Glycative Stress Research

Online edition : ISSN 2188-3610
Print edition : ISSN 2188-3602
Received: March 1, 2017
Accepted : May 26, 2017
Published online : June 30, 2017

Original article

Effect of breakfast on lunch time postprandial blood glucose

Shiori Hayashi, Wakako Takabe, Mari Ogura, Masayuki Yagi, Yoshikazu Yonei

Anti-Aging Medical Research Center and Glycative Stress Research Center,
Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyoto, Japan

Glycative Stress Research 2017; 4 (2): 124-131

(原著論文 ─ 日本語翻訳版)

昼食後血糖に及ぼす朝食の影響

林 詩央里、高部稚子、小椋真理、八木雅之、米井嘉一

同志社大学大学院生命医科学研究科アンチエイジングリサーチセンター・糖化ストレス研究センター

抄録

[目的] 近年、朝食の欠食と糖脂質代謝関連の生活習慣病との関連が注目されている。今回、朝食の有無と種類が昼食後血糖に及ぼす影響について検証した。

[方法] 対象は健常者 11 例（男性 4 例、女性 7 例、22.5 ± 3.7 歳）とし、次の 4 回の血糖試験に参加した。試験当日は朝食（被検食）として白飯（200 g, 294 kcal）、コンビニエンスストア食（624 kcal）、牛丼（630 kcal）を摂取あるいは朝食欠食とし、昼食時に白飯摂取後血糖試験を行った。各被検食の PFC バランス（P：F：C）は 6：0：94, 7：45：48, 11：41：48、食物繊維は 1.0 g, 2.4 g, 1.5 g であった。被験食摂取開始から 15, 30, 45, 60, 90, 120 分後に自己血糖値測定器にて測定した。別日の測定した早朝空腹時血清グルカゴン値との相関性について解析した。

[結果] 朝食を欠食すると朝食（白飯）を摂取した時に比べて昼食（白飯）摂取後の血糖上昇が顕著で、最高血糖変化量（ΔCmax, $p < 0.001$）および曲線下面積（AUC, $p = 0.003$）が有意に高かった。朝食の食種による比較では、昼食摂取直前の空腹時血糖値はコンビニ朝食 80.5 ± 2.6 mg/dL、牛丼朝食 93.1 ± 1.9 mg/dL、白飯朝食 82.6 ± 3.1 mg/dL で、昼食（白飯）後 ΔCmax および AUC はコンビニエンスストア食、白飯、牛丼の順に上昇しやすい傾向を認めた。早朝グルカゴン値は朝食後の血糖上昇との正相関（ΔCmax, $r = 0.51$、$p = 0.050$; AUC: $r = 0.57$, $p = 0.026$）を認めたが、昼食後血糖とは無相関であった。

[結論] 栄養バランスの良く腹もちの良い朝食を摂取することが、昼食後の食後高血糖予防に有効である可能性が示唆された。

連絡先：教授　米井嘉一
同志社大学大学院生命医科学研究科アンチエイジングリサーチセンター／
糖化ストレス研究センター
〒 610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3
TEL&FAX：0774-65-6394
e-mail：yyonei@mail.doshisha.ac.jp
共著者：林 詩央里 bmn2015@mail4.doshisha.ac.jp；
高部稚子 wtakabe@mail.doshisha.ac.jp；小椋真理 m-ogura@po.kbu.ac.jp；
八木雅之 myagi@mail.doshisha.ac.jp

Glycative Stress Research 2017; 4 (2): 124-131
本論文を引用する際はこちらを引用してください。

KEY WORDS: 食後血糖、朝食、牛丼、グルカゴン

はじめに

グルコースなどの還元糖が、蛋白と非酵素的に結合して糖蛋白になることを「糖化」といい、還元糖やアルデヒド付加による生体へのストレスは、「糖化ストレス」と呼ばれる[1, 2]。糖化ストレスは身体の老化促進危険因子の一つで、皮膚老化、糖尿病合併症などの進展要因になる。糖化ストレスの軽減には、食後血糖値の抑制、糖化反応抑制、糖化反応生成物の分解・排泄促進といった方法が挙げられる。今回着目した食後高血糖の抑制については、主食として食後血糖値の上昇がゆるやかである低 GI 食品を選択することや、野菜などの食物繊維を糖質よりも先に食べること、糖質を制限することなどの方法がある。

「平成 27 年（2015）国民健康･栄養調査結果の概要」（厚生労働省）によれば成人の朝食欠食率は男性で 14.3%、女性 10.1% に達している[3]。この割合は男女とも特に 20 代で最も高く、年齢を重ねるにつれて減少する傾向にあるが、過去 20 年以上にわたり朝食欠食率は増加傾向にある。朝食欠食は循環器疾患[4, 5]、肥満[6, 7]、糖尿病・糖代謝異常[8]、脂質代謝異常[9]、骨密度低下[10]など様々な疾病のリスク因子となっている。この現状を受け、国は第二次食育推進基本計画の一つとして、「朝食を欠食する国民の割合の減少」への取り組みを行っている[3]。本研究では、若年の男女において朝食の欠食が昼食後の血糖値上昇に及ぼす影響について検証した。

方法

対象

対象者は、同志社大学医生命システム学科および研究科に関係する者の中から被験者募集を行った。被験者の選択基準は 20 歳以上の健常者で、以下の除外基準にあてはまらない者とした。除外基準は食物、薬物アレルギーのある方、妊娠中、授乳中の方、現在薬剤による治療、観察中の疾患のある方、糖尿病と診断された方、心肺機能に顕著な障害を示す方、高血圧症の治療の薬剤を服用している方、消化管の手術を受けたことがある方、感染症の疑いがある方とした。被験者には十分な説明を行い文章にて同意を得た。

