

博士學位論文審査報告書

大学名	早稲田大学		
研究科名	スポーツ科学研究科		
申請者氏名	坂崎 未季		
学位の種類	博士（スポーツ科学）		
論文題目	中高年女性における運動前の異なるグリセミック指数の食事摂取が基質代謝及び食欲に与える影響 Effects of a pre-exercise meal with different glycaemic indices on substrate metabolism and appetite in middle-aged and older women		
論文審査員	主査	早稲田大学教授	宮下 政司 Ph.D. (Loughborough University)
	副査	早稲田大学教授	澤田 亨 博士 (医学) (順天堂大学)
	副査	早稲田大学教授	田口 素子 博士 (スポーツ科学) (早稲田大学)

生活習慣病の予防及び改善においては、食事と運動の併用がエネルギー出納バランスを長期的に維持していく観点で重要である。食事の観点において、エネルギー量が同量であっても食品あるいは食品の加工・調理形態等により食後グルコース濃度上昇の程度が異なることが知られており、その最たる例が食後グルコース上昇能を示す指標のグリセミック指数（以下、GI）である。この異なるGIの食事摂取による食後糖代謝（グルコースやインスリン）の変動の多寡を利用し、初期のスポーツ栄養学の分野では、主に男性アスリートおよび活動的な男性を対象とし、低GIの食事摂取によるグルコースの緩やかな上昇やインスリンの上昇を抑えることで脂質代謝の亢進を狙い、運動パフォーマンスに着目した検討が多く実施されてきている。しかし、これらの先行研究の結果を健康づくりの観点で一般的な人への汎用可能性は不明であり、さらには欧米人を対象とした研究であるため食後の代謝応答が人種間で異なることを勘案すると、GIの食事摂取と運動とを併用した介入研究の場合、GIを用いた食事摂取から運動開始までの時間について検討する必要がある。また、異なるGIを用いた食事摂取は食後糖代謝の変動の程度に影響するため、その後の食欲にも影響を与える可能性が考えられるが、当該分野で食欲を評価項目として検討している研究は多く報告されていないのが現状である。そこで本博士学位論文では、特に加齢とともに生活習慣病のリスクが高まる女性に着目し、運動習慣のない日本人の中高年女性を対象に運動前の異なるGIの食事摂取が脂質・糖代謝及び食欲に与える影響について検討した。本博士学位論文は、5章から構成され、その概要は以下の通りである。

第1章では、食後グルコース上昇能が緩やかな低GIの食事摂取が基質代謝や食欲に及ぼす影響を概説し、さらに運動との組み合わせにて主に運動パフォーマンスに着目している先行研究を参照しつつ、運動との併用を考えた際のGIの食事摂取のタイミングに言及しながら、本博士論文の着想について説明をしている。さらに今後、運動前の異なるGIの食事摂取やそのタイミングが基質代謝や食欲に与える影響について検討するための課題や方策について、

その学術的研究の意義を問題提起した上で、本博士学位論文として学術的に集積すべき検討課題を2つ挙げ、以下の第3章から第4章における2つの研究課題を設定した。

第2章では、課題研究1（第3章）の研究分野の文献考証として、運動前に異なるGIの食事を摂取し、運動中の脂質又は糖質酸化量を評価した急性の介入研究について、表2-1を用い丁寧に概説している。同様に本博士論文の副次項目である食欲に関わる研究分野の文献考証として、運動前に異なるGIの食事を摂取し、その後の食欲（主観的食欲および食欲関連ホルモン）を測定している研究について、表2-2を用い詳細にまとめている。

第3章（課題研究1）では、日本人の中年女性（平均年齢 40.9 ± 6.5 歳、平均値 \pm 標準偏差）15名を対象に、運動前の異なるGIの食事摂取が60分間の運動中の基質代謝及び食欲に与える影響を検討した。その結果、高GI食の摂取と比較して低GI食の摂取において、60分間の歩行運動中の脂質酸化量（主評価項目）が増大し、糖質酸化量が抑制されることを示した。しかし、運動前の異なるGIの食事摂取は食後のグルコース、インスリン及び食欲抑制ホルモンであるペプチドYY濃度の変化をもたらしたにもかかわらず、経時的に評価した主観的食欲および報酬系食欲において有意な影響は認められなかった。なお、上記の課題研究1の成果は、Scimago Journal & Country RankのFood Scienceカテゴリーに登録されている359の学術雑誌のうちQ1（上位25%）に位置するJournal of Nutritional Scienceに掲載された（関連論文1）。

