

糖尿病・循環器疾患対策のための米飯摂取に関する 栄養疫学研究

(研究助成金 60万円)

代表研究者 愛媛大学大学院農学研究科・准教授 丸山 広 達

2004年 神戸学院大学栄養学部栄養学科卒業
2010年 大阪大学大学院医学系研究科予防環境医学専攻博士課程修了

共同研究者	大分大学・教授	齊 藤 功
	愛媛県農林水産研究所・主任研究員	水 口 聡
	順天堂大学・助教	友 岡 清 秀
	順天堂大学・教授	谷 川 武

〔助成応募書〕

研究目的

平成28年6月、文部科学省、厚生労働省、農林水産省の三省合同で改定した「食生活指針」において、「バランスのとれた食事内容」として『ごはんなどの穀類をしっかりと。』という項目が設定されている。その理由として、健康の保持・増進のためのエネルギー源としての摂取、また日本の気候・風土に適した食品であること、が挙げられている。

ただし、玄米等の雑穀の摂取は循環器疾患等の予防に貢献している (BMJ. 2016) 一方で、白米の摂取により糖尿病の危険性を高める可能性も示されている (BMJ. 2012)。しかしながら、糖尿病が危険因子となっている循環器疾患の死亡リスクについては、米飯がビタミン B6等微量栄養素の供給源であることや、バランスのよい食事を構成している (BMJ. 2016; J Am Diet Assoc. 2009) もあり、循環器疾患の危険性を高めるという結論には至っていない (Metabolism. 2010; J Nutr. 2011)。

したがって、米飯摂取はわが国の食生活において重要であるにもかかわらず、その健康に関するエビデンスは限定的であり、より包括的かつ詳細な栄養疫学的アプローチによるエビデンスの集積が必要である。

そこで本研究では、2つの栄養疫学的アプローチによって、以下のことを助成期間内に検証する。

テーマⅠ 日常の米飯摂取と糖尿病発症・インスリン抵抗性増悪との関連、ならびにその関連が米飯摂取と動脈硬化に及ぼす影響の推定

テーマⅡ 日常生活と米飯摂取後のインスリン分泌・抵抗性指標との関連

これら検証を行うことで、以下のような結果が得られると想定される。

- ① 米飯摂取が血糖を上げる一因，特に食後高血糖やインスリン分泌抑制を介する可能性を示す。
- ② 米飯摂取からの炭水化物以外の微量栄養素や他の食品とのバランスの良さが，糖尿病を介した動脈硬化への影響を相殺する。
- ③ 他の良好な生活習慣により，米飯の糖尿病発症が抑制されるとともに，米飯を中心としたバランスのよい食事をとる人が多い。

以上の結果から，対象者の特性に応じた米飯摂取の糖尿病やその先にある動脈硬化への影響を示すことができ，糖尿病・循環器疾患対策のための米飯摂取のあり方を示す一助になると考えられる。

研究実施計画の概要

テーマⅠ：「東温スタディ」（担当：丸山，齊藤，谷川，友岡）

本研究は，愛媛県東温市の30-79歳の男女約2,300名を対象としたコホート研究であり，継続実施されている。本研究は愛媛大学附属病院の倫理委員会の承認を得ている。

- 対象者：平成21-24年のベースライン調査，26-29年の5年後の追跡調査に参加予定の約1,300名
- 米飯摂取評価：米飯摂取前に食物摂取頻度調査質問紙 FFQg を用いて習慣的摂取量（g/日）を評価
- 糖尿病発症・インスリン抵抗性：75g 経口糖負荷試験を実施し，実施後0，1，2時間後に血糖，インスリン値を測定とともに，糖尿病の治療有無を確認。これら情報より，日本糖尿病学会ガイドラインに準拠し糖尿病の発症を評価する他，インスリン抵抗性指標，グルコース・スパイクを評価する。
- 動脈硬化検査：頸動脈エコー，CAVI，中心血圧，血液中の生体指標，血圧値，身体計測値
- その他生活習慣：信頼性の確認された質問紙にて身体活動量，睡眠・飲酒・喫煙習慣を把握。
- 統計解析：ベースライン時の米飯摂取量と5年後の糖尿病発症やインスリン抵抗性指標，動脈硬化指標の変化との関連について，多変量統計解析により分析する。さらに，Bootstrap 法などの統計手法を用いて，米飯摂取が糖尿病を介して，動脈硬化に至っている介在の程度を統計的に推量する。

テーマⅡ：「愛媛県産高アミロース米のグリセミックインデックス，ならびに食行動に関連する主観的・客観的指標の単一群の個体内比較試験」（担当：丸山，水口，友岡）

この研究は，生活習慣アンケート（食事，睡眠，飲酒，喫煙等）と，一般的な米飯摂取時の血糖，インスリン，C-ペプチドとの関連を分析する。本研究は愛媛大学附属病院の倫理委員会の承認を得ている。

- 対象者：上述の試験に参加した20-50歳の健常男女 19名
- 米飯摂取評価：米飯摂取前に食物摂取頻度調査質問紙 FFQg を用いて習慣的摂取量（g/日）を評価
- インスリン分泌・抵抗性：50g の炭水化物を含む米飯を摂取し，その後0，15，30，45，60，90，120分後に血糖，インスリン値，C-ペプチドを測定。インスリン分泌能を示すインスリンインデックス，インスリン抵抗性指標である HOMA，Matsuda index，グルコース・スパイクを評価する。
- その他生活習慣：質問紙調査にて身体活動の有無，睡眠時間，飲酒・喫煙を把握する。
- 統計解析：日常の米飯摂取をはじめ，その他食品の摂取状況や睡眠，喫煙，飲酒等の生活習慣の違いが，インスリン分泌・抵抗性指標に与える影響を統計的に分析する。

I 緒言

平成28年6月、文部科学省、厚生労働省、農林水産省の三省合同で改定した「食生活指針」において、「バランスのとれた食事内容」として『ごはんなどの穀類をしっかりと。』という項目が設定されている。その理由として、健康の保持・増進のためのエネルギー源としての摂取、また日本の気候・風土に適した食品であること、が挙げられている。

ただし、玄米等の雑穀の摂取は循環器疾患等の予防に貢献¹⁾している一方で、白米の摂取により糖尿病の危険性を高める可能性も示されている²⁾。しかしながら、循環器疾患の死亡リスクについては、米飯がビタミンB6等微量栄養素の供給源であることや、バランスのよい食事を構成している^{3,4)}もあり、循環器疾患の危険性を高めるという結論には至っていない^{5,6)}。したがって、米飯摂取はわが国の食生活において重要であるにもかかわらず、その健康に関するエビデンスは限定的であり、より包括かつ詳細な栄養疫学的アプローチによるエビデンスの集積が必要である。

