

総説

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?—

須永 美歌子

日本体育大学児童スポーツ教育学部運動生理学研究室

本総説では、健康な成人女性が有する月経周期に焦点を当て、コンディションと血中代謝物質の変化との関連性について筆者らがこれまでに得た知見を中心に紹介し、月経周期を考慮した栄養摂取の必要性について検討する。

キーワード：性周期 コンディショニング 月経前症候群 アミノ酸

I はじめに

近年、わが国の女性のスポーツ参加人口は急激に増加し、それに伴い国際的な競技力も向上してきている。近代オリンピックにおいて日本人女性が初めて参加したのは1928年に開催されたアムステルダム五輪であった。当時の女性の参加比率は、国際的にみても9.6%と極めて低かったが、年々増加し、2016年に開催されたリオデジャネイロ五輪では日本人参加者の49%が女性とほぼ半数を占め、さらに金メダル獲得数は男性を上回った(図1)。

しかしながら、このような女性スポーツの躍進の裏

で、様々な女性アスリート特有の問題が生じている。例えば、女性アスリートに多く発症する健康障害として「利用可能なエネルギー不足」、「視床下部性無月経」、「骨粗鬆症」が挙げられており、これらは「女性アスリートの三主徴」と定義されている^{1), 2)}。このような健康障害は、選手寿命の短縮や将来の妊孕性の低下につながることから、国際的にも重要な問題として取り上げられており、早急な解決が望まれている。

その一方で、正常な月経周期を有し、健康な状態であっても、月経周期に伴う心身のコンディションの変化に悩む女性も多い。特にコンディションを常に良い状態に保つことを求められる女性アスリートにとって

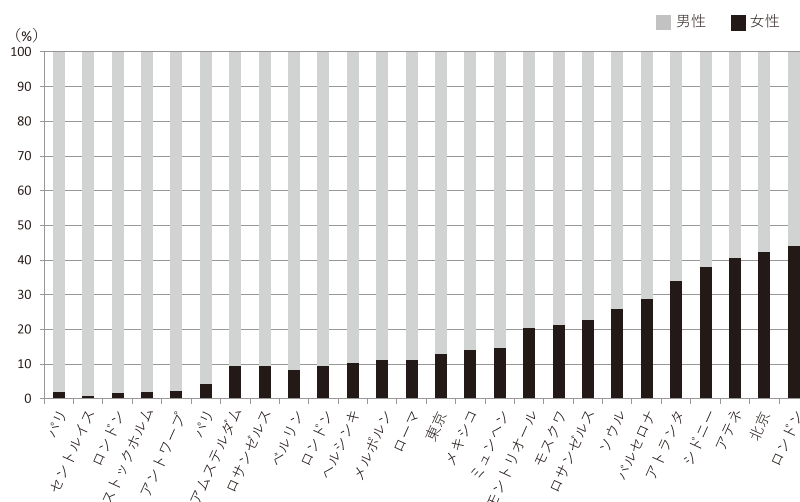


図1 夏季オリンピック参加選手の男女比率 (国際オリンピック委員会HPのデータより作図)

は大きな問題となる。本稿では、健康な成人女性が有する月経周期に焦点を当て、コンディションとエネルギー代謝物質の変化との関連性について述べ、月経周期を考慮した栄養摂取の必要性について考えてみたい。

Ⅱ 月経周期における各フェーズの特徴

月経周期とは、月経開始日から次の月経が始まるまでの日数であると定義されている。一般的には、28日と表記されることが多いが、正常な月経周期は、25～38日である。月経周期のフェーズの分け方には、いくつかのパターンがあるが、代表的なものとして排卵前を卵胞期（FP：follicular Phase）、排卵後を黄体期（LP：luteal Phase）と2つに分けることが多い（図2）。性ホルモン濃度は、各フェーズによって著しく変化し、卵胞期の前半は、エストロゲン、プロゲステロンの血中濃度は低値を示し、後半はエストロゲンのみが高値を示す。一方、黄体期は、エストロゲンおよびプロゲステロンの両ホルモンが高値を示す。このように、約一ヶ月間に女性ホルモン濃度は周期的に大きく増減する。エストロゲン受容体は乳腺や子宮内膜だけでなく、骨格筋細胞や神経細胞、心臓、血管、消化器、気管支など多くの組織に存在する。したがって、性ホルモン濃度のダイナミックな変化は女性のこころやからだの調子にさまざまな影響を与える。

