

# フルクトースとクエン酸の併用投与が運動後のグリコーゲン回復に及ぼす影響

199-2336 原田八千代  
指導教員 岡村浩嗣

フルクトース クエン酸 グリコーゲン回復

## 【目的】

クエン酸はグルコースと併用投与することで、運動後のグリコーゲン回復を促進することが報告されている (Saitoh et al. 1984)。これは、クエン酸が解糖系の律速酵素であるフォスホフルクトキナーゼ (PFK) を抑制するためと考えられている。フルクトースはグルコースと同様にグリコーゲンの基質となるが、解糖系では PFK を迂回する経路でリン酸化される。このため、クエン酸をフルクトースと併用した場合は、グルコースと併用した場合のような効果がない可能性がある。先行研究では、フルクトース 3.0 g/kg 体重とクエン酸 0.5 g/kg 体重の混合溶液を投与した場合とフルクトース 3.3 g/kg 体重の溶液を投与した場合で、肝臓とヒラメ筋のグリコーゲン回復に差のないことが認められている (Okamura 2002)。本研究では、フルクトースの投与量を飲料として実際の 1.0 g/kg 体重として、フルクトースとクエン酸を併用したときの運動後のグリコーゲン回復に及ぼす影響をラットで検討した。

## 【方法】

### 1, 動物及び飼育方法

SD 系雄ラット (6 週令) を 32 匹用いた。飼育室の照明は、06:00~18:00 を暗期、18:00~06:00 を明期とする 12 時間の明暗サイクルとした。飼料は市販粉末飼料 (CE-2 日本クレア (株)) を用い自由に摂取させ、飲水も自由とした。

### 2, 運動トレーニング

トレッドミルでの走行練習を 12 日間行い、その間にスピードを漸増し、32 m/分で 20 分間走行できるようにした。実験前日は走行練習は行わなかった。

### 3, 実験方法

ラットを各群の平均体重に差がないように運動前群 (Pre)、運動直後群 (Post)、フルクトース投与 2 時間後群 (2F)、フルクトース+クエン酸投与 2 時間後群 (2FC)、フルクトース投与 4 時間後群 (4F) フルクトース+クエン酸投与 4 時間後群 (4FC) の、各群 5 匹ずつの 6 群に分けた。

実験前日は 17:30 から絶食させ、運動は 16:00 より開始した。運動開始時に Pre を安楽死させた。トレッドミルによる運動は、32 m/分、120 分間とし、運動終了直後に Post を安楽死させた。また、運動終了直後に、2F と 4F にはフルクトース (1.0 g/kg 体重) 溶液を、2FC と 4FC にはフルクトース (0.7 g/kg 体重) とクエン酸 (0.5 g/kg 体重) の混合溶液を経口投与した。投与後はケージに戻し水のみを与えた。投与 2 時間後に 2F と 2FC を安楽死させ、投与 4 時間後に 4F と 4FC を安楽死させた。安楽死はエーテル麻酔下で開腹し下大静脈から採血する方法で行い、安楽死後に肝臓とヒラメ筋を採取した。

### 4, 生化学分析

血液は 4°C、3000rpm で 15 分間遠心分離し血清を得た。血清グルコース濃度はグルコース CII-テストワコー (和光純薬工業 (株))、血清遊離脂肪酸濃度は Laurell-Tibbling 改良法、肝臓及びヒラメ筋グリコーゲン含量は Lo らの方法で定量した。

### 5, 統計処理

一元配置分散分析で有意差が認められた場合に、Fisher's PLSD の多重比較を行った。

## 【結果】

### 1, 肝臓グリコーゲン含量

投与 2 時間後と 4 時間後で、Post に対して両群とも有意に増加した。投与 4 時間後では投与 2 時間後に対して、4F は有意に減少したが、4FC には変化は認められなかった。投与 2 時間後では両群間に差はなかったが、投与 4 時間後では 4FC が 4F より有意に高かった。