観察型の疫学研究では、食後血糖の変化に関する詳細な分析は困難であり、米飯摂取と食後高血糖やインスリン分泌抑制との関連についてのエビデンスは限定的である。また、食事バランスガイドによる食事パターンを分析した研究からも想定されるように、他の食品摂取をすることで食事のバランスが整いやすいことや、米飯を食べる者は、朝食欠食が少なくおかずを食べる習慣が多いこと⁷⁾も報告されており、糖尿病や動脈硬化への予防因子または危険因子の両方になり得る可能性も考えられる。また、国民健康・栄養調査では、朝食摂取は米飯を含む主食の摂取が定義上含まれる。したがって、米飯摂取が朝食摂取含む他の良好な生活習慣との関連する可能性を踏まえると、米飯を摂ることが良好な生活習慣につながって、糖尿病や動脈硬化の進行を抑制する可能性も否定はできない。そこで、本研究では、

【テーマⅠ】 日常の米飯摂取とインスリン抵抗性・感受性との関連、ならびにその関連が米飯摂取と動脈硬化に及ぼす影響の推定

【テーマⅡ】 日常生活と米飯摂取後のインスリン分泌・抵抗性指標との関連

以上のテーマの研究を実施し、糖尿病・循環器疾患対策のための米飯摂取に関するエビデンスを示すことを目的とした。

II 研究方法

【テーマⅠ】 日常の米飯摂取とインスリン抵抗性・感受性との関連、ならびにその関連が米飯摂取と動脈硬化に及ぼす影響の推定

1. 対象・研究デザイン

本研究は、2009年から愛媛県東温市にて、循環器疾患、糖尿病、認知症等の予防に資するエビデンスの構築を目的とした疫学研究「東温スタディ」⁸⁾において実施した。東温スタディはベースライン

調査（2009～2012年）と、5年後追跡調査（2014～2017年）の2回の調査を実施している。本研究では、ベースライン調査に参加した2,032人の内、5年後追跡調査にも参加した30～79歳の男女1,396人を対象とした。本研究は愛媛大学大学院医学系研究科ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会（疫20-2, 2009年1月28日承認）の承認を得て行った。また参加者には文書ならびに口頭による研究説明を行い、文書による同意を得て実施した。

2. 循環器疾患，糖尿病に関する検査

本研究では、身長、体重を実測し、Body mass index (BMI) を算出した。また、座位5分間の安静の後、血圧を2回測定しその平均値を用いた。さらに、10時間以上の絶食後、空腹時に採血を実施し血液生化学検査（総コレステロール、LDL-, HDL-コレステロール、中性脂肪、血清高感度C反応性たんぱく (CRP)）、ならびに75g 経口ブドウ糖負荷試験を行い、空腹時、負荷後1時間、2時間の血糖値ならびにインスリン値を測定、さらにインスリン抵抗性の指標である HOMA 指数 (Homeostatic model assessment 指数)、インスリン感受性の指標である Matsuda Index を算出した。また、各学会のガイドラインに従い、高血圧、脂質異常症、糖尿病型の判定も行った。動脈硬化の指標としては CAVI (Cardio-Ankle Vascular Index) を測定した。

3. 栄養調査

半定量的食物摂取頻度調査票 FFQ⁹⁾ によって、ベースライン調査、5年後追跡調査時の食品・栄養摂取量を推定した。各栄養素、食品群摂取量に関しては、残差法を用いてエネルギー摂取量を調整した。ベースライン調査、5年後追跡調査それぞれ米飯摂取量で性別三分位に分けた。

4. その他の測定項目

自記式質問紙調査によって、飲酒習慣（現在飲む、過去飲んでいて、ほとんど飲まない）、喫煙習慣（現在吸う、過去吸っていた、ほとんど吸わない）について確認し、飲酒、喫煙ともに、現在飲む・吸う者（現在飲酒群・現在喫煙群）と、過去飲んでいて・吸っていたと、ほとんど飲まない・吸わないを合わせた現在非飲酒群・現在非喫煙群に分けた。身体活動量については、妥当性の確認されている JALS Physical activity Questionnaire (JALSPAQ)¹⁰⁾、睡眠時間についてはピッツバーグ睡眠質問紙¹¹⁾ によって評価した。

5. 統計解析

男女別に解析を実施した。ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量別の対象特性について、共分散分析によって年齢調整平均値・割合を算出し、線形回帰分析によって米飯摂取量三分位別の中央値を用いて傾向性について検定した。また、ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量三分位別、糖尿病の検査指標（空腹時、75g 経口ブドウ糖負荷試験負荷後1時間、2時間の血糖値、インスリン値、HOMA 指数、Matsuda Index）の多変量調整平均値を共分

散分析によって算出し、傾向性については線形回帰分析によって検定した。さらにベースライン調査時、5年後追跡調査時のいずれかで米飯摂取量との関連が認められた検査指標については、線形混合モデルを用いて、ベースライン調査、5年後追跡調査時にわたって米飯摂取量との関連がみられるか分析した。CAVIについても糖尿病の検査指標同様、ベースライン調査、5年後追跡調査ごとに共分散分析、線形回帰分析、またベースライン調査、5年後追跡調査の両データを使って線形混合分析を用いて、100gあたりの米飯摂取量との関連を分析した。さらに、米飯摂取と関連のみられた糖尿病の検査指標を、CAVIとの関連における線形回帰分析のモデルに入れることで、CAVIとの関連がどの程度減弱するか確認し、米飯摂取とCAVIとの関連における糖尿病検査指標の介在効果についても分析した。ただし当該分析については、100gあたりの米飯摂取量を用い、分析対象者から糖尿病治療者は除外した。統計処理は統計処理ソフト SAS version 9.4 (SAS Institute Inc. ケーリー、ノースカロライナ州、アメリカ合衆国)を用い、両側検定で、有意水準は5%とした。

【テーマII】日常生活と米飯摂取後のインスリン分泌・抵抗性指標との関連

6. 試験デザイン・対象者

本研究は、2015年7～8月に愛媛県松山市において実施した「日常生活と米飯摂取後のインスリン分泌・抵抗性指標との関連する主観的・客観的指標の単一群の個体内比較試験」¹²⁾のうち、市販白米を摂取しその血糖上昇曲線化面積を求めたベースライン調査（第1回調査）のデータを用いた。対象者には、検査前日は過度な運動を控えて、午後8時以降絶食、深夜12時までには就寝することを依頼した。検査当日は、午前8時30分頃に空腹時採血を行った。その後、サトウのごはん新潟コシヒカリ100%（サトウ食品工業）を使用し、炭水化物が50gになるように147g摂取してもらい、15, 30, 45, 60, 90, 120分後に採血を行った。

分析対象者は、健常な21～48歳の男性16人とした。なお本研究は順天堂医院病院倫理委員会（受付番号15-023）、愛媛大学医学部附属病院臨床研究倫理審査委員会（受付番号1708014）の承認を得て実施した。また、本研究はUMIN臨床試験登録システムに登録している（UMIN試験番号：UMIN000018022）。

