

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：32717

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11534

研究課題名（和文）女性のスポーツ活動による健康障害と酸化ストレス度

研究課題名（英文）Health Implications and Oxidative Stress Levels Associated with Women's Sports Participation

研究代表者

林田 はるみ（Hayashida, Harum）

桐蔭横浜大学・スポーツ健康政策学部・教授

研究者番号：40460399

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、月経周期が安定している女子大学生を対象に血中の酸化ストレスおよび抗酸化力を測定し、運動習慣の有無が酸化ストレスリスクに及ぼす影響を調べることで、女子学生アスリートを対象に月経期と黄体期の2期で漸増多段階運動負荷試験を行い、月経周期が酸化ストレスと全身持久力に与える影響を検討することであった。本研究の結果、女子大学生の安静時の酸化ストレス関連指標は運動習慣の有無や月経周期に影響しないことが示された。さらに、女性学生アスリートにおいて、月経周期は運動に伴う酸化ストレスの変動に影響を与えるが、抗酸化力には影響をしないことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで男性で検討されてきた運動時の生理反応や、単一の性周期で検討されてきた酸化ストレス応答の研究成果をそのまま当てはめるのではなく、女性特有のホルモン動態と運動時の生理応答について細やかに観察を行ったものである。現代女性のアクティブなライフスタイルのなかで、女性ホルモン動態と酸化ストレス応答について、特に性周期と短期的および長期的な運動の影響に着目していることに意義がある。本研究の結果は、女性のライフスタイルに応じた運動に伴う酸化ストレスリスクの軽減につなげ、アスリートのみならず、運動処方や健康づくり運動の実践の現場に活用できるものである。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to investigate the influence of exercise habits on oxidative stress risk by measuring blood oxidative stress and antioxidant capacity in female university students with normal menstrual cycles. Additionally, the study aimed to examine the effects of the menstrual cycle on oxidative stress and endurance performance in female student athletes by conducting progressive exercise load tests during the menstrual and luteal phases. The results of this study demonstrated that oxidative stress-related indicators at rest in female university students were not influenced by exercise habits or menstrual cycle. Furthermore, in female student athletes, the menstrual cycle was found to affect the exercise-induced oxidative stress but did not have an impact on antioxidant capacity.

研究分野：スポーツ科学、応用健康科学、運動免疫学

キーワード：月経周期 酸化ストレス 運動負荷試験 身体活動量 d-ROMs BAP 女性アスリート

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

適切な運動習慣は抗酸化能力を高めるが、その一方で、激しい運動時には活性酸素の産生が飛躍的に増大することが知られている。女性の場合には、女性ホルモンであるエストロゲンに高い抗酸化作用があることから、ホルモン分泌量の変動によって起こる月経が女性の抗酸化機能に影響している可能性がある。正常な月経周期を有する一般女性と女性アスリートでは、酸化ストレスリスクが異なることが予想されるが、十分には検討されていない。女性の運動習慣の有無による酸化ストレスリスクの違いを知ることは、一般女性の疾病予防につながるほか、女性アスリートの月経周期における適切な運動量の基準となる可能性がある。また、多くの女性が月経周期に伴い心理的・身体的コンディションの変化を自覚していることから、月経周期に伴う酸化ストレスとパフォーマンスの変化を把握することは、女性アスリートの月経周期に応じたコンディショニング方法を考えるうえで重要である。

2. 研究の目的

本研究では、【実験1】として、月経周期が安定している女子大学生を対象に血中の酸化ストレスおよび抗酸化力を測定し、運動習慣の有無が酸化ストレスリスクに及ぼす影響を調べ、【実験2】として、女子学生アスリートを対象に月経期と黄体期の2期で漸増多段階運動負荷試験を行い、月経周期が酸化ストレスと全身持久力に与える影響を検討することとした。

3. 研究の方法

【実験1】

(1) 対象者

正常な月経周期を有する大学陸上競技部に所属する女性選手7名(年齢 19.1 ± 0.9 歳, 体重 54.8 ± 3.6 kg)と、運動習慣のない学生9名(年齢 19.8 ± 1.1 歳, 体重 51.4 ± 5.6 kg)を対象とし、それぞれを運動群、非運動群として検討した。運動群は陸上歴1~9年、県大会出場レベルであり、3時間程の練習を週4回行っている。

