若年女性における欠食下での運動が鉄代謝に及ぼす影響

Influence of exercise without consuming meal on iron metabolism in young females

・後藤一成¹⁾・石橋彩²⁾

要約 若年女性における運動前の朝食摂取の有無が持久性運動に伴うヘプシジンの分泌応答に及ぼす影響を検討することを目的とした。若年女性 10 名を対象に、朝食あり条件 (FED) または朝食なし条件 (CON) での測定を、それぞれ異なる日に実施した。被験者は早朝空腹時に来室し、FED 条件では約 500kcal の朝食摂取後 30 分の時点から最大酸素摂取量の65% に相当する強度で60 分間のペダリング運動を実施した。一方、CON 条件では朝食を摂取せず運動を実施した。その結果、運動直後における血中グルコースおよび乳酸濃度は、FED 条件が CON 条件に比較して有意に高値を示した(P < 0.05)。一方で、血漿インターロイキン6 および血清ヘプシジン濃度には、運動前後(運動前~運動 3 時間後)において有意な変化がみられず、条件における有意差も認められなかった。

上述の結果は、若年の一般女性における朝食摂取の有無は持久性運動に対するヘプシジンの分泌応答に影響しないことを示唆するものである。

Summary

The purpose of the present study was to determine influence of meal on exercise-induced hepcidin response in young females. Ten young female subjects conducted two trials on separate days, consisting of exercise with cosuming meal (FED) or without consuming meal (CON). In the FED trial, the subjets arrived at laboratory following overnight fast, and they started 60 min of pedaling exercise at 65% of maximal oxygen uptake from 30 min after consuming breakfast (about 500 kcal). In contrast, the subjects in the CON trial conducted the same exercise, but they did not consume meal before the exercise. Blood glucose and lactate levels immediately after the exercise were significantly higher in FED trial than in CON trial (P < 0.05). On the other hand, plasma interleukin-6 (IL-6) and serum hepcidin levels did not increase significantly following the exercise, with no significant differene between the trials. These results suggest that consumption of meal before endurance exercise does not affect exercise-induced hepcidin response in young females.

Key Words: Iron metabolism, Hepcidin, Exercise, Female

Kazushige Goto, Aya Ishibashi

¹⁾立命館大学 2)国立スポーツ科学センター

¹⁾ Ritsumeikan University 2) Japan Institute of Sport Sciences

はじめに

鉄欠乏は、持久性スポーツ種目におけるアスリー トや若年女性において頻発する疾患である。これ まで、運動に伴う鉄欠乏の要因としては食事から の鉄摂取の不足、ランニングなど足裏への衝撃に 伴う赤血球の破壊 (溶血)、発汗による鉄の喪失、 消化管からの出血などの要因が指摘されてきた (Babic et al.2001, DeRuissean et al. 2002)。これら に加えて近年、運動に伴う鉄欠乏を説明する新た な要因としてヘプシジンの分泌亢進の影響が注目 されている。ヘプシジンは肝臓由来のホルモンで あり、体内における鉄代謝(貯蔵鉄の恒常性)を 制御する役割を有する。長時間の運動を実施する と炎症性サイトカインの一つであるインターロイ キン6(IL-6)の産生が増加し、IL-6の増加はヘプ シジンの分泌を亢進させる (Peeling et al. 2008)。 ヘプシジンは十二指腸からの鉄吸収の阻害やマク ロファージからの鉄の再利用を抑制することを介 して鉄欠乏を誘発する (Peeling et al. 2009)。こ れまで、一過性の運動はヘプシジンの分泌を増大 させること、血中ヘプシジン濃度は運動終了後か ら約3時間で大きく上昇することが示されている (Peeling et al. 2009).

長時間の運動に伴い IL-6 の産生が増加する要因としては、筋グリコーゲン量の低下があげられる (Keller et al. 2001)。また、筋グリコーゲン量は食事の摂取状況に強く影響される。特に、夕食から翌日の朝食までの間は食事を摂取しない最も長い時間帯となる。したがって、前日の夕食以降に食事を摂取しない(朝食を摂取しない)状態での運動では、筋グリコーゲン量の低下を助長するものと考えられる。また、このことは、ヘプシジンの分泌を亢進させ、鉄欠乏誘発のリスクが増加するかもしれない。

そこで本研究では、若年女性における運動前の 朝食摂取の有無が持久性運動に伴うヘプシジンの 分泌応答に及ぼす影響を検討することを目的とし た。

方法

1. 被験者

若年女性 10 名(年齢 20.6 ± 0.8 歳,身長 157.5 ± 1.0 cm,体重 54.4 ± 1.5 kg,体脂肪率 27.5 ± 1.1 %,最大酸素摂取量 35.9 ± 1.1 ml/kg/min)を対象とした。

2. 実験デザイン

被験者は、朝食あり条件(FED)と朝食なし条件(CON)からなる2条件での測定を 実施した。条件間には約1ヶ月を設け、月経周期 が鉄代謝に及ぼす影響を考慮していずれの条件も 卵胞期に実施した。

各条件での測定当日、被験者は早朝空腹時に実験室に来室し、運動前の採血を行なった。その後、FED条件では約500kcalの朝食(炭水化物:83%,タンパク質:8%,脂質:9%)を摂取し、朝食摂取開始から30分後に運動を開始した。CON条件では朝食を摂取せずに、安静状態を維持した。運動には、最大酸素摂取量(VO2max)の65%に相当する負荷での60分間のペダリングを用いた。運動終了後は安静状態を維持し、運動終了直後および運動終了3時間後に採血を実施した。得られた血液サンプルから、血中グルコース、乳酸、血清ヘプシジン、フェリチン、鉄、血漿IL-6濃度などを測定した。また、運動中には酸素摂取量、二酸化炭素産生量、心拍数、主観的運動強度(RPE)などを測定した。