7. 血糖値、インスリン、C-ペプチドの測定

血糖値、インスリンの測定は、試験当日に採血した血液を用い、株式会社四国中検（香川県綾歌郡綾川町）において、遠心分離後、血清を用いて血糖値はヘキソキナーゼ法、インスリンはサンドイッチ法で行った。C-ペプチド測定は、株式会社江東微生物研究所（東京都江戸川区）において、ECLIA法により行った。また、血糖値、インスリン、C-ペプチドの上昇曲線化面積（IAUC：Incremental area under curve）を算出した。さらに、インスリン分泌の指標として、インスリンインデックス、インスリン・血糖値比、C-ペプチド・血糖値比、東温スタディ同様に米飯摂取前と摂取後60, 120分の血糖値、インスリン値を用いてMatsuda Indexを算出した。

8. 栄養調査

半定量的食物摂取頻度調査票 FFQg⁹⁾によって、習慣的な食品・栄養摂取量を推定した。各栄養素、食品群摂取量に関しては、密度法を用いてエネルギー摂取量を調整した。米飯摂取量の中央値で2区分（低摂取群，高摂取群）に分けた。

9. 統計解析

血糖値，インスリン，C-ペプチドのIAUC，インスリンインデックス，Matsuda Index，空腹時，ならびに米飯後の各時間の測定値とインスリン・血糖値比，C-ペプチド・血糖値比については，米飯摂取量の群別に Wilcoxon の順位和検定を用いて比較した。また，米飯摂取量と血糖値，インスリン，C-ペプチドのIAUC，インスリンインデックス，Matsuda Index，空腹時，ならびに米飯後の各時間の測定値とインスリン・血糖値比，C-ペプチド・血糖値比との関連について，年齢，エネルギー，野菜類，酒類の摂取量を調整した Spearman の順位相関係数を算出した。有意水準は両側検定で5%未満とし，統計解析には統計処理ソフト SAS version 9.4 (SAS Institute Inc. ケーリー，ノースカロライナ州，アメリカ合衆国) を使用した。

III 研究結果

【テーマ1】 日常の米飯摂取とインスリン抵抗性・感受性との関連，ならびにその関連が米飯摂取と動脈硬化に及ぼす影響の推定

1. ベースライン調査時の米飯摂取量と循環器疾患危険因子，糖尿病検査指標，生活習慣との関連

男性では，米飯摂取量が多いほど，収縮期血圧，CAVI の平均値，高血圧，脂質異常症の割合が低く，Matsuda Index の平均値が高かった。女性では年齢，BMI，身体活動量の平均値が高く，飲酒者の割合，HDL-コレステロールの平均値が低かった（表1）。

2. ベースライン調査時の米飯摂取量と栄養素，食品群別摂取量との関連

男性では，米飯摂取量が多いほど，炭水化物，亜鉛，穀類の平均値が高く，たんぱく質，脂質，ナトリウム，カリウム，カルシウム，マグネシウム，レチノール，レチノール当量， α トコフェロール，ビタミンC，食物繊維，肉類，乳類，果実類，菓子類，パン類の平均値が低かった。女性では，炭水化物，亜鉛，ビタミンD，ビタミンB12，穀類，豆類，魚介類の平均値が高く，エネルギー，たんぱく質，脂質，ナトリウム，カリウム，カルシウム，レチノール，レチノール当量， α トコフェロール，ビタミンC，食物繊維，肉類，乳類，菓子類，パン類の平均値が低かった（表2）。

表1 ベースライン調査時の米飯摂取量3分位別対象特性（年齢調整平均値・割合）

	男性				女性			
	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値
人数	155	156	156		309	310	310	
年齢, 歳	59.4	60.4	61.8	0.07	56.3	56.9	59.3	<0.01
喫煙者, %	13.6	18.5	17.3	0.41	3.7	3.8	1.6	0.11
飲酒者, %	76.8	73.0	79.5	0.53	45.8	39.8	37.2	0.03
身体活動量, mets 時/日	34.3	34.8	35.2	0.11	35.4	36.3	36.2	0.03
睡眠時間, 時間	6.7	6.8	6.8	0.20	6.5	6.5	6.5	0.82
BMI, kg/m ²	23.7	24.2	23.4	0.30	22.3	22.7	22.9	0.04
収縮期血圧, mmHg	130.4	129.9	125.9	0.02	124.8	124.2	126.4	0.26
拡張期血圧, mmHg	80.4	80.4	78.2	0.06	74.3	73.8	74.1	0.77
高血圧, %	48.8	54.7	38.5	0.04	34.6	31.9	32.2	0.50
空腹時血糖値, mg/dL	98.5	97.3	96.9	0.27	90.8	92.8	91.2	0.69
75gOGTT1時間後血糖値, mg/dL	158.4	159.2	150.3	0.22	140.3	143.2	141.9	0.71
75gOGTT2時間後血糖値, mg/dL	127.8	129.6	120.2	0.20	121.9	121.1	122.7	0.81
空腹時インスリン値, μU/mL	5.0	5.2	4.5	0.15	4.7	4.7	4.8	0.52
75gOGTT1時間後インスリン値, μU/mL	51.7	45.5	45.2	0.11	44.7	46.7	46.4	0.45
75gOGTT2時間後インスリン値, μU/mL	41.3	42.4	37.2	0.16	40.3	40.5	41.9	0.39
HOMA指数	1.20	1.24	1.08	0.12	1.04	1.06	1.07	0.52
Matsuda Index	5.39	5.55	6.23	0.05	6.44	6.25	6.23	0.44
糖尿病, %	15.8	12.9	11.8	0.30	5.6	8.9	9.1	0.12
総コレステロール, mg/dL	198.8	198.8	196.9	0.59	210.3	209.8	208.4	0.43
HDL-コレステロール, mg/dL	56.0	54.2	55.8	0.98	65.9	63.7	63.2	0.01
LDL-コレステロール, mg/dL	116.0	119.5	115.9	0.92	120.8	121.5	120.1	0.73
中性脂肪, mg/dL	112.3	105.3	100.4	0.06	85.2	87.7	88.1	0.35
脂質異常症, %	54.1	51.3	41.1	0.02	43.3	50.8	41.9	0.63
CAVI	8.6	8.3	8.3	0.01	7.9	7.9	7.8	0.39
高感度CRP, mg/dL	0.049	0.048	0.050	0.80	0.040	0.044	0.045	0.14
高血圧治療者, %	34.4	29.0	25.3	0.06	21.0	16.4	18.5	0.45
糖尿病治療者, %	6.2	4.5	4.7	0.55	1.5	2.7	2.0	0.64
脂質異常症治療者, %	12.0	10.3	7.3	0.17	14.6	18.6	15.9	0.70

