

# 朝食時大豆ペプチド摂取がその後のエネルギー代謝および血糖値に及ぼす影響

大山聡（千葉大学教育学部） 村松成司（千葉大学大学院人文社会科学研究所）

## 緒言

大豆は日本において伝統的な食品であり、栄養価も高く豆腐や納豆など大豆加工品として古くから食されてきている。また、近年では大豆を主とした健康食品なども開発されて市場に出回っている。特に、大豆の蛋白質には様々な生理機能が報告されており、更にその分解物である大豆ペプチドには優れた消化吸収性ととも、運動後の筋損傷の起きた筋肉への有効性、抗肥満効果、抗アレルギー作用などの研究報告がある。

一方、摂食時の熱産生や生体反応に関する研究において、炭水化物食を摂取するよりも炭水化物とタンパク質の混合食を摂取した場合のほうが、脂質のエネルギー代謝が促進されることや、大豆ペプチドを摂取した場合、同じ量の乳タンパクを摂取した場合と比較して熱産生はより大きいことや、高血圧ラットを用いた研究では大豆ペプチド摂取によって血圧低下が認められるなど大豆ペプチドの様々な効果が報告されている。

また大豆ペプチド単体を摂取した先行研究では、大豆ペプチドを摂取することでリラックス傾向を示す $\alpha$ 波の増加が観察されるなどの報告されている。さらにペプチドを摂取した実験において、佐藤 真葵らはミルクペプチドをトレーニング期間中の運動者に摂取させたところ摂取後に安静時酸素摂取量が減少したという報告があるが、一方で佐藤大毅らは大豆ペプチドを摂取させたところ安静時酸素摂取量が増加したとの報告もあり、摂取するペプチドの種類によっても与える影響に差異があることが確認されている。アミノ酸摂取に関する先行研究では摂取しない場合に比べエネルギー代謝の向上を促し、減量にも有効であるとされている。

本研究では、朝食時の大豆ペプチド摂取が摂取後のエネルギー代謝、体温、脈拍、血中グルコース、ストレス値、脳波の変動に与える影響について検討することにした。

## 実験方法

### A.被験者

本実験は健康な男子大学生 8 名（年齢  $21.1 \pm 0.3$ 、身長  $174.2 \pm 4.7$ cm、体重  $67.8 \pm 4.6$ kg、BMI  $22.3 \pm 1.8$ ）を被験者とした。被験者には本実験の主旨を説明し、インフォームドコンセントを得て行なった。

### B.測定項目

測定項目は血糖値、安静時脈拍、ストレス値、脳波、呼気ガス（RER、VO<sub>2</sub>、VCO<sub>2</sub>）体温である。血糖値はアークレイ社製グルコカードダイアメーターと同社製のダイアセンサーを使用した。採血する前にアルコール脱脂綿でよく拭いたのち、ランジェットにより採血、ダイアメーターにより血糖値を測定した。

安静時心拍数はポラール社製アキュレックプラス ポラールハートレイトモニターを使用した。ストレス値の測定には唾液中のアミラーゼ活性からストレス値を測定するニプロ株式会社製 COCORO METER（ココロメーター）を使用した。

脳波はフーテックエレクトロニクス株式会社の $\alpha$ 波測定器 FM-717 を使用した。測定する際は額をアルコール脱脂綿でよく拭いた後センサーバンドを着け、目を閉じて安静座位の姿勢で 1 分間脳波を測定した。

呼気ガス（RQ、VO<sub>2</sub>、VCO<sub>2</sub>）の測定にはミナト医科学社製呼気ガス分析装置 AE-280 を使用した。測定時間は 3 分間安静座位の状態になり測定し、最後の 1 分間の数値を結果とした。