(2) 測定項目

月経初日をDay1とし、月経周期を月経期(Day 1-3)、卵胞期(Day 8-10)、黄体前期(Day 15-17)、黄体後期(Day 22-24)の4期に分類した。各期において、体重、血圧、脈拍の測定、採血及び月経随伴症状の調査(Menstrual Distress Questionnaire: MDQ)を実施した。MDQは月経に伴って現れる症状を47項目の質問票にまとめており、1問につき0~3点の最高141点で示される。採血は食後4時間以上空けて行い、採血前の食事内容は、毎回同じ物を摂ることとした。採取した血液を用いて、酸化ストレス(Reactive Oxygen Metabolites-derived compounds: d-ROMs)と、抗酸化力(Biological Antioxidant Potential: BAP)を測定し(株式会社ウイスマー社製)、測定したデータから潜在的抗酸化能力値(BAP/d-ROMs)を算出した。さらに、身体活動量計(ライフコーダEX, 株式会社スズケン)を1週間装着させて身体活動量(歩数)を測定した。

【実験2】

(1) 対象者

大学の運動部に所属する女子大学生18名(年齢 20.1 ± 0.8 歳)を対象とした。1週間あたりの運動量は 3.6 ± 1.0 日であり、厚生労働省が示す運動習慣者(週2回以上、1回30分以上、1年以上、運動をしている者)を満たしていることを確認した。正常な月経周期とされる25日~38日に該当しない者、大学で行われた健康診断を受けていない者、薬やサプリメントを摂取している者は調査対象から除外した。

(2) 測定項目

月経周期のうちエストロゲンの分泌量に差が大きい月経期(day1-3)と黄体期(day15-17)に測定を行った。月経期と黄体期の各期で身長(セノ 株式会社製)、体重と体脂肪率(株式会社タニタ製)の測定、質問紙、月経随伴症状(MDQ)の記入、漸増多段階運動負荷試験を実施した。自転車エルゴメーター(株式会社コンピウエルネス製)を用いて、漸増多段階運動負荷試験を行った。対象者は心拍数計センサー(NIHON KOHDEN 製)および呼気ガス分析器(ミナト医科学株式会社製)のマスクを装着し、心拍数と最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)を測定した。月経周期の1サイクル分の変動を調べるため、測定は連続した月経期と黄体期に1回ずつ行った。

運動前、運動直後、運動30分後の計3回、指先からの微量採血を行った。採取した血液は遠心分離し、酸化ストレス測定(d-ROMs)、抗酸化力測定(BAP)に使用した。

4. 研究成果

【実験1】

(1) 月経周期による酸化ストレス値の変動

酸化ストレスの指標となる d-ROMs の推移を図 1 に示す。運動群が非運動群よりも d-ROMs 値が高い傾向がみられた ($p < 0.08$) が、月経周期の各期による値の変動はみられなかった。d-ROMs 値は、200~300U.CARR が正常な酸化ストレスレベルの範囲である。

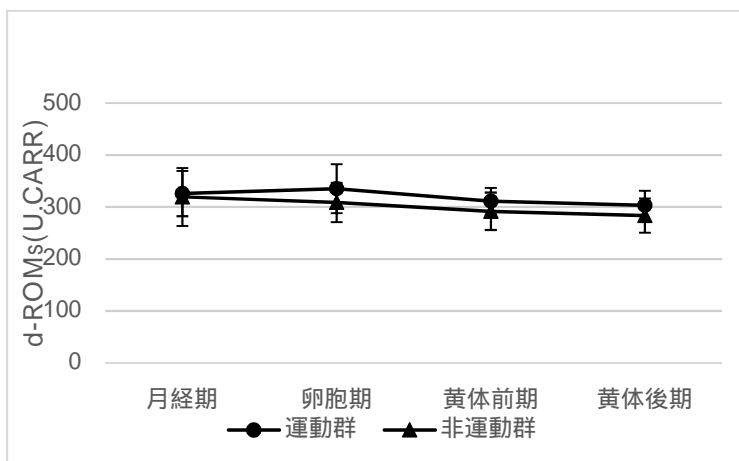


図 1 月経周期各期の d-ROMs 推移

(2) 月経周期による抗酸化力の変動

抗酸化力の指標となる BAP の変動を図 2 に示す。運動習慣の有無や月経周期の各期による変動はみられなかった ($p=0.71$, $p=0.92$)。BAP は $2000 \mu\text{mol/L}$ 以上が正常とされている。