表2 ベースライン調査時の米飯摂取量3分位別対象特性（年齢調整平均値・割合）

	男性				女性			
	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値
エネルギー, kcal	1995.7	1971.7	1928.9	0.16	1899.0	1885.0	1829.1	0.02
たんぱく質, g	69.6	67.9	65.1	<0.01	68.0	67.4	66.4	0.02
脂質, g	64.7	60.7	52.7	<0.01	65.5	61.4	57.1	<0.01
炭水化物, g	247.9	262.1	280.7	<0.01	242.1	253.3	264.0	<0.01
ナトリウム, mg	3906.8	3852.7	3504.3	<0.01	3857.5	3768.9	3678.9	0.02
カリウム, mg	2412.2	2355.7	2251.0	<0.01	2451.0	2402.9	2362.0	0.01
カルシウム, mg	628.5	570.3	520.1	<0.01	658.3	610.9	575.4	<0.01
マグネシウム, mg	256.1	251.9	246.8	0.04	247.1	244.6	245.1	0.58
亜鉛, mg	7.8	8.0	8.2	<0.01	7.6	7.9	8.2	<0.01
レチノール, μg	216.7	198.3	176.3	<0.01	218.5	210.8	192.9	<0.01
βカロテン, μg	3479.3	3462.7	3666.9	0.32	3940.3	3911.9	4087.9	0.29
βカロテン当量, μg	4101.9	4034.0	4224.8	0.55	4646.3	4594.0	4772.4	0.41
レチノール当量, μgRE	576.7	545.0	536.3	0.05	626.4	604.7	605.3	0.13
ビタミンD, μg	8.4	8.8	8.5	0.97	8.0	8.3	8.6	0.02
αトコフェロール, mg	6.9	6.6	6.1	<0.01	7.0	6.8	6.5	<0.01
ビタミンK, μg	211.8	210.9	213.6	0.80	226.0	225.7	234.6	0.13
ビタミンB6, mg	1.2	1.1	1.1	0.10	1.1	1.1	1.1	0.42
ビタミンB12, μg	7.6	7.8	7.5	0.60	7.2	7.4	7.6	0.04
葉酸, μg	286.7	279.4	274.5	0.14	299.7	297.7	295.6	0.51
ビタミンC, mg	97.7	93.0	88.5	0.02	111.0	108.0	108.1	0.34
飽和脂肪酸, g	19.7	18.3	15.5	<0.01	20.5	18.9	17.1	<0.01
一価不飽和脂肪酸, g	22.0	20.9	18.2	<0.01	22.0	20.8	19.4	<0.01
多価不飽和脂肪酸, g	13.4	12.9	11.8	<0.01	13.1	12.7	12.4	<0.01
コレステロール, mg	342.6	326.5	311.0	<0.01	318.7	324.4	316.5	0.67
食物繊維水溶性, g	3.3	2.9	2.6	<0.01	3.5	3.3	2.9	<0.01
食物繊維不溶性, g	9.6	9.3	9.1	0.05	10.3	10.1	10.0	0.05
食物繊維総量, g	13.6	12.9	12.4	<0.01	14.5	14.1	13.6	<0.01
食塩, g	9.9	9.8	8.9	<0.01	9.8	9.6	9.3	<0.01
n-3系多価不飽和, g	2.5	2.5	2.3	0.01	2.4	2.4	2.4	0.79
n-6系多価不飽和, g	10.9	10.3	9.5	<0.01	10.7	10.3	9.9	<0.01
穀類(めし、ゆで麺等), g	327.8	383.7	480.6	<0.01	299.1	355.4	409.3	<0.01
いも類, g	34.3	33.7	34.0	0.95	46.4	46.8	46.1	0.90
緑黄色野菜, g	82.4	82.4	88.6	0.20	93.8	93.1	97.9	0.25
その他の野菜, g	137.2	146.6	140.9	0.70	152.3	157.8	159.7	0.19
豆類, g	65.1	61.9	65.3	0.92	64.3	63.0	72.3	<0.01
魚介類, g	75.8	80.6	79.1	0.51	69.7	74.6	78.8	<0.01
肉類, g	68.5	69.0	58.7	<0.01	69.1	66.0	65.2	0.12
卵類, g	34.5	31.5	32.9	0.49	27.9	30.8	30.5	0.04
乳類, g	169.1	140.8	116.5	<0.01	187.8	168.8	137.7	<0.01
果実類, g	104.6	90.3	79.2	<0.01	120.2	113.5	111.0	0.13
菓子類, g	72.1	62.6	47.7	<0.01	83.0	71.2	63.1	<0.01
米類(めし), g	200.1	300.9	427.6	<0.01	172.9	265.9	366.3	<0.01
パン類(菓子パン除), g	46.2	28.9	12.9	<0.01	50.3	38.7	11.8	<0.01

3. 5年後追跡調査時の米飯摂取量と循環器疾患危険因子、糖尿病検査指標、生活習慣との関連

男性では、米飯摂取量が多いほど、75gOGTT 1時間後インスリン値、CAVIの平均値が低く、身体活動量、Matsuda Indexの平均値が高かった。女性では、年齢、身体活動量の平均値、糖尿病の割合が高く、HDL-コレステロールの平均値が低かった（表3）。

表3 5年後追跡調査時の米飯摂取量3分位別対象特性（年齢調整平均値・割合）

	男性				女性			
	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値
人数	155	156	155		309	310	310	
年齢, 歳	65.1	65.2	66.3	0.34	61.2	61.8	64.5	<0.01
喫煙者, %	9.5	15.9	11.2	0.72	3.4	1.5	1.5	0.11
飲酒者, %	76.5	77.4	75.9	0.87	44.0	40.0	38.7	0.17
身体活動量, mets 時/日	34.2	34.7	35.4	0.03	35.7	35.6	36.7	<0.01
睡眠時間, 時間	6.7	6.8	6.8	0.58	6.5	6.5	6.5	0.97
BMI, kg/m ²	23.9	23.7	23.7	0.64	22.4	22.7	22.9	0.06
収縮期血圧, mmHg	125.9	126.0	126.3	0.84	120.3	122.1	122.3	0.16
拡張期血圧, mmHg	77.8	77.4	78.5	0.51	72.1	73.3	72.5	0.73
高血圧, %	48.4	45.9	48.6	0.93	35.6	37.0	37.2	0.65
空腹時血糖値, mg/dL	101.4	100.5	98.9	0.11	93.6	94.9	94.0	0.74
75gOGTT1時間後血糖値, mg/dL	164.5	143.5	150.0	0.09	145.7	142.4	142.8	0.53
75gOGTT2時間後血糖値, mg/dL	131.5	117.4	126.7	0.56	125.2	123.2	125.3	0.99
空腹時インスリン値, μU/mL	5.6	5.3	5.2	0.29	4.9	5.1	5.1	0.35
75gOGTT1時間後インスリン値, μU/mL	56.6	48.4	45.5	<0.01	46.7	48.7	47.8	0.60
75gOGTT2時間後インスリン値, μU/mL	50.4	47.9	44.2	0.07	44.8	46.8	47.7	0.17
HOMA指数	1.39	1.29	1.25	0.20	1.13	1.18	1.18	0.34
Matsuda Index	4.58	5.09	5.49	0.01	5.90	5.66	5.67	0.35
糖尿病, %	17.8	18.9	16.1	0.67	7.8	11.6	13.8	0.02
総コレステロール, mg/dL	197.9	194.0	199.8	0.54	211.7	208.8	213.0	0.62
HDL-コレステロール, mg/dL	57.7	57.5	55.8	0.25	68.2	66.1	65.5	0.02
LDL-コレステロール, mg/dL	114.9	115.5	119.7	0.15	122.6	121.2	125.3	0.25
中性脂肪, mg/dL	106.4	92.1	105.6	0.97	83.5	87.6	87.5	0.19
脂質異常症, %	57.4	48.7	50.3	0.23	52.4	47.6	50.5	0.62
CAVI	8.7	8.4	8.4	0.01	8.0	8.1	8.0	0.50
高感度CRP, mg/dL	0.054	0.052	0.058	0.51	0.046	0.048	0.051	0.21
高血圧治療者, %	34.2	33.8	35.7	0.75	24.6	27.1	25.4	0.81
糖尿病治療者, %	6.0	9.1	5.5	0.81	2.2	5.0	4.8	0.09
脂質異常症治療者, %	22.2	14.3	14.3	0.07	24.4	22.7	20.1	0.19