体温の測定にはキタノ製作株式会社製電子体温計を使用した。

### C.測定条件

被験者は起床後、家では朝食をとらず（水の摂取は可とした）に実験室に集合し、十分に安静状態を保ったあと7:40に食事前の測定として、上記の6つの項目を測定する。その後、8:00に市販の包装米飯（白米）1パック（200g、エネルギー302kcal、炭水化物79.4g、タンパク質4.2g、脂質0.8g、灰分0.2g、食塩0.01g未満）を食べてもらい、水250mlとともに①何も摂取しない（以下RICE群）、②大豆ペプチド（ハイニュートYM、以下SP1）を摂取③大豆ペプチド（ハイニュートAM、以下SP2）を摂取の3パターンに分けて行なった。なお大豆ペプチドの摂取量は被験者A、B、C、Dは2.5g、E、F、G、Hは4.0gとした。大豆ペプチドを摂取した後は座位安静状態をとってもらう。なお使用した大豆ペプチドは不二製油株式会社製のものでハイニュートYMはジ・トリペプチド含量17.8%、15%TCA可溶蛋白率32.5%、ハイニュートAMはジ・トリペプチド含量65.1%、15%TCA可溶蛋白率100.0%となっている。

その後9:00、10:00、11:00、12:00の一時間ごとに6つの項目の測定を行い変化を調べた。なお被験者は実験中実験室間の移動時以外は座位安静時を維持してもらい、座位安静時は会話や読書などは可とした。

### D.測定環境

測定は被験者A~Dの4人は2008年8月、被験者E~Hは2008年11月に行い、室温は25~27度、湿度は45~60%であった。

### E.統計処理

統計処理は二元配置分散分析を用い、有意な場合は対応のあるstudentのt検定を用いた。有意水準5%未満を統計上有意な差とした。

## 結果

何れの群においても朝食摂取後に体温が上昇する傾向がみられたが有意な差は得られなかった。

安静時酸素摂取量は9:00dではRICE群とペプチド2.5g摂取した群との比較でSP1は4.6%、SP2は0.9%レベルで有意な差を示した。RICE群とペプチド4g摂取した群との比較でSP1は3.2%、SP2は4.7%レベルで有意な差を示した。10:00ではRICE群とペプチド2.5g摂取した群との比較でSP1は4%、SP2は3.1%レベルで有意な差を示した。RICE群とペプチド4g摂取した群との比較でSP1は9%（有意ではない）、SP2は1%レベルで有意な差を示した。11:00ではRICE群とSP-1 2.5g、4g摂取した群は11:00以降は有意な差はみられなかった。RICE群とSP2 2.5g摂取した群では5%レベルで有意な差を示した。RICE群とSP2、4g摂取した群では1%レベルで有意な差を示した。12:00ではRICE群とSP2 2.5g摂取した群では%レベルで有意な差を示した。

RICE群とSP2 4g摂取した群で0.6%レベルで有意な差を示した。

またVO<sub>2</sub>から1分間あたりの消費カロリーがもとめることができ、RQから糖質から得られるエネルギーと脂質から得られるエネルギーの比（percentage kcal Derived from）が得られるので、percentage kcal Derived from×安静時酸素摂取量から安静時における1分間あたりの消費カロリーの内わけ（糖質：脂質）を求めた。

糖質由来のエネルギーについては食後にどの群も増加傾向を見せたが有意な差は見られなかった。

脂質由来のエネルギーについてはA~Dのペプチド2.5gを摂取した群は、どの群も食後に減少傾向が見られたが、SP2群は減少幅が少なく、時間が経過しても他群と比較して若干ではあるが高値を示した。

E~Hの4.0gを摂取した群はRICE群と比較してSP1、SP2群ともに食後に脂質代謝が増加する傾向を見せ、またSP2群に関しては食後から時間が経っても脂質代謝は安定して高い値を示した。

