

月経周期が米飯摂取後の食後血糖に及ぼす影響

末田 香里*¹⁾ 服部 沙紀*²⁾ 水野 祐奈*³⁾
矢野 瑞帆*⁴⁾ 横井 志帆*⁵⁾ 酒井 映子*¹⁾

【目的】女性の月経周期では、月経周期によりホルモン環境は異なる。本研究では月経前、月経中、月経後の1週間ごとの月経周期の違いが米飯摂取後の食後血糖値の変動および血糖AUCに及ぼす影響について検討した。

【方法】被験者：21～22歳の女子大学生9名(BMI: $20.5 \pm 1.4 \text{ kg/m}^2$ (Mean \pm SD))。米飯食：米飯150gを用い、お茶200mlとした。測定方法：血糖値は自己血糖測定器(SMBG)グルテストNeoスーパー(三和化学研究所)を用いた。血糖値の測定は空腹時血糖(米飯摂取前：0分)から米飯摂取120分後まで、7回測定し、血糖上昇曲線下面積血糖(AUC: Area Under the Curve)を算出した。月経周期の特定は、月経がある週を月経中とし、その前後の週を月経前、月経後とした。

【結果】1) 米飯摂取後の血糖値、空腹時血糖は月経前 $88 \pm 6 \text{ mg/dl}$ 、月経中 $85 \pm 9 \text{ mg/dl}$ 、月経後 $86 \pm 8 \text{ mg/dl}$ で、3回のどの期間にも差はなかった。いずれの月経期においても血糖値のピーク値は米飯摂取後45分で 月経前 $145 \pm 2 \text{ mg/dl}$ 、月経中 $146 \pm 22 \text{ mg/dl}$ 、月経後 $136 \pm 19 \text{ mg/dl}$ で、測定した生理周期の間に差はなかった。2) 血糖AUCは月経前 $288 \pm 83 \text{ mg/dl} \times \text{min}$ 、月経中 $301 \pm 124 \text{ mg/dl} \times \text{min}$ 、月経前 $253 \pm 90 \text{ mg/dl} \times \text{min}$ 、とどの周期でも差はなかった。

【結語】基礎体温を測定したが卵胞期/黄体期を特定することができなかつたので、本実験では、月経(生理)を基準として月経前(黄体期)、月経中および月経後(卵胞期)とした。3期において米飯摂取後の血糖上昇に差は認められなかつた、月経周期による米飯摂取後の食後血糖に及ぼす差は大きなものではないと推察された。

キーワード：食後血糖，米飯，月経周期

はじめに

月経とは、子宮の内側を覆っている膜(子宮内膜)がはがれ落ち、それが出血を伴う現象である。月経は約1カ月の周期で起こり、妊娠中を除けば妊娠可能な期間の全体を通してみられる。月経周期はホルモンによって調節されている。下垂体から分泌される黄体形成ホルモンと卵胞刺激ホルモンは、排卵を促進するとともに、卵巣を刺激してエストロゲンとプロゲステロンの分泌を促す。エストロゲンとプロゲステロンは、

子宮と乳房を刺激して、受精を可能にする準備を整える。月経周期は、卵胞期(卵子が放出される前)、排卵期(卵子が放出される期間)、黄体期(卵子が放出された後)に分けられる¹⁾。

月経周期によって耐糖能が変化するという報告と不変であるという報告がある²⁻⁵⁾。糖尿病患者例では、Luntら²⁾がインスリン依存型糖尿病(1型糖尿病)成人女性を124名調査し月経周期により血糖値に変動がみられること、そのうちの半数以上が、月経周期にあわせてインスリン量を増減させていることを報告し

* 1) 愛知学院大学心身科学部健康栄養学科

* 2) 株式会社 SORA GROUP

* 3) SONPO ケアネクスト株式会社

* 4) 富士産業株式会社

* 5) 中北薬品株式会社

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: sueda@dpc.agu.ac.jp

た。また、大國ら³⁾や小野利夫⁴⁾は、高血糖クランプ法を用いた月経周期に伴うインスリン感受性の変化を検討し、黄体期と月経直前に血糖値の上昇と月経周期によるインスリン感受性の低下からインスリン必要量の増加が、規則的に出現することを認めた。一方で佐藤ら⁵⁾は、黄体期では全例エストラジオール、プロゲステロンの有意な上昇を示したが、インスリン感受性は、統計学的には、両周期間に有意な差はなかったと報告している。