4. 5年後追跡調査時の米飯摂取量と栄養素、食品群別摂取量との関連

男性では、米飯摂取量が多いほど、炭水化物、亜鉛、穀類、緑黄色野菜の平均値が高く、たんぱく質、脂質、コレステロール、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、レチノール、αトコフェロール、ビタミンB6、ビタミンC、食物繊維、肉類、乳類、果実類、菓子類、パン類の平均値が低かった。女性では、炭水化物、亜鉛、葉酸、穀類、豆類、魚介類の平均値が高く、エネルギー、たんぱく質、脂質、ナトリウム、カリウム、カルシウム、レチノール、レチノール当量、αトコフェロール、ビタミンC、食物繊維、卵類、乳類、果実類、菓子類、パン類の平均値が低かった（表4）。

表4 5年後追跡調査時の米飯摂取量3分位別対象特性（年齢調整平均値・割合）

	男性				女性			
	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値	低摂取群	中摂取群	高摂取群	傾向性p値
エネルギー, kcal	2010.9	1966.8	1912.7	0.04	1922.1	1857.0	1834.0	<0.01
たんぱく質, g	71.9	69.1	65.8	<0.01	70.7	68.8	67.5	<0.01
脂質, g	68.3	62.7	54.4	<0.01	68.4	64.6	59.9	<0.01
炭水化物, g	240.0	256.0	279.8	<0.01	233.3	243.8	256.4	<0.01
ナトリウム, mg	3961.2	3622.1	3344.8	<0.01	3819.5	3706.4	3531.0	<0.01
カリウム, mg	2450.3	2357.0	2246.8	<0.01	2534.5	2459.7	2393.4	<0.01
カルシウム, mg	633.0	572.4	518.9	<0.01	680.8	621.6	591.4	<0.01
マグネシウム, mg	258.4	249.7	241.7	<0.01	256.7	247.7	245.2	<0.01
亜鉛, mg	8.0	8.2	8.4	<0.01	7.9	8.2	8.4	<0.01
レチノール, µg	228.8	214.3	183.0	<0.01	231.7	221.6	208.6	<0.01
βカロテン, µg	3518.8	3761.7	3874.2	0.10	4218.0	4244.7	4233.2	0.92
βカロテン当量, µg	4112.6	4380.4	4425.2	0.20	4939.1	4939.8	4889.9	0.76
レチノール当量, µgRE	587.4	585.8	557.1	0.14	653.9	639.7	623.0	0.03
ビタミンD, µg	8.6	8.4	8.3	0.54	8.4	8.0	8.4	0.96
αトコフェロール, mg	7.1	6.8	6.2	<0.01	7.3	7.0	6.6	<0.01
ビタミンK, µg	217.9	220.7	218.0	0.99	243.5	240.3	239.1	0.47
ビタミンB6, mg	1.2	1.2	1.1	0.01	1.2	1.2	1.1	0.18
ビタミンB12, µg	7.8	7.6	7.5	0.33	7.5	7.2	7.4	0.98
葉酸, µg	290.6	287.3	278.1	0.16	316.1	310.1	301.7	0.02
ビタミンC, mg	96.7	95.5	88.1	0.05	112.2	109.4	104.6	<0.01
飽和脂肪酸, g	20.7	19.2	16.4	<0.01	21.6	20.2	18.7	<0.01
一価不飽和脂肪酸, g	23.7	22.0	18.9	<0.01	23.3	22.4	20.7	<0.01
多価不飽和脂肪酸, g	14.0	13.1	11.9	<0.01	13.8	13.2	12.4	<0.01
コレステロール, mg	364.7	355.5	311.1	<0.01	338.8	334.1	330.4	0.16
食物繊維水溶性, g	3.3	3.0	2.6	<0.01	3.7	3.3	3.0	<0.01
食物繊維不溶性, g	9.7	9.4	9.1	0.05	10.7	10.3	9.9	<0.01
食物繊維総量, g	13.7	13.0	12.3	<0.01	15.0	14.2	13.5	<0.01
食塩, g	10.1	9.2	8.5	<0.01	9.7	9.4	8.9	<0.01
n-3系多価不飽和, g	2.6	2.5	2.3	<0.01	2.5	2.4	2.4	<0.01
n-6系多価不飽和, g	11.4	10.6	9.5	<0.01	11.2	10.7	10.0	<0.01
穀類(めし、ゆで麺等), g	318.3	382.8	488.0	<0.01	276.2	337.6	394.8	<0.01
いも類, g	37.7	33.7	33.3	0.20	40.8	45.2	43.3	0.28
緑黄色野菜, g	83.6	90.5	94.6	0.04	101.0	102.3	102.3	0.73
その他の野菜, g	142.8	139.3	145.5	0.72	165.3	166.0	166.4	0.84
豆類, g	66.1	63.9	62.5	0.44	73.1	65.8	68.5	0.18
魚介類, g	75.9	75.1	79.1	0.45	71.8	69.5	74.9	0.24
肉類, g	82.2	75.9	66.3	<0.01	75.9	79.5	73.0	0.28
卵類, g	38.2	38.3	32.1	<0.01	30.5	32.7	33.1	0.04
乳類, g	169.2	148.4	129.8	<0.01	192.7	171.6	154.1	<0.01
果実類, g	100.5	95.8	73.8	0.02	118.7	107.0	96.3	<0.01
菓子類, g	67.3	57.1	50.0	<0.01	82.9	64.4	60.8	<0.01
米類(めし), g	183.7	296.1	438.9	<0.01	152.7	248.1	343.7	<0.01
パン類(菓子パン除), g	47.3	28.6	13.0	<0.01	49.2	40.5	18.1	<0.01

5. ベースライン調査時、5年後追跡調査時の米飯摂取量と糖尿病検査指標との関連

ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量と血糖値、インスリン値、ならびにインスリン抵抗性指標との関連について分析した結果、ベースライン調査時では、男性、女性ともに米飯摂取と各指標との関連はみられなかった（表5）。5年後追跡調査時では、男性において米飯摂取量が多いほど、75gOGTT 1時間後インスリン値は有意に低く、Matsuda Index は有意に高かった（傾向性 $p < 0.05$ ）。また75gOGTT 1時間後血糖値も低い傾向がみられた（傾向性 $p = 0.06$ ）。一方、女性では有意な関連は見られなかった（表5）。

