

# 古典的グリコーゲン・ローディング法におけるファット・ローディング効果について

身体運動科学研究領域  
5006A042-5 高倉 潤

研究指導教員： 鈴木正成特任教授

## 1. 序文

マラソンやトライアスロンのような長時間にわたる持久性運動では、筋肉グリコーゲンと筋肉内の脂肪が主なエネルギー源として利用される。これまで、筋肉グリコーゲンの枯渇によって引き起こされるパフォーマンス低下を防ぐことを目的として、筋肉グリコーゲンの貯蔵量を増大させるグリコーゲン・ローディング法が用いられてきた。一方で、その古典的グリコーゲン・ローディング法の前半の高脂肪・低炭水化物食期には筋肉内脂肪の貯蔵量を増大させるファット・ローディング効果があるのではないかと考えられる。ファット・ローディングによって増大した筋肉内脂肪が運動中に優先的に消費されれば筋肉グリコーゲンの消費を節約でき、長時間運動のパフォーマンスを向上させる可能性がある。したがって、古典的グリコーゲン・ローディング法には筋肉グリコーゲンの貯蔵量を増大させるだけでなく、その前半の高脂肪・低炭水化物食期において筋肉内脂肪の貯蔵量も増大させる効果をもつか否かを検討することは興味深いことと考えられる。

男性を対象としたファット・ローディングの効果についての研究は多数報告されているが、女性についての報告は少ない。同じ相対強度での運動を負荷した場合筋肉内脂肪の利用に関しては男性よりも女性において筋肉内脂肪が利用されるという報告もある。したがって、ファット・ローディングを処方した場合に、男性よりも女性において筋肉内脂肪の利用が確実に起こる可能性が考えられる。しかし、この点について明らかにはされていない。

以上のことから本研究では、健康な成人男性と健康な成人女性を被験者として古典的グリコーゲン・ローディング法にファット&グリコーゲン・ローディング効果があるか、また、女性については持久性運動に続く高強度運動のパフォーマンスが向上するかについて検討した。

## 2. 方法

### 【実験①】成人男性におけるファット&グリコーゲン・ローディング効果について

健康な成人男子大学生 6 名〔年齢:21.5±1.8 歳、身長:170.5±5.5cm、体重:67.8±7.1kg〕を対象とした。高脂肪食 - 高炭水化物食条件では被験者は、第 1 日から第 3 日に高脂肪食を摂取し、第 4 日から第 6 日には高炭水化物食を摂取した。コントロール条件では、被験者は第 1 日から第 6 日まで高炭水化物食を摂取した。第 1 日に筋肉グリコーゲンを枯渇させる

ための 60%  $\dot{V}O_{2peak}$  で 90 分間の運動を負荷した。第 7 日に 50%  $\dot{V}O_{2peak}$  で 60 分間の試験運動を実施し、血中のグルコースと遊離脂肪酸濃度を測定した。脂質酸化率は呼吸交換比を算出し推定した。クロスオーバー法で実施し、1 週間の調整期間を設定した。

### 【実験②】成人女性におけるファット&グリコーゲン・ローディング効果について

運動習慣を持たない健康な成人女子大学生 7 名〔年齢;20.9±1.5 歳、身長;159.4±6.0cm、体重;53.2±5.3kg〕を対象とした。連続 7 日間からなる 2 つの栄養条件を用いた。高脂肪食 - 高炭水化物食条件では被験者は、第 1 日から第 3 日に高脂肪食を摂取し、第 4 日から第 6 日には高炭水化物食を摂取した。高炭水化物食 - 高炭水化物食では、被験者は第 1 日から第 6 日まで高炭水化物食を摂取した。実験第 1、4、および 7 日に安静代謝を測定した。また、第 1 日に筋肉グリコーゲンを枯渇させるための 60%  $\dot{V}O_{2peak}$  で 90 分間の運動を負荷し、その後被験者に第 2 から第 6 日まで 60%  $\dot{V}O_{2peak}$  で 20 分間の軽運動を負荷した。第 7 日に 50%  $\dot{V}O_{2peak}$  で 60 分間の試験運動を負荷し、血中のインスリン、遊離脂肪酸、およびグリセロール濃度を測定した。脂質酸化率は呼吸交換比を算出し推定した。また、試験運動に引き続き 100%  $\dot{V}O_{2peak}$  でオールアウトまでの継続時間を測定した。クロスオーバー法で実施し、性周期を一定にするために 4 週間前後の調整期間を設定した。

