

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 11 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750306

研究課題名(和文) 運動後栄養摂取のタイミングに関する研究-消化吸收活動の観点から-

研究課題名(英文) Effect of timing of post-exercise nutrient ingestion on digestive and absorptive activations in humans.

研究代表者

鍛島 秀明(Kashima, Hideaki)

県立広島大学・人間文化学部・助教

研究者番号：40714746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：運動後の栄養摂取のタイミングが消化吸收活動に及ぼす影響を検討した。被験者は運動終了の5分後、あるいは30分後に、タンパク質・糖質含有飲料を摂取し安静を保った。対照条件として、飲料摂取のみを行う条件を実施した。超音波診断装置を用いて、腹腔動脈(CA)および上腸管膜動脈(SMA)の血流(BF)および胃排出(GE)を測定した。運動後、消化管BFが減少している運動直後のタイミングで栄養補給を行うと、GEの遅延が生じることが明らかとなった。運動後栄養摂取のタイミングを消化器系の機能や愁訴の観点から考えた場合、運動後30分程は間隔をあけることが望ましいと推察される。

研究成果の概要(英文)：This aim of this study was to investigate the effect of gastrointestinal blood flow on the digestive and absorptive activations following strenuous exercise in humans. A carbohydrate-protein drink was ingested at either 5 min (i.e., profoundly decreased celiac artery blood flow; CABF) or 30 min (i.e., already recovered CABF) post-exercise. In the 5 min post-exercise trial, the gastric emptying (GE) rate and superior mesenteric artery blood flow (SMABF) response were slower than those in the 30 min post-exercise trial. The GE rate and SMABF response may be altered depending on the post-exercise CABF response. The present data provide useful information to prevent GI distress and encourage effective recovery from physical fatigue among athletes.

研究分野：応用生理学

キーワード：胃排出 消化管血流 胃腸障害 消化管粘膜障害 運動後栄養摂取 タイミング

1. 研究開始当初の背景

スポーツ栄養学の専門書でよく取り上げられる内容の1つに、運動後の栄養摂取のタイミングがある。持久性運動では、その後2時間以内に糖質を摂取すると、運動により枯渇した筋グリコーゲンが短時間でより多く再充填される。レジスタンス運動では、その後1時間以内にタンパク質を摂取すると、筋タンパク質の合成率が急激に高まる。運動様式や目的に応じて、摂取する栄養素の内容は変わるものの、タイミングは、総じて「運動直後」が重要とされ、活動筋への基質の充填や合成の観点では、正の効果が多く報告されている。

一方、運動中や運動後に、「腹痛」を主訴とする胃腸障害や、それに伴う食欲減退は多くの者が経験する。最近のアメリカ生理学会誌の総説では、「運動誘発性の腹痛経験者の割合は25-70%にも上る」と記述されている。つまり、運動による胃腸障害は、誰にでも起こり得る症状であり、かつ、パフォーマンスの低下や食事計画の変更を余儀なくされるため、スポーツ科学・栄養学の分野では、解決すべき問題の一つと認識される。

胃腸障害の発端となる要因として、多くの研究者は消化管血流の減少を挙げている。胃に血液を送る腹腔動脈 (Celiac Artery, 以下 CA) と小腸に血液を送る上腸間膜動脈 (Superior Mesenteric Artery, 以下 SMA) の血流量 (BF) は、運動に伴って著しく減少し、胃腸の粘膜細胞 [例: 小腸脂肪酸結合タンパク (Intestinal-Fatty Acid Binding Protein, 以下 I-FABP) の漏出] にダメージを与え、その結果、腹痛や食欲減退などの愁訴となる。ダメージを負った胃腸の状態では食事を行うと、胃腸への過度な負担がかかり、消化不良や吸収障害が生じることは十分予想される。もしそうであれば、運動後の栄養摂取のタイミングを論じる上で、活動筋への基質の充填や合成での正の効果と、消化器系で起こる負の効果の両者を総合的に理解する必要があると考えられる。

消化管 BF は食後に著しく増加することから、消化器系の諸機能を支えている重要な生理因子であることは明白である。もし、運動後の消化管血流の減少が消化管活動に不具合をもたらす要因の一つであるならば、運動後の消化管 BF が運動前の安静レベルまで回復したタイミングで栄養補給を行えば、消化管の諸機能は正常に保たれる可能性がある。