血糖値については朝食後にペプチド2.5gを摂取した場合、RICE群と比較してSP2群は9:00の時点で0.4%

レベル、10:00の時点で2%レベルで有意に低い値を示した。

朝食後にペプチド4gを摂取した場合、9:00の時点でRICE群とSP1群を比較して6%レベルで低い値をしめし(有意ではない)、RICE群とSP2群を比較すると0.02%レベルで有意に低い値を示した。

ストレス値については大豆ペプチド摂取による有意な差はみられなかった。また摂食による影響も観察されなかった。

安静時脈拍については以下のような結果となった。大豆ペプチド摂取や摂食による影響はみられなかった。脳波に関しては個人差が非常に影響し、有意な値は得られなかった。

## 考察

### 1.体温の変化について

先行研究では食事によって体温が上昇すること、たんぱく質は糖質や脂質に比べて高い食餌誘発性体熱産生(DIT)をもたらすこと、大豆ペプチド摂取は熱産生を促進するなどの効果が示されているが、本研究では体温に関しては食後に若干の増加傾向を見せたが有意な結果は得られなかった。またRICE群とペプチド摂取群間の違いも観察されなかった。

### 2.安静時酸素摂取量、エネルギー代謝について

藤井らの研究によると運動前にたんぱく質と糖質の混合食を摂取した場合、糖質摂取群と比較して脂質の酸化量が多く、糖質摂取群よりも酸素摂取量が多いことを明らかにしている。また彼らは安静時でもこの傾向があることを明らかにしている。また佐藤らによると安静時に大豆ペプチドを投与することで安静時酸素摂取量が増加することが観察されている。本研究では先に挙げた先行研究と同じく、RICE群と比較して一緒に大豆ペプチドを摂取した群のほうが安静時酸素摂取量は有意に高い値をしめした。このことから大豆ペプチドと食事を組み合わせると安静時酸素摂取量が有意に増加するといえる。またSP-1は11:00以降は有意な差がみられなかったのに対し、SP-2は9:00から12:00まで有意な差を観察することができた。摂取する大豆ペプチドの種類によって安静時酸素摂取量増加の持続時間も変化するといえる。摂取量の違いによる差は観察されなかった。

またRQと安静時酸素摂取量から糖質、脂質のエネルギー代謝における割合を求めたが、RICE群では食後に脂質代謝が低下する傾向がみられたがSP1を4.0g摂取、SP2を2.5g、4.0g摂取した群ではRICE群と比較し減少幅は小さく、特にSP2を4g摂取した群では脂質代謝が増加したことから大豆ペプチド摂取が脂質代謝を亢進させる可能性が示唆された。またSP1群では4.0g摂取した場合に2.5gを摂取した場合と比較し、減少幅が小さくなっていったことから摂取量が多い場合に脂質代謝を亢進させる可能性も示唆された。

### 3.血糖値について

血糖値の項目においてSP-2では摂取する量に関らず2.5gでは0.4%、4gでは0.02%とどちらの群も有意な差を観察できた。SP1のほうは2.5gを摂取した場合はRICE群と比較してあまり差は見られなかったが4g摂取することで有意ではないが6%レベルで低かった。ペプチドを摂取することで血糖値の上昇が抑制された理由としては大豆ペプチドが細胞の糖の取り込みを促進しているのではないかと考えられるが本研究の結果からは必ずしも明らかでない。また被験者の中には10:00に血糖値のピークを迎えたものもありグルコース保存の機能もあるのではないかと考えられる。SP1群では有意な結果は得られず、SP2群では2.5g摂取、4.0g摂取のどちらの群も有意な結果が得られたことに関しては、加藤麻衣らの研究では分岐鎖アミノ酸を用いた運動実験で、グルコース摂取群よりも分岐鎖アミノ酸(+アルギニン)とグルコースを摂取した群

が運動開始時および、運動開始後 15 分において血中グルコース濃度は有意に低かったとしている。本研究において SP2 を摂取した群が血糖値が低い傾向にあったことなどから、よりアミノ酸の形に近い SP2 群が血糖値の上昇を抑制する効果が高いのではないかと考えられる。また SP1 を摂取した群は 4.0g では有意ではないが 6.0% レベルで低い傾向にあったことから摂取量の違いで血糖値上昇抑制効果に差が出るのではないかと推察される。