栄養の質的評価を考えた血糖管理の例として、グリセミックインデックス (GI)⁶⁾が糖尿病の食事療法で注目され、活用されている。米飯を主食としている日本型の食生活においても、GIを取り入れた米飯食、日本型食生活で、糖尿病の罹患回避、予防が取り組まれている。これまで、女子大学生を被験者として、食後血糖上昇抑制効果の検討、グリセミックインデックス (GI) の算出をおこなってきたが、月経周期と米飯投与時の食後血糖との関連については考慮したことがなかった。そこで今回、月経周期のある女性が被験者となることの妥当性の検討を思い立った。

本研究では、糖尿病でない健常な女子学生を被験者として、一週間ごとに米飯食負荷後血糖値を測定し、月経前、月経中、および月経後として、米飯摂取後の血糖上昇曲線に差異があるか否かを検討した。

実験方法

1. 被験者

本学女子学生 9 名を被験者とした。年齢は 21~22 歳、体格指数は $20.5 \pm 1.4 \text{ kg/m}^2$ (Mean \pm SD) であった。規則的な月経周期を有しており、月経周期中に異常な兆候を持たないものとした。被験者は検査前 10 時間以上の絶食を保持し、検査前日に過度な運動・夜更かし・暴飲暴食・飲酒を避けることを条件とした。被験者は口頭ならびに文書で研究計画についての説明を受け、被験者になることに同意しかつ同意書を提出した。

2. 実験プロトコール

糖負荷実験は月曜日、一週間の間隔を空けて原則 3

回行った。月経がある週を月経中、その前後の週を月経前 (黄体期)、月経後 (卵胞期) と定めた。一部例外があり、必ずしも月曜日ではなかった。日本人の主食である米飯 (炭水化物 50g) を基準食として糖負荷し、糖負荷 2 時間の血糖を測定した⁶⁾。午前 9 時に実験を開始し、米飯の摂食は 10 分以内に完了し、実験終了までの所要時間は約 2 時間半であった。その間被験者は、椅子に座って、読書・勉強をして過ごした。

血糖値の測定は自己血糖測定器 (SMBG) グルテスト Neo スーパー (三和化学研究所) を用いて被験者自身で測定した。摂取前の血糖値 (空腹時血糖) を測定し、その後 10 分間で米飯を摂取した。空腹時および米飯食の摂食開始時刻を 0 として 15 分、30 分、45 分、60 分、90 分、120 分後の計 7 回に血糖値を測定した。

3. 米飯食の栄養素

血糖変動の測定に際して、米飯 150g と緑茶 200ml を摂取した。表 1 に米飯食の栄養素組成を示す。

米飯は「包装米飯サトウのごはん大盛り」(サトウ食品工業株式会社) の同一ロットを使用した。緑茶は「サントリー緑茶 伊右衛門」(サントリーフーズ株式会社) を使用した。

4. 統計処理

データは Mean \pm SD で表した。血糖上昇曲線下面積 (Glucose Area under the Curve: 以後血糖 AUC と略) は不等辺四角形の原理で、算出した⁷⁾。各被験者の 3 回の血糖 AUC (月経前、月経中および月経後) の Mean \pm SD より、各被験者の変動係数 (CV%) = $(\text{SD} / \text{Mean}) \times 100$ を算出した。

食後経過時間ごとの血糖値、血糖 AUC は統計ソフト SPSS (version 18 for Windows) を用い、一元配置分散分析で検定した。月経前・後の血糖 AUC の比較は paired t-test で検定した。有意水準は 5 % 以下を有意差ありとした。

上記実験は「愛知学院大学心身科学部健康科学科および健康栄養学科におけるヒトを対象とする倫理委員会」の承認を得て行った。

表 1 米飯の栄養素組成

	食品	重量 (g)	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)
米飯食	米飯	150	222	3.2	0.0	50
	緑茶	200	0	0	0	0