試験対象は 15 例（男性 6 例、女性 9 例、23.1 ± 3.3 歳、身長 163.5 ± 6.3 cm、体重 53.8 ± 7.2 kg、体格指数（body mass index [BMI] 20.1 ± 1.8 kg/m^2）としたが、このうち 4 例は昼食後の検査に参加できなかった。朝食後および昼食後検査を両方施行した者は 11 例（男性 4 例、女性 7 例、22.5 ± 3.7 歳、身長 161.6 ± 4.6 cm、体重 52.5 ± 6.5 kg、BMI 20.1 ± 2.1 kg/m^2）であった。

血糖試験のプロトコール

日本 Glycemic Index（GI）研究会による統一プロトコール[11, 12]を参考とした。

検査前日は以下の約束を遵守した : 過激な運動を控える、22 時以降は食事を摂らない。暴飲暴食・多量の飲酒・夜更かしを避ける。

検査前日・検査前・検査中に体調が悪くなった場合は、検査を延期または中止した。

検査当日は、空腹時の血糖値は自己血糖測定器を用いて被験者自身に測定させた。測定は 2 回行い、測定値には、その平均値を採用した。2 回の誤差が 10% 以上あった時は 3 回目を測定させ、測定値には誤差の小さい 2 回の平均値を採用した。基準食および検査食の摂取時間は 10 分で行い、一口 30 回程度噛む事とし、摂取開始から 15 分（2 回目）･ 30 分（3 回目）･ 45 分（4 回目）･ 60 分（5 回目）･ 90 分（6 回目）･ 120 分（7 回目）の血糖を測定した。食後血糖変化図を用いて曲線下面積（area under curve: AUC）を計算した。測定には、自己血糖測定器（自己検査用グルコース測定器 グルコカード G ブラック：GT-1830、アークレイ株式会社、京都府京都市）を使用した。

血清グルカゴンは株式会社 LSI メディエンス（東京都千代田区）にて測定した。

試験デザイン

本研究では、白飯 200 g（サトウのごはん：新潟県産コシヒカリ：佐藤食品工業、新潟県新潟市）を基準の被検食とした。

朝食として白飯を摂取した後、4 時間 30 分後に昼食として白飯を摂取する試験と、朝食は摂取せず、昼食として白飯を摂取する試験を行った。

白飯摂取時には、ふりかけ 2.5 g（のりたま：丸美屋食品工業、東京都杉並区）を共に摂取した。

朝食の種類の比較試験では、前述の白飯摂取に加えて、牛丼（牛丼の具 + 白飯 200 g）、コンビニエンスストア食を朝食として摂取した後に血糖試験を施行、朝食の 4 時間 30 分後に昼食として白飯を摂取する血糖試験を行った。牛丼の具は既報と同じものを吉野家ホールディングス（東京都中央区）より提供を受けて使用した。コンビニエンスストア食（以下コンビニ食とする）として、店でもっとも売り上げ数が多かった「大学生協おにぎりツナマヨ」（神明デリカ、大阪府泉大津市）と「ホワイトデニッシュショコラ」（山崎製パン、東京都千代田区）の 2 品を使用した（***Fig. 1***）。それぞれの食品成分を ***Table 1*** に示す。

(a) (b)

Fig. 1. **1. Pictures of the convenient food.**
a) Tunamayo rice ball, **b)** Chocolate Denish.

Table 1. Nutrition component of the breakfast.

	Energy (kcal)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrate (g)	Dietary fiber (g)	P：F：C
Gyudon	630	17.2	28.1	75.6	1.3	11：41：48
Gyudon toping (135 g)	336	13	28.1	7.8	0.7	
Steamed rice (200 g)	294	4.2	0	67.8	0.6	
Convenient	624	10.5	30.8	74.7	4.1	7：45：48
Tunamayo rice ball	219	3.8	5.7	36.6	2.1	
Chocolate Denish	405	6.7	25.1	38.1	2.0	
Gyudon	294	4.2	0	67.8	0.6	6：0：94

P, protein; F, fat; C, carbohydrate.

統計解析

被験食摂取後の経時的な血糖値から空腹時血糖値を差し引いた値を変化量（Δ）とし、摂取開始から120分までのAUCを計算算出した。また、最高血糖値をCmax、最高変化量をΔCmaxとした。結果は平均 ± 標準誤差（standard error mean: SE）で表した。

統計解析として、2群間比較には対応のあるt検定を、多重比較する場合にはBonferroni検定（IBM SPSS Statics24、IBM Japan、東京都港区）を用いた。両側検定で危険率5%未満を有意差ありとした。

倫理基準

本試験はヘルシンキ宣言（2004年東京総会で注釈追加）に基づく倫理原則および個人情報保護法を遵守し、「医薬品の臨床試験の実施の基準に関する省令（GCP）」（平成9年3月27日厚生省令第28号）並びに厚生労働省・文部科学省の「疫学研究に関する倫理指針」を参考にして実施した。本研究は、同志社大学の「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会を開催し、試験の倫理性および妥当性について審議を行い、承認のもとに実施し（申請番号 #16020）、臨床試験事前登録を行った（登録番号：UMIN000023814）。

結果

昼食後血糖の変化：朝食の有無の影響

朝食欠食時と朝食摂取時の昼食後血糖値の変化（ΔPBG）を比較した。それぞれの変化量の推移を ***Fig. 2-a*** に、AUCを ***Fig. 2-b*** に示した。

