

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500635

研究課題名（和文）

糖質吸収抑制食の中・長期間摂取と生活習慣病バイオマーカーの関連に関する介入研究

研究課題名（英文）

Intervention trial: Associations between middle period intake of carbohydrate absorption controlled diet and lifestyle-related disease markers in slight overweight Japanese male workers

研究代表者

市川 陽子 (YOKO ICHIKAWA)

静岡県立大学・食品栄養科学部・准教授

研究者番号：50269495

研究成果の概要（和文）：エネルギー、PFC 比および GI に配慮した低 GI 食を設計し、軽度過体重の健常勤労男性に 5 週間継続摂取させ、低 GI 食の継続摂取が生活習慣病関連指標に与える影響を検証した。介入後、介入群の体重、腹囲、BMI の減少 ($p < 0.01$)、血中 HbA1c 値の低下傾向が示され、血漿 γ -GTP 活性が有意に低下した ($p < 0.05$)。このことから、低 GI 食の継続的な摂取により、内臓脂肪が減少し、耐糖能の改善および炎症の抑制が起こることが推察された。

研究成果の概要（英文）：In this trial, we compared the effects of the two diets: the low-GI diet prepared with low GI foods and preparation methods, considering energy content and energy ratio of macronutrients as recommended by dietary reference intakes for Japanese, and the usual diet as control, on anthropometric indices and clinical variables. During five weeks intervention, the low-GI diet decreased mean body weight, BMI and waist circumference ($p < 0.01$), tended to reduce A1c, and lowered γ -glutamyltranspeptidase (γ -GTP) activity ($p < 0.05$). Therefore, middle period intake of low-GI diet induced reduction of visceral fat, and might improve glucose tolerance and suppress chronic inflammation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ヘルスプロモーション

キーワード：栄養学、生活習慣病、バイオマーカー、糖質吸収抑制、レジスタントスターチ、GI

1. 研究開始当初の背景

食後高血糖は、インスリンの過剰分泌、インスリン抵抗性を介して生活習慣病の発症に関与する。また、糖質を含む食品・食事の食後血糖上昇能を示す Glycemic Index (以下、GI) が、メタボリックシンドロームや糖尿病

に対して有意な関連を示すという報告が近年相次いでいる。高 GI の白米を主食とする日本人の食事の GI は他国に比べて高く、食後高血糖、耐糖能異常予防の観点から GI を低減することが望ましい。

動物レベルでは、薬剤や食事因子による食

後高血糖の抑制が、インスリン抵抗性を改善するとともに、小腸糖質消化吸收遺伝子および末梢血白血球における炎症関連遺伝子の発現を低下させることが、研究分担者らにより報告されている。また、日本人を対象に食事のGIと肥満度との関連を検討した疫学研究も報告されている。

しかし、糖質吸収抑制に配慮した食事（低GI食）の継続摂取と生活習慣病関連指標との関係について、日本人を対象に前向き介入試験により検討した報告はほとんどみられず、検証が必要である。

2. 研究の目的

(1) これまでの研究成果に基づいた食品および調理法の選択により、エネルギー、三大栄養素のエネルギー比率（PFC比）、各栄養素量の整った高GI食と低GI食のモデルメニューを調製し、両者を摂取した時の食後の血糖値、インスリン濃度、インクレチン濃度および中性脂肪値の変動の違いを明らかにするとともに、低GI食の評価を行う。

(2) GIに配慮した低GI惣菜（糖質吸収抑制食）を設計し、これを試験食として、軽度過体重者における低GI食の継続摂取が栄養素等摂取状況、生活習慣病関連指標、とくに糖代謝、脂質代謝および慢性炎症状態の各指標に与える影響を、前向き介入試験により検討する。

3. 研究の方法

1) 高GI食と低GI食摂取による血糖および脂質関連指標の変動

(1) 被験者

被験者条件は、①年齢18歳以上、②降圧剤などの服用がない、③過去1年間に耐糖能異常の指摘を受けたことがない、④BMI 25以下、⑤試験日が生理期間中でない、以上5つの条件をすべて満たす一般健常学生9名（男性2名、女性7名）で構成され、年齢21.2±2.8歳、BMI 20.6±1.2kg/m²であった。

(2) 試験食

日本人の食習慣を考慮し、米飯を主食として主菜・副菜から構成される複合食とした。まず、日本人の食事摂取基準[2010年版]に基づき、摂取エネルギー総量、PFC比、各栄養素量を整えたモデルメニューを作成し、糖質100g相当量に換算・調整して試験食とした。