結 果

1. 月経前, 月経中および月経後の米飯摂取後の血糖値の変化

空腹時血糖は月経前 88 ± 6 mg/dl, 月経中 85 ± 9 mg/dl, 月経後 86 ± 8 mg/dlで, どの間にも差はみられなかった. 米飯摂取後の血糖値は, いずれの月経期においても, 血糖値のピークは米飯摂取後45分で, ピークの血糖値は, 月経前 145 ± 2 mg/dl, 月経中 146 ± 22 mg/dl

および月経後 139 ± 19 mg/dlで, 差はなかった. 米飯摂取後の血糖値は, 食後経過時ごとで, 月経前, 月経中および月経後の3期で有意な差はなかった.

2. 月経前, 月経中および月経後の血糖 AUC

月経中の血糖 AUC を比較して, 月経前 288 ± 83 mg/dl \times min, 月経中 301 ± 124 mg/dl \times min, 月経後 253 ± 90 mg/dl \times min と, 3群間で差はなかった. すなわち, 血糖 AUC は, 月経前, 月経中, 月経後で有意差は無

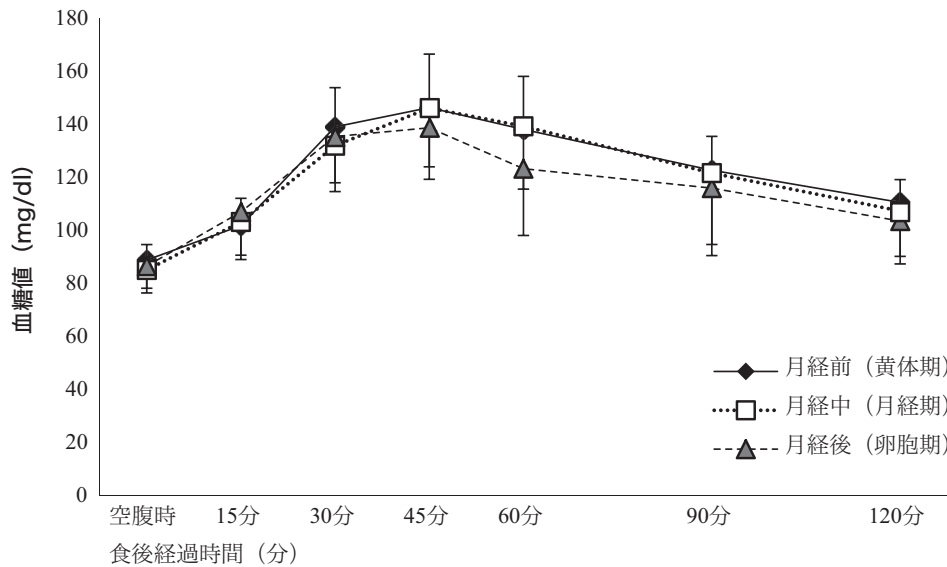


図1 月経前, 月経中および月経後の米飯食摂取後の血糖値の変化
Mean \pm SD (n=9) で示した.

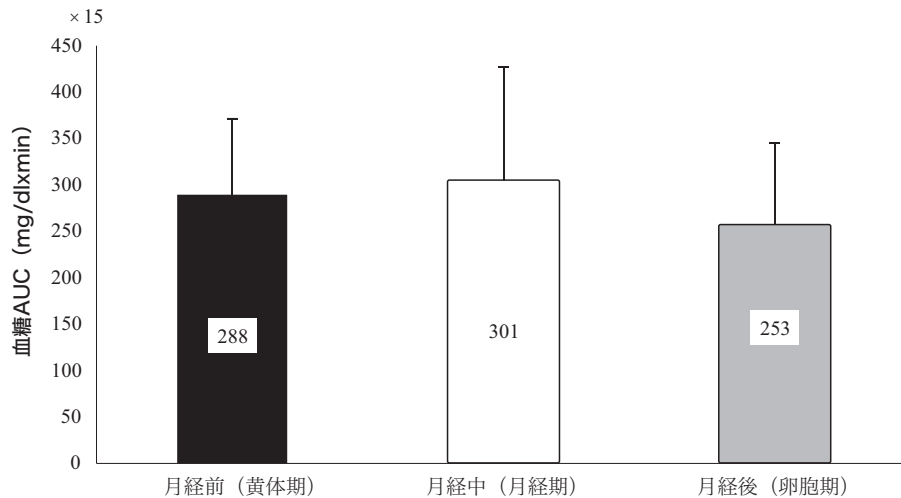


図2 月経前, 月経中および月経後の血糖 AUC
Mean \pm SD (n=9) で示した.

