

207M17 廣田あゆみ
指導教員 岡村 浩嗣

キーワード:たんぱく質、消化・吸収速度、血漿アミノ酸濃度、体組成、骨格筋

I. 緒言

レジスタンス運動後はタンパク合成速度が高まっているので、このタイミングで速やかにたんぱく質を摂取することが筋肉づくりには有効である。

血漿アミノ酸濃度の上昇は骨格筋のタンパク合成を刺激する要因の一つである。一方、血漿アミノ酸濃度を高い状態で維持することも、筋タンパク合成を促進する要因だと考えられている。

筋肉合成には、消化・吸収速度が速いたんぱく質のほうが良いと認識されていると思われる。しかし、最近の研究では消化・吸収速度が速すぎるのではなく筋肉合成には望ましくないことも報告されている。

消化・吸収速度が速いたんぱく質は急速に血漿アミノ酸濃度を上昇させ、体タンパク質合成も亢進するが、この亢進は一時的なものである。これに対して、消化・吸収速度が遅いたんぱく質は急速に血漿アミノ酸濃度を上昇させないが、長時間にわたり高濃度を維持することによって、体タンパク質合成の亢進した状態が長時間持続する。これらのこととは、運動後に吸収の速いたんぱく質で血中アミノ酸濃度を速やかに上昇させて体タンパク質合成を高めるとともに、吸収の遅いたんぱく質で上昇した血中アミノ酸濃度を長時間維持することで、体タンパク質合成を一層高められる可能性を示唆している。

そこで本研究では、消化・吸収速度の速いたんぱく質と遅いたんぱく質を組み合わせ摂取した場合の、血漿アミノ酸濃度並びに骨格筋量などの体組成に及ぼす影響を検討した。

II. 研究方法

<実験 1>

一晩絶食後のSD系雄ラットに消化・吸収の速いカゼインと速いホエーの両方を含んだ食餌(SF、n=6)、あるいはカゼインのみを含む食餌(S、n=5)を与えた。どちらの食餌もショ糖を含み、たんぱく質とショ糖の比率は6:4とした。SFにおけるカゼインとホエーの比率は1:1とした。SFとSにはそれぞれの食餌を15分間、自由に摂食させた。尾静脈採血を摂食前及び摂食15,30,60,90,120分後に行った。各時点の血漿を群毎にプールし、遊離アミノ酸濃度を測定した。

<実験 2>

4週齢のSD系雄ラット21匹を8:00-20:00を暗期とする12時間の明暗サイクルで個別飼育した。1週間の予備飼育終了後、ラットをカゼイン食摂取群(CAS)とカゼインとホエー混合食摂取群(MIX)に分けた。全てのラットに8:00-10:00と20:00-22:00の2食制下とし、飲水は自由とした。両群ともに、加重負荷でのリュックサック・クライミング運動をさせた。また、運動直後にCAS食あるいはMIX食を1日総摂取エネルギー量の20%となるように摂取させた。この実験条件下で8週間飼育し、屠殺解剖した。

実験7週目に筋力及び筋持久力の測定と血漿尿素窒素濃度の日内変動を測定するための採血を行った。採血は尾静脈より行い、8:00、14:00、20:00、02:00の4点で実施した。

群間の平均値の比較はt検定を用いて行った。P<0.05を統計学的に有意とした。

III. 結果

<実験 1>

摂食量はSFが3.13g(SD 0.72)、Sが2.30g(0.47)で、群間に有意差はなかった。血漿総アミノ酸濃度のピークは両群とも食後30分であり、濃度には群間に差はなかった(SF: 6265 vs. S: 6162nmol/L)。血漿総アミノ酸濃度は、SFでは120分まで高く維持されていたのに対しSでは低下し、120分の時点ではSFのほうが高値であった(SF: 6128 vs. S: 4882nmol/L)。必須アミノ酸、分岐鎖アミノ酸の血漿濃度も総アミノ酸と同様の変動を示した。

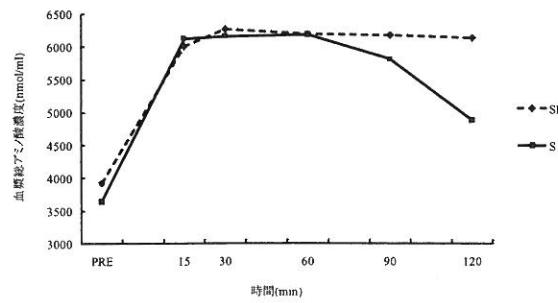


図1. 血漿総アミノ酸濃度

<実験 2>

①総摂取エネルギー量、食餌効率

8週間の実験期間中にラットが摂取した総摂取エネルギー量には差は認められなかった(CAS : 4686 (266) vs. MIX : 4759 (324)kcal)。体重増加量を総摂取エネルギー量で除して算出される食餌効率にも差は認められなかった(CAS : 0.057 (0.003) vs. MIX : 0.056 (0.004))。