メニューは、各使用食品の調理後のGIをもとに組み合わせて調製し、高GI食および低GI食とした。主菜（さばの煮付け）、汁

物（みそ汁）は共通とし、高GI食には白米、ジャガイモ、サツマイモ、低GI食には玄米、生の長芋、ヨーグルトを用いた。

試験食の調製は、静岡県立大学食品栄養科学部フードマネジメント研究室において行った。

(3) 研究デザイン

ランダムクロスオーバーで1週間のウォッシュアウト期間をはさみ、高GI食摂取、低GI食摂取、計2回の試験を行った。実験日の朝7:30に空腹時の血糖値を測定し、インスリン濃度、中性脂肪値およびインクレチン（GIP、GLP-1）濃度測定用の採血管で血液を肘静脈より採血し、血漿を分離した。その後、8:00に高GI食または低GI食を対象者に摂取させ、食後30、60、90、120、180分の計6回の血液を採血し、空腹時および食後の血糖値、インスリン濃度、中性脂肪値およびインクレチン濃度を測定した。血糖値、インスリン濃度の測定には自己血糖測定機グルテストPRO-Rとインスリン測定キット；Ultra-sensitive Insulin ELISAを使用した。また、GIP濃度、GLP-1濃度をELISA法にて分析し、中性脂肪値の測定は酵素法（GPO、DAOS法）で分析した。

(4) 統計解析

被験者の特性および血糖値変動等の試験結果は平均値±標準偏差で示し、統計的有意水準は5%とした。統計解析にはSPSS統計を用い、2群間の比較には、対応のあるt検定を行った。

(5) 倫理的配慮

本研究は、静岡県立大学倫理審査委員会の承諾のもとに推進した。インフォームドコンセントにおいては、明書および口頭による内容の確認を行い、全員から直筆による同意書を回収した上で研究を開始した。

2) 勤労男性に対する宅配惣菜を用いた5週間の食事介入による生活習慣病関連指標の変化

(1) 被験者

市役所職員および県内企業の従業員から、20歳以上の男性、BMI≥23、医療機関等を定期的に受診していない等の条件を満たした健常な成人男性51名（年齢38.4±9.2、BMI 26.4±2.8）を被験者とした。

(2) 試験食

すべての試験食（低GI惣菜）は、主菜・副菜からなる献立とし、主食の提供は行わなかった。試験食の設計にあたっては、日本人

の食事摂取基準 [2010 年版] に基づき、エネルギー総量、PFC 比、各栄養素量を設定した。試験食は 30 種類であった。

試験食の調製は、県内の食品加工製造業者に委託し、個別包装された冷凍惣菜として調理後、被験者の自宅に週に 15 食分ずつを食事宅配業者が届けた。宅配された試験食は対象者が電子レンジを用いて再加熱し、摂取した。

表 1 試験食 1 食あたりのエネルギーおよび栄養素量

エネルギー	253±63kcal
たんぱく質	18.5±4.4g
脂質	11.8±5.2g
炭水化物	17.8±6.4g
食塩相当量	2.2±0.6g

(3) 研究デザイン

被験者を年齢、BMI を対応させた上で無作為に介入群と対照群に割り付け、介入群には試験食を 1 週間に 15 食提供し、5 週間継続摂取させた。また、介入前に年齢、身長、体重、身体活動レベルから推定エネルギー必要量を算定し、米飯の摂取目安量、食事バランスガイドに基づくリーフレットを教材として提示した。提供した食事以外の飲食は、間食、飲酒を含めて介入前に比べて意識的に変化させないように指示し、摂取食品および摂取量の制限は行わなかった。対照群には通常の食事を自由に摂取させた。

両群とも、ベースラインおよび介入期間中に 3 日間 (平日 2 日、休日 1 日) の食事記録法による食事調査を行い、エネルギーおよび栄養素摂取量を算出した。食事を所定の用紙に自己記入し、面接時に被験者とともに記入内容を確認した。栄養素等摂取量の算出には、5 訂増補日本食品標準成分表に準拠した栄養計算ソフト (エクセル栄養君、建帛社) を用いて行った。また、併せて生活習慣、身体活動量、飲酒習慣、喫煙習慣についても質問紙法により尋ねた。介入期間の前後に身体計測および採血を行い、糖質代謝、炎症等の関連指標の血液生化学検査を行った。