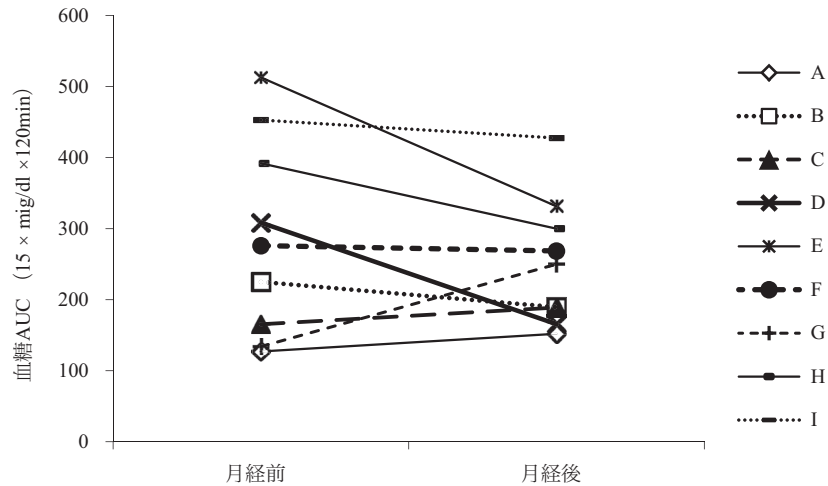


図3 月経前と月経後の血糖 AUC の個人比較

かった。

3回の測定（月経前，月経中および月経後）の変動係数（CV%）は7～48%であった。

3. 月経前・後の血糖 AUC の個人比較

血糖 AUC を月経前を基準にして，月経後の者を比較すると，上昇したもの3名，下降したもの4名，ほとんど変化しなかったもの2名であった。月経前・後の月経 AUC の変化に一定の傾向はみられなかった。

考 察

グリセミックインデックス (GI) を求める実験の被験者は男性が多い傾向にあることに気付いた，それは女性の月経周期があるために避けているのではないかと考えた。そこで，グリセミックインデックス (GI) の算出，血糖上昇抑制効果の検討を行ううえで，女性が被検者として適正であるか否かについて，女性の月経周期の影響を検討することとした。

1. 本実験結果

食後血糖に及ぼす月経周期の影響を米飯（サトウのご飯150g：炭水化物50g）を用いて，を調べた。結果①月経周期は，米飯摂取後の血糖値の変化に影響しなかった。血糖値のピークは米飯摂取後45分で，ピーク値は，月経前，月経中および月経後のいずれも3者の間に差はみられなかった。②血糖 AUC（糖負荷2時間値）は月経前，月経中，月経後の血糖 AUC の間に有意差はなかった。③月経前と月経後の血糖 AUC

を比較したところ，9名の被験者のうち，月経前>月経後は4名，月経前<月経後は3名，ほぼ月経前=月経後は2名であり，血糖 AUC の月経前と後の変化について一定の傾向はなかった。

以上，月経前，月経中および月経後において，白米負荷後の食後血糖の変動に差はなかった。白米摂食後の食後血糖の変動に，月経周期の影響はなかった。

本実験の問題点としては，月経のある週を基準としてその前後で比較した。最初基礎体温を測定し，決定周期の期間を特定しようとしたが，排卵日（基礎体温上昇）をうまく捕まえることができなかった。そこで原則つづけて3ないし4回，一週間ごとに米飯食負荷し，食後血糖を測定した。月経がある週を月経中，その前後の週を月経前（黄体期），月経後（卵胞期）と定めた。また測定時の血中プロゲステロンおよびエストラジオール濃度も測定していない。

