

キーワード: グリコーゲン、中鎖脂肪酸、長鎖脂肪酸、砂糖、デンプン

I. 緒言

体重階級制スポーツでは試合前に、運動や絶食などによって減量することがある。運動や絶食でグリコーゲンは減少するので、試合までに回復しておく必要がある。

運動では肝臓と骨格筋のグリコーゲンの両方が減少し、糖輸送タンパクの GLUT4 が増加し、インスリン感受性が増強される。これに対して絶食では、主に肝臓グリコーゲンが減少し、GLUT4 も減少し、インスリン抵抗性が誘発される。

中鎖脂肪酸 (MCT) は、門脈経由で直接肝臓に輸送され肝臓のエネルギーとなる。一方、長鎖脂肪酸 (LCT) は、リンパ管・静脈を経由するため肝臓のエネルギーとならない。このため、MCT とともに摂取した糖は肝臓でエネルギーとして使われずグリコーゲンに合成されやすい可能性がある。

砂糖 (SG) はデンプン (ST) より速やかかつ高濃度に血糖値を高めインスリン分泌を刺激する。グリコーゲンの合成はインスリンによって促進される。

これらのことから、MCTとSGの組み合わせは肝臓と骨格筋のグリコーゲン合成を促進すると考えられる。本研究では、絶食後および運動後のグリコーゲン回復に対する脂質源と糖質源の違いの影響を調べることを目的とした。

II. 方法

グリコーゲンを運動で減少させる運動実験と、絶食で減少させる絶食実験の2つの実験を行った。

(飼育方法)

2つの実験とも4週齢のSD系雄ラットを1週間の予備飼育後、8:00~9:00 と 20:00~21:00 に CE-2 (普通食) を与える1日2食制とし3週間飼育した。運動実験では、3週間の飼育期間中にトレッドミル走行訓練を行った。

(実験当日プロトコール)

運動実験: 8:00~9:00 の摂食後 12:00 より 30m/分で2時間のトレッドミル走行を行わせ、走行直後に試験食として MCT-SG 食、MCT-ST 食、LCT-SG 食または LCT-ST 食を与えた。各試験食とも糖質 3.3g/kg 体重、脂質 1.65g/kg 体重とした。運動前後と給餌開始4時間後の肝臓、ヒラメ筋、腓腹筋のグリコーゲン量と血中のグルコースおよび遊離脂肪酸 (FFA) 濃度を測定した (図1)。

絶食実験: 8:00~9:00 の給餌後より絶食を行い、翌日の 14:00 に運動実験と同様の試験食を与えた。解剖と試験食の時刻は運動実験と同様とした (図2)。



図1 運動実験当日プロトコール

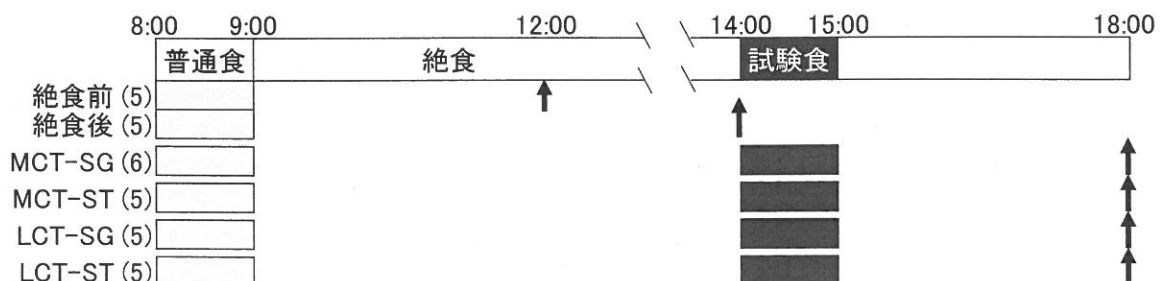


図2 絶食実験当日プロトコール

()内は動物数 ↑解剖

(統計処理)