男性において、ベースライン調査と5年後追跡調査両方のデータを用いて線形混合分析を実施した結果、両調査にわたって米飯摂取量が高いほど75gOGTT 1時間後血糖値（米飯100gあたり $\beta = -4.98$, $p = 0.049$ ）ならびにインスリン値（ $\beta = -3.45$, $p = 0.04$ ）は低く、Matsuda Index は高い傾向（ $\beta = 0.035$, $p = 0.06$ ）を示した。

表5 ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量と糖尿病の検査指標との関連

	男性			P値 (傾向性)	女性			P値 (傾向性)
	低摂取群	中摂取群	高摂取群		低摂取群	中摂取群	高摂取群	
ベースライン調査								
空腹時血糖値, mg/dL	93.4	91.9	92.2	0.42	89.1	91.2	89.4	0.79
75gOGTT1時間後血糖値, mg/dL	131.0	131.0	124.2	0.31	138.8	140.9	139.7	0.83
75gOGTT2時間後血糖値, mg/dL	117.5	118.3	110.1	0.22	117.8	116.2	117.9	0.96
空腹時インスリン値, μ U/mL	4.1	4.0	3.9	0.57	4.6	4.5	4.6	0.86
75gOGTT1時間後インスリン値, μ U/mL	34.1	29.0	31.9	0.42	50.7	52.2	51.7	0.68
75gOGTT2時間後インスリン値, μ U/mL	33.7	33.2	32.9	0.70	40.0	39.5	40.4	0.80
HOMA指数	0.9	0.9	0.9	0.47	1.0	1.0	1.0	0.89
Matsuda Index	7.5	8.2	8.1	0.28	6.4	6.3	6.4	0.99
5年後追跡調査								
空腹時血糖値, mg/dL	100.5	99.9	98.1	0.13	94.6	95.8	94.6	0.95
75gOGTT1時間後血糖値, mg/dL	160.4	139.6	144.6	0.06	157.5	154.4	154.1	0.47
75gOGTT2時間後血糖値, mg/dL	129.1	115.7	124.3	0.57	131.2	128.8	130.2	0.82
空腹時インスリン値, μ U/mL	5.6	5.5	5.4	0.49	5.1	5.1	5.0	0.93
75gOGTT1時間後インスリン値, μ U/mL	57.6	50.6	47.8	0.01	51.6	53.5	52.2	0.79
75gOGTT2時間後インスリン値, μ U/mL	47.4	47.3	43.8	0.21	42.4	43.3	43.7	0.48
HOMA指数	1.4	1.3	1.3	0.32	1.2	1.2	1.2	0.96
Matsuda Index	4.6	4.9	5.3	0.03	5.6	5.5	5.5	0.80

年齢、身体活動量、BMI、喫煙・飲酒習慣、睡眠時間、エネルギー、緑黄色野菜、その他野菜を調整

6. ベースライン調査時、5年後追跡調査時の米飯摂取量と動脈硬化（CAVI）との関連

ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量とCAVIとの関連について分析した結果、男性ではベースライン調査時では、米飯摂取量が多いほど、CAVIは有意に低く（傾向性 $p < 0.05$ ）、この傾向は5年後追跡調査においてもみられた（傾向性 $p = 0.07$ ）。一方女性では有意な関連はみられなかった（表6）。ベースライン調査と5年後追跡調査両方のデータを用いて線形混合分析を実施した結果、両調査にわたって米飯摂取量が高いほどCAVIは低値を示した（米飯100gあたり $\beta = -0.013$, $p < 0.01$ ）。

また、ベースライン調査、5年後追跡調査において、米飯摂取とCAVIとの関連における、75gOGTT1時間後血糖値ならびにインスリン値、Matsuda Indexの介在の程度について非糖尿病患者を対象に分析を行った結果、ベースライン調査時では、3指標の介在の程度は小さかったものの、5年後追跡調査時では、特に血糖値とMatsuda Indexの介在の程度が15%以上を示していた。このことから、5年後追跡調査時では、米飯摂取によるインスリン抵抗性の抑制が動脈硬化進展にある程度影響していると考えられた。

表6 ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量とCAVIとの関連

	低摂取群	中摂取群	高摂取群	P値 (傾向性)
ベースライン調査				
男性	8.62	8.41	8.39	0.01
女性	7.95	7.97	7.92	0.70
5年後追跡調査				
男性	8.67	8.41	8.42	0.07
女性	7.84	7.93	7.88	0.92

年齢、身体活動量、BMI、喫煙・飲酒習慣、睡眠時間、エネルギー、緑黄色野菜、その他野菜、高血圧、糖尿病、脂質異常症の有無を調整

表7 糖尿病非該当男性における、ベースライン調査時、5年後追跡調査時それぞれの米飯摂取量（100g 当たり）とCAVIとの関連における糖尿病指標の影響

	回帰係数(β)	標準誤差	p値	介在の程度*3
ベースライン調査*1				
多変量モデル*2	-0.0145	0.0065	0.03	
+75gOGTT1時間後血糖値	-0.0139	0.0065	0.03	4.33
+75gOGTT1時間後インスリン値	-0.0140	0.0065	0.03	3.58
+Matsuda Index	-0.0140	0.0064	0.03	3.99
5年後追跡調査*1				
多変量モデル*2	-0.0107	0.0058	0.06	
+75gOGTT1時間後血糖値	-0.0090	0.0058	0.12	16.22
+75gOGTT1時間後インスリン値	-0.0097	0.0058	0.09	9.60
+Matsuda Index	-0.0086	0.0057	0.13	19.57

*1ベースライン調査439名、5年後追跡調査418名(5年間で糖尿病発症者やデータ欠損に違いがあるため人数が異なる)

*2各調査時の年齢、身体活動量、BMI、喫煙・飲酒習慣、睡眠時間、エネルギー、緑黄色野菜、その他野菜、高血圧、脂質異常症の有無を調整

*3(多変量モデルのβ-各糖尿病検査指標調整モデルのβ)/多変量モデルのβ(%)

【テーマII】日常生活と米飯摂取後のインスリン分泌・抵抗性指標との関連

米飯摂取量低摂取群、高摂取群間における各血糖検査指標を分析した結果、人数が少なく、統計学的有意差はみられなかった。しかしながら、高摂取群は年齢が高い一方で、米飯摂取後30分インスリン値、インスリン・血糖比、C-ペプチド・血糖比、60分のインスリン・血糖比、90分のC-ペプチド・血糖比は低値を示す傾向がみられた(p<0.15)。

また、米飯摂取量と各指標との相関を分析した結果、米飯摂取量が多いほど、米飯摂取後30分インスリン値、C-ペプチド、インスリン・血糖比、C-ペプチド・血糖比、60分のインスリン、インスリン・血糖比、90分のC-ペプチド・血糖比は低く、一方でMatsuda Indexは高い傾向を示していた(p<0.15)。

