

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 6 月 11 日現在

機関番号：27103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22592353

研究課題名（和文） セルロース添加加工米による咀嚼および摂食量の制御

研究課題名（英文） Control of ingestion and mastication using a rice covered with cellulose coating

研究代表者

高橋 徹（Takahashi Toru）

福岡女子大学・人間環境学研究科・准教授

研究者番号：80324292

研究成果の概要（和文）：本課題は、申請者が開発したセルロース添加加工米で、食に対して満足感を充足しながら咀嚼回数増加と摂食量減少によって摂食量をコントロールすることを目的とした。さらに、fMRI 法による脳賦活化部位測定、食後血糖、咀嚼物の物性を測定することで、摂食量減少の作用機序を明らかにすることを目標とした。セルロース添加加工米による摂食量減少は、食後血糖とは関係がない一方で、咀嚼物の物性が関わっている可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study was to elucidate effects of a rice covered with cellulose coating on the intake and numbers of mastication, and to assess the mode of action of the rice with cellulose coating by measuring activities in brain using fMRI, postprandial blood glucose and physical properties. Not postprandial blood glucose but physical properties of masticated rice might decrease the intake of the rice.

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	1,200,000	360,000	1,560,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・社会系歯学

キーワード：咀嚼、セルロース、米、摂食量

1. 研究開始当初の背景

体重コントロールには食餌療法がしばしばとられる。しかし、食事制限によって摂取エネルギーを制限すると、食事に満足感が得られないことから、実際には食餌療法の効果は必ずしも十分に得られていないと数多く報告されている。そのため、食に対して満足感を充足しながら摂食量をコントロールできる食品が、体重の制御の観点から緊急に求められている。

一方で、体型や腹囲は咀嚼とも関係が深い。硬い食事の方が、腹囲や BMI がより低い傾向

にある。そのため、咀嚼回数が多いと食事の満足感が得やすく、肥満の予防になることが日本歯科医師会で提唱されている。したがって、満足感を充足しながら咀嚼回数を上昇させ、摂食量を減少させる食事が緊急に求められている。

2. 研究の目的

日本人が摂取する食品の中で最も多いのは米である。本課題は申請者が開発し、特許を申請したセルロース添加加工米で、食に対して満足感を充足しながら咀嚼数

増加と摂食量減少をめざしつつ、その作用機序を明らかにすることを目的とした。そのため、fMRI による脳賦活化部位、食後血糖、咀嚼物の粘度と摂取量との関係を検討した。また、摂取量と関係が深い咀嚼物の粘度を簡便に測定できる機器の開発もおこなった。

3. 研究の方法

(1) 摂食量と咀嚼回数測定

健康な大学生を被験者とし、セルロース添加加工米と普通の無洗米（対照米）の摂食量と咀嚼数を測定した。対照米は米 1 に対して水 1.5 の比率にして炊いた。セルロース添加加工米に加えた水は、対照米の水の量に、セルロースの保水量分を加えた量とした。セルロースの保水量は遠心分離法でおこなった。美作大学の倫理委員会の承認を得た。

(2) 咀嚼と脳との関係

咀嚼時の脳の賦活化部位を fMRI を用いて測定した。

(3) 汁摂取時の fMRI 法による満腹中枢の測定

咀嚼と脳との関係を明らかに出来なかったため、汁の摂取と満腹中枢の関係について測定をおこなった。汁の成分をエバポレータで分離した揮発性成分溶液と、汁のアミノ酸分析後再合成したアミノ酸拡散溶液、塩化ナトリウム溶液を試料とした。アミノ酸分析には L-8500（日立製作所）を用いた。それぞれの水溶液を摂取したときの脳賦活化部位

1. 5T MRI 装置 SIGNA MRI/i EchoSpeed 1.5 (GE Medical Systems, fairfield, CT, USA) を用いて測定した。解析には Matlab および SPM5 を用いた。福岡女子大学の倫理委員会の承認を得た。

(4) セルロース添加加工米と食後血糖との関係

一般的に、血糖が上昇すると摂取量が減少する。血糖上昇が摂食量制限に関わっている可能性を排除するために、セルロース添加加工米摂取時の食後血糖を普通米と比較した。食前、食後 15 分、30 分、45 分、60 分、120 分、180 分に被験者から採血し、血漿グルコース濃度とインシュリン濃度を測定した。美作大学の倫理委員会の承認を得た。

(5) 咀嚼物の粘度測定

咀嚼物の粘度と摂取量との関係を明らかにするために、セルロース添加加工米と対照米の咀嚼物の粘度を自身で開発した環流粘度計を用いて測定した。咀嚼回数は 0.7 回/s で 35 回咀嚼とした。被験者 20 人からセルロース添加加工米と対照米の咀嚼物 3L を採取し、粘度測定を行った。美作大学の倫理委員会の承認を得た。