摂取前血糖値は、朝食欠食時が86.4 ± 3.1 mg/dL、朝食摂取時が83.1 ± 4.1 mg/dLで、有意差はなかったが、Δ30分値、Δ45分値、Δ60分値、Δ90分値は、朝食欠食時は朝食摂取時より有意に高かった。

ACUは朝食欠食時が7,488.4 ± 629.5 mg･min/dL、朝食摂取時が4,991.7 ± 689.9 mg･min/dLで、前者は後者より有意に高かった（p = 0.003）。ΔCmaxは、朝食欠食時が96.3 ± 7.7 mg/dL、朝食摂取時が71.3 ± 9.4 mg/dLであり前者は後者より有意に低かった（p = 0.004）。

昼食後血糖の変化：朝食の種類の影響

朝食にコンビニ食、牛丼、白飯（200 g）のいずれかを摂取した後に、昼食に白飯を摂取した時の血糖値曲線（ΔPBG）を ***Fig. 3-a*** を示す。

昼食摂取直前の空腹時血糖値はコンビニ朝食80.5 ± 2.6 mg/dL、牛丼朝食93.1 ± 1.9 mg/dL、白飯朝食82.6 ± 3.1

mg/dLで、牛丼に比べ他の二つは有意に低く、低血糖傾向を呈した。昼食後血糖曲線は、朝食にコンビニ食を食べた時が最も高く、次は白飯で、牛丼を食べた時が最も低い傾向がみられた。AUCは高い順にコンビニ食6,231.5 ± 485.8 mg･min/dL、白飯5,201.6 ± 523.2 mg･min/dL、牛丼4,281.2 ± 635.0 mg･min/dLであった（***Fig. 3-b***）。ΔCmaxは高い順にコンビニ食87.2 ± 7.2 mg/dL、白飯72.5 ± 6.9 mg/dL、牛丼60.1 ± 8.2 mg/dLで、コンビニ食は牛丼より有意に高かった（$p = 0.040$）。

朝食にコンビニ食、牛丼、白飯を摂取した時の朝の血糖値曲線（ΔPBG）を***Fig. 4-a***を示す。朝食後血糖曲線は30分から90分まで白飯摂取後が最も高く、牛丼とコンビニ食摂取後はほぼ同様の推移を示した。AUCはコンビニ食3,573.2 ± 402.6 mg･min/dL、白飯4,816.1 ± 393.5 mg･min/dL、牛丼3,029.9 ± 353.1 mg･min/dLで、白飯摂取後が最も高かった（***Fig. 4-b***）。ΔCmaxは白飯摂取後（76.0 ± 5.0 mg/dL）がコンビニ食（53.8 ± 5.1 mg/dL, $p = 0.007$）、牛丼（51.9 ± 4.3 mg/dL, $p = 0.003$）摂取後よりも有意に高かった。

グルカゴンと食後血糖

血清グルカゴンと朝食時の白飯摂取後血糖曲線との関連について解析した。グルカゴン採血は血糖試験日と別日に施行した。血清グルカゴンとΔCmaxとの間に正の相関傾向（$r = 0.51$, $p = 0.050$）を認めた（***Fig. 5-a***）。AUCとの間には有意な正相関（$r = 0.57$, $p = 0.026$）を認めた（***Fig. 5-b***）。

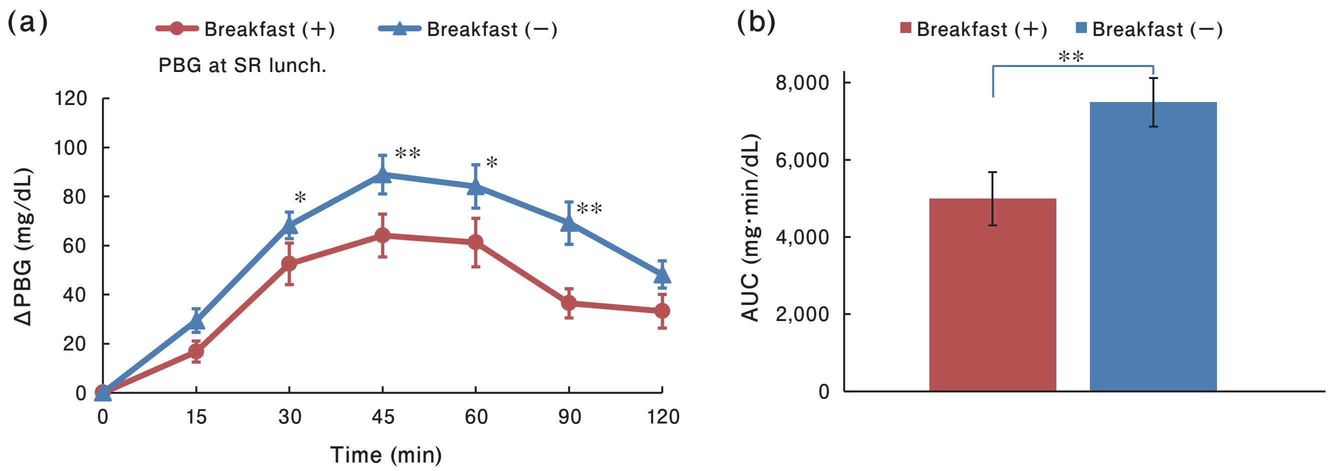

Fig. 2. **Comparison of lunch time PBG between cases with or without SR breakfast.**

a) ΔPBG curve after SR intake, **b)** AUC. SR alone was taken at breakfast, then PBG examined at lunch time. Results are expressed as mean ± SEM. *$p < 0.05$, **$p < 0.01$ vs Breakfast (+) by paired t test ($n = 15$). PBG, postprandial blood glucose; ΔPBG, difference of glucose level from 0-min value; AUC, area under curve; SR, steamed rice; SEM, standard error mean.

