

令和 2 年 7 月 5 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19763

研究課題名(和文) 呼気中アセトン濃度を指標とした糖代謝・脂質代謝の評価

研究課題名(英文) Evaluation of glucose and fat metabolism using breath acetone concentration

研究代表者

後藤 一成 (GOTO, KAZUSHIGE)

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：60508258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、一過性の運動が呼気中アセトン濃度やその他の代謝関連指標に及ぼす影響を、運動後における炭水化物摂取量の相違と関連づけて検討することを目的とした。研究の結果、短時間・高強度運動や長時間の持久性運動後に炭水化物摂取量を制限した場合、呼気中アセトン濃度が上昇することが明らかになった。また、運動後における呼気中アセトン濃度の推移は、体内における炭水化物利用能や持久性運動パフォーマンスの回復を反映する可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、短時間・高強度運動や長時間の持久性運動後に呼気中アセトン濃度の上昇することが明らかになった。このことは、運動に伴う脂質代謝の亢進を反映すると考えられる。呼気中アセトン濃度の評価には採血の必要がなく、簡易に実施することが可能である。今後は、呼気アセトン濃度を指標として、運動に伴う糖・脂質代謝の変化や疲労からの回復の程度を評価する試みが期待される。

研究成果の概要(英文)：The present study determined the effect of acute exercise on breath acetone concentration, carbohydrate and fat metabolism during post-exercise. The influence of different carbohydrate intake on breath acetone concentration was also evaluated. Consequently, carbohydrate restriction following high-intensity interval exercise and endurance exercise increased breath acetone concentration. Moreover, the findings suggest that time-course changes in breath acetone concentration during post-exercise reflect carbohydrate availability and recovery of endurance capacity.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：呼気中アセトン濃度 ケトン体 持久性運動 短時間・高強度運動 リカバリー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脂肪組織に蓄積した中性脂肪は分解され血中に遊離した後に、骨格筋または肝臓において代謝(酸化)される。脂肪酸が肝臓で代謝されると代謝産物としてケトン体が産生される。ケトン体の1種であるアセトンはきわめて揮発性が高いことから、その大部分は呼気として体外に排出される(=呼気中アセトン濃度の上昇)。したがって、呼気中アセトン濃度の変化から、脂質代謝や糖代謝の様相を評価することが可能と考えられる。実際に、糖代謝能が減弱した2型糖尿病患者では、呼気中のアセトン濃度は上昇する(Anderson, 2015)。また研究代表者は、60分間のペダリング運動後に呼気中アセトン濃度が大きく上昇し、その変化は脂肪酸化量(代謝分析測定機により評価)ときわめて高い正の相関を示すことを確認している(森井ら、2016)。

持久性運動は、骨格筋や肝臓における貯蔵グリコーゲン量を低下させる。また、運動後に速やかに炭水化物量を摂取すると、貯蔵グリコーゲン量の回復が促進される。この際に、呼気アセトン濃度の変化から、運動後における糖代謝・脂質代謝の様相や運動パフォーマンスの回復を評価できるかもしれない。

2. 研究の目的

本研究では、一過性の運動が呼気中アセトン濃度やその他の代謝関連指標に及ぼす影響を、運動後における炭水化物摂取量の相違と関連づけて検討することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 短時間・高強度運動後における炭水化物摂取量の相違が呼気中アセトン濃度、糖・脂質代謝に及ぼす影響(研究1)

【方法】成人男性9名が、夕方(16時半)から筋グリコーゲン量の減少を目的として高強度運動(30秒間全力ペダリングを4セット、セット間には10分の休息)を実施した。その後の夕食に、低炭水化物食(炭水化物20%、タンパク質20%、脂肪60%)または通常食(炭水化物60%、タンパク質20%、脂肪60%)から構成される規定食を提供した(両規定食における総カロリーは統一した)。運動前、運動1, 3, 4時間後および翌朝(早朝空腹時)に呼気中アセトン濃度、血清ケトン体濃度および安静時のエネルギー代謝量を評価した。

(2) 持久性運動後における炭水化物摂取量の相違が呼気中アセトン濃度、糖・脂質代謝および運動パフォーマンスの回復に及ぼす影響(研究2)