月経周期を確認するためには、月経が始まった日を記録するほかに基礎体温を測定するとよい。基礎体温は、毎朝起床時に基礎体温計を用いて舌下温を測定する。月経周期の調節に関与するホルモンの分泌が正常の場合には、基礎体温は、月経開始から排卵までは低

温期、排卵後から次の月経までは高温期の二相性を示す（図3）³⁾。これは、黄体期に体温上昇作用のあるプロゲステロン濃度が増加するためであり⁴⁾、このような体温上昇は、暑熱環境下でのコンディションを低下させる要因となる。Janse, D.E. Jonge, X.A., et al.は、最大酸素摂取量の60%強度で60分間の自転車運動を行った結果、暑熱環境下（32℃、60%）では、卵胞期に比べて黄体期に換気量や主観的運動強度（RPE）が有意に増加したが、温暖環境条件（20℃、45%）では差は認められなかったことを報告している⁵⁾。これは、暑熱環境下では、黄体期に持久性パフォーマンスが低下する可能性を示唆するものである。

Ⅲ 月経周期に伴うコンディションの変化

成人女性が月経周期を有することは妊娠・出産が可能であり“健康な状態”であることを示すものである。しかし、月経周期に伴い女性のこころやからだの状態、いわゆるコンディションが変化することが多く報告されている^{6)~10)}。国立スポーツ科学センターが日本人のトップアスリートを対象として実施した調査では9割が月経周期によるコンディションの変化を感じると回答した¹¹⁾。また、筆者らが体育系大学の女子学生を対象とした調査では8割が月経周期によるコンディションの変化を感じると回答している。一方、一般女子大学生のPMSの頻度を調査した結果においても8割に身体症状がみられたという報告もある¹²⁾。つまり、競技レベルに関係なくほとんどの女性が月経周期に伴うコンディションの変化を感じているといえる。このことから、女性においては月経周期を考慮しながらコンディショニングに取り組むことは必要不可