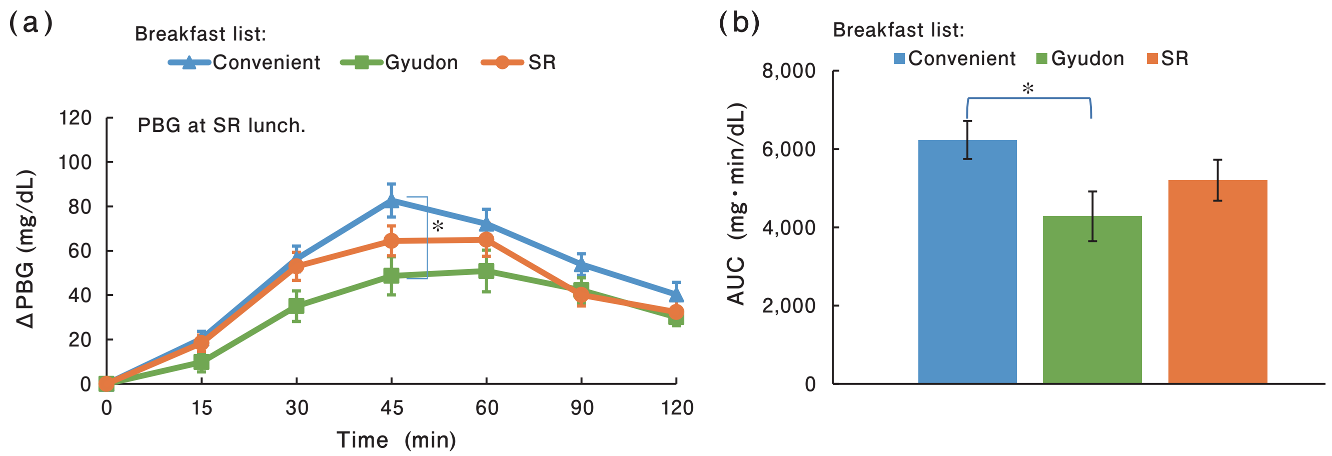

Fig. 3. **Comparison of lunch time PBG after different breakfast intake.**

a) ΔPBG curve after SR intake, **b)** AUC. Breakfast list: Convenient, rice ball and sandwich; Gyudon, beef bowl (beef with SR); SR, SR alone. Results are expressed as mean ± SEM. *$p < 0.05$ by Bonferroni-corrected multiple comparison analysis ($n = 11$). PBG, postprandial blood glucose; ΔPBG, difference of glucose level from 0-min value; AUC, area under curve; SR, steamed rice; SEM, standard error mean.

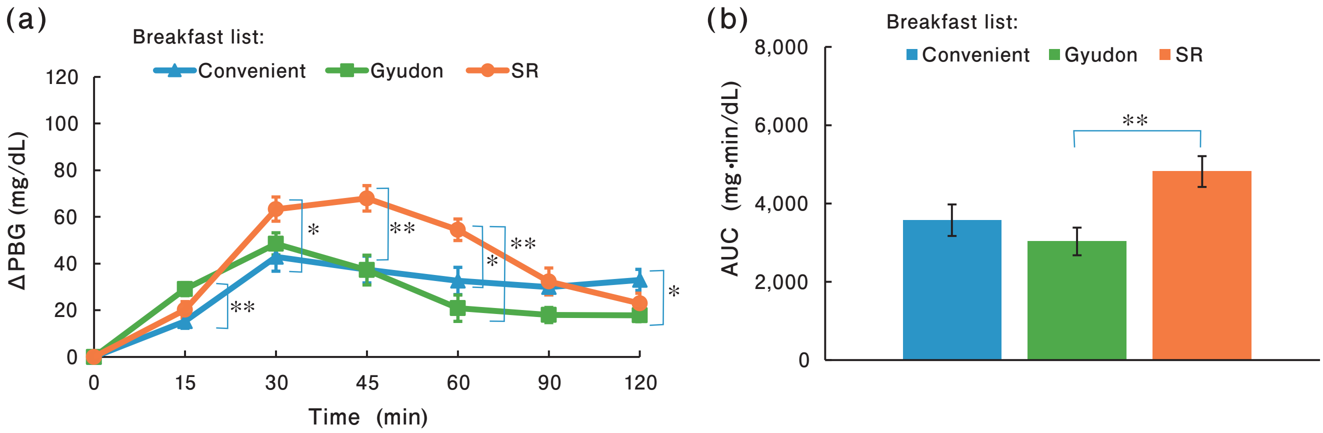

Fig. 4. **Comparison of breakfast time PBG after different breakfast intake.**
a) ΔPBG curve after each breakfast intake, **b)** AUC. Breakfast list: Convenient, rice ball and sandwich; Gyudon, beef bowl (beef with SR); SR, SR alone. Results are expressed as mean ± SEM. $^*p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$ by Bonferroni-corrected multiple comparison analysis ($n = 11$). PBG, postprandial blood glucose; ΔPBG, difference of glucose level from 0-min value; AUC, area under curve; SR, steamed rice; SEM, standard error mean.