#### 4. ストレス値について

ストレス値についてはほとんどの群で食後にストレス値が上昇する傾向が見られたが、原因としては安静時の過ごし方にあると考えられる。安静時は座位安静という指示はしていたが会話などについてはとくに指示はしていなかったためそれらの外的ストレスが大きかったのではないだろうか。またストレス値の測定に唾液中のアミラーゼ活性からストレス値を測定するニプロ株式会社製 COCORO METER (ココロメーター) を使用したが、摂食や水分摂取が唾液中のアミラーゼ活性になんらかの影響を与えた可能性もありうる。

#### 5. 安静時脈拍について

安静時脈拍はどの群もほぼ安定していた。大豆ペプチド摂取による有意さは得られなかった。

#### 6. 脳波について

脳波に関しては先行研究において夕方に大豆ペプチドを摂取することで脳波の緊張度を示す  $\alpha$  波が増加 (リラックス傾向) を示したという報告があるが、本研究では観察されなかった。またこの先行研究では結果の再現性が課題とされている。本研究ではストレス値同様安静時の過ごし方による影響が大きいと考えられる。測定された脳波は各個人によって項目 (分散緊張、リラックス、集中、眠気) 間の違いが大きく、また各時間ごとで違った傾向が観察された。本研究ではペプチド摂取による有意な差は得られなかった。

#### まとめ

本研究では健康な男子大学生 8 名を対象として、朝食時における大豆ペプチド摂取がその後の血糖値変化などに及ぼす影響について検討した。その結果以下のことが示された。

①血糖値の変化については大豆ペプチド (ハイニュート AM2.5g、4.0 g) を摂取した群は RICE 群と比較して 9:00 の時点で有意に低い値を示した。

②安静時酸素摂取量については大豆ペプチド摂取群は両群ともに RICE 群に比べ安静時酸素摂取量が有意に増加した。またハイニュート AM 群がハイニュート YM 群と比較し安静時酸素摂取量増加の効果は持続した。

③安静時酸素摂取量と RER から糖質由来のエネルギーと脂質由来のエネルギーを求めた結果、大豆ペプチド 4g 摂取群が脂質代謝の増加傾向をみせたことから、大豆ペプチドが脂質代謝を亢進する効果がある可能性が示唆された。

#### 参考文献

増田 研一, 戸村 多郎, 松尾 貴子: 生化学・栄養 筋損傷モデルに対する大豆ペプチド摂取の効果: 免疫学的検討を中心に (大豆たんぱく研究) 4(22) pp.83~86 2001

安部 久貴 , 藤枝 賢晴 , 酒井 健介 : 連戦期の大学サッカー選手における血清 creatine kinase の経時的推移に及ぼす大豆ペプチド経口摂取の効果 (体育の科学) 58(2), 133~137, 2008

赤坂好美 : 大豆ペプチド「ハイニュート」の生理機能と利用 (大豆利用食品の効能・効果) (ニューフーズインダストリー) 41(7)pp.15~20 1999

藤井久雄、高橋弘彦、佐藤佑、鈴木省三、桜井政夫、土居達也、岡村浩嗣 : 事前のたんぱく質・糖質混合食摂取が運動時のエネルギー代謝に及ぼす影響 (体力科学) 47(6), 854, 1998

河田照雄 : 食品摂取と「食餌誘発性体熱産生」--その"シグナル"とメカニズム (食品中の生理機能発現情報) (日本農藝化学会誌) 61(11), p1462~1465, 1987

斉藤昌之 : 大豆ペプチドの経管栄養への応用 : 熱産生に及ぼす影響 (大豆タンパク質栄養研究会会誌) 11 pp.95-97 1989

吉井