2. 従来への報告

インスリン感受性に関しては月経と糖尿病について報告が多い。エストロゲンはインスリン感受性を上昇させ，プロゲステロンはインスリン感受性を低下させるため卵胞期が黄体期に比してインスリン感受性が高い^{8,9)}という報告もあるが，異論もある¹⁰⁻¹²⁾。月経と血糖コントロール状態に関しては種々の因子が関与し個人差が大きいと考えられている。

Valdesら⁸⁾は卵胞期と黄体期の間には，tolbutamide-modified IVGTT を用いて，有意な差があることを報告している。同じ方法を用いて，Escalante-Pulidoら⁹⁾は12人の婦人のインスリン感受性を測定し，卵胞期

と比較して、黄体期で有意に低いと報告している。対照的に Yki-Jarvinen¹⁰⁾, Diamond¹¹⁾, Toth¹²⁾はインスリン感受性の測定に euglycemic clamp 法を用いて、卵胞期と黄体期に差はなかったと報告している。

血糖上昇を胃排泄速度の観点で検討した報告もあり、月経周期で変化あり¹³⁾, 月経周期で変化しなかった^{14, 15)}と報告されている。月経周期で血糖 AUC も測定した Ixchel M. Brennan¹³⁾は、健常婦人において、1) 黄体期と比較して、卵胞期においては、糖の胃排泄は緩やかであり、血糖、血漿 GLP-1 やインスリン、空腹度、エネルギー摂取量は低値であった。2) エネルギー摂取量、血糖、血漿 GLP-1 やインスリンは、胃排泄と、関連している、と述べている。一方、Caballero-Plasencia AM¹⁴⁾らは胃排泄速度を男性 (100名)、女性 (50名) で検討し、月経周期で差はなかった、排泄速度は月経周期の性ホルモンの変化に関連していない。女性と男性の間に、空腹時の胃能動性に差はなかった、と報告している。LP Degens¹⁵⁾は被検者: 12人女性と20人男性を被験者として、2グループの平均はほぼ同じで、個人の1回の測定は変動しやすい。つまり生理的変動が大きく、月経の腸通過速度に及ぼす月経ホルモンの影響は小さく臨床的意味はあまりないと報告している。

3. 健常女子が被検者になるにおいては、問題ないと推察された。

いずれにしても月経周期によるインスリン感受性、胃排泄速度に関して、卵胞期に比して、黄体期でインスリンの感受性の低下、胃排泄速度の上昇に関しては、一致をみていない。個人差の変動の方が多いと推察される。

各被験者9名3回の米飯負荷試験の変動係数(CV%)は7~48%(31, 34, 9, 31, 24, 9, 42, 13, 7)であった。一方男性4名の1週間の間隔において3回連続の米飯負荷試験の変動係数(CV%)は、19, 23, 18, 39%であった(未発表データ)。本研究室内の結果であるが、特に女性の方が変動が大きいということとはなかった。