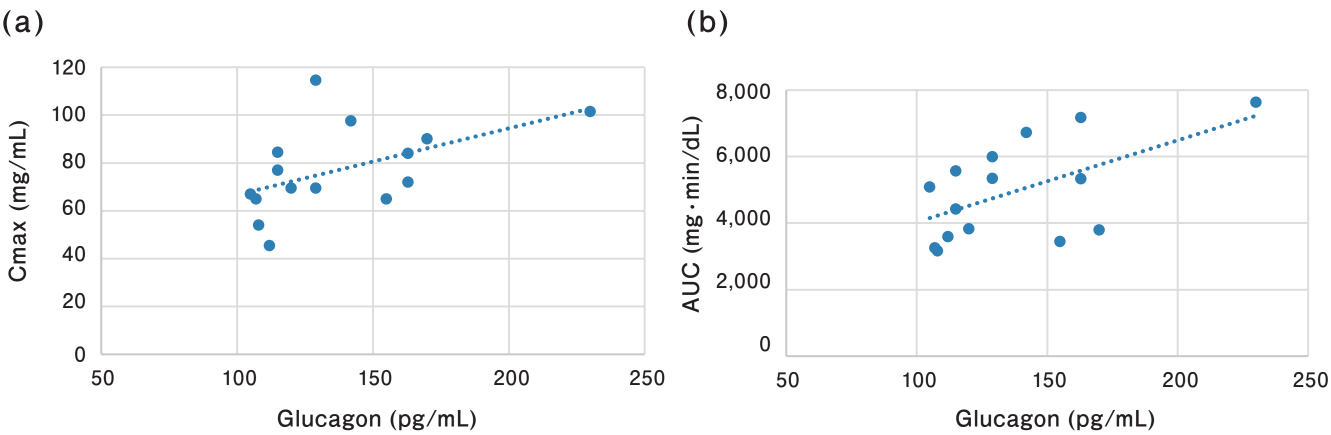

Fig. 5. **Correlation between glucagon and Cmax (a) and AUC (b) in PBG.**
Correlation is analyzed when participants ate steam rice at breakfast. Glucagon was measured at the different date. **a)** $y = 0.2777\ x + 38.901$, $r = 0.51$, $p = 0.050$, **b)** $y = 24.612\ x + 1568.1$, $r = 0.57$, $p < 0.05$, $p = 0.026$, $n = 15$. PBG, postprandial blood glucose; SR, steamed rice; max, the peak level of PBG; AUC, area under curve of PBG.

血清グルカゴンと昼食時の血糖曲線との間には、朝食摂取の有無に関わらず有意な相関性はみられなかった（***Table 2***）。

白飯朝食摂取時の ΔCmax および AUC との相関係数は血清インスリン（r = −0.28, r = −0.19）、HbA1c（r = −0.08, r = 0.03）、中性脂肪（r = −0.23, r = −0.32）、LDL- コレステロール（r = −0.41, r = −0.40）、DHEA-s（r = −0.01, r = 0.07）、IGF-I（r = 0.44, r = 0.37）で、いずれも有意な相関性は認められなかった。

考察

本研究は 20 代の健常者を対象とし、朝食欠食、朝食の種類を変えた条件で行った食後血糖試験の成績である。その結果、朝食欠食はすると朝食あり時に比べて昼食後血糖上昇が顕著であることが示された。朝食の食種による比較では、コンビニエンスストア食（おにぎりとサンドイッチ）、白飯、牛丼の順に上昇しやすい傾向を認めた。

これまでに、遅い夕食が翌朝の血糖値を高めること[13]、朝食を欠食すると、昼食後血糖の上昇幅が大きく上昇状態が長く続くこと[14]、経口グルコース負荷試験（OGTT）30 分値が高まること[15]が報告されている。秦らの報告は、成人女性 6 例（42.2 ± 17.1 歳）を対象として行われ、摂取前血糖値に有意差がみられた[14]。今回の我々の成績では、摂取前血糖値には有意差はみられなかったが、それ以外は過去の報告と合致している。

胃の蠕動運動とグルカゴン

朝食を欠食すると、朝食後 3 時間と昼食後の 3 時間を含めた計 6 時間の熱産生が低く、昼食摂取後に心拍数が増加することが知られている[16]。しかし、朝食欠食が昼食後血

Table 2. Correlation between serum glucagon and PBG after SR intake.

		Glucagon vs Cmax		Glucagon vs AUC	
	n	r	p value	r	p value
PBG at SR breakfast	15	**0.47**	0.050	**0.55**	0.026
PBG at SR lunch					
Breakfast (−)	11	**0.33**	> 0.05	**0.36**	> 0.05
Breakfast (+)	11	**0.24**	> 0.05	**0.25**	> 0.05

The date of glucagon measurement is different from the PBG examination date. PBG, postprandial blood glucose; SR, steamed rice; Cmax, the peak level of PBG; AUC, area under curve of PBG; r, correlation coefficient.