(6) 簡易的な咀嚼物粘度計の開発

摂取量と咀嚼物の粘度の関係が示唆されたため、簡便に咀嚼物の粘度を測定できる粘度計の開発をおこなった。落球粘度計を基に作製した粘度計では測定値の精度が低かったため、新たに生コンクリート用の粘度計を基に開発を行った。測定に必要な試料の量は千分の一の 2g 程度とした。

4. 研究成果

(1) セルロース添加加工米と対照米を満腹に摂取した時の摂取量と咀嚼回数を測定した。

(2) 咀嚼時に発生する振動によるノイズのため、fMRI を用いた賦活化部位の測定が失敗した。

(3) 汁中の成分である揮発性物質、アミノ酸拡散混合液、塩化ナトリウム溶液、いずれの溶液を摂取しても満腹中枢を特に賦活化する成分は見られなかった。

(4) セルロース添加加工米は対照米と比べて、食後血糖を緩和した ($p < 0.05$)。摂食量減少は食後血糖上昇緩和では説明できないと考えた。

(5) セルロース添加加工米の咀嚼物の粘度は対照米よりも高いことが示された ($p < 0.05$)。咀嚼物の粘度と摂取量には負の相関が認められたため ($P < 0.05$)、セルロース添加加工米の咀嚼物の粘度が摂取量を減少させている可能性が示唆された。

(6) 若年と高齢者の咀嚼物の違い ($p < 0.05$) や、咀嚼回数や唾液量と咀嚼物の粘度の関係が示され ($p < 0.05$)、相対値では咀嚼物の粘度を評価できていると考えられる。今後は、咀嚼物専用の粘度計の精度を上げていき、摂取量との関係を明らかにしていきたい。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

- ① Yoshiyuki Hirano, Takayuki Obata, Hidehiko Takahashi, Atsumichi Tachibana, Daigo Kuroiwa, Toru Takahashi, Hiroo Ikehira, Minoru Onozuka, Effects of chewing on cognitive processing speed, Brain and Cognition, in press 2013 年
- ② 穴井美恵、高橋徹、森田十三、丸山智美、ビデオ観察法を用いて咀嚼行動を観察する際の観察者間および観察内誤差の検討、日本食生活学会誌 23 174-177 2013 年
- ③ Toru Takahashi, Ram B Singh, Fabien De Meester, Douglas W Wilson. How the 'West' can Overcome Unhealthy Behaviours to Prevent Chronic Diseases, Journal of Socialomics 2(1) [http://dx. doi. org/10. 4172/2167](http://dx.doi.org/10.4172/2167) 2013 年