(4) 評価指標

エネルギー摂取量、各栄養素摂取量、PFC 比、食事の GI、生活習慣、身体活動量、飲酒習慣、喫煙習慣、身体計測値 (体重、BMI、腹囲)、血液生化学検査値 (空腹時血糖、中性脂肪、総コレステロール、HDL コレステロール、LDL コレステロール、AST、ALT、 γ -GTP、HbA1c)、インスリン、高感度 CRP、1・5AG を評価指標とした。

(5) 統計解析

結果は平均±標準偏差によって示し、統計的有意水準は 5%とした。統計解析には SPSS 統計を用い、2 群間の比較には Wilcoxon の順位和検定、各群の介入前後における各指標の比較には、対応のある t 検定を行った。

(6) 倫理的配慮

本研究は、静岡県立大学倫理審査委員会の承諾のもとに推進した。インフォームドコンセントにおいては、明書および口頭による内容の確認を行い、全員から直筆による同意書を回収した上で研究を開始した。

4. 研究成果

1) 高 GI 食と低 GI 食摂取による血糖および脂質関連指標の変動

(1) 試験食摂取後の血糖値変動

高 GI 食 (以下 H 群) および低 GI 食 (以下 L 群) 摂取による食後血糖値の変動を図 1 に示した。L 群は、食後 30 分、120 分において H 群より有意に低かった (30 分、 $p=0.008$)、(120 分、 $p=0.038$)。また、食後 90 分において L 群は H 群に比べて有意に高かった ($p<0.001$)。L 群の食後血糖変動曲線は、H 群に比べて穏やかに下降した。

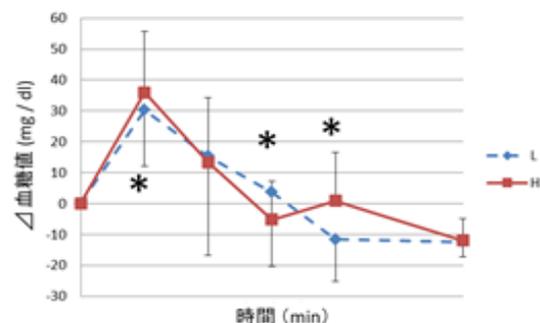


図 1 高 / 低 GI 食摂取後の血糖値変動

n=9, 平均値±標準偏差 (mg/dL)

L: 低 GI 食摂取群, H: 高 GI 食摂取群
群間の有意差 (t 検定): *; $p<0.05$

(2) 試験食摂取後のインスリン値変動

高 GI 食および低 GI 食摂取による食後インスリン値の変動を図 2 に示した。L 群は、H 群に比べて食後 120 分において有意に低く ($p=0.036$)、180 分において低い傾向がみられた ($p=0.053$)。一方、H 群のピークが食後 30 分にみられたのに対し、L 群では食後 60 分であり、ピークの遅延が認められた。

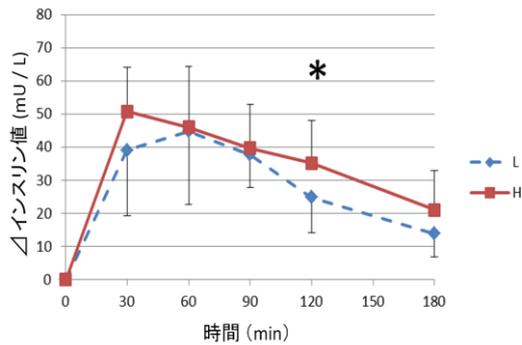


図2 高 / 低 GI 食摂取後のインスリン値変動

n=9, 平均値±標準偏差 (mU/L)