糖上昇をもたらす機序については明らかでない。ここでは胃蠕動運動とホルモン動態の観点から考察を加える。

消化管の蠕動運動は睡眠の質に関連しており、就寝時刻の遅延、睡眠不足など睡眠の質が低下すると疲労感が増し、胃腸の不調の訴えが増し、朝食が欠食しがちになる [17)]。胃電図による検討によっても習慣的な朝食欠食者では胃の蠕動運動が減弱することが示されている [18)]。また胃収縮運動の強さが空腹感や食欲の強さと関連していた。しかし消化管の蠕動運動低下は食物の消化吸収機能の低下を意味し、血糖上昇の促進にはつながらないと考えられる。

ホルモン動態を考えると、朝食欠食により絶食状態が長くなると、低血糖に対応してグルカゴンなどのインスリン拮抗ホルモンが上昇する。グルカゴンは、膵 α 細胞から分泌されるペプチドホルモンで、肝におけるグリコーゲン分解と糖新生を促し、血糖上昇作用と胃蠕動抑制作用を有する。近年糖尿病の発症過程においても重要な役割を果たすホルモンとして注目されている [19-21)]。糖尿病患者では食後でも血漿グルカゴン濃度が下がりにくく、肝グリコーゲン合成は低下し肝糖産生の抑制が不十分となり、食後高血糖をきたしやすい [22)]。今回の試験ではグルカゴン値は朝食後血糖の Cmax および AUC と相関傾向を認めた。これは健常者（非糖尿病）においてもグルカゴン値が高いほど食後高血糖をきたしやすいことを示唆する所見である。

今回の試験では、朝のグルカゴン値は朝食欠食した時の昼食後血糖上昇とは無相関であった。朝と昼では絶食時間が異なり、朝のグルカゴン値は昼とは異なるので、昼食後血糖値と無相関になるのは当然といえよう。

我々が最近行った食後血糖試験においてグルカゴンが食後血糖に及ぼす影響について検討した結果、血清グルカゴン値はインスリン（$r = 0.50$）、HOMA-IR（$r = 0.48$）と中等度の正相関を認めた [23)]。この所見はグルカゴン値が高いほどインスリン抵抗性が増し、食後高血糖をきたしやすいことを示唆する。

血糖変動

食事を摂ることで血糖値が上昇し、その後、インスリンの分泌によりゆるやかに血糖値が下降する。その際の上昇幅が大きく、その後急激に下降する血糖変動幅が大きい場合には、身体への酸化ストレスが高まり、網膜症や動脈硬化など糖尿病の合併症の頻度が高まる [24, 25)]。また、血糖変動が大きいほど糖化アルブミンが増加しやすい [26)]。糖尿病に対してインスリン療法中の透析患者では、血糖値が透析後と昼食摂取の 1 時間後に急激に上昇する [27)]。血糖変動の幅は透析終了後のインスリン値、メチルグリオキサール値と関係があること、透析後の血糖値増加があるとメチルグリオキサール値が高くなることが報告されている。メチルグリコサールは糖化反応中間体であること、糖化アルブミンは糖化反応最終生成物（AGEs）であることから、血糖変動幅が大きいほど糖化ストレスが大きいことを示唆している。

今回の試験結果で、血糖値上昇のピークであった Δ45 分値から Δ120 分値までの血糖値の下降に着目してみる（***Fig. 2-a***）。Δ45 分値と Δ120 分値を結ぶ直線は、朝食欠食時 $y = -40.682\ x + 129.59$、朝食摂取時 $y = -30.864\ x + 94.955$ と表される。この式の傾きから朝食欠食時は朝食取時に比べて昼食後血糖値の下降が急激であることがわかる。これは秦らの報告と同様の結果である [14)]。朝食欠食時には血糖変動が大きく、昼食摂取後の糖化ストレスが増大すると考えられる。

朝食の種類による比較

今回の試験で朝食の種類による比較を行った結果は、先行研究 [28, 29)] と同様に、牛丼は白飯に比べ血糖上昇が緩やかで、コンビニ食の同様であった。牛丼における血糖上昇の緩和の理由として、牛丼に含まれる蛋白、脂質、食物繊維の作用が挙げられている [29)]。蛋白はグルコース依存性インスリン分泌刺激ポリペプチド（glucose-dependent insulinotropic polypeptide: GIP）を分泌させることでインスリン分泌を促進する働きがあり [30)]、脂質は消化管ホルモンや迷走神経を介して胃の平滑運動に影響し、胃排泄速度を低下させる働きがある [31)]。食物繊維はグルコース吸収を遅延させる [29)]。コンビニ朝食も蛋白と脂質を含むので、ほとんど糖質から成る白飯に比べ血糖値上昇が緩和されたと推察される。食後血糖上昇を緩和させる作用は蛋白量に

比例し、その作用は脂肪よりも強いと言われている [31, 32]。コンビニ朝食が牛丼よりも血糖値上昇の抑制作用が弱かったのは、それぞれの食事に含まれる蛋白量の違い（牛丼17.2 g､コンビニ食 10.7 g）の違いによるものと考えられる。

昼食後血糖については朝食の種類によって上昇具合が異なるという結果が得られた。昼食時においては、牛丼朝食は血糖上昇に対する抑制効果が継続しているが、コンビニ朝食については、上昇抑制はみられなかった。この原因は明らかではない。理由として考えられることは、第一に牛丼の場合は糖質を白飯として摂取したが、コンビニ朝食は半分をパンとして摂取したこと。第二は食物繊維を適度に含むこと。第三は牛丼の方が脂肪を多く含むこと、結果として PFC バランスが 2：2：6 [33] に最も近いことである。

第一については、我々の先行研究において、パンは白飯に比べ、血糖値の上昇が緩徐である抑制することが示されている [34]。しかし一般的にパンよりも白飯の方が、腹持ちが良いとされていることが影響している可能性がある。