- ④ Ram B Singh, Toru Takahashi, Takashi Nakaoka, Kuniaki Otsuka, Eri Toda, Hyun Ho Shin, Moon-Kyu Lee, Vicky Beeharry, Krisimira Hristova, Jan Fedacko7, Daniel Pella, Fabien De Meester, Douglas W Wilson, Lekh R Juneja, Danik M. Martirosyan, Nutrition in Transition from Homo sapiens to Homo economicus, The Open Nutraceuticals Journal 6 6-17 2013 年
- ⑤ Toru Takahashi, Eri Toda, Ram B. Singh, Amrat K. Singh, Fabien De Meester, Agnieszka Wilczynska and Douglas Wilson, Nutrient and the mind-body axis in relation to omega-3 fatty acids and amino acids, American Medical Journal 3(1) 14-26 2012 年
- ⑥ Eri Toda, Toru Takahashi, R.B. Singh, Shaan E. Alam, Fabien De Meester, Agnieszka Wilczynska and Douglas Wilson Paleolithic-Style Diet and Coronary Artery Disease: The Tissue is the Issue? American Medical Journal 3(2) 183-193 2012 年
- ⑦ 穴井美恵、高橋徹、森田十三、丸山智美、ビデオ観察法を用いて咀嚼行動観察のためのビデオカメラ設置条件の検討、食生活研究誌 33 12-19 2012 年
- ⑧ Takashi Nakaoka, Ram B Singh, Toru Takahashi, Kuniaki Otsuka, Lekh Juneja, DW Wilson, Hyun Ho Shin, Moon-Kyu Lee, Sung-Rae Kim Tracy Peressini, Germaine Cornelissen, and Franz Halberg, Glocalization of Social and Environmental Determinants of Health. J Socialomics 1(3) dx.doi.org/10.4172/2167-0358.1 2012 年
- ⑨ Jan Fedacko, Viola Vargova, Ram B. Singh, Baby Anjum, Toru Takahashi, Miki Tongnuka, Suniti Dharwadkar, Surendra Singh, Vijendra Singh, Shallendra K. Kulshresth, Fabien De Meeste and Douglas W. Wilson, Association of high w-6/w-3 fatty acid ratio diet with causes of death due to noncommunicable diseases among urban decedents in north India, The Open Nutraceutical Journal 5 113-123 2012 年
- ⑩ R. B. Singh, Adarsh Kumar, N. S. Neki, Daniel Pella, S. S. Rastogi, T. K. Basu, S. N. Acharya, Lekh Juneja, Toru Takahashi, K. Otsuka, Fabien De Meester and D. W. Wilson, Diet and Lifestyle Guidelines and Desirable Levels of Risk Factors for Prevention of Cardiovascular Disease and Diabetes among Elderly Subjects, A Revised Scientific Statement of the International College of Cardiology and International College of Nutriti, 3(4) 305-320 2011 年
- ⑪ Toru Takahashi, Eri Toda, Ram B. Singh, Fabien De Meester, Agnieszka Wilczynska, Douglas Wilson and Lekh R Juneja, Essential and Non-Essential Amino Acids in Relation to Glutamate, The Open Nutraceuticals Journal (4) 205-212 2011 年
- ⑫ Toru Takahasi, Flow behavior of digesta and the absorption of nutrients in the gastrontestine, Journal of Nutritional Science and Vitaminology 57 265-273 2011 年
- ⑬ 神田知子、安藤真美、高橋徹、丸山智美、五島淑子、大学生を対象とした煮干しだしと風味調味料だしの好みとうま味およびにおいに対する知覚との関係、日本家政学会誌 62 179-188 2011 年
- ⑭ Kentaro Murakami, Satoshi Sasaki, Yoshiko Takahashi, Kazuhiro Uenishi, Tomoko Watanabe, Toshiyuki Kohri, Mitsuyo Yamasaki, Reiko Watanabe, Keiko Baba, Katsumi Shibata, Toru Takahashi, Hitomi Hayabuchi, Kazuko Ohki, Junko Suzuki, Neighborhood socioeconomic status and premenstrual symptoms: a cross-sectional study of young Japanese women, Clinical Medicine: Women's Health (doi:10.4137/CMRWH.S3381) 2 2010 年
- ⑮ 丸山智美、神田知子、高橋徹、中学生におけるかつおだしの嗜好の性差について、思春期学 28 170-176 2010 年
- [学会発表] (計 24 件)
- ① 高橋徹、太田奈保美、宮本恵、古瀬充宏、及川大地、安尾しのぶ、織田銃一、徳永美希、消化管内容物中のグルコースの自己拡散と腸管でのグルコース吸収との関連、第 18 回 Hindgut Club Japan、2012 年 12 月 8 日
- ② Toru Takahashi, Function of Fibers involving the Glucose Absorption in the Small Intestine [招待有り], 13th International Conference of Function Food Center, Dallas, US 2012 年 11 月 31 日
- ③ 成瀬祐子、眞木優子、高橋徹、堀内理