以上、GIを測定する米飯負荷実験法では、女性を被験者に問題はないと、推察した。

引用文献

- 1) 月経周期: 女性の生殖器の仕組みと働き <http://merckmanuals.jp/home/>
- 2) Lunt H, Brown LJ. Self-reported change in capillary glucose and insulin requirements during the menstrual cycle. *Diabetic Med* **13**: 525-530, 1996.
- 3) 大國智司, 野津和巳, 正木洋治, 加藤譲: 月経周期によりインスリン感受性に变化を認めたインスリン依存型糖尿病の1例, *糖尿病* **35**(5): 423-427, 1992.
- 4) 小野利夫, 志賀伯弘, 種田嘉信, 梅村周香: HOMA 指数の適用範囲について - インスリン抵抗性と空腹時血糖値の関係からの考察, *糖尿病* **42**(12): 1005-1011, 1999.
- 5) 佐藤明子, 内瀉安子, 横山宏樹, 勝盛弘三, 三浦順之助, 植田太郎, 大森安恵, 岩本安彦: インスリン依存型女性の月経周期に伴うインスリン感受性の検討, *糖尿病* **42**(12): 977-981, 1999.
- 6) 杉山みち子: 第4節グリセミックインデックス GI, 栄養録書これでいいのか日本の栄養問題 (細谷憲正監修), 日本医療企画, 71-85, 2003.
- 7) Sugiyama M, Tang AC, Wakai Y and Koyama W. Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* **57**: 743-52, 2003.
- 8) Valdes CT, Elkind-Hirsch KE. Intravenous glucose tolerance test-derived insulin sensitivity changes during the menstrual cycle. *J Clin Endocrinol Metab* **72**: 642-646, 1991.
- 9) Escalante PJM, Alpizar SM. Changes in insulin sensitivity, secretion and glucose effectiveness during menstrual cycle. *Arch Med Res* **30**: 19-22, 1999.
- 10) Yki-Jarvinen H. Insulin sensitivity during the menstrual cycle. *J Clin Endocrinol Metab* **59**: 350-353, 1984.
- 11) Diamond MP, Jacob R, Connolly-Diamond M, Defronzo RA. Glucose metabolism during the menstrual cycle. Assessment with the eu-glycemic, hyperinsulinemic clamp. *J Reprod Med* **38**: 417-421, 1993.
- 12) Toth EL, Suthjumroon A, Crockford PM, Ryan EA. Insulin action does not change during the menstrual cycle in normal women. *J Clin Endocrinol Metab* **64**: 74-80, 1987.
- 13) Ixchel MB, Kate LF, Nivasinee SN, Trygve H, Tanya JL, Diana G, Judth MW, Karen LJ, Michael H. Effects of the phases of the menstrual cycle on gastric emptying, glycemia, plasma GLP-1 and insulin, and energy intake in healthy lean women. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* **297**: G602-G610, 2009.
- 14) Caballero-Plasencia AM, Valenzuela-Barranco, Martin-Ruiz JL, Herrerias-Gutierrez, Esteban CJM. Are there changes om gastro emptying during the menstrual cycle? *Scand J Gastroenterol. Aug* **34**(8): 772-6, 1999.
- 15) Degens LP, Phillips SF. Variability of gastrointestinal transit in healthy women and men. *Gut* **39**: 299-305, 1996.

Effects of the Phases of the Menstrual Cycle on the Postprandial Glycemia after White Rice Consumption in Healthy Women

Kaori SUEDA, Saki HATTORI, Yuna MIZUNO, Mizuho YANO, Shiho YOKOI and Eiko SAKAI

Abstract

Objective: Sex hormone level may vary through the menstrual cycle. Effects of the phases of the menstrual cycle, i.e. luteal phase, period and follicular phase, on the postprandial glycemia after glucose load in healthy women, were studied.

Methods: Nine healthy women, aged 21–22 years, of normal body weight for their height (body mass index $20.5 \pm 1.4 \text{ kg/m}^2$ (mean \pm SD) participated in the study. They were studied on Monday of three continuing weeks: before the menstruation (BM: luteal phase), during the menstruation (DM), after the menstruation (AM, follicular phase). Blood glucose was measured for 120min., after consumption of a 150g white rice (50g carbohydrate) and 200ml tea drink.

Results:

1) There were no differences of blood glucose levels, at hunger time (BM; $88 \pm 6 \text{ mg/dl}$, DM; $85 \pm 9 \text{ mg/dl}$, AM; $86 \pm 8 \text{ mg/dl}$), and at peak time after white rice consumption (BM; $145 \pm 2 \text{ mg/dl}$, DM; $146 \pm 22 \text{ mg/dl}$, AM; $136 \pm 19 \text{ mg/dl}$), among three menstrual phases.

2) There were no differences in glucose area under the curves among the three menstrual phases. (BM; $288 \pm 83 \text{ mg/dl} \times \text{min}$, DM; $301 \pm 124 \text{ mg/dl} \times \text{min}$, AM; $253 \pm 90 \text{ mg/dl} \times \text{min}$). Blood glucose level after rice consumption are not related to menstrual cycle.

Conclusion: Variability in measures of blood glucose after the white rice consumption were similar among menstrual phase.

Keywords: postprandial glucose, white rice, menstrual cycle