

氏名	飯島 千遥
学位の種類	修士 (生活科学)
学位記番号	生修第213号
学位授与年月日	平成28年 3月15日
学位授与の要件	学位規準第15条第1項
学位論文題目	論文題目 脂肪とフルクトースの同時摂取による糖・脂質代謝に対する有酸素運動の影響
審査委員	主査 内藤 通孝 副査 加藤 昌彦、大口 健司

【背景・目的】

脂肪とフルクトースの同時摂取は食後脂質異常症などの生活習慣病のリスクを高め、さらに動脈硬化性疾患のリスク・ファクターとなることが示唆されている。本研究では、健常若年女性を対象に、脂肪とフルクトースの同時摂取が糖・脂質代謝に及ぼす影響に対する有酸素運動の効果を検討した。

【実験 1. 摂取前日の有酸素運動による効果】

<対象>

性周期が規則的で、運動習慣のない apoE3/3 型の健常若年女性 12 名を被験者として選び、インフォームド・コンセントを得た。

<方法>

試験は、①脂肪 (Ft)、②脂肪+運動 (FtE)、③脂肪+フルクトース (FtFr)、④脂肪+フルクトース+運動 (FtFrE) の 4 回とした。運動を行う試験②と④のみ、試験前日 17 時または 17 時半より、トレッドミルにて 30 分の歩行による有酸素運動を行った。強度は、約 50%VO₂max となるように設定した。運動後 60 分に、全ての試験で統一した夕食をとり、夕食後、翌日の試験まで絶食とした。試験食摂取前 (0)、摂取後 0.5、1、2、4、6 時間の計 6 回、肘静脈より採血を行った。脂肪食は、OFFIT クリームを用い、摂取量は 1 g/kg BW (脂肪として 0.35 g/kg BW) とした。フルクトースは、0.5 g/kg BW を水に溶解して 10%水溶液とした。一人につき 4 回の試験を無作為交叉法で行い、各試験は性周期を考慮して 4 週間空けた。

<測定項目>

血液生化学項目として、Glu、Fru、Ins、Lac、TG、RLP-TG、RemL-C、apoB、apoB48、FFA、HB 濃度を測定した。経時変化は、各時点の測定値から摂取前値を引いた値 (Δ) で比較した。

<統計解析>

測定結果はすべて平均±標準誤差で示した。統計解析には、SPSS Statistics 22 を用いた。群内比較では、repeated measure one-way ANOVA で有意の場合、Fisher's

PLSD を行い、 $p<0.05$ であれば有意とした。4 試験間の比較では、one-way ANOVA で有意の場合、Fisher's PLSD を行い、 $p<0.05$ であれば有意とした。

<結果>

Δ Fru は、FtFr 試験、FtFrE 試験で摂取後 0.5・1・2 時間に上昇した。 Δ Ins は、全ての試験で 0.5 時間後にピークに達した。0.5 時間における Δ Ins は、Ft 試験と FtE 試験では FtFr 試験、FtFrE 試験と比較して有意に低かった。 Δ Lac は、FtFr 試験では 1・2 時間後に上昇し、FtFrE 試験では 1 時間後に上昇した。 Δ FFA と Δ HB は、FtFr 試験と FtFrE 試験で 1・2 時間に低値を示し、その後上昇した。 Δ TG、 Δ RLP-TG は、Ft 試験と FtE 試験では 2 時間でピークに達し、FtFr 試験と FtFrE 試験では 4 時間でピークに達した。 Δ apoB48 と Δ RemL-C は、全ての試験において 4 時間でピークに達した。摂取後 4 時間の Δ RemL-C は、Ft 試験と FtE 試験では FtFr 試験と FtFrE 試験より有意に低かった。 Δ apoB は、Ft 試験、FtFr 試験、FtFrE 試験において 4 時間で上昇し、FtE 試験では 6 時間で上昇した。 Δ AUC-TG は、Ft 試験の運動による減少率が 35.9%であったのに対し、FtFr 試験では 10%であった。 Δ AUC-apoB48 は、Ft 試験の運動による減少率が 8.9%であったのに対し、FtFr 試験では 3.1%であった。 Δ AUC-apoB は、Ft 試験の運動による減少率が 42.1%であったが、FtFr 試験では 17.8%増加した。

<考察>

脂肪とフルクトースの同時摂取では、脂肪のみを摂取した場合と比較して血清 TG 濃度や RLP-TG 濃度の有意な上昇及びピーク時間の遅延が見られ、apoB48 濃度も有意に上昇した。この機序として、フルクトース摂取による小腸からの CM 分泌の遅延や CM-R の肝臓への取り込み遅延が考えられる。脂肪の単独摂取において、apoB 濃度の運動による減少率が apoB48 濃度の減少率よりも大きいことから、有酸素運動は、主に内因性リポタンパク代謝に効果を示すことが示唆された。このことから、前日の運動によって LPL が活性化されて VLDL の代謝が進んだのと同時に、肝臓からの

VLDL 分泌が抑制された可能性が示唆される。脂肪とフルクトースを同時に摂取すると、脂肪を単独で摂取した場合と比較して、運動による血清 TG 濃度の減少率が小さいことが示された。以上より、前日の有酸素運動は、脂肪の単独摂取では食後脂質代謝に対して効果を示すが、フルクトースとの同時摂取では効果が弱いか、または見られない可能性が示唆された。