L: 低 GI 食摂取群, H: 高 GI 食摂取群

群間の有意差 (t 検定): *: $p < 0.05$

(3) 試験食摂取後の中性脂肪値の変動

高 GI 食および低 GI 食摂取による食後 TG の変動に有意な差はみられなかった。

(4) 試験食摂取後のインクレチン変動

高 GI 食および低 GI 食摂取による食後 GIP および GLP-1 の変動に有意な差はみられなかった。

本実験における低 GI 試験食は、食後血糖上昇を規定する食事因子のうち、胃からの排出速度の遅延および消化・吸収の遅延に関与するとされる食品や調理方法を用いて設計し、調製したものである。また、エネルギーおよび PFC 比は、高 GI 試験食、低 GI 試験食ともに一定にしおり、たんぱく質や脂質によるインスリン分泌刺激については同等と考えてよい。しかし、低 GI 食の摂取は、高 GI 食に比べて明らかに食後の血糖上昇を抑制し、インスリンの初期分泌を抑制した。一方、GIP、GLP-1 の分泌量には影響していなかった。これらのことより、一定の PFC 比率であり、GI 低減機序のうち、不溶性および水溶性の食物繊維や有機酸による胃排出速度の遅延効果、腸管における消化・吸収の遅延効果を利用した低 GI 食の摂取は、インクレチンの分泌に関与せずに、インスリンを節約しながら血糖値を下げる事が示された。ただし、本来は、食事の糖質が小腸下部までゆっくり送られることによって、GLP-1 分泌が刺激されることが考えられる。今回、GIP、GLP-1 の分泌量が高 GI 食、低 GI 食で変化しなかったことについては、低 GI 食でデザートに用いた加糖ヨーグルトが GIP 分泌に関与し、両試験食摂取後の GIP、GLP-1 分泌の差を相殺した可能性が考えられた。今後、試験食を精査してさらに検証を進めたい。

2) 勤労男性に対する宅配惣菜を用いた 5 週間の食事介入による生活習慣病関連指標の変化

(1) 被験者の特性

すべてのデータが得られた介入群 22 名、対照群 17 名を解析の対象とした。脱落率は介入群 15%、対照群 32%であった。ベースライン時の年齢、体重、腹囲、BMI、アルコール摂取量に両群間の差はみられなかった。

(2) 各群内における指標の変化

対照群では、介入期間に食事評価指標の変動は認められなかった。一方で、介入群ではエネルギー摂取量、脂質摂取量および脂質エネルギー比の有意な減少 ($p < 0.01$) がみられた。介入群では 5 週間の試験食の摂取により体重、BMI、腹囲の有意な減少 ($p < 0.01$) (表 2) がみられ、BMI25 未満の被験者が増えた (表 3)。また、血漿 γ -GTP 活性が有意に低下し ($p < 0.05$)、血中 HbA1c 値の低下傾向 ($p = 0.083$) が示された。一方、対照群では空腹時血糖の有意な低下 ($p < 0.01$) がみられた。

表 2 身体計測値および生化学検査値の変化

	介入群 (n=22)			対照群 (n=17)	
	介入前	介入後		介入前	介入後
体重 (kg)	76.4±9.8	73.9±9.8	***	72.2±5.4	71.7±5.3
BMI (kg/m ²)	26.3±26.4	25.4±2.5	***	25.4±2.1	25.2±1.9
腹囲 (cm)	90.4±7.4	88.7±8.0	***	86.9±3.2	86.7±3.4
γ -GTP	44.1±22.4	38.7±21.7	*	41.2±27.7	41.4±22.2
TC	211±39	202±41	**	193±28	192±25
LDL-C	130±165	121±36	**	122±32	118±27
TG	187±165	172±151		132±63	115±41
FPG	100.3±21.5	96.0±12.0		99.3±10.2	94.5±9.2
HbA1c	5.0±0.4	4.9±0.4	0.08	5.0±0.3	5.0±0.4
IRI	9.1±7.5	7.9±10.0		6.8±4.4	23.8±8.5
1.5AG	26.5±9.3	25.5±8.6	*	24.6±8.9	23.8±8.5
HOMA-IR	2.3±1.8	1.9±2.5		1.7±1.3	1.5±0.7

mean±SD, TC:総コレステロール, TG:中性脂肪, FPG:空腹時血糖, IRI:インスリン値, HOMA-IR = $FPG \times IRI \div 405$, 介入前後の有意差 (t 検定): ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表 3 メタボリックシンドローム基準該当者数

	介入群 (n=22)		対照群 (n=17)	
	介入前	介入後	介入前	介入後
腹囲 (≥ 85cm)	15	13	14	12
BMI (≥ 25kg/m ²)	17	10	10	9
HDL (<40mg/dl)	2	6	1	1
TG (≥ 150mg/dl)	9	7	6	5
BG (≥ 100mg/dl)	6	6	6	3
HbA1c (≥ 5.2)	2	2	3	2

(3) 2 群間の指標比較

食事評価指標については、介入群の方が介入期間中のエネルギー、脂質摂取量および脂質エネルギー比率、食塩摂取量が有意に低値であり、レチノール摂取量が有意に高く変化していた。

5 週間の試験食摂取により、介入群の体重、腹囲、BMI は有意に ($p < 0.01$) 減少し (図 3)、血中 HbA1c 値が低下する傾向 ($p = 0.083$) を示すとともに、血漿 γ -GTP 活性が有意に低下した ($p \leq 0.05$)。一方、対照群では、介入期間中に、これらの身体計測値、および血液生化学指標の変動はみられなかった。