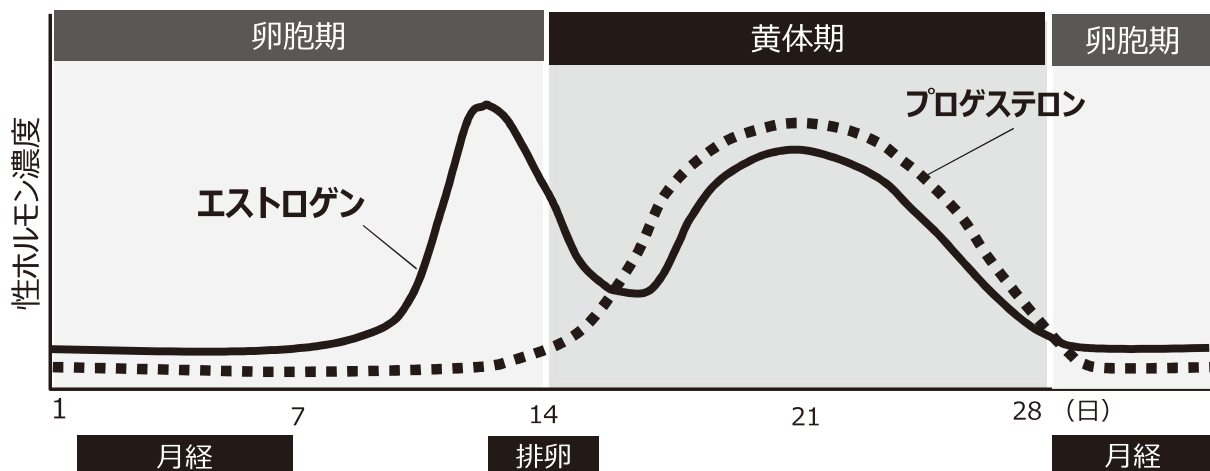


図2 月経周期に伴う性ホルモン濃度の変化

欠であるといえる。

さらに、われわれが実施した調査によると、自覚するコンディションが最も良い時期は、「月経終了直後～数日後」という回答が最も高い割合（58.2%）を示した。一方、自覚するコンディションが最も悪い時期は、「月経中」（42.8%）が最も高く、次に「月経前」（31.9%）であった（図4）。このような月経中や月経前の不快な症状を経験して月経随伴症状という。月経中にコンディション低下を引き起こす要因として、下腹部や腰部の痛みが挙げられ、日常生活にも影響を及ぼすほど痛みが強い場合には、月経困難症が疑われる。月経困難症はその原因によって「器質性月経困難症」と「機能的月経困難症」の2つに大別できる。器質性月経困

難症は、子宮内膜症や子宮筋腫などの病気が原因となっているため、早急に治療に取り組んだ方がよい。また、機能的月経困難症は、プロスタグランジンが過剰に分泌されることによって起こる。月経中の痛みの原因がどちらによるものなのかを検査して対処することが必要である。

一方、黄体期（月経前）のコンディション低下の要因として、月経前症候群（PMS: Premenstrual syndrome）が挙げられる。月経前症候群は、「月経の始まる3～10日前から起こる精神的、身体的症状で、月経開始とともに減退ないし消失するもの」と定義されている¹³⁾。主な症状としては、頭痛、体重増加、便秘、強い眠気、イライラ、不安、倦怠感、集中力低下、情緒不安定な