運動および絶食前後の比較には対応のない t 検定を用いた。試験食摂取後の4群の比較は、二要因分散分析および下位検定として Tukey-Kramer の多重比較を用いた。有意水準は5%未満とした。

III. 結果

運動実験:組織グリコーゲン量は、すべての組織で運動後に有意な減少が認められた。試験食摂取後の組織グリコーゲン量には4群間に差はみられなかった。血中グルコースと FFA 濃度に、糖質要因に有意な主効果が認められた。血中 FFA 濃度は、LCT-SG が LCT-ST より有意に高かった (表 1)。

絶食実験:肝臓とヒラメ筋のグリコーゲン量は絶食後に有意に減少し、腓腹筋でも有意ではないものの減少した。試験食摂取後の組織グリコーゲン量と血中グルコース濃度には4群間で差は見られなかった。血中 FFA 濃度には、脂質要因の有意な主効果が認められ、LCT-SG が MCT-SG より有意に高かった (表 1)。

IV. 考察

MCT-SG 食でグリコーゲン回復が大きいと予想したがそのようなことはなく、運動後でも絶食後でも組織グリコーゲンの回復に対する脂質源と糖質源の違いの影響は認められなかった。脂質源と糖質源の違いによる血中グルコースや FFA 濃度に対する影響の差は摂取後短時間に現れ、本研究で測定した摂食開始4時間後には影響はなくなっていたのかもしれない。

表 1 組織グリコーゲン量と血中グルコースおよび FFA 濃度

	前	後	試験食				Two-way ANOVA		
			MCT-SG	MCT-ST	LCT-SG	LCT-ST	脂質	糖質	脂*糖
運動実験 組織グリコーゲン量									
肝臓 (mg/g)	17.5 (5.7)	1.1 * (1.1)	12.6 (4.7)	11.7 (3.4)	10.2 (3.7)	10.4 (3.9)	n.s	n.s	n.s
ヒラメ筋 (mg/g)	2.01 (0.97)	0.48 * (0.26)	1.68 (0.70)	1.95 (0.59)	1.64 (0.33)	2.21 (0.58)	n.s	n.s	n.s
腓腹筋 (mg/g)	1.66 (0.67)	0.75 * (0.27)	1.43 (0.65)	1.63 (0.29)	0.84 (0.25)	1.26 (0.32)	0.018	n.s	n.s
血中									
グルコース (mg/dl)	123.9 (18.3)	163.8 (32.2)	150.3 (20.9)	179.7 (25.3)	138.8 (35.9)	186.2 (51.5)	n.s	0.028	n.s
FFA (mEq/L)	0.26 (0.10)	0.36 (0.05)	0.24 (0.15)	0.11 (0.05)	0.42 a (0.20)	0.14 (0.07)	n.s	0.029	n.s
絶食実験 組織グリコーゲン量									
肝臓 (mg/g)	30.7 (5.3)	0.4 * (0.1)	10.3 (2.5)	11.3 (3.9)	14.1 (3.7)	11.3 (4.7)	n.s	n.s	n.s
ヒラメ筋 (mg/g)	3.23 (1.01)	1.07 * (0.42)	2.00 (0.51)	1.78 (0.70)	2.02 (0.32)	2.33 (0.99)	n.s	n.s	n.s
腓腹筋 (mg/g)	2.45 (1.49)	1.07 (0.66)	1.89 (0.75)	0.85 (0.39)	1.53 (0.42)	1.60 (0.57)	n.s	n.s	0.037
血中									
グルコース (mg/dl)	171.7 (19.5)	131.2 (24.5)	167.0 (14.5)	141.7 (15.4)	173.9 (14.8)	174.2 (17.9)	n.s	n.s	n.s
FFA (mEq/L)	0.21 (0.06)	0.38 (0.14)	0.35 b (0.17)	0.40 (0.09)	0.81 (0.27)	0.59 (0.06)	<0.001	n.s	n.s

平均 (標準偏差)

* p<0.05 vs 実験前

a p<0.05 vs LCT-ST

b p<0.05 vs LCT-SG