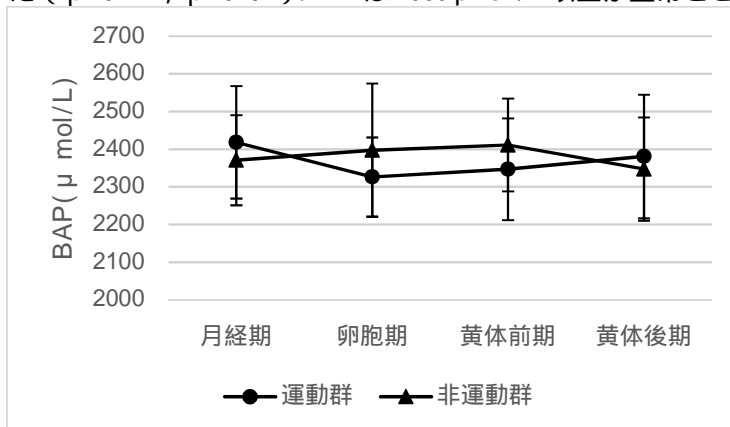


図 2 月経周期各期の BAP 推移

(3) 月経周期による潜在的抗酸化能値の変動

潜在的抗酸化能値は BAP/d-ROMs で求めることができる。月経周期による潜在的抗酸化能値の変動を図 3 に示す。運動群は酸化型、非運動群は抗酸化型である傾向が認められた ($p=0.069$) が、月経周期による変動はみられなかった ($p=0.298$)。

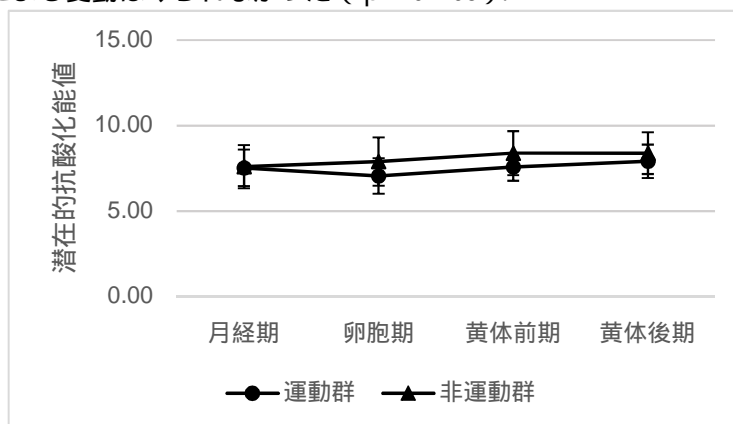


図 3 月経周期各期の潜在的抗酸化能値

(4) 月経周期による MDQ スコアの変動

月経周期による MDQ スコアの変動を図 4 に示す。両群ともに月経期のスコアが高く、次に黄体

後期のスコアが高い傾向がみられた ($p = 0.078$). 一方で運動習慣の有無によるスコアの差はみられなかった ($p = 0.894$).

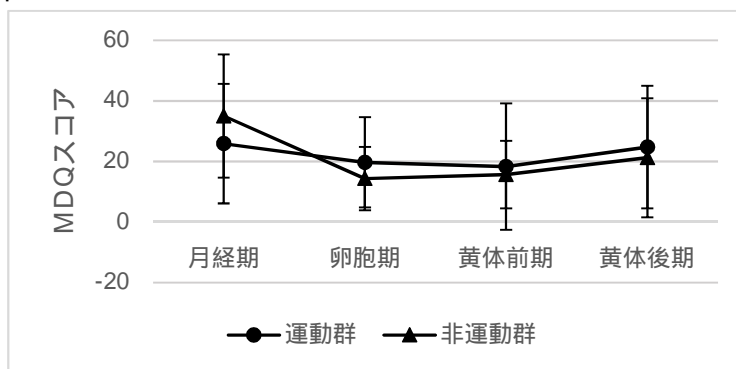


図4 月経周期各期の MDQ スコアの推移

(5) 身体活動量と酸化ストレス関連項目との関係

身体活動量を1日の平均歩数(一週間分の合計歩数/日数)で表した。運動群と非運動群の平均歩数は、運動群が約13,000歩、非運動群が約10,000歩であった。そこで、対象者全体の身体活動量と各項目の相関関係を調べた。身体活動量と酸化ストレスの間に、黄体前期に正の相関関係がみられた。身体活動量と抗酸化力の間には、卵胞期に有意な負の相関関係がみられた ($p = 0.03$)。