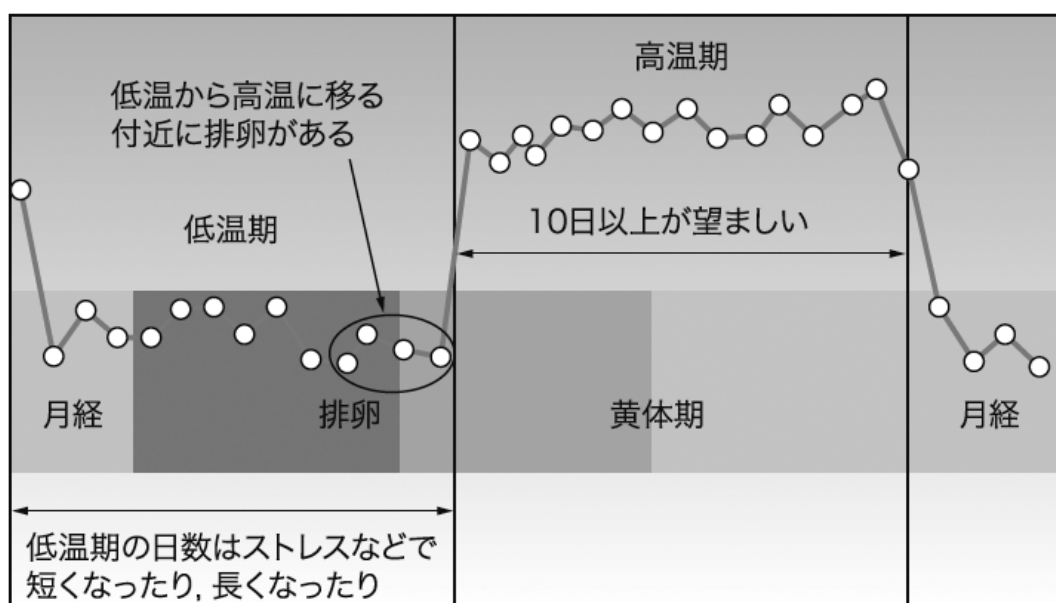


図3 月経周期に伴う基礎体温の変化（文献³⁾より引用）

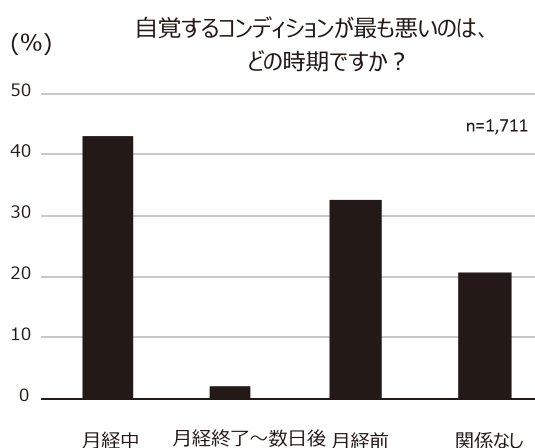
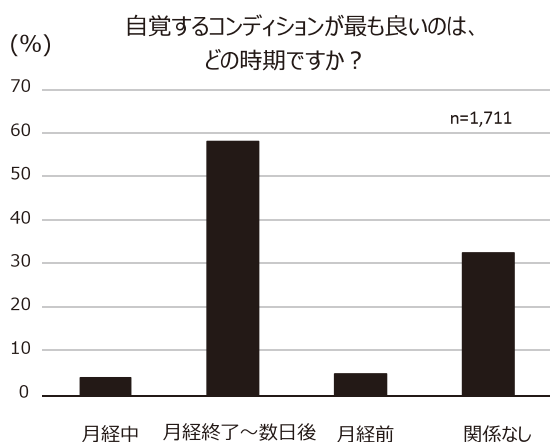


図4 月経周期の各フェーズにおける主観的コンディション

どが挙げられる¹⁴⁾。月経困難症およびPMSのいずれの症状も日常生活に影響を及ぼすようであれば婦人科を受診し、適切な処置を受ける必要がある。

Ⅳ 月経周期が血中代謝物質に与える影響

月経周期に伴い「主観的コンディション」が変化することは、前述したとおり多くの女性が自覚しているが、果たしてそれが実際に女性アスリートのパフォーマンスに影響を及ぼすのかという点については明らかとなっていない。そこで、われわれは月経周期がエネルギー代謝に与える影響について着目し、メタボローム解析を用いて血中代謝物質を網羅解析することによって月経周期に伴う生体内の変化を推察することを試みた。メタボローム解析は、表現型に近い代謝物質を総合的に解析することから、遺伝子発現やシグナル伝達系レベルのような局所的な評価ではなく、全身的な代謝変動を評価することができる。

卵胞期および黄体期の各フェーズの早朝空腹時に採血を実施し、血漿をサンプルとしてメタボローム解析を実施した結果、149種類の代謝物質が検出され、そのうち卵胞期と黄体期で有意な差が認められた代謝物質は9種類であった。卵胞期に比べて黄体期にバリン、アルギニン、グリシンなどの7種類の糖原性アミノ酸を中心とした代謝物質が有意に低い値を示し、TCA回路内のクエン酸およびイソクエン酸は増加した(図5)¹⁵⁾。これらの結果は、糖新生の代謝経路に月経周期が影響する可能性を示唆するものであった。

Ⅴ 月経周期が持久性運動時の血中アミノ酸濃度に与える影響

筆者は、メタボローム解析によって安静時の血中の糖原性アミノ酸濃度が卵胞期に比べて黄体期に低値を示すことを確認した。糖原性アミノ酸は、TCA回路を経てグルコースの合成に利用されるアミノ酸であり、長時間の運動時エネルギー供給に関与する。そこで、卵胞期と黄体期にそれぞれ持久性運動(最大酸素摂取量の65%強度、60分間)を実施し、運動前、運動中および運動後の血中アミノ酸濃度に与える影響について検討した¹⁶⁾。その結果、運動前から運動後にかけてアラニン、グルタミン、スレオニンなどの糖原性アミノ酸の血中濃度が卵胞期に比べて黄体期に有意に低い値を示した(図6)。このように、安静時だけでなく、運動中や回復期にみられる糖原性アミノ酸濃度の低下は、月経周期が運動中のエネルギー基質利用に影響し、疲労との関連性を示す可能性が考えられた。