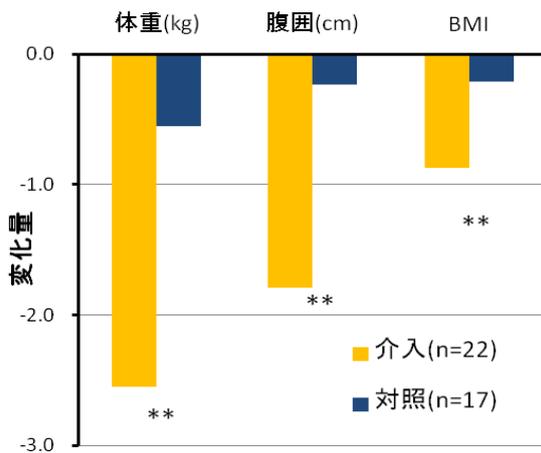


図 3 身体計測値の変化量
群間の比較 (t 検定) : **: $p < 0.01$

当報告者らの最近の研究では、従来、肝障害の指標として考えられてきた血漿 γ -GTP 活性が、健常者においては酸化障害や炎症の指標と強く関連することが明らかとなっている。また、研究分担者の合田らは、検診受診者を対象にした腹部 CT スキャンによる内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の要因分析から、血漿 γ -GTP が皮下脂肪面積だけではなく、内臓脂肪面積と強く相関することを報告している。さらに、疾患動物モデルを用いた白血球細胞のトランスクリプトミクス解析によって、炎症性サイトカインの発現が、食後の血糖上昇などの代謝の変化を感受して短時間で変動することを見だし、これらの炎症性サイトカインの挙動が、従来の肝機能指標である γ -GTP や ALT の変動とよく相関することを明らかにしている。また、通常の健診レベルで用いられるこれらの臨床検査値で、慢性炎症状態が評価できることを報告し、実用化を試みている。本試験において、介入群に体重、BMI、腹囲の有意な減少と、血漿 γ -GTP 活性の有意な低下がみられたことは、低 GI 食の継続的な摂取により、軽度肥満者の内臓脂肪が減少し、その結果として耐糖能の改

善あるいは炎症の抑制が起こっているものと推察された。

本研究課題は、ヒトを対象に糖質吸収抑制食 (低 GI 食) を用いた中期の介入試験を行い、動物実験で報告されている糖質の消化吸収制御による糖代謝、脂質代謝および慢性炎症状態の改善効果について、関連指標の変化により明らかにしようとしたものである。

まず、高 GI 食と低 GI 食のモデルメニュー単回摂取後の血糖値、インスリン濃度、インクレチン濃度および中性脂肪値の変動の違いから、食品・調理法の選択により胃排出速度や消化・吸収速度の遅延を利用した低 GI 食は、少なくとも小腸上部の K 細胞からの GIP 分泌と、それに続くインスリン分泌には関与せず血糖値を下げることを示された。GIP は脂肪合成や食欲増進、体重・内臓脂肪の増加にも関わることから、GIP 分泌、インスリン分泌に頼らない、「日本人の食事」における GI 低減方法を確立できたことは、耐糖能異常予防の点から意味があると考えられる。

さらに、低 GI 試験食の中期継続摂取の結果、体重、BMI、腹囲において介入群が対照群に比べて有意な減少を示し、血漿 γ -GTP 活性が有意に低下していた。本試験では、5 週間に及ぶ介入期間中の脱落者を最小限にとどめるため、被験者が 1 週間で摂る食事 (3 食 \times 7 日 = 21 食) のうち、15 食を試験食とし、残る 6 食の内容や間食については、普段の食事と大きく変えないよう指示していた。このような穏やかな介入であっても、日常の習慣的な食事の 7 割程度を低 GI 化することで、軽度肥満者の内臓脂肪が減少し、生活習慣病のリスクに関連する慢性炎症を抑制したことが示唆された。ただし、介入前後の食事評価では、介入群においてエネルギー、脂質摂取量が、数時的に大きくはないものの、対照群に比べて有意に低下しており (図表なし)、上記の身体計測値、血漿 γ -GTP 活性の変化が、食事の低 GI 化のみによるものと断定できず、今回のような食事介入試験の限界である。