第二について食物繊維含有量を比較すると、白飯 0.6 g、牛丼 1.3 g、コンビニ食 4.1 g でありコンビニ食がもっとも多い（***Table 1***）。このことは朝食における食物繊維 3 g 程度の差よりも蛋白や脂質といった栄養成分の差の方が、昼食後の血糖変動に及ぼす影響が大きいことを示唆している。食物繊維に関しては「ベジタブル・ファースト（Vegetable first!）」と言われているように、野菜（食物繊維）→ 肉魚（蛋白、脂質）→ 主食（炭水化物）の順序で食事を摂取した方が、確かに食後血糖値は上昇しにくい [35]。しかし先行研究における白飯と食物繊維（0.7 g）添加白飯を比較した際には、食後血糖上昇に対して有意差がでるほどの差異はなかった [34]。食物繊維の食後血糖緩和作用は摂取順序の影響が大きく、同時に摂取するよりか、前もって摂取することによって効果を発揮している可能性がある。

第三については、脂肪も胃排出能を低下させ、腹持ちをよくするが知られている [36]。亜麻仁パンと普通パンを摂食後の食後血糖変化を比較報告では亜麻仁パン摂取群で有意な食後血糖低下を認めている [37]。亜麻仁に含まれるリグナンと α- リノレン酸の影響と考えられる。バター 20 g 同時摂取によっても食後血糖上昇は抑制されたとの報告もあり [38]、脂質の種類に関わらずある程度共通の現象と考えられる。牛乳の脂質含有量による比較では、普通乳食、低脂肪乳食の同時摂取時には、基準食に比較して食後血糖上昇は抑制された [38, 39]。但し牛乳の同時摂取の影響については脂肪含有量よりも蛋白含有量の方が食後血糖緩和作用への寄与度が大きいとしている [40]。

今回の試験結果をみると、昼食摂取直前の空腹時血糖値は、コンビニ朝食 80.5 ± 2.6 mg/dL、牛丼朝食 93.1 ± 1.9 mg/dL、白飯朝食 82.6 ± 3.1 mg/dL でコンビニ朝食後が牛丼後に比べ有意に低かった（$p = 0.004$）。牛丼朝食では牛丼に含まれる蛋白と脂肪といった要因が総合的に作用して、昼食事においてもグルカゴン動員なしで血糖値が保たれ、昼食後血糖上昇が緩和されたと推測している。

結語

朝食を欠食すると昼食後に血糖が上昇しやすくなり、朝食を摂取することが昼食後高血糖予防に有効であることが示唆された。朝食に摂取する食種が昼食後の血糖上昇に影響することが示され、食物繊維が多く、栄養バランスの良い朝食を摂取することが重要であると推測された。

謝辞

本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム 研究課題番号 14533567）「次世代農林水産業創造技術」（農研機構生研センター委託研究）によって実施された。

利益相反申告

本研究を遂行するにあたり吉野家ホールディングスより支援を受けた。

参考文献

1) Nagai R, Mori T, Yamamoto Y, et al. Significant of advanced glycation end products in aging-related disease. Anti-Aging Med. 2010; 7: 112-119.
2) Ichihashi M, Yagi M, Nomoto K, et al. Glycation stress and photo-aging in skin. Anti-Aging Med. 2011; 8: 23-29.
3) 生労働省 . 日本人の食事摂取基準（2015 年版）の概要 . http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000142359.html
4) 坂田清美 , 松村康弘 , 吉村典子 , 他 . 国民栄養調査を用いた朝食欠食と循環器疾患危険因子に関する研究． 日本公衆衛生雑誌 . 2001; 48: 837-841.
5) Yokoyama Y, Onishi K, Hosoda T, et al. Skipping Breakfast and risk of mortality from cancer, circulatory diseases and all causes: Findings from the Japan Collaborative Cohort Study. Yonago Acta Med. 2016; 59: 55-60.
6) 東 正裕 , 仲井宏充 , 友清雅子 , 他 . 肥満へ影響を及ぼす生活習慣因子とその相互関係性 . 健康支援 . 2013; 15: 25-35.
7) Watanabe Y, Saito I, Henmi I, et al. Skipping breakfast is correlated with obesity. J Rural Med. 2014; 9: 51-58.

