ± 51.9 ng/mL, 運動後; 375.8 ± 75.0 ng/mL, 運動30分後; 326.0 ± 61.3 ng/mL), 月経異常群 (運動前; 39.0 ± 3.6 ng/mL, 運動後; 44.0 ± 4.2 ng/mL, 運動30分後; 42.3 ± 3.8 ng/mL) であった (図1)。すべてのポイントにおいて、IGF-1 は正常月経群に比べて月経異常群において有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。コルチゾールは、正常月経群 (運動前; 18.6 ± 2.0 μ g/dL, 運動後; 16.9 ± 1.0 μ g/dL, 運動30分後; 15.1 ± 1.1 μ g/dL), 月経異常群 (運動前; 11.0 ± 0.7 μ g/dL, 運動後; 9.4 ± 1.4 μ g/dL, 運動30分後; 11.9 ± 1.7 μ g/dL) であった。コルチゾールは運動前のみ正常月経群に比べて月経異常群で有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。

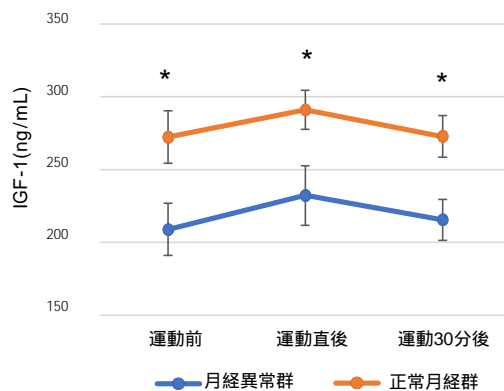


図1 最大持久性運動時のIGF-1の経時変化
平均値 \pm 標準誤差。* $p < 0.05$ vs. 月経異常群

【実験2】レジスタンス運動時の内分泌応答

(1) 被験者の身体的特徴

正常月経群と月経異常群の身長、体重、体脂肪率およびBMIに差は認められなかった。

(2) 性ホルモンの運動時反応

エストラジオールは、正常月経群 (運動前; 115.5 ± 12.5 pg/mL, 運動後; 120.0 ± 15.0 pg/mL, 運動30分後; 112.0 ± 18.0 pg/mL), 月経異常群 (運動前; 29.3 ± 14.9 pg/mL, 運動後; 30.0 ± 14.2 pg/mL, 運動30分後; 28.8 ± 17.3 pg/mL) であった。プロゲステロンは、正常月経群 (運動前; 11.0 ± 2.6 ng/mL, 運動後; 13.0 ± 2.9 ng/mL, 運動30分後; 12.2 ± 2.2 ng/mL), 月経異常群 (運動前; 0.2 ± 0.1 ng/mL, 運動後; 0.1 ± 0.04 ng/mL, 運動30分後; 0.1 ± 0.04 ng/mL) であった。エストラジオールおよびプロゲステロンは、すべてのポイントにおいて両群間に有意な差が認められた。

(3) IGF-1 およびコルチゾールの運動時反応

IGF-1 およびコルチゾールは、運動前、運動直後、運動30分後のすべてのポイントにおいて、両群間に有意な差は認められなかった。

月経異常の女性アスリートは、持久性最大運動時の IGF-1 濃度が正常月経群に比べて低い値を示した。IGF-1 は筋タンパク合成や骨形成に作用することから、月経異常が長期間続いた場合にはトレーナビリティに影響を与える可能性が示唆された。

< 引用文献 >

1. De Souza MJ et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference Held in San Francisco, CA, May 2012, and 2nd International Conference Held in Indianapolis, IN, May 2013 Clin J Sport Med. 24(2):96-119. 2014
2. Nattiv A et al. American College of Sports Medicine Position Stand. The Female Athlete Triad. Med Sci Sports Exerc. 39(10):1867-1882. 2007
3. Wade GN, Jones JE. Neuroendocrinology of Nutritional Infertility. 287(6):R1277-R1296. 2004
4. Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing Hormone Pulsatility Is Disrupted at a Threshold of Energy Availability in Regularly Menstruating Women J Clin Endocrinol Metab. 88(1):297-311. 2003