第4章（課題研究2）では、加齢及び閉経による性ホルモンの変化によって代謝性疾患のリスクが高いとされる中高年の閉経後女性（平均年齢： 59.8 ± 7.4 歳、平均値 \pm 標準偏差）8名を対象に、食事開始から運動までの時間を120分及び60分と設定し、120分-高GI試行、120分-低GI試行、60分-高GI試行、60分-低GI試行の4試行における交差試験にて、運動前の異なるGIの食事摂取及び食事のタイミングが30分間の運動中の基質代謝及び食欲に及ぼす影響を検討した。その結果、30分間の歩行運動中における基質酸化量（脂質酸化量及び糖質酸化量）に試行間の差は認められなかった。一方で、食後の脂質代謝（遊離脂肪酸濃度及び3-ヒドロキシ酪酸濃度）は高GI食の摂取と比較して低GI食の摂取で亢進し、食事から60分後に運動を実施するよりも120分後に運動を実施することによって運動後の脂質代謝が促進することが示された。報酬系食欲に与える影響については、高GI食の摂取において高脂肪食への嗜好性が低下する可能性が示唆された。また、食事から運動までの時間が120分の試行では低GI食の摂取が運動後の主観的食欲を低下させることを示した一方で、食事から60分後に運動を開始すると食欲の亢進をもたらすことが明らかとなった。

第5章では、2つの課題研究について包括的に議論するとともに、本博士学位論文の限界点や今後の課題について言及している。課題研究1及び2より得られた主評価項目であった運動中の脂質酸化量の知見について、対象者の特性（年齢及び耐糖能）に応じたGIを用いた試験食の検討が必要であるとまとめている。具体的には、研究課題2よりGIの違い及び運動開始までの時間に関わらず、運動前1時間において食後のインスリン濃度に大きな違いが試行間で認められなかったことが運動中の脂質酸化量に違いが認められなかった一因として挙げている。そのため、研究対象者の年齢及び耐糖能に応じて、推定のGI値と実際の代謝反応

の差異を考慮し、適切な炭水化物量の設定と食事のタイミングを検討する必要があると展望としてまとめている。また、報酬系食欲に与える影響とその要因が不明瞭であったことから、本博士学位論文で使用した報酬系食欲の評価ツールである日本語版の Leeds Food Preference Questionnaire を用いた知見の集積や主観的食欲及び食欲関連ホルモンとの関連性を含めて検討していく必要があると限界点として記載している。また、実際の食行動としてビュッフェ食や食事摂取記録等を用いて異なる GI の食事摂取と運動との併用による長期的介入が実際のエネルギー摂取量や食品の選択行動に及ぼす影響を検討することにより、体重コントロールに寄与する有用な知見が得られる可能性があるとして展望を述べている。さらに、食後の代謝反応が異なる人種間、年代間、健常者及び疾病者間の直接的な比較研究の知見の集積により、個人の特性に応じた生活習慣病の予防及び改善に寄与する食事と運動の確立に繋がると学術的検討の意義とその重要性を展望としてまとめている。

本博士学位論文は、これまで欧米で実施されている研究対象者とは異なる代謝応答が推察される人種での検討及び食事から運動開始までのタイミングに着目し、日本人の中高齢者を対象に運動中の脂質酸化量に対し運動前の低 GI の食事摂取の有用性（研究課題 1）及び最適なタイミング（研究課題 2）を検討している。よって、当該分野の研究知見の集積において重要な知見を見出したことに対し、大いに評価できる博士学位論文である。また、副次評価項目の食欲の指標において、当該分野で検討されていない報酬系食欲の評価方法における検討を行っている。これらの研究デザインや評価項目に着目した研究は、極めて学術的に不足している研究であることから、本研究科で定める独創性かつ高度な専門的知識に基づいた研究成果に値し、研究内容の社会的意義が高く、今後、異なる人種間での介入研究による比較検討が期待される。以上、坂崎未季氏が申請した博士学位論文は、博士（スポーツ科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

【関連論文】本博士学位論文に関連した学術論文は、以下の通りである。なお、下記の関連論文は、坂崎未季氏が博士後期課程入学後に指導教員の指導のもと実施した第3章（課題研究 1）より得られた論文である。

第3章

1. Sakazaki M, Yoshikawa Y, Kamemoto K, Tataka Y, Yamada Y, Wu CL, Miyashita M. Effects of pre-exercise high and low glycaemic index meals on substrate metabolism and appetite in middle-aged women. *Journal of Nutritional Science*. 2023;12:e114.

以 上