消化管の代表的な機能の一つに、胃から小腸へと食べ物や排出される過程である「胃排出 (Gastric emptying, 以下 GE)」があり、運動中の研究では、水分・栄養補給の観点からこれまでに数多く報告されている。GE の遅延は胃内における消化活動の抑制を意味し、その影響は小腸における栄養素の吸収に要する時間にも波及する。GE は高強度の運動中に抑制され、特に、インターバルトレーニングのような間欠的な高強度運動では顕

著に抑制される。このように、運動中の GE に関するエビデンスは蓄積されている。一方、運動後の GE を調査した研究はごく少数であり、運動後の栄養摂取の異なるタイミングで GE を検討した研究は見当たらない。

2. 研究の目的

実験1では、運動後の消化管活動の不調の要因の一つとして消化管血流に着目し、運動後、消化管活動からみた栄養摂取にとって「良い」「悪い」タイミングを明らかにすることを目的とした。また、運動時の消化管粘膜の損傷レベルを把握するために血漿 I-FABP 濃度を測定した。

実験2では、高強度レジスタンス運動後、栄養摂取のタイミングが GE および血中グルコース・分岐鎖アミノ酸の応答に及ぼす影響を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

実験1: 運動後栄養摂取のタイミングが消化管血流、胃排出および消化管粘膜損傷に及ぼす影響 - 高強度間欠的運動による検討 -

健康な若年男性8名は、脚自転車エルゴメータを用いて、120%VO₂peak 負荷で20秒、引き続いて20Wで40秒こぐセットを30回繰り返す間欠的運動を行い、運動終了の5分後 (PE-5)、あるいは30分後 (PE-30) に、糖質9gとタンパク質15gを含有した飲料を経口摂取し、1時間の安静を保った。対照条件 (Con) として、飲料摂取のみを行う条件を実施した。超音波診断装置を用いて、CA および SMA の BF および GE を測定した。運動前安静時および飲料摂取後に指先より採血し、その血液サンプルから I-FABP を測定した。

実験2: 運動後栄養摂取のタイミングが胃排出、胃腸障害、血中グルコースおよび血漿分岐鎖アミノ酸の応答に及ぼす影響 - 高強度レジスタンス運動による検討 -

健康な若年男女11名は、背部、胸部、大腿部を主動筋とした全身性のレジスタンス運動を約30分間行った。1-2セット目は、50% of 1RM の負荷で10回、3-5セット目は、75% of 1RM で10回、最終セットは75% of 1RM で疲労困憊に至るまでとした。被験者は2つの異なるタイミング [運動終了5分後 (PE-5) あるいは30分後 (PE-30)] で糖質12gとタンパク質20gを含有した飲料を経口摂取し、その後120分間の安静を保った。対照条件 (Con) として、運動は行わず飲料のみを摂取させた。GE は ¹³C 呼気試験法を、胃腸障害は視覚的評価法を用いて評価した。飲料摂取前後に指先より採血し、その血液サンプルから BG および BCAAs を測定した。

4. 研究成果

実験1: I-FABP は、PE-5 および PE-30 ともに運動後に有意な増加を示した。CABF は、

PE-5 では、運動直後に有意な減少を示し、飲料摂取後は安静時と変わらない値で推移した。PE-30 では、運動直後には有意な減少を示し、飲料摂取直前には安静値まで回復した(図1左)。飲料摂取後は、15-30分後まで有意な増加を示した。Con では、飲料摂取30分後に有意な増加がみられた。SMABFは、PE-5では、飲料摂取30分目から、PE-30では、飲料摂取15分目から有意な増加がみられた(図1右)。Conでは、飲料摂取15分目から増加傾向が認められた。GEは、PE-5がPE-30およびConに比べて有意に遅かった(図2)。運動後、消化管BFが減少しているタイミングで栄養補給を行うと、GEの遅延が生じることが示された。諸機能から望ましいと考えられる、運動後の栄養摂取のタイミングは、運動によって減少した消化管BFが回復した後であることが示唆された。