8) Uemura M, Yatsuya H, Hilawe EH, et al. Breakfast skipping is positively associated with incidence of type 2 diabetes mellitus: Evidence from the Aichi Workers' Cohort Study. Journal of Epidemiology. 2015; 25: 351-358.
9) 丸山広達，木山昌彦，佐藤眞一，他．地域住民における朝食欠食と循環器疾患危険因子との関連についての横断的検討：Circulatory Risk in Communities Study. 日本循環器病予防学会誌 . 2015; 50: 14-26.
10) Nagata K, Yoshida M, Ishimoto Y, et al. Skipping breakfast and less exercise are risk factors for bone loss in young Japanese adults: A 3-year follow-up study. J Bone Miner Metab. 2014; 32: 420-427.
11) 日本 Glycemic Index 研究会 . 統一手法（プロトコール）. http://www.gikenkyukai.com/protocol.html
12) 杉山みち子 , 若木陽子 , 中本典子 , 他 . ごはん食と Glycemic Index に関する研究 . 日本健康・栄養システム学会誌 . 2003; 3: 1-15.
13) Tsuchida Y, Hata S, Sone Y. Effects of a late supper on digestion and the absorption of dietary carbohydrates in the following morning. Journal of Physiological Anthropology. 2013; 32: 1-7.
14) 秦 艶萍 , 横山久美代 , 成瀬克子 , 他 . 朝食欠食が昼食後の血糖値変動に及ぼす影響 . 女子栄養大学紀要 . 2003; 34: 33-39.
15) 佐藤慎一郎 , 中村信義 , 藤本鎮也 , 他 . 健常男子学生の耐糖能と生活習慣・ストレス状況との関係性：75g 経口ブドウ糖負荷試験による 30 分値の比較 . 日本スポーツリハビリテーション学会誌 . 2013; 2: 23-29.
16) 永井成美，坂根直樹，森谷敏夫．朝食欠食，マクロニュートリエントバランスが若年健常者の食後血糖値 , 満腹感， エネルギー消費量， および自律神経活動へ及ぼす影響． 糖尿病 . 2005; 48: 761-770.
17) Sudo N, Ohtsuka R. Effects of morning- and evening-shift work on the sleep, dietary intake, and psycho-physiological health conditions of Japanese female workers. 民族衛生 2006; 72: 177-190.
18) 脇坂しおり , 小橋理代 , 菱川美由紀 , 他 . 胃電図を指標とした朝食欠食と朝の胃運動の関連の検討。日本栄養・食糧学会誌 . 2009; 62: 297-304.
19) Kawamori D, Kulkarni RN. Insulin modulation of glucagon secretion: The role of insulin and other factors in the regulation of glucagon secretion. Islets. 2009; 1: 276-279.
20) Shimizu H, Tsuchiya T, Ohtani K, et al. Glucagon plays an important role in the modification of insulin secretion by leptin. Islets. 2011; 3: 150-154.
21) Okamoto A, Yokokawa H, Sanada H, et al. Changes in levels of biomarkers associated with adipocyte function and insulin and glucagon kinetics during treatment with dapagliflozin among obese type 2 diabetes mellitus patients. Drugs R D. 2016; 16: 255-261.
22) Krssak M, Brehm A, Bernroider E, et al. Alterations in postprandial hepatic glycogen metabolism in type 2 diabetes. Diabetes. 2004; 53: 3048-3056.
23) Morita Y, Hirano A, Sawanobori M, et al. Indigestible dextrin-containing drink and postprandial blood glucose. Glycative Stress Res. 2017; 4: 93-103.
24) 高尾淑子 , 岡安みね子 , 柳澤裕之 , 他 . 糖尿病患者における網膜症発症への血糖変動と年齢の影響：30 年以上の長期通院患者での研究 . 日本老年医学会雑誌 . 2009; 46: 528-536.
25) Ohara M, Watanabe K, Suzuki T, et al. Improving in the fasting, but not the postprandial, glucose level is associated with reduction of plasma d-ROMs level in patients with type 2 diabetes. J Nippon Med Sch. 2013; 80: 200-210.
26) Tsutsumi C, Imagawa A, Onishi M, et al. Glycated albumin as a useful clinical biomarker for glycemic variability in type 1 diabetes assessed by continuous glucose monitoring. Diabetology International. 2013; 4: 156-159.
27) Senda M, Ogawa S, Nako K, et al. The strong relation between post-hemodialysis blood methylglyoxal levels and post-hemodialysis blood glucose concentration rise. Clin Exp Nephrol. 2015; 19: 527-533.
28) Kawabata A, Yagi M, Ogura M, et al. Postrandial blood glucocse level after intake of a bowl of rice topped with beef. Glycative Stress Res. 2015; 2: 67-71.
29) Ogura M, Kubo R, Kobayashi T, et al. Influence of beef bowl (gyudon) materials on postprandial blood glucose. Glycative Stress Res. 2016; 3: 210-221.
30) Von Post-Skagegard M, Vessby B, karlstrom B, Glucose and insulin responses in healthy woman after intake of composite meals containing cod-, milk-, and soy protein. Eur J Clin Nutr. 2006; 60: 949-954.
31) 原 博．脂質の消化管機能調節作用．日本油化学会誌．1977; 46: 1237-1246.
32) Wolever TMS, ed. The Glycemic index: A physiological classification of dietary carbohydrate. CABI Publishing, Wallingfold, United Kingdom, 2006.
33) 門 敦子 , 前川慎太郎 , 斎藤 博 , 他 . 栄養組成の異なる食事に見られる血糖上昇の影響について． 近畿中央病院医学雑誌 . 2010; 30: 45-51.
34) Matsushima M, Yagi M, Hamada U, et al. Effects of choice of staple food and the addition of dietary fiber on changes in postprandial blood glucose level. Glycative Stress Res. 2014; 1: 46-52.
35) 金本郁男 , 井上 裕 , 守内 匡 , 他 . 低 Glycemic Index 食の摂取順序の違いが食後血糖プロファイルに及ぼす影響． 糖尿病 . 2010; 53: 96-101.
36) Nakae Y, Onouchi H, Kagaya M, et al. Effects of aging and gastric lipolysis on gastric emptying of lipid in liquid meal. J Gastroenterol. 1999; 34: 445-449.
37) Uchida N, Katsuraya K, Moto M, et al. Consumption of flaxseed bread inhibits elevation of postprandial blood glucose levels in humans. New Diet Therapy. 2013; 29: 11-22.
38) 末田香里 , 伊藤みゆき , 酒井映子 , 他 . 米飯の食後血糖上昇に及ぼす牛乳たんぱく質・脂質の影響． 日本病態栄養学会誌 . 2013; 16: 191-198.
39) 坂口名菜 , 山下義昭 , 森 政博 , 他 . 女子学生における牛乳の脂肪量による食後高血糖抑制効果の検討 . 栄養学雑誌 . 2009; 67: 9-13.
40) 末田香里， 奥田みゆき， 女子大学生における米飯の食後血糖に及ぼす牛乳中たんぱく質・脂質の血糖上昇抑制効果． 愛知学院大学論叢 心身科学部紀要 . 2011; 7: 43-49.