【実験2】

(1) 対象者の身体特性と MDQ

対象者の身長および各期の体重、体脂肪率、MDQ スコアについて表1に示した。

表1 対象者の身体測定と MDQ スコア

		(n = 18)	
		Menstruation	Luteal
Age(yeaes)	20.1 ± 0.8		
Menstrual cycle(days)	29.8 ± 3.8		
Height(cm)	159.72 ± 4.21		
Body weight(kg)		55.686 ± 5.903	55.569 ± 5.510
Body fat percentage(%)		26.94 ± 4.04	26.78 ± 3.70
MDQ score		34.0 ± 19.7	21.7 ± 15.0

(2) 酸化ストレス

漸増多段階運動負荷に伴う酸化ストレス動態を図1に示す。酸化ストレスは、運動前と比較し運動直後で有意に上昇し(月経期: $p < 0.001$, 黄体期: $p < 0.001$), さらに運動直後から運動30分後にかけて有意に低下した(月経期: $p < 0.001$, 黄体期: $p < 0.001$)。また、酸化ストレスは黄体期よりも月経期のほうが有意に高かった(Pre: $p = 0.017$, Post0: $p = 0.023$, Post30: $p = 0.002$)(図5)。

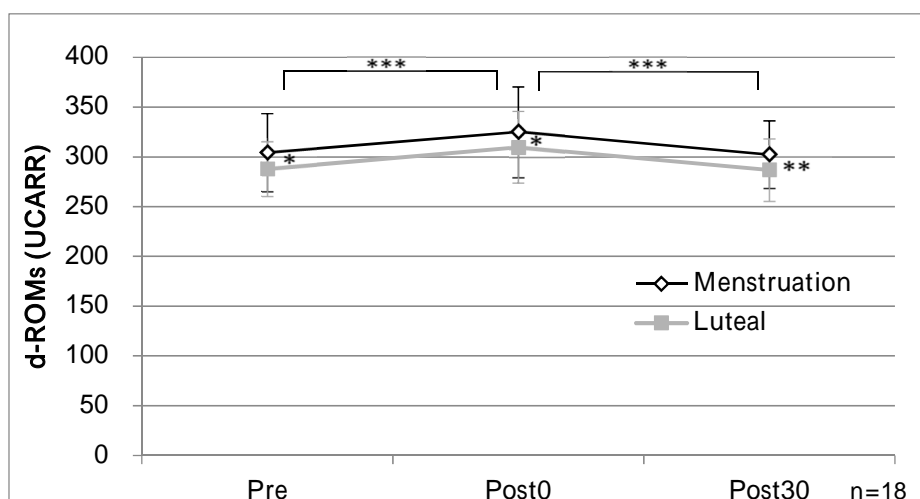


図5 運動負荷に伴う酸化ストレス動態

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

(3) 抗酸化力

漸増多段階運動負荷に伴う抗酸化力動態を図2に示す。抗酸化力は、運動前と運動直後で有意に上昇し（月経期： $p < 0.001$ ，黄体期： $p < 0.001$ ），運動直後と運動30分後に有意に低下した（月経期： $p < 0.001$ ，黄体期： $p < 0.001$ ）。しかし，月経期と黄体期の違いは認められなかった（図6）。