表8 米飯摂取量別血糖、インスリン、C-ペプチドと関連指標

	低摂取群(8人)			高摂取群(8人)			p値
	平均	標準偏差	中央値	平均	標準偏差	中央値	
年齢、歳	36.3	9.0	39.0	42.1	8.9	45.5	0.15
血糖IAUC、分・mg/dL	4185.0	1983.3	4155.0	4921.9	2489.1	4357.5	0.64
血糖値(0分)、mg/dL	79.63	6.55	79.00	85.75	13.54	82.00	0.38
血糖値(15分)、mg/dL	94.75	15.51	92.50	96.25	18.42	87.00	0.80
血糖値(30分)、mg/dL	125.00	22.42	121.50	128.25	24.25	126.00	0.80
血糖値(45分)、mg/dL	133.63	18.53	133.50	142.88	33.13	130.50	0.76
血糖値(60分)、mg/dL	128.88	20.68	125.50	142.25	43.26	130.00	0.88
血糖値(90分)、mg/dL	114.88	21.48	112.00	136.75	44.23	123.00	0.41
血糖値(120分)、mg/dL	99.75	11.84	101.00	117.00	40.46	107.00	0.50
インスリンインデックス	0.42	0.29	0.39	0.26	0.12	0.26	0.25
Matsuda Index	13.13	5.45	14.22	16.33	9.09	13.16	0.57
インスリンIAUC、分・μU/mL	1420.3	749.7	1303.9	1232.7	480.6	1461.4	0.80
インスリン値(0分)、μU/mL	6.05	5.09	3.45	3.93	1.22	3.85	0.96
インスリン値(15分)、μU/mL	10.55	4.36	12.90	8.45	4.32	8.60	0.29
インスリン値(30分)、μU/mL	23.21	12.56	18.45	14.15	4.64	13.80	0.09
インスリン値(45分)、μU/mL	24.14	15.54	20.30	17.65	6.97	16.55	0.57
インスリン値(60分)、μU/mL	24.95	12.94	20.65	16.46	8.12	16.95	0.18
インスリン値(90分)、μU/mL	16.88	7.07	17.05	17.28	5.82	17.65	0.64
インスリン値(120分)、μU/mL	10.99	5.53	12.25	12.13	6.59	13.05	0.72
C-ペプチドIAUC、分・ng/mL	237.7	94.1	229.5	192.1	55.9	209.3	0.31
C-ペプチド値(0分)、ng/mL	1.21	0.64	1.00	1.11	0.57	1.05	0.96
C-ペプチド値(15分)、ng/mL	1.58	0.47	1.35	1.53	0.49	1.40	0.84
C-ペプチド値(30分)、ng/mL	2.91	1.20	3.25	2.01	0.63	1.75	0.19
C-ペプチド値(45分)、ng/mL	3.59	1.22	3.35	2.78	0.87	2.70	0.16
C-ペプチド値(60分)、ng/mL	3.63	1.34	3.80	2.98	0.90	2.95	0.47
C-ペプチド値(90分)、ng/mL	4.06	1.12	4.60	3.43	1.17	3.30	0.31
C-ペプチド値(120分)、ng/mL	3.30	1.02	3.20	3.53	1.12	3.35	0.84
インスリン・血糖比(0分)	0.078	0.071	0.041	0.046	0.013	0.045	0.96
インスリン・血糖比(15分)	0.109	0.039	0.113	0.084	0.035	0.098	0.18
インスリン・血糖比(30分)	0.186	0.098	0.137	0.111	0.034	0.098	0.09
インスリン・血糖比(45分)	0.182	0.114	0.155	0.126	0.057	0.113	0.29
インスリン・血糖比(60分)	0.196	0.094	0.172	0.116	0.054	0.102	0.09
インスリン・血糖比(90分)	0.146	0.052	0.140	0.131	0.044	0.116	0.88
インスリン・血糖比(120分)	0.106	0.050	0.120	0.101	0.047	0.106	0.80
C-ペプチド・血糖比(0分)	0.016	0.009	0.013	0.013	0.006	0.013	0.84
C-ペプチド・血糖比(15分)	0.017	0.006	0.015	0.016	0.003	0.015	0.96
C-ペプチド・血糖比(30分)	0.024	0.010	0.024	0.016	0.004	0.016	0.12
C-ペプチド・血糖比(45分)	0.027	0.011	0.022	0.020	0.008	0.019	0.25
C-ペプチド・血糖比(60分)	0.029	0.011	0.027	0.022	0.009	0.020	0.29
C-ペプチド・血糖比(90分)	0.035	0.008	0.036	0.026	0.009	0.025	0.12
C-ペプチド・血糖比(120分)	0.033	0.008	0.033	0.032	0.010	0.031	0.64

表9 米飯摂取量と血糖、インスリン、C-ペプチドと関連指標との相関係数

	相関係数	p値		相関係数	p値		相関係数	p値
血糖IAUC	0.034	0.92	インスリンインデックス	-0.345	0.30	C-ペプチドIAUC	-0.221	0.51
血糖値 (0分)	0.050	0.88	Matsuda Index	0.469	0.15	C-ペプチド値 (0分)	-0.219	0.52
血糖値 (15分)	0.142	0.68	インスリンIAUC	-0.002	1.00	C-ペプチド値 (15分)	-0.171	0.61
血糖値 (30分)	0.040	0.91	インスリン値 (0分)	-0.285	0.40	C-ペプチド値 (30分)	-0.619	0.04
血糖値 (45分)	0.049	0.89	インスリン値 (15分)	-0.267	0.43	C-ペプチド値 (45分)	-0.389	0.24
血糖値 (60分)	0.004	0.99	インスリン値 (30分)	-0.583	0.06	C-ペプチド値 (60分)	-0.258	0.44
血糖値 (90分)	0.119	0.73	インスリン値 (45分)	-0.330	0.32	C-ペプチド値 (90分)	-0.342	0.30
血糖値 (120分)	-0.214	0.53	インスリン値 (60分)	-0.634	0.04	C-ペプチド値 (120分)	-0.052	0.88
			インスリン値 (90分)	0.086	0.80			
			インスリン値 (120分)	-0.088	0.80			
	相関係数	p値		相関係数	p値		相関係数	p値
インスリン・血糖比 (0分)	-0.153	0.65	C-ペプチド・血糖比 (0分)	-0.240	0.48			
インスリン・血糖比 (15分)	-0.237	0.48	C-ペプチド・血糖比 (15分)	-0.063	0.85			
インスリン・血糖比 (30分)	-0.615	0.04	C-ペプチド・血糖比 (30分)	-0.581	0.06			
インスリン・血糖比 (45分)	-0.300	0.37	C-ペプチド・血糖比 (45分)	-0.226	0.50			
インスリン・血糖比 (60分)	-0.573	0.07	C-ペプチド・血糖比 (60分)	-0.285	0.40			
インスリン・血糖比 (90分)	0.072	0.83	C-ペプチド・血糖比 (90分)	-0.482	0.13			
インスリン・血糖比 (120分)	-0.026	0.94	C-ペプチド・血糖比 (120分)	-0.017	0.96			