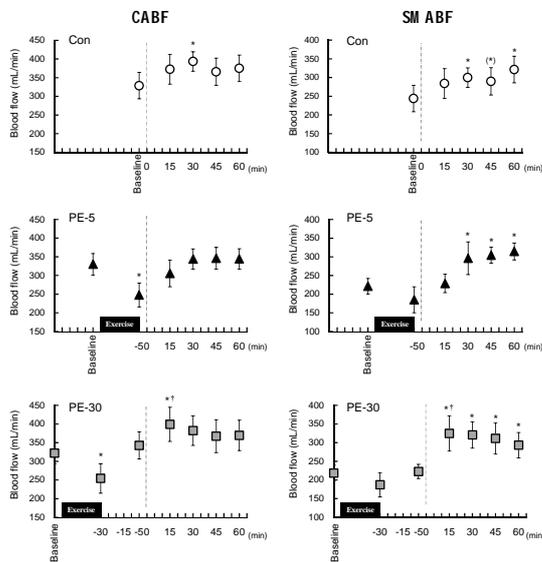


図1 運動後栄養摂取時の腹腔動脈血流(CABF)および上腸間膜動脈血流(SMABF)の応答。縦点線は飲料摂取のタイミング。*: vs. Baseline, $p < 0.05$. †: PE-5 vs. PE-30, $p < 0.05$.

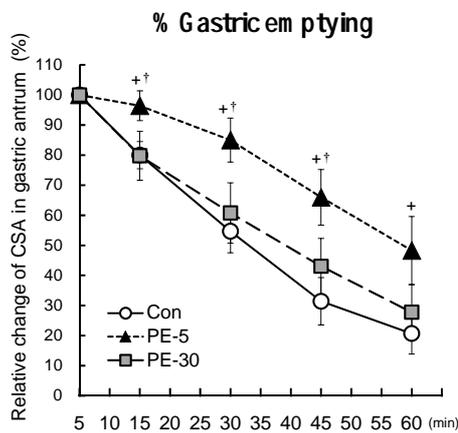


図2 運動後栄養摂取時の胃排出(GE)の推移。+: Con vs. PE-5. †: PE-30 vs. PE-5. $p < 0.05$.

0.05.

実験2: PE-5でのみ、飲料摂取後に胃腸障害が生じた。PE-5ではPE-30とConに比べてGEが遅延し(図3)、その結果、BGおよびBCAAsの上昇にも遅延が生じた(図4)。PE-30とConでは、GE、BGおよびBCAAsに有意差は認められなかった。運動後栄養摂取のタイミングを消化器系の機能や愁訴の観点から考えた場合、運動後30分程は間隔をあけることが望ましいと推察される。

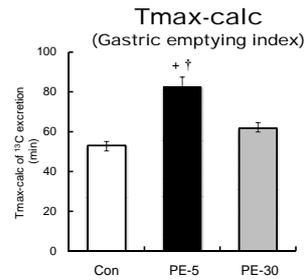


図3 運動後栄養摂取時の胃排出(GE)速度。+: PE-5 vs. Con. †: PE-5 vs. PE-30. $p < 0.05$.

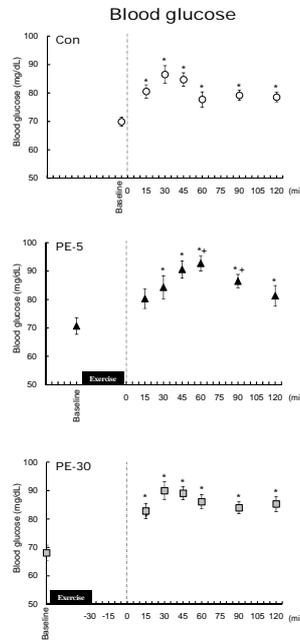


図4 運動後栄養摂取時の血中グルコース濃度の変化。縦点線は飲料摂取のタイミング。*: vs. Baseline. †: PE-5 vs. Con.

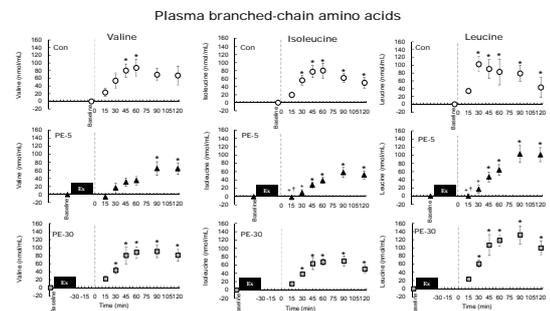


図5 運動後栄養摂取時の血漿分枝鎖アミノ酸濃度の変化。縦点線は飲料摂取のタイミング。*: vs. Baseline. †: PE-5 vs. Con. ‡: PE-5 vs. PE-30. $p < 0.05$.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Kashima H, Eguchi K, Miyamoto K, Fujimoto M, Endo MY, Aso-Someya N, Kobayashi T, Hayashi N, Fukuba Y. Suppression of Oral Sweet Taste Sensation with *Gymnema sylvestre* Affects Postprandial Gastrointestinal Blood Flow and Gastric Emptying in Humans. **Chem Senses.**, 査読有 42(4):295-302, 2017. DOI: 10.1093/chemse/bjw126.