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kikuchi N, Zempo H, Fuku N, Murakami H, Sakamaki-Sunaga M, Okamoto T, Nakazato K, Miyachi M.	4. 巻 38
2. 論文標題 Association between ACTN3 R577X Polymorphism and Trunk Flexibility in 2 Different Cohorts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 402-406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1055/s-0042-118649	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Okamoto T, Kobayashi R, Sakamaki-Sunaga M	4. 巻 38
2. 論文標題 Effect of Resistance Exercise on Arterial Stiffness during the Follicular and Luteal Phases of the Menstrual Cycle	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 347-352
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1055/s-0043-101377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 須永美歌子, 亀本佳世子, 山田満月	4. 巻 38
2. 論文標題 月経周期のフェーズを利用したウェイトコントロールプログラムの開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 デサントスポーツ科学	6. 最初と最後の頁 132-140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 須永美歌子	4. 巻 11
2. 論文標題 運動生理学からみた月経周期がコンディションに与える影響-月経周期を考慮した栄養摂取は必要か?-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本スポーツ栄養研究誌	6. 最初と最後の頁 3-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsuda Tomoka, Furuhashi Tamaki, Ogata Hazuki, Kamemoto Kayoko, Yamada Mizuki, Sakamaki-Sunaga Mikako	4. 巻 41
2. 論文標題 Effects of the Menstrual Cycle on Serum Carnitine and Endurance Performance of Women	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 443-449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-1088-5555	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Mizuki, Matsuda Tomoka, Ichihara Takashi, Sakamaki-Sunaga M Mikako	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of Orally Ingested Paprika Xanthophylls on Respiratory Metabolism during Endurance Exercise: Study Protocol for an Interventional Randomised Controlled Trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Health Science Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.36648/1791-809X.14.1.694	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Mikako Sakamaki-Sunaga, Kayoko Kamemoto, Mizuki Yamada, Takanobu Okamoto
2. 発表標題 Sex differences in the plasma metabolite profile to acute resistance exercise by metabolome analysis
3. 学会等名 64th American College of Sport and Medicine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Erina Muramatsu, Mizuki Yamada, Tamaki Furuhashi, Kana Harada, Mizuho Adachi, Mikako Sakamaki-Sunaga, Takako Koshimizu
2. 発表標題 A Study On The Status And Factors Of Energy Deficiency In Japanese Collegiate Rhythmic Gymnasts
3. 学会等名 64th American College of Sport and Medicine Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 須永美歌子、山田満月、村松愛梨奈、原田佳奈、古畑環、松田知華、村田由香里、木下佳子、安達瑞保、能瀬さやか、小清水孝子
2. 発表標題 エネルギー不足の女性アスリートに対する栄養介入が運動パフォーマンスに与える影響
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 須永美歌子、亀本佳世子、山田満月、原田佳奈、古畑環、松田知華
2. 発表標題 月経周期が持久性運動時の血中カルニチン濃度に与える影響
3. 学会等名 第30回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mikako Sakamaki-Sunaga, Kayoko Kamemoto, Mizuki Yamada, Tomoka Mtsuda
2. 発表標題 Effects of menstrual cycle on body weight and intracellular and extracellular fluid
3. 学会等名 65th American College of Sport and Medicine Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mizuki Yamada, Naoki Kikuchi, Kayoko Kamemoto, Tomoka Matsuda, Mikako Sakamaki-Sunaga
2. 発表標題 Association Between Bone Mineral Density And Vitamin D Receptor Gene Polymorphisms In Female Athletes
3. 学会等名 65th American College of Sport and Medicine Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakamaki-Sunaga, Mikako; Kamemoto, Kayoko; Yamada, Mizuki; Matsuda, Tomoka; Ogata, Hazuki
2. 発表標題 Effects of the menstrual cycle on branched-chain and aromatic amino acids during endurance exercise in female athletes
3. 学会等名 66th American College of Sport and Medicine Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	小清水 孝子 (KOSHIMUZU Takako) (40371166)	大妻女子大学・家政学部・教授 (32604)	
連携研究者	村松 愛梨奈 (MURAMATSU Erina) (60757996)	鈴鹿工業高等専門学校・その他部局等・講師 (54101)	