PMSの症状に、「だるい」や「倦怠感」がある¹⁴⁾。このような症状は主観的な疲労感を高め、パフォーマンス低下を引き起こす一因になると考えられるが、その機序については明らかになっていない。News-holmeとBlomstrand¹⁷⁾は、血漿アミノ酸濃度の低下は、身体的および精神的疲労と関連があることをレビュー論文としてまとめている。さらに、Mizunoらは、精神的なタスクを課した場合に、血漿中のアミノ酸濃度が低下したことから、精神的疲労とアミノ酸濃度の低下に関連があることを示唆している¹⁸⁾。

また、血中グルタミン濃度の低下は、疲労感との関

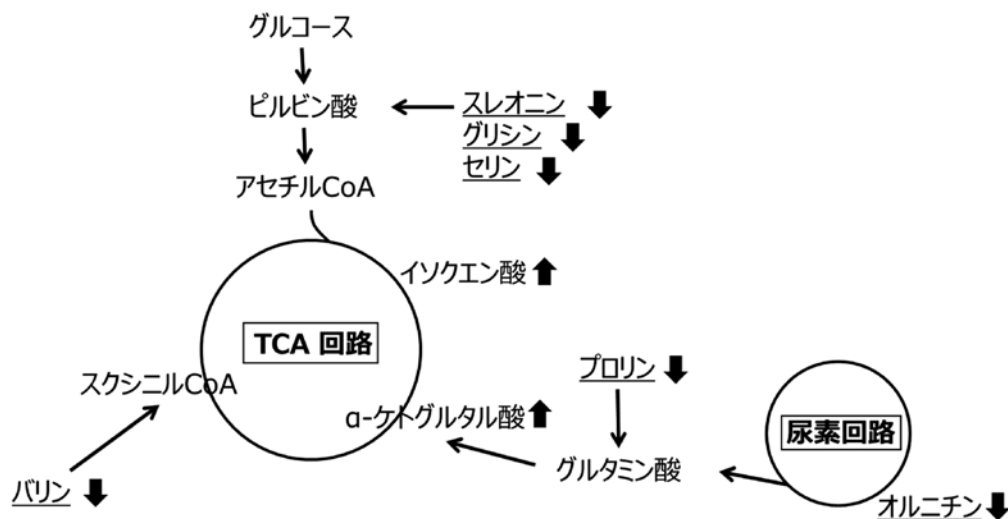


図5 黄体期における血中代謝物質の変化

卵胞期に比べて黄体期に有意に低値(↓)または高値(↑)を示した物質(P<0.05)
下線は、糖原性アミノ酸を示す。

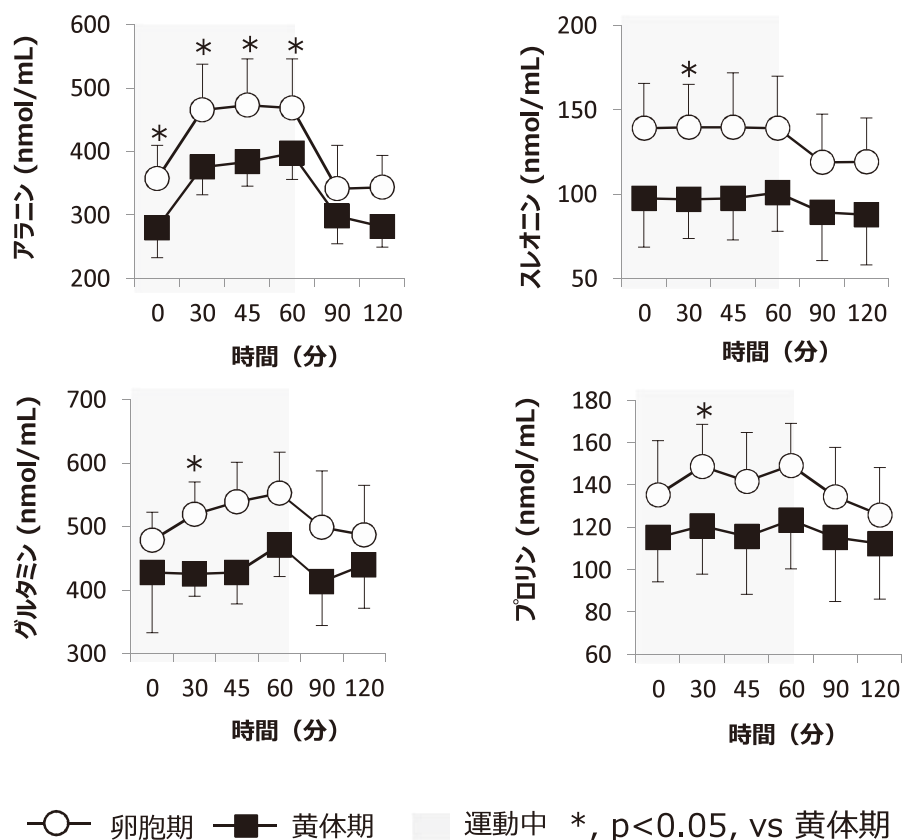


図6 月経期と黄体期における持久性運動時の血中アミノ酸濃度の変化

連性が示唆されている¹⁹⁾。グルタミンは、リンパ球が増殖するためのエネルギーとして使用されるため、血漿グルタミン濃度の低下は免疫機能の低下をもたらし、疲労感や運動パフォーマンスに影響すると考えられている²⁰⁾。