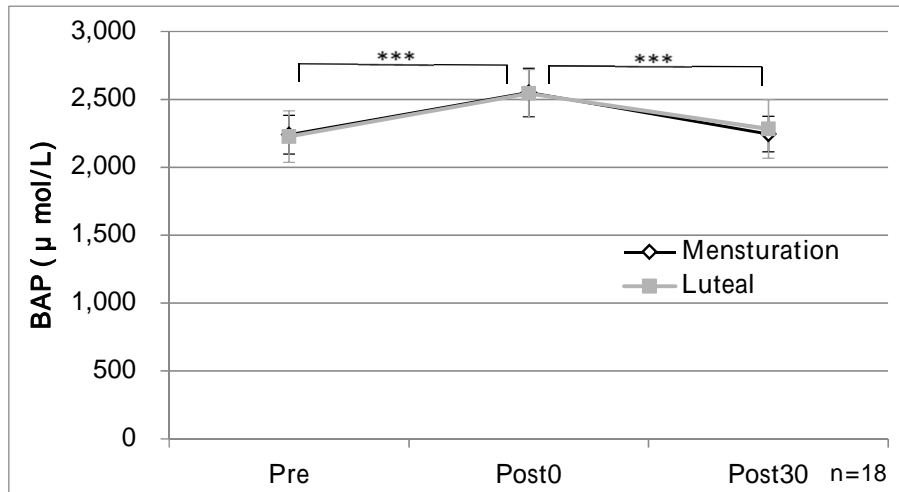


図6 運動負荷に伴う抗酸化力動態

***: $p < 0.001$

(4) 最高酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2peak}$)

月経期と黄体期の最高酸素摂取量を図3に示す。本研究の対象者の $\dot{V}O_{2peak}$ は，月経期 30.16 ± 5.16 ml/kg/min，黄体期 30.07 ± 4.92 ml/kg/minであった。 $\dot{V}O_{2peak}$ は月経期と黄体期の違いは認められなかった（図7）。

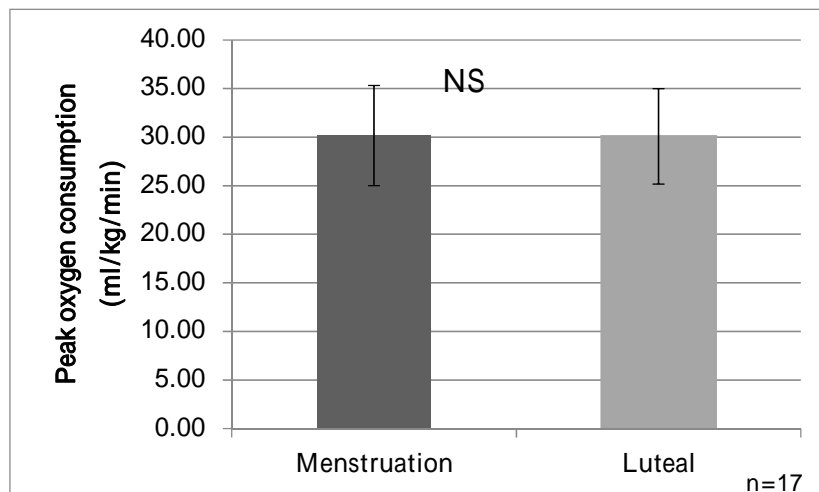


図7 月経期と黄体期の最高酸素摂取量

NS: Not significant

実験1および実験2のまとめ

運動習慣のある女子大学生と運動習慣のない者を対象に月経期，卵胞期，黄体前期，黄体後期で安静時の酸化ストレスと抗酸化力を比較したところ，安静時の酸化ストレス関連指標は運動習慣の有無や月経周期に影響しないことが示された。

さらに，正常な月経周期を有する学生アスリートを対象に，月経期と黄体期の2期で漸増多段階運動負荷試験を行い，月経周期が酸化ストレスや全身持久力に与える影響を検討したところ，黄体期と比較して月経期の酸化ストレスが高く，月経周期は運動に伴う酸化ストレスの変動に影響を与えることが示された。また，抗酸化力は運動に伴う変化は観察できたものの月経周期の影響を受けないことが示された。全身持久力は月経周期の影響を受けないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Katsuhiko Suzuki, Harumi Hayashida	4. 巻 9
2. 論文標題 Effect of Exercise Intensity on Cell-Mediated Immunity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/sports9010008	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 池田奈穂, 林田はるみ	4. 巻 11
2. 論文標題 運動習慣の有無が女子学生の酸化ストレスに及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本スポーツリハビリテーション学会誌	6. 最初と最後の頁 23-29
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 池田奈穂, 吉田恵菜, 林田はるみ	4. 巻 12
2. 論文標題 女性アスリートの月経周期が酸化ストレスや全身持久力に与える影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本スポーツリハビリテーション学会誌	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） なし	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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 池田奈穂, 林田はるみ
2. 発表標題 月経周期における運動習慣の有無が酸化ストレスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本スポーツリハビリテーション学会 第10回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Harumi Hayashida
2. 発表標題 Effect Of The Menstrual Cycle And Regular Workout On Oxidative Stress In Collegiate Female Students
3. 学会等名 2020 ACSM Annual Meeting and World Congresses (国際学会)
4. 発表年 2020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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------