【方法】男性8名が、早朝空腹時に持久性運動を疲労困憊に至るまで実施をした(1回目の運動)。この運動の終了後に高炭水化物食(体重あたり2.4g、高炭水化物食条件)または低炭水化物食(体重あたり0.6g、低炭水化物食条件)を摂取した。1回目の運動終了2時間の時点から、2回目の持久性運動を実施した。この運動では、最大酸素摂取量の65%に相当する強度でのペダリング運動を疲労困憊に至るまで継続し、この際の運動継続時間を2回目の運動における持久性運動パフォーマンスの指標とした。1回目の運動前から2回目の運動直後まで、呼気

中アセトン濃度の変化を経時的に評価した。また、前腕静脈から採血を行い、血中グルコース、乳酸、ケトン体濃度などの変化を検討した。

4. 研究成果

(1) 研究1

【結果】運動4時間後における呼気中アセトン濃度は、低炭水化物食条件が通常食条件に比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。一方で、運動翌朝における呼気中アセトン濃度は低炭水化物食条件で高値を示したが、条件間での有意差は認められなかった。運動翌朝に、エネルギー消費量に対する脂肪の貢献度(脂肪酸化率)は低炭水化物食条件が通常食条件に比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。さらに、血清総ケトン体濃度は、低炭水化物食条件が通常食条件に比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。

【結論】筋グリコーゲンを消費する高強度運動後における炭水化物摂取の制限(不十分な炭水化物の摂取)は、特に運動後初期(運動後4時間)に呼気中アセトン濃度を上昇させることが明らかになった。このことから、高強度運動後における呼気中アセトン濃度の推移は、体内での炭水化物の利用能を反映すると考えられた。

(2) 研究2

【結果】低炭水化物食条件では、2回目の運動直後に呼気中アセトン濃度が急激に上昇し、高炭水化物食条件に比較して有意に高値を示した。また、低炭水化物食条件では、1回目の運動120分後の時点での血清総ケトン体濃度が高炭水化物食条件に比較して有意に高値を示した。さらに、1回目の運動後における呼気中アセトン濃度の上昇と2回目の運動時の疲労困憊に至るまでの運動継続時間には有意な負の相関関係が認められた。

【結論】持久性運動後における炭水化物摂取量の不足は呼気中アセトン濃度を上昇させること、この際の呼気中アセトン濃度の上昇は持久性運動パフォーマンスの回復と関連することが示された。なお、運動後における呼気中アセトン濃度の上昇には、肝グリコーゲン量の低下が関与しているものと考えられた。

本研究の結果から、短時間・高強度運動および持久性運動終了後には呼気中アセトン濃度が上昇することが明らかになった。また、運動後における呼気中アセトン濃度の推移は、体内における炭水化物利用能や持久性運動パフォーマンスの回復を反映する可能性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hayashi N, Ishibashi A, Goto K	4. 巻 22
2. 論文標題 Effects of diet before endurance exercise on hepcidin response in young untrained females.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 55-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20463/jenb.2018.0030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kojima C, Ishibashi A, Tanabe Y, Iwayama K, Kamei A, Takahashi H, Goto K	4. 巻 52
2. 論文標題 Muscle glycogen content during endurance training under low energy availability.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 187-195
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1249/MSS.0000000000002098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 後藤一成
2. 発表標題 高強度や長時間の運動が食欲調節に及ぼす影響 - 運動に伴う食欲減退とその打開策 -
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goto K
2. 発表標題 Impact of Hypoxia on Glucose Metabolism, Appetite Regulations, Muscle Damage and Inflammatory Responses
3. 学会等名 65th Annual Meeting of American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishibashi A, Kojima C, Kamei A, Iwayama K, Tanabe Y, Goto K, Takahashi H
2. 発表標題 Effect of low energy availability during three consecutive days of endurance training on muscle glycogen contents and serum hepcidin levels in male long distance runners.
3. 学会等名 65th Annual Meeting of American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayashi N, Goto K
2. 発表標題 Effects of diet before endurance exercise on hepcidin response in young females.
3. 学会等名 65th Annual Meeting of American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ota N, Ito H, Goto K
2. 発表標題 Impact of reduced carbohydrate intake after exercise on breath acetone levels
3. 学会等名 66th Annual meeting of American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤一成
2. 発表標題 低酸素環境や暑熱環境で行う運動に対する代謝応答
3. 学会等名 第27回日本運動生理学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sumi D, Hayashi N, Yatsutani H, Goto K
2. 発表標題 Exogenous glucose oxidation during endurance exercise in hypoxia
3. 学会等名 66th Annual meeting of American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----