本研究の規模は小さいが、日本人の生活習慣病リスク者における糖質吸収抑制食の有効性が示されたと考えている。今後は、対象を耐糖能異常者に絞り、糖質吸収抑制食による各指標の改善効果をより詳細に検討するとともに、GI 低減作用のある食材料および調理方法を選択的に取り入れた献立を、炎症抑制作用、生活習慣病予防効果をもつ食事摂取法として情報発信していきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① 市川陽子、食事の Glycemic Index と生活習慣病一次予防、日本調理科学会誌、査読有、44(4)、2011、259-262
- ② Kazuki Mochizuki, Yasumi Misaki, Rie Miyauchi, Satsuki Takabe, Masaya Shimada, Noriyuki Miyoshi, Yoko Ichikawa, Toshinao Goda, Circulating IL-1β and IL-6 concentrations are closely associated with γ-GTP activity in middle-aged Japanese men without obvious cardiovascular diseases. *Metabolism*, 査読有, 60(7), 2011, 914-922
- ③ Mochizuki K, Misaki Y, Miyauchi R, Takabe S, Shimada M, Ichikawa Y, Goda T, Associations between markers of liver injury and cytokine markers for insulin sensitivity and inflammation in middle-aged Japanese men not being treated for metabolic diseases. *J Nutr Sci Vitaminol*, 査読有, 57(6), 2011, 409-17
- ④ 市川陽子、合田敏尚、望月和樹、佐野文美、低 GI 試験食の継続摂取と生活習慣病バイオマーカーの関連に関する介入研究、平成 22 年度静岡県立大学教員特別研究推進成果報告書、査読なし、2011、p21
- ⑤ 市川陽子、合田敏尚、望月和樹、佐野文美、ルミナコイド含量および糖質組成の異なる雑豆類の摂取と食後血糖変動の関連に関する研究、平成 23 年度静岡県立大学教員特別研究推進成果報告書、査読なし、2012、p74
- ⑥ 市川陽子、科学的根拠に基づいた健康サポートメニューの提案、FOOD STYLE、査読なし、17(1)、2013、1-4

[学会発表] (計 21 件)

- ① 若杉悠祐、田中美也子、佐野文美、市川陽子、雑豆類の Glycemic Index - 雑豆の種類および複合食での検討、第 64 回日本栄養・食糧学会大会 (徳島)、講演要旨集 p.112, 2010 年 5 月
- ② 池田恵美、若杉悠祐、佐野文美、市川陽子、芋類と雑豆類の種類および調理方法による Glycemic Index (GI) の変化、第 65 回日本栄養・食糧学会大会 (東京) 講演要旨集 p.134, 2011 年 5 月
- ③ 若杉悠祐、佐野文美、望月和樹、市川陽子、勤労男性に対する宅配惣菜を用いた 5 週間の食事介入による生活習慣病関連指標の変化、第 32 回日本肥満学会 (兵庫)

講演要旨集、p142、2011 年 9 月

- ④ 劉洋、若杉悠祐、佐野文美、市川陽子、レジスタントスターチと日常食との組合せ摂取による一日血糖値およびインスリン変動、第 59 回日本栄養改善学会学術総会 (愛知) 講演要旨集、p.194、2012 年 9 月
- ⑤ 劉洋、若杉悠祐、佐野文美、望月和樹、合田敏尚、市川陽子、レジスタントスターチと日常食との組合せ摂取による 1 日の糖質代謝指標の変動、日本食物繊維学会第 17 回学術集会要旨集、p. s70-s71、2012 年 11 月
- ⑥ 劉洋、若杉悠祐、佐野文美、望月和樹、合田敏尚、市川陽子、高 GI 食と低 GI 食摂取による血糖および脂質関連指標の変動、第 67 回日本栄養・食糧学会大会 (名古屋) 講演要旨集 p.92, 2013 年 5 月

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 食材の組み合わせ方法と食品の組み合わせ方法

発明者: 平本理恵、市川陽子

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 P09029 (国際特許分類: A23L 1/00)

出願年月日: 2011 年 8 月

国内外の別: 国外

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市川 陽子 (ICHIKAWA YOKO)

静岡県立大学・食品栄養科学部・准教授

研究者番号: 50269495

(2) 研究分担者

合田 敏尚 (GODA TOSHINAO)

静岡県立大学・食品栄養科学部・教授

研究者番号: 70195923

佐野 文美 (SANO AYAMI)

静岡県立大学・食品栄養科学部・助教

研究者番号: 20563399

(3) 連携研究者

なし