しかしながら、疲労の原因は複雑であり、末梢および中枢神経系で起こる事象の両方によって影響されることは明らかである。さらに、疲労感には様々な要因が関与しており、血中アミノ酸濃度の変化のみで月経周期と疲労との関連性を言及することは極めて困難であるが、黄体期に血中アミノ酸濃度が低値を示すことは明らかであり、月経前症候群における主観的コンディションの低下との関連性については今後も検討が必要であると考えている。

月経周期に伴うエネルギー基質利用の変化は、長時間の運動時における疲労感の増加、ひいてはパフォーマンス低下を引き起こす可能性があり、女性アスリートにおいて月経周期を考慮した栄養摂取法を検討する必要性は高いといえる。今後は、月経周期のフェーズによって運動条件や栄養摂取条件を変化させた場合の影響について検討が必要である。また、実験室で取得されたデータだけでなく、実際にスポーツ現場で得ら

れたエビデンスを含めて検討することによって、より現場に即した“月経周期を考慮した栄養摂取法”が開発されることが期待できる。

VI まとめ

月経周期の影響は個人差が大きく、さらに個人内変動も大きいので、本人や指導者が月経周期に伴うコンディションの変化を観察し、その変化を理解してトレーニングや試合に臨むことが重要である。月経周期に伴うコンディションの変化に対して、薬を服用するという選択肢だけでなく、将来的には栄養摂取や運動方法を工夫することによって症状を緩和する方法を選択できればよいと考えている。スポーツに参加するすべての女性が良いコンディションを保ちながらトレーニングに取り組める環境づくりのためには、今後さらに女性を対象とした研究が多くなされエビデンスづくりを進めていく必要がある。