## 3. 結果

### 【実験①】成人男性におけるファット&グリコーゲン・ローディング効果について

血漿グルコース濃度において高脂肪食 - 高炭水化物食と高炭水化物食 - 高炭水化物食の間で有意差はなかった。また、血漿遊離脂肪酸濃度においても高脂肪食 - 高炭水化物食と高炭水化物食 - 高炭水化物食の間で有意差はなかった。呼吸交換比は運動開始 11-15 分後(0.91±0.06 vs 0.96±0.05)、26-30 分後(0.88±0.04 vs 0.93±0.04)、および 41-45 分後(0.86±0.05 vs 0.92±0.05)の時点で高脂肪食 - 高炭水化物食において高炭水化物食 - 高炭水化物食よりも有意に低い値を示した(Fig. 1、P < 0.05)。

### 【実験②】成人女性におけるファット&グリコーゲン・ローディング効果について

呼吸交換比は第 1、4、および 7 日の高脂肪食 - 高炭水化物食でそれぞれ 0.91±0.07、0.84±0.04、および 0.98±0.05 であった。高炭水化物食 - 高炭水化物

食ではそれぞれ  $0.88 \pm 0.06$ 、 $0.94 \pm 0.05$ 、および  $0.98 \pm 0.07$  であった。呼吸交換比は第 4 日で高脂肪食 - 高炭水化物食において高炭水化物食 - 高炭水化物食よりも有意に低い値を示した ( $P < 0.05$ )。第 7 日の試験運動中において血中のグルコース、インスリン、グリセロール、および乳酸濃度において両条件間に有意差はなかった。また、試験運動中の呼吸交換比についても有意差はなかった (Fig. 2)。試験運動後の全力運動における継続時間について両条件間に有意な差は認められなかった。

#### 4. 考察

運動中の血中の遊離脂肪酸およびグリセロール濃度が低レベルで推移していたことから、実験①と実験②の両実験において運動前のグルコース摂取による脂肪組織からの脂肪酸の動員を抑制できたといえる。実験①においては高脂肪食 - 高炭水化物食においてよりも運動中の呼吸交換比が有意に低い値であったので、筋肉内脂肪の貯蔵量を増大させ運動中に高率で利用するファット・ローディング効果が確認された。しかし、実験②においては運動中の呼吸交換比は両条件間で有意差は認められずファット・ローディング効果は確認できなかった。実験②において、持久性運動後の高強度運動の持続時間が両条件で同じであったことから、高脂肪食 - 高炭水化物食においてグリコーゲン・ローディング効果が確認された。

本研究において女性の被験者についてファット・ローディング効果が得られなかった要因は 2 つ考えられる。ひとつは食事内容であり、先行研究から食事内容が筋肉内脂肪の貯蔵量をはじめ、ファット・ローディング効果について重要な要素であると考えられる。もうひとつは筋肉内脂肪の貯蔵量と酸化利用にかかわる酵素についての性差である。筋肉リポタンパク質リパーゼの活性は男性において運動によって亢進さ

れるが、女性において亢進されない。

本研究では男性においてファット・ローディング効果を確認できたが、女性においてファット・ローディング効果を確認できなかった。ファット&グリコーゲン・ローディングを効果的に達成する条件を解明するためには食事内容、食事と運動のタイミング、およびトレーニング歴などを検討することが必要であると考えられる。

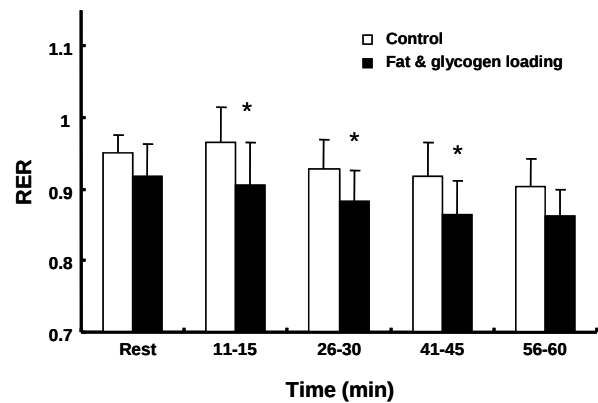


Fig. 1. Respiratory exchange ratio (RER) at rest and during 60 min of exercise. Values are means  $\pm$  SD for 6 subjects. \* Fat & glycogen loading significantly higher than Control,  $P < 0.05$ .

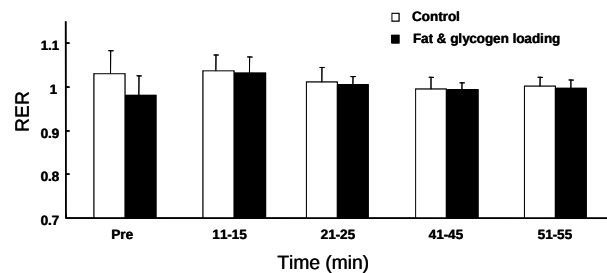


Fig. 2. Respiratory exchange ratio (RER) at rest and during 60 min of exercise. Values are means  $\pm$  SD for 7 subjects.