【実験 2. 摂取当日の有酸素運動による効果】

<対象・統計解析>

対象者および統計解析は実験 1 と同様とした。

<方法>

試験は、①脂肪 (Ft)、②脂肪+フルクトース (FtFr)、③脂肪+フルクトース+摂取前運動 (FtFrE_{pre})、④脂肪+フルクトース+摂取後運動 (FtFrE_{post}) の 4 回とし、前日の夕食は自由とした。運動負荷は、③では摂取前 100 分から 30 分間、④では摂取後 70 分から 30 分間とした。運動強度は実験 1 と同様とした。採血については実験 1 と同様とし、③のみ運動負荷前の採血を加えた計 7 回とした。その他は実験 1 と同様とした。

<測定項目>

測定項目は、実験 1 の項目に apoCII、apoCIII、VLDL-Cr、IDL-Cr、LDL-Cr、HDL-Cr を加えた。

<結果>

Δ Fru、 Δ Ins は、摂取後 0.5・1・2 時間において脂肪とフルクトースを同時に摂取した 3 試験で上昇した。摂取後 2 時間の Δ Fru は、FtFrE_{post} 試験において、FtFr 試験よりも有意に低値を示し、FtFrE_{pre} 試験では FtFr 試験よりも低値の傾向を示した。摂取後 0.5 時間の Δ Glu は、FtFr、FtFrE_{pre}、FtFrE_{post} 試験で有意に上昇した。 Δ Lac は、脂肪とフルクトースを同時に摂取した 3 試験において摂取後 1 時間でピークに達した。 Δ TG は、摂取後 4 時間で、脂肪とフルクトースを同時に摂取した 3 試験で Ft 試験よりも有意に高値を示した。6 時間では、FtFrE_{post} 試験が FtFr 試験よりも有意に低値を示した。 Δ (VLDL+IDL)-Cr は、摂取後 6 時間において、FtFrE_{post} 試験が FtFr 試験よりも有意に低値を示した。 Δ apoB48 は、FtFrE_{post} 試験では摂取後 2 時間でピークに達したのに対し、FtFrE_{pre} と FtFr 試験では摂取後 4 時間でピークに達した。

<考察>

脂肪とフルクトースの同時摂取において、血清 Glu、Ins、Lac 濃度の上昇が確認された。摂取したフルクトースが代謝されて、一部がグルコースに変換され、血清 Glu 濃度の上昇に伴って Ins 濃度も上昇したと考えられる。フルクトースは、グルコースと異なり、代謝過程において律速酵素を持たないため、急速に代謝され

て、血清 Lac 濃度の上昇につながったと考えられる。脂肪とフルクトースの同時摂取では、脂肪単独の摂取と比較して血清 TG 濃度のピークが高値を示し、実験 1 と同様に、フルクトースの同時摂取は食後脂質代謝に影響を及ぼすことが確認された。今回の実験では、摂取後 6 時間に、血清 TG と(VLDL+IDL)-Cr 濃度は、FtFrE_{post} 試験において FtFr 試験よりも有意に低値を示した。従って、食後の有酸素運動は、血清 TG 濃度だけでなく、レムナント中のコレステロール濃度にも効果を示すことが示唆された。また、有酸素運動は内因性脂質代謝に効果を示すことが示唆された。血清 TG と(VLDL+IDL)-Cr 濃度は、FtFrE_{pre} 試験と FtFr 試験との間に有意差は認められなかった。 Δ apoB48 は、FtFr 試験では摂取後 4 時間でピークに達したのに対し、FtFrE_{post} 試験では 2 時間でピークに達した。摂取後の有酸素運動が外因性リポタンパク代謝を促進し、FtFrE_{post} 試験において Δ apoB48 のピーク時間が早まった可能性が示唆される。

以上より、脂肪とフルクトースの同時摂取による食後脂質代謝への影響は有酸素運動によって軽減が可能であること、有酸素運動の効果的なタイミングとしては食前運動よりも食後運動の方が適していることが示唆された。食後運動は、内因性脂質代謝において血清 TG やレムナント・コレステロール濃度の上昇を抑制する可能性が示唆された。また、運動は内因性脂質代謝だけでなく、外因性脂質代謝にも効果を示すことが示唆された。

<結語>

実験 1 では、前日に有酸素運動を行い、翌日の脂肪とフルクトースの同時摂取による糖・脂質代謝に対する効果を検討した。その結果、脂肪単独摂取の場合、前日の有酸素運動によって糖代謝、及び内因性 TG 代謝に効果を示したが、脂肪とフルクトースを同時に摂取した場合には、効果はみられなかった。実験 2 では、脂肪とフルクトースの摂取前または後に有酸素運動を行い、摂取後の有酸素運動は主に内因性脂質代謝に効果を有することが示唆された。以上より、脂肪とフルクトースの同時摂取における有酸素運動の食後脂質代謝に対する効果は、脂肪単独摂取に対する有酸素運動の効果より鈍化することが示唆された。また、脂肪とフルクトースの同時摂取による糖・脂質代謝に対する影響は、有酸素運動によって軽減することが可能で、有酸素運動のタイミングとしては、摂取前日や摂取前よりも摂取後の方が効果的である可能性が示唆された。