利益相反

本研究内容に関して利益相反は存在しない。

文 献

- 1) Otis, C.L., Drinkwater, B., Johnson, M., et al.: American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, i-ix (1997)
- 2) Nattiv, A., Loucks, A.B., Manore, M.M., et al.: American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39, 1867-1882 (2007)
- 3) 中里浩一, 岡本孝信, 須永美歌子: 1 から学ぶスポーツ生理学, 第2版, pp.177-179 (2016), ナップ, 東京
- 4) de Mouzon, J., Testart, J., Lefevre, B., et al.: Time relationships between basal body temperature and ovulation or plasma progesterone, *Fertil. Steril.*, 41, 254-259 (1984)
- 5) Janse, D.E. Jonge, X.A., Thompson, M.W., Chuter, V.H., et al.: Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 44, 2190-2198 (2012)
- 6) Janse, D.E. Jonge, X.A.: Effects of the menstrual cycle on exercise performance, *Sports Med.*, 33, 833-851 (2003)
- 7) Kishali, N.F., Imamoglu, O., Katkat, D., et al.: Effects of menstrual cycle on sports performance, *Int. J. Neurosci.*, 116, 1549-1563 (2006)
- 8) Sambanis, M., Kofotolis, N., Kalogeropoulou, E., et al.: A study of the effects on the ovarian cycle of athletic training in different sports, *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 43, 398-403 (2003)
- 9) 須永美歌子: 月経周期に伴うコンディションの変化, *トレーニング科学*, 28, 7-10 (2017)
- 10) 須永美歌子: 月経周期に伴う運動時生体反応の変化, *ランニング学研究*, 28, 27-32 (2016)
- 11) 能瀬さやか, 土肥美智子, 難波聡, 他: 女性トップアスリートの低用量ピル使用率とこれからの課題, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 22, 122-127 (2014)
- 12) 甲村弘子: 若年女性における月経前症候群 (PMS) の実態に関する研究, *大阪樟蔭女子大学研究紀要*, 1, 223-227 (2011)
- 13) Greene, R., Dalton, K.: The premenstrual syndrome. *BMJ*, 1, 1007-1014 (1953)
- 14) Yonkers, K.A., O'Brien P.M., Eriksson E.: Premenstrual syndrome. *Lancet*, 371, 1200-1210 (2008)
- 15) Sunaga, M., Maruyama, A.: Effects of habitual activity on the blood metabolites in eumenorrheic women : a metabolomics approach, *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 19 : 117 (2013)
- 16) Sakamaki-Sunaga, M., Kamemoto, K., Maruyama, K., et al.: Effects of the menstrual cycle on the metabolomic profiles during endurance exercise in female athletes, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46 : 624-631 (2013)
- 17) Newsholme, E.A., Blomstrand, E.: The plasma level of some amino acids and physical and mental fatigue. *Experientia*, 52 : 413-415 (1996)
- 18) Mizuno, K., Tanaka, M., Nozaki, S., et al.: Mental fatigue-induced decrease in levels of several plasma amino acids, *J. Neural. Transm.*, 114, 555-561 (2007)
- 19) Parry-Billings, M., Budgett, R., Koutedakis, Y., et al.: Plasma amino acid concentrations in the overtraining syndrome : possible effects on the immune system, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24(12) : 1353-1358 (1992)
- 20) Newsholme, E.A., Parry-Billings, M.: Properties of glutamine release from muscle and its importance for the immune system, *ajPEN. J. Parenter. Enteral. Nutr.*, 14, 63S-67S (1990)

Review

The effect of the menstrual cycle on physical condition : Is nutritional intake a factor?

Mikako SUNAGA

Department of Exercise Physiology, School of Childhood Sport Education, Nippon Sport Science University

ABSTRACT

This review examines physiological changes associated with the menstrual cycle. Physical and emotional status during the menstrual cycle can affect athletic performance. Estrogen and progesterone levels fluctuate throughout the menstrual cycle and are low during the follicular phase (FP) and high during the luteal phase (LP) in women with normal cycles. Previous studies have shown that ovarian hormones influence energy metabolism. Accordingly, we performed a study to determine whether the blood metabolite profile at rest and during endurance exercise is affected by the menstrual cycle phase in female athletes. We found that levels of glucogenic amino acids were significantly lower before, during, and after exercise in the LP compared with levels in the FP. These results suggest that physiological changes associated with the menstrual cycle may be affected by a change in energy substrate utilization. Future research should investigate the effect of altered nutritional intake according to the phase of the menstrual cycle.

Keywords: menstrual cycle, conditioning, premenstrual syndrome, amino acid