- 恵、幼児の食に関する保護者の意識と幼児の食生活の実態、第59回日本栄養改善学会学術総会、2012年9月12日
- ④ 穴井美恵、高橋徹、森田一三、丸山智美、ビデオ観察法を用いた養護老人ホーム入所高齢者の食べる速さに関連する要因の検討、第59回日本栄養改善学会学術総会、2012年9月12日
- ⑤ 丸山智美、穴井美恵、神田知子、高橋徹、森田一三、ビデオ観察で評価できる摂食時と咀嚼時動作の検討—高齢者福祉施設の給食喫食を利用した高齢者の観察—、第59回日本栄養改善学会学術総会、2012年9月12日
- ⑥ M. Tokunaga, M. Naoi, M. Niwa, K. Kubo, Y. Hirano, J. Mizuno, M. Onozuka, T. Takahashi, Effects of the odorants in soup stock on the perception of the umami taste and the olfactory and memory pathways in the brain [招待有り] 16th World Congress on Clinical Nutrition, Dehli, India 2011年9月12日
- ⑦ Nahoko Ota, Miki Tokunaga, Toru Takahashi, Crystalline cellulose and pectin in the digesta decrease the self-diffusion of glucose in the small intestinal lumen, 16th World Congress of Clinical Nutrition, Dehli, India 2011年9月12日
- ⑧ Megumi Miyamoto, Miki Tokunaga, Toru Takahashi, Effect of Glucose concentration on water absorption in the small intestine, 16th World Congress of Clinical Nutrition, Dehli, India 2011年9月12日
- ⑨ Toru Takahashi, Significance of glucose absorption and rapidly absorbed foods in relation to health and disease [招待有り], 16th World Congress on Clinical Nutrition, Dehli, India 2011年9月11日
- ⑩ T. Takahashi, M. Tokunaga, M. Naoi, S. Maruyama, T. Koda, K. Kitamori, The luminal environment and glucose behavior in the small intestine [招待有り], 9th International Drug Discovery Science and Technology, Shinzen, China 2011年11月3日
- ⑪ 高橋徹、直井美津子、徳永美希、消化管内の流れに関するシミュレーション、平成23年度日本栄養・食糧学会九州・沖縄支部、佐賀大学、2011年9月3日
- ⑫ T. Imai, S. Maruyama, T. Takahashi, H. Uchida, M. Kagawa Factors of influencing the body image of Japanese college students, the 6th Asia-Oceania perspective, Manila, Philippine 2011年9月1日
- ⑬ 高橋徹、栄養学の領分と課題 [招待有り] 第5回栄養改善学会若手の会夏期講習会 2011年8月28日
- ⑭ H. Uchida, M. Kagawa, T. Takahashi, S. Maruyama, T. Imai Prevalence of abnormal eating attitudes in Japanese female university students and its related factors, XI Asian Congress on Nutrition, Thailand 2011年7月15日
- ⑮ Kagawa, M., Takahashi, T., Maruyama, S., Imai, T., Uchida, H., Differences in body image and lifestyle behaviors in young Japanese female university students enrolled in health sciences. XI Asian Congress of Nutrition, Thailand 2011年7月14日
- ⑯ 高橋徹、腸管運動と水吸収 [招待有り]、第64回日本栄養・食料学会サテライトシンポジウム 2011年5月19日
- ⑰ 徳永美希、久保金哉、丹羽政美、平野好幸、小野塚実、高橋徹、fMRIを用いただし揮発性成分のうま味認知機序、第65回日本栄養・食料学会、お茶の水女子大、2011年5月15日
- ⑱ 高橋徹、石原則幸、大久保 勉、ジュネ ジャ レカ ラジュ、グァーガム酵素分解物添加飼料摂食が総摂取量に与える影響、第65回日本栄養・食料学会、お茶の水女子大、2011年5月14日
- ⑲ Toru Takahashi, Mitsuko Naoi, Miki Tokunaga, Blood glucose control with fibres for shift workers [招待有り], 62nd Annual National Conference of Indian Association of Occupational Health, Dehli, India 2012年2月1日
- ⑳ 高橋徹、腸管運動と水吸収 [招待有り]、第16回 Hindgut Club Japan シンポジウム 2010年12月5日
- ㉑ 高橋徹、神田知子、北森一哉、大平英夫、中東加保梨、梅木陽子、金本郁美、牛込恵子、野口孝則、阿部稚里、丸山智美、日本栄養改善学会若手の会、栄養学における若手実践研究者・活動者のネットワーク構築5年目の活動報告、第57回日本栄養改善学会、女子栄養大学、2010年9月12日
- ㉒ 堀内理恵、藤井久美子、横溝佐代子、谷野永和、高橋徹、食事バランスガイドを活用した女子学生の食生活状況と食行動との関連、第57回日本栄養改善学会、2010年9月12日
- ㉓ Toru Takahashi, Crystalline cellulose in digesta decrease

self-diffusion of glucose on the radial axis of the intestine in the lumen [招待有り], The 9 th Vahouny Fiber Symposium, Bethesda, US 2010年6月8日

- ②4 高橋 徹、石原則幸、大久保 勉、ジュネ ジャ レカ ラジュ、グァーガム酵素分解物添加飼料摂食が総摂取量に与える影響、第23回日本栄養・食糧学会、2010年5月14日

[図書] (計3件)

- ① Toru Takahashi, Mari Noborikawa, Sen-ichi Oda, Satomi Maruyama, Tomoko Koda, Miki Tokunaga, Mitsuko Naoi, Kazuya Kitamori, Chapter14. Digesta viscosity and glucose behavior in the small intestine lumen, In: Cho S. (ed) Dietary Fiber and Health CRC press (Boca Raton, Florida, US) pp.185-195, 2012年
- ② 高橋徹、消化管内容物の粘度とその生理的意義、消化管の栄養・生理と腸内細菌、アニマルメディア社(東京)113-124、2010年
- ③ 高橋徹、第8章食品物性・官能試験、第9章バイオテクノロジーの食品への応用「食品学I」、建帛社、2010年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 徹 (Takahashi Toru)
福岡女子大学・人間環境学研究科・准教授
研究者番号：80324292

(2) 研究分担者

徳永 美希 (Tokunaga Miki)
福岡女子大学・国際文理学部・助手
研究者番号：90610238

小野塚 実 (Onozuka Minoru)
神奈川歯科大学・歯学部・教授
研究者番号：90084780