3. 統計解析

すべての結果は、平均値 ± 標準誤差で示した. 時間経過に伴う平均の差の検定には、反復測定による二元配置の分散分析を用いて交互作用(条件×時間)または主効果(条件、時間)の有無を確認した。有意水準は危険率 5% 未満とした。

結果

運動中の心拍数、RPE およびエネルギー代謝

60分間の運動中の心拍数および RPE には、条

件間で有意差は認められなかった。運動中のエネルギー消費量にも、条件間で有意差はみられなかったが、呼吸交換比は FED 条件が CON 条件に比較して有意に高値を示した(炭水化物利用の亢進を反映)。

血液指標

FED 条件では血中グルコース濃度が運動直後に有意に上昇し (P<0.05)、CON 条件に比較して有意に高値を示した (P<0.05)。血中乳酸濃度はいずれの条件においても運動後に有意したが、FED 条件が CON 条件に比較して有意に高値を示した (P<0.05)。血清鉄濃度には、条件間での有意差は認められなかった。

図1には、血漿 IL-6 濃度の変化を示した。血漿 IL-6 濃度の変化には、条件間での有意差は認められなかった。

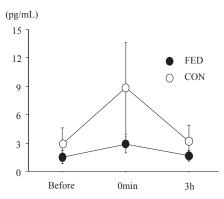


図1. 運動前後における血漿 IL-6 濃度の変化

図2には、血清ヘプシジン濃度の変化を示した。 血清ヘプシジン濃度の変化には、条件間での有意 差は認められなかった。

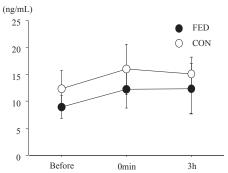


図2. 運動前後における血清ヘプシジン濃度の変化

4. 考察

運動後にみられるヘプシジンの分泌亢進には、 IL-6の産生亢進の影響が指摘されている (Peeling et al. 2009)。一方、本研究では、血漿 IL-6 濃度 に運動前後で有意な上昇はみられず、条件間で有 意差もみられなかった。同様に、血清ヘプシジン 濃度には運動前後で有意な上昇はみられず、条件 間での有意差も認められなかった。本研究と相 対的に同一の運動強度での運動を用いた Sim et al. (2013) の研究では、40 分間のペダリング運動 により血漿 IL-6 および血清ヘプシジン濃度はい ずれも有意に上昇したことが報告されている。こ のことから、本研究で用いた運動強度と運動時間 は IL-6 やヘプシジンの分泌を誘発する上で十分で あったと考えられる。一方で、本研究では一般女 性を対象にしたため被験者の体力レベルが低く、 絶対的な運動強度がヘプシジンの分泌を刺激する 上で不足していた可能性が高い。

本研究は一過性の運動に対するヘプシジンの分 泌応答を検討したものであり、ヘプシジンの分泌 増大に伴い貯蔵鉄量の低下や鉄欠乏が生じる否か を検討したものではない。しかし、一過性の運動 後におけるヘプシジンの分泌増大は数時間にわた り継続することから、運動後におけるヘプシジン の分泌増大が繰り返されることで、最終的には貯 蔵鉄量の低下や鉄欠乏のリスクが増加するものと 予想される。一方で、本研究の結果では、持久性 運動に対するヘプシジンの分泌増大には相対的な 運動強度よりも絶対的な運動負荷が影響している 可能性も考えられた。このことを踏まえると、体 力レベルの低い一般女性を対象とした場合には、 運動後にみられるヘプシジンの分泌増大は軽度で あり、むしろ、空腹安静時における慢性的なヘプ シジン濃度の上昇を留意する必要があるかもしれ ない。

結論

本研究の結果は、若年の一般女性における朝食 摂取の有無は持久性運動に対するヘプシジンの分 泌応答に影響しないことを示唆するものである。

[文献]

- Babic, Z., Papa B, Sikirika-Bosnjakovic, M., Prkacin, I., Misigoj-Durakovic, M. and Katicic, M. Occult gastrointestinal bleeding in rugby players. J. Sports Med. Phy. Fitness, 41: 399-402, 2001.
- 2) DeRuisseau, K. C., Cheuvront, S. N., Haymes, E. M. and Sharp, R. G. Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab., 12: 428-437, 2002.
- 3) Keller, C., Steensberg, A., Pilegaard, H., Osada, T., Saltin, B., Pedersen, B. K. and Neufer, P. D. (2001) Transcriptional activation of the IL-6 gene in human contracting skeletal muscle influence of muscle glycogen content. The FASEB Journal., 10.1096/fj.01-0507fje.
- 4) Peeling, P., Dawson, B., Goodman, C., Lander, G., Wiegerinck, E. T., Swinkels, D. W. and Trinder, D. Effects of exercise on hepcidin responses ns iron metabolism during recovery. Int. J. Sports Nutr. Exerc. Metab.,19: 583-597, 2009.
- 5) Sim, M., Dawson, B., Landers, G., Swinkels, D. W., Tjalsma, F., Trinder, D. and Peeling, P. Effects of exercise modality and intensity on post-exercise interleukin-6 and hepcidin levels. J. Sports Nutr. Exerc. Metab., 23(2): 178-186, 2013.