Kashima H, Uemoto S, Eguchi K, Endo MY, Miura A, Kobayashi T, Fukuba Y. Effect of soy protein isolate preload on postprandial glycemic control in healthy humans. **Nutrition.**, 査読有 32(9):965-9, 2016. DOI: 10.1016/j.nut.2016.02.014.

Eguchi K, Kashima H, Yokota A, Miura K, Yamaoka Endo M, Hirano H, Tsuji T, Fukuba Y. Acute effect of oral sensation of sweetness on celiac artery blood flow and gastric myoelectrical activity in humans. **Auton Neurosci.**, 査読有 197:41-5, 2016. DOI: 10.1016/j.autneu.2016.03.002.

〔学会発表〕(計10件)

Hideaki Kashima, Masaki Fujimoto, Kana Sugimura, Masako Yamaoka Endo, Akira Miura, Yoshiyuki Fukuba. Timing of post-exercise nutrient ingestion: effects on gastric emptying and glycemic response in humans. 第94回日本生理学会大会, 2017. 03. 28-29 静岡(浜松)

鍛島 秀明, 原田 奈緒, 藤元 将樹, 江口航平, 遠藤(山岡)雅子, 三浦 朗, 福場良之, 運動後栄養飲料摂取のタイミングが消化管血流および胃排出に及ぼす影響, 第71回日本体力医学会, 2016. 09. 23-25 岩手(盛岡)

Fujimoto M, Fukuba Y, Harada N, Eguchi K, Endo Y M, Kashima H. Timing of post-exercise nutrient ingestion: effects on gastric emptying and splanchnic blood flow. 17th International Symposium on Olfaction and Taste. Date, June 6-8, 2016, PACIFICO Yokohama, Japan.

Kashima H, Eguchi K, Miyamoto K, Endo MY, Fukuba Y. The role of oral sweet taste in regulating postprandial gastric emptying and gastrointestinal blood flow in humans. 17th International Symposium on

Olfaction and Taste. Date, June 6-8, 2016, PACIFICO Yokohama, Japan.

鍛島 秀明, 江口 航平, 山岡(遠藤)雅子, 三浦 朗, 福場 良之, 下肢自転車運動が上肢レジスタンス運動中の血圧応答に及ぼす影響, 第70回日本体力医学会大会 2015. 09. 18-20 和歌山

Kohei Eguchi, Hideaki Kashima, Masako Y Endo, and Yoshiyuki Fukuba. The cephalic phase responses of celiac artery blood flow and gastric motility to oral sweet taste. Experimental Biology. Date, March 28-April 1, 2015, Boston. USA.

Hideaki Kashima, Hatsumi Ueoka, Saori Uemoto, Kohei Eguchi, Masako (Yamaoka) Endo, Akira Miura, Toshio Kobayashi and Yoshiyuki Fukuba. Effect of an isolated soy protein preload on post-meal glycemic control in healthy human. Experimental Biology. Date, March 28-April 1, 2015, Boston. USA.

鍛島 秀明, 江口 航平, 遠藤(山岡)雅子, 福場 良之, スポーツ飲料摂取時の味覚強度と嗜好度に対するエアロビック(ダンス)運動の影響, 日本味と匂学会第48回大会, 2014. 10. 2-4 静岡

江口 航平, 鍛島 秀明, 上岡 はつみ, 遠藤(山岡)雅子, 福場 良之, 口腔内甘味刺激による腹腔動脈血流および胃運動の急性応答, 日本味と匂学会第48回大会, 2014. 10. 2-4 静岡

江口 航平, 鍛島 秀明, 染矢 菜美, 上岡 はつみ, 遠藤(山岡)雅子, 福場 良之, 口腔内の甘味刺激が腹腔動脈血流に及ぼす影響, 第70回日本生理人類学会大会, 2015. 06. 21-22 福岡

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.pu-hiroshima.ac.jp/~fukuba/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

鍛島 秀明 (KASHIMA Hideaki)
県立広島大学・人間文化学部・助教
研究者番号: 40714746