### 2, ヒラメ筋グリコーゲン含量

投与 2 時間後と 4 時間後で、Post に対して両群とも有意に増加した。投与 4 時間後では投与 2 時間後に対して、4F は変化しなかったが、4FC では増加傾向があった。投与 2 時間後と 4 時間後で両群間に差はなかった。

### 3, 血清グルコース濃度

投与 2 時間後では Post に対して両群とも有意に上昇した。投与 2 時間後では群間に差はなかったが、投与 4 時間後では 4FC

が 4F より有意に高かった。

### 4, 血清遊離脂肪酸濃度

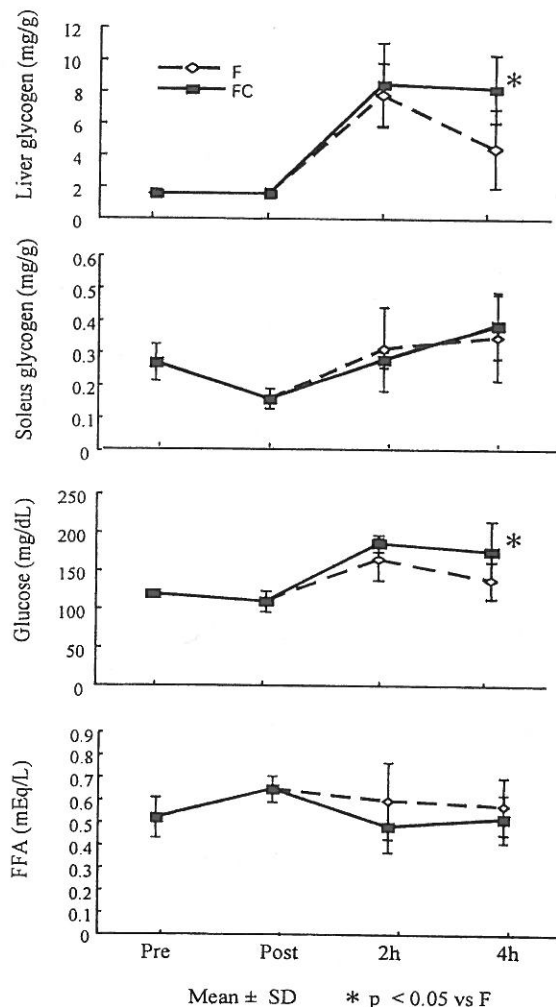
投与 2 時間後で Post に対して、2F は変化しなかったが 2FC では有意に低下し、投与 4 時間後では、4F では変化しなかったが 4FC は低下傾向にあった。投与 2 時間後と 4 時間後で群間に差はなかった。

## 【考察】

肝臓グリコーゲン含量は、投与 2 時間後には FC と F で差がなかったが、その後 F で減少したのに対して FC で維持された結果、投与 4 時間後では FC が F よりも有意に高かった。一方、血清グルコース濃度は、投与 2 時間後から 4 時間後にかけて F では低下傾向にあったのに対して FC では変化しなかった結果、FC が F よりも有意に高かった。これらの結果は、F では投与 2 時間後から 4 時間後にかけて、低下した血清グルコース濃度を上昇させるために肝臓グリコーゲンが消費されたのに対して、FC ではこの時間帯に血清グルコース濃度が維持されたため、肝臓グリコーゲンを分解する必要がなかったことを示唆している。

血中グルコース濃度が、FC では 4 時間後まで維持されたのに対して F で低下した理由としては、FC ではクエン酸が投与されたために、クエン酸回路にクエン酸を供給するためのグルコースの消費量が F よりも少なかったためと推察される。

筋肉グリコーゲン回復には、クエン酸とフルクトースの併用効果は認められなかった。また、フルクトースのみを投与した場合、肝臓グリコーゲンが投与 2 時間後よりも 4 時間後で減少したことから、1 g/kg 体重のフルクトースは、投与後 4 時間のグリコーゲン回復を持続させるには量的に不十分だったことが示唆された。



Mean ± SD \* p < 0.05 vs F