

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）
概要書

古典的1週間グリコーゲンローディング処方
は
ファットローディング効果を併せもつ

**The classic one week glycogen-loading regimen additionally
chances the fat-loading to skeletal muscles**

2013年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

篠原 暁子

SHINOHARA, Akiko

研究指導教員： 福林 徹 教授

【 研究の背景 】

糖質と脂質はエネルギー源として重要である。糖質を分解して得られたグリコーゲンを食事と運動を組み合わせることで、より多く獲得・利用しようとする研究の代表的なものに、古典的1週間グリコーゲンローディング法がある。この方法は、通常レベル以上のグリコーゲンを貯蔵させるために、運動によりグリコーゲンを一度枯渇させたあと、高炭水化物食を摂取するものである。

一方、脂肪が持久性の運動のエネルギー源として重要であるとの報告もある。脂肪は脂肪滴として骨格筋細胞内に蓄積され、脂質酸化によるエネルギー源の約10~50%を担うことから、骨格筋細胞内脂肪は脂肪の中でも中心的なエネルギー源としての役割を果たしている。

これらの知見から、古典的1週間グリコーゲンローディング法は、グリコーゲンを骨格筋細胞内に蓄積させるだけでなく、脂肪の蓄積も併せもつと考えられる。

【 研究の目的 】

そこで、本研究では、古典的1週間グリコーゲンローディング処方がグリコーゲンローディング効果だけでなく、脂肪も併せて蓄積させるファットローディング効果も併せもつかを組織化学的分析方法により定性的かつ定量的に明らかにすることを目的とした。

本研究の目的を達成するために、研究課題を設定し、以下の知見を得られた。

<研究課題1>

被験者は成人男性6名。方法は、古典的1週間グリコーゲンローディング処方後に自転車運動(50%VO_{2peak}, 60分)を行なわせ、骨格筋細胞内脂肪の利用可能性の有無を代謝のパターンで判断した。その代謝のパターンの指標は呼吸交換比率を用いた。

その結果、血清グルコース濃度、および血清遊離脂肪酸濃度で古典的1週間グリコーゲンローディング処方を施した(高脂肪食・高炭水化物食、以下A群)群と6日間高炭水化物食を摂取させる(高炭水化物食・高炭水化物食、以下B群)群間に差が見られなかった。また、呼吸交換比率がA群は脂質代謝に近い結果を得られた。このことは、脂肪をエネルギー源として利用する比率が高くなっていることを意味すると考えられることから、骨格筋細胞内脂肪が高率で利用された可能性が示唆された。

<研究課題2>

対象はラット36匹。方法は、古典的1週間グリコーゲンローディング処方を施したA群と6日間高炭水化物食を食餌させるB群に分け、ラットから得られた尺側手根伸筋の切片を作成し、光学顕微鏡および蛍光顕微鏡を使用した組織化学的手法を用いて、骨格筋細胞内のグリコーゲン顆粒(PAS染色法)と脂肪滴(Oil red O染色法)の蓄積分布と含量の経日変動を比較・検討した。

その結果、グリコーゲン顆粒は染色濃度に相違はあるがすべての骨格筋細胞が染色されていた。一方、脂肪滴は骨格筋細胞内に脂肪滴が蓄積されている細胞と蓄積されていない細胞がみられた。

蓄積された脂肪滴については、多くが骨格筋細胞膜に隣接し、細胞を縁取るように貯蔵されていた。

また、骨格筋細胞内の含量について、A群は、1日目の疲労困憊運動負荷後、3日間高脂肪食を摂取したにもかかわらず、骨格筋細胞内グリコーゲン含量が運動前のレベル（4日目）もしくはそれ以上のレベル（7日目）に回復しつつ、骨格筋細胞内脂肪含量は疲労困憊運動負荷前（1日目）のレベルを維持し、さらにA群がB群に比べ有意（ $p < 0.01$ ）に上回っていた。一方、B群では、骨格筋細胞内グリコーゲン含量こそA群に比べ4日目に高い値（ $p < 0.01$ ）を示したが、7日目には4日目と同じレベルに留まった。

<研究課題3>

対象はラット 36 匹。方法は、研究課題2と比べ、実験1日目の運動の負荷を軽減した条件設定のもと、研究課題2と同様の方法を用い、ヒラメ筋について蓄積分布と含量の経日変動を比較・検討した。

その結果、グリコーゲン顆粒は染色濃度に相違はあるがすべての骨格筋細胞が染色されていた。一方、脂肪滴は骨格筋細胞内に脂肪滴が蓄積されている細胞と蓄積されていない細胞がみられた。蓄積された脂肪滴については、多くが骨格筋細胞膜に隣接し、細胞を縁取るように貯蔵されていた。

また、骨格筋細胞内の含量について、高脂肪食 - 高炭水化物食群は、1日目の運動負荷後、3日間高脂肪食を摂取したにもかかわらず、骨格筋細胞内グリコーゲン含量が運動前のレベル（4日目）もしくはそれ以上のレベル（7日目）に回復しつつ、骨格筋細胞内脂肪含量は運動負荷前（1日目）のレベルを維持し、さらにA群がB群に比べ有意（ $p < 0.01$ ）に上回っていた。一方、B群では、骨格筋細胞内グリコーゲン含量こそA群に比べ4日目に高い値（ $p < 0.01$ ）を示したが、7日目には4日目と同じレベルに留まった。

【 結論 】

以上の研究課題を究明した結果、以下の知見を得られた。

骨格筋細胞内グリコーゲンの消費もしくは枯渇を目的とした運動の後、骨格筋細胞内のグリコーゲン顆粒だけでなく脂肪滴も減少した。そして、運動後の高脂肪食を中心とした食餌により、脂肪滴が多量に蓄積されただけでなく、骨格筋細胞内のグリコーゲン顆粒も増加し、運動前レベルもしくはそれ以上に回復した。

また、この現象は、研究課題2および研究課題3で用いた尺側手根伸筋とヒラメ筋において、含量の変動レベルに相違はあるものの、その増加減少の位相パターンは同じ傾向を示した。

このことは、古典的1週間グリコーゲンローディング処方は、従来言われていたような骨格筋細胞内のグリコーゲンを増加させるグリコーゲンローディング効果だけでなく、骨格筋細胞内の脂肪も増加させるファットローディング効果も併せもつことが示唆された。