②組織重量

採取した骨格筋重量には、群間に差は認められなかった(表 1)。脂肪組織は、副睾丸脂肪が MIX で CAS よりも有意に大きかった($P=0.014$)。肝臓、小腸、胃、腎臓、副腎は群間に差はなかった。

表 1. 骨格筋重量

	CAS (n=11)	MIX (n=10)
腓腹筋	4.28 (0.24)	4.26 (0.50)
ヒラメ筋	0.27 (0.03)	0.28 (0.03)
足底筋	0.82 (0.07)	0.81 (0.06)
長指伸筋	0.42 (0.02)	0.42 (0.03)
前脛骨筋	1.61 (0.12)	1.58 (0.14)
長母趾屈筋	1.33 (0.09)	1.32 (0.08)
浅指屈筋	0.59 (0.05)	0.59 (0.03)
深指屈筋	0.53 (0.02)	0.52 (0.05)
合計	9.86 (0.55)	9.78 (0.86)

平均値(標準偏差)

③組織水分、たんぱく質及びグリコーゲン量

長母趾屈筋の水分、たんぱく質及びグリコーゲン量には、重量と同様に群間に差は見られなかった。また、長母趾屈筋 1 gあたりの水分、たんぱく質及びグリコーゲン量にも群間に差はなかった。肝臓では長母趾屈筋と同様、水分量とたんぱく質量に差は見られなかつたが、グリコーゲン量が MIX で多い傾向が認められた($P=0.08$)が、肝臓 1 gあたりでのこれらには差はなかつた。小腸の水分、たんぱく質及びグリコーゲン量には、群間に差はなかつた。

④血漿尿素窒素濃度(BUN)

BUN は、8:00、14:00、20:00 では群間に差は見られなかつたが、02:00 で MIX が CAS より有意に高かつた($P=0.0012$)。しかし、曲線下面積(AUC)には、群間に差は見られなかつた。

⑤筋力及び筋持久力

筋力及び筋持久力は群間に差は見られなかつた。

IV. 考察

実験 1において、消化・吸収速度の異なるたんぱく質を組み合わせて摂取した場合、血漿アミノ酸濃度が高レベルで長時間維持されることを認めていた。このことは、筋タンパク合成に有効と考えられる。また、実験 2 で用いたリュックサック・クライミング運動に関しても、運動群において非運動群よりも骨格筋量が増加することが示されている。しかし、実験 2 では、骨格筋重量には差はみられなかつた。

この理由は、消化・吸収速度の異なるたんぱく質を組み合わせた軽食が血漿アミノ酸濃度に及ぼす影響を検討した実験(実験 1)では、運動を行わせていないなかつたが、実験 2 では両群ともに運動を行わせており、運動による影響が大きかつたと考えられる。レジスタンス運動による筋タンパク質代謝の促進は、たんぱく質摂取への代謝反応を変えるのかかもしれない。

ホエーは、カゼインに比べると消化・吸収速度が速く、炭水化物と共に摂取することで体タンパク合成に有効に作用したとの報告もある。しかし、最近の研究で、運動後に吸収速度の異なるたんぱく質を摂取した場合、吸収速度の遅いたんぱく質のほうが筋肉合成には効果的ということが示された。トレーニング後に吸収速度の遅いたんぱく質を摂取したほうが筋肥大に有効かどうかという研究においては、乳たんぱく質を摂取した場合、消化・吸収の速い大豆たんぱく質や等エネルギーの炭水化物を摂取した場合よりも除脂肪組織の増大が認められている。

ホエーたんぱく質食を摂取した運動負荷ラットはカゼインや大豆たんぱく質食を摂取したラットに比べ有意に肝グリコーゲン含量を高めることが報告されており、さらにカゼイン食と比べて肝臓及び腓腹筋グリコーゲン量を有意に増大させることも報告されている。このことは、カゼインのみよりもカゼインとホエーを組み合わせた軽食において、肝臓でグリコーゲン量が高い傾向が認められたことの説明になるかもしれない。

血漿尿素窒素濃度の日内変動にもほとんど差はみられなかつた。組織たんぱく質量においては、肝臓及び小腸では群間に差がなく、長母趾屈筋の重量においても群間に差がなかつたことから、体内に貯留した窒素に差はなく、血液中の窒素への変化を及ぼすほどの消化・吸収速度による影響の差はなかつたと考えられる。

VI. まとめ

本研究では、たんぱく質の消化特性、すなわち消化・吸収速度の異なるたんぱく質を組み合わせて摂取した場合の血漿アミノ酸濃度並びに、運動後速やかに摂取した場合に骨格筋量などの体組成に及ぼす影響を検討した。その結果、たんぱく源として消化・吸収速度の速いたんぱく質と遅いたんぱく質を含む食餌を摂取すると、遅いたんぱく質のみを含む食餌より、血漿アミノ酸濃度を長時間高く維持出来るが、軽食に相当する量を運動後に摂取した場合、筋の肥大は促進されないことが示唆された。また、その理由として軽食に相当する量においては、たんぱく質の消化特性の違いによる効果よりも運動の効果が上回ることが考えられた。