年齢、エネルギー、野菜類、酒類の摂取量を調整したSpearmanの順位相関係数

IV 考 察

本研究ではまずテーマ I, II 共通して、糖尿病検査指標について解析を実施した。その結果、両テーマを通じて、米飯摂取量が多いほどインスリン感受性の低下が抑制されている、糖尿病に予防的な結果が認められた。コホート研究のメタアナリシスの結果では、特にアジア人を対象としたコホート研究で、米飯摂取量が多いほど糖尿病発症率が高い傾向がみられた¹⁾。しかしながら、引用している多くの研究が糖尿病発症について自己申告によるものである。米飯摂取と75g 経口糖負荷試験で評価した糖尿病発症との関連を分析したスペインでのコホート研究では、我々同様米飯摂取量が多いほど糖尿病発症に予防的な結果がみられている¹³⁾。

テーマIIではインスリン分泌能等を評価するため、米飯摂取後のインスリンインデックスやインスリン・血糖比、C-ペプチド・血糖比を評価した。その結果、米飯摂取量が多いほど食後30分のインスリン・血糖比、C-ペプチド・血糖比は低く、またインスリンインデックスも統計学的有意ではないが低い傾向がみられた。このことから、習慣的に米飯をよく食べる男性は初期インスリン分泌能が低く、一方でインスリンを受容する末梢組織のインスリン感受性は比較的良好である可能性が示された。考えられる理由として、テーマIでは、男女共通して、米飯摂取量が多いほど亜鉛摂取量が多かったことが挙げられる。国内の先行研究では、亜鉛摂取量が多いほど糖尿病発症率が低いことが報告されている¹⁴⁾。亜鉛はインスリン分泌だけでなくインスリン抵抗性の改善にも関連していることも示されている¹⁵⁾。また、国民健康・栄養調査によると、米飯は亜鉛の主要供給食品であり(約25%)、このことが一因になっている可能性も考えられる。

またテーマIでは、男性では米飯摂取量が多いほど動脈硬化の進行も予防されていることがみられ、特に5年後追跡調査では、インスリン感受性の低下予防を介した動脈硬化の進行予防の可能性が示された。男性の身体所見については、ベースライン調査、5年後追跡調査共通して、米飯摂取量とMatsuda IndexとCAVIとの関連がみられている(表2, 4)。米飯摂取量が多いほど、循環器疾患や糖尿病に予防的に働く多価不飽和脂肪酸やたんぱく質、ビタミン類やカルシウム等の摂取量が少なかったが、一

方でナトリウムや飽和脂肪酸等循環器疾患の危険因子である栄養素も少なかった。したがって、米飯摂取に関連する食習慣についてはより詳細に分析を行わないと、米飯が摂取源となる栄養素が寄与していたのか、それとも相互に関連している他の食品由来の栄養素が寄与していたかは厳密には証明できない。ただし、探索的に複数の解析を実施するには、統計学的有意水準を厳しくする必要があり、本研究のサンプルサイズでは限界があると考えられる。

また、本研究で用いた東温スタディでは、68.7%の追跡率であった。特に、糖尿病検査指標については、ベースライン調査に比べて5年後追跡調査の関連が強かったことから、データにバイアスが生じている可能性もあり解釈には留意が必要である。また、テーマIIについては、男性のみであり人数も少ないことや、糖負荷の食品を米飯としたため、先行研究との直接比較が難しいことも考慮する必要がある。

V 結 語

本研究では、男性において米飯摂取量が多いほど、インスリン感受性が良好であり、また動脈硬化の進行も予防されていた。米飯摂取がどのように動脈硬化の進行を予防しているのか、動脈硬化の危険因子との関連や、米飯の寄与率の高い動脈硬化を予防する栄養素等を明らかにするためさらなる研究を遂行する必要があると考える。

【参考文献】

- 1) Aune D, Keum N, Giovannucci E, Fadnes LT, Boffetta P, Greenwood DC, Tonstad S, Vatten LJ, Riboli E, Norat T. Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ*. 2016 Jun 14;353:i2716.
- 2) Hu EA, Pan A, Malik V, Sun Q. White rice consumption and risk of type 2 diabetes: meta-analysis and systematic review. *BMJ*. 2012 Mar 15;344:e1454.
- 3) Kurotani K, Akter S, Kashino I, Goto A, Mizoue T, Noda M, Sasazuki S, Sawada N, Tsugane S; Japan Public Health Center based Prospective Study Group. Quality of diet and mortality among Japanese men and women: Japan Public Health Center based prospective study. *BMJ*. 2016 Mar 22;352:i1209.
- 4) Oba S, Nagata C, Nakamura K, Fujii K, Kawachi T, Takatsuka N, Shimizu H. Diet based on the Japanese Food Guide Spinning Top and subsequent mortality among men and women in a general Japanese population. *J Am Diet Assoc*. 2009;109:1540-7.
- 5) Eshak ES, Iso H, Date C, Yamagishi K, Kikuchi S, Watanabe Y, Wada Y, Tamakoshi A; JACC Study Group. Rice intake is associated with reduced risk of mortality from cardiovascular disease in Japanese men but not women. *J Nutr*. 2011;141:595-602.
- 6) Oba S, Nagata C, Nakamura K, Fujii K, Kawachi T, Takatsuka N, Shimizu H. Dietary glycemic index, glycemic load, and intake of carbohydrate and rice in relation to risk of mortality from stroke and its subtypes in Japanese men and women. *Metabolism*. 2010;59:1574-82.
- 7) 堀川翔, 赤松利恵, 谷口貴穂. 成人における年代別の米飯の摂取頻度と食習慣・健康状態の関連. *栄養学雑誌*. 2011;69:98-106.
- 8) Saito I, Hitsumoto S, Maruyama K, Eguchi E, Kato T, Okamoto A, Kawamura R, Takata Y, Nishida W, Nishimiya T, Onuma H, Osawa H, Tanigawa T. Impact of heart rate variability on C-reactive protein concentrations in Japanese adult nonsmokers: The Toon Health Study. *Atherosclerosis*. 2016;244:79-85.
- 9) エクセル栄養君食物摂取頻度調査 FFQg Ver5 2016, 東京, 建帛社.
- 10) Ishikawa-Takata K, Naito Y, Tanaka S, Ebine N, Tabata I. Use of doubly labeled water to validate a physical activity questionnaire developed for the Japanese population. *J Epidemiol*. 2011;21:114-121.

- 11) Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28:193-213.
- 12) 丸山広達, 水口聡, 友岡清秀, 谷川武. 愛媛県産高アミロース米「ホシニシキ」のグリセミックインデックスの検討. *日本栄養・食糧学会誌.* 2019; 72:85-89.
- 13) Soriguer F, Colomo N, Oliveira G, Garcia-Fuentes E, Esteva I, Ruiz de Adana MS, Morcillo S, Porras N, Valdés S, Rojo-Martínez G. White rice consumption and risk of type 2 diabetes. *Clin Nutr.* 2013;32:481-4.
- 14) Eshak ES, Iso H, Maruyama K, Muraki I, Tamakoshi A. Associations between dietary intakes of iron, copper and zinc with risk of type 2 diabetes mellitus: A large population-based prospective cohort study. *Clin Nutr.* 2018;37:667-674.
- 15) 田蒔基行, 藤谷与士夫. 亜鉛と糖尿病. *日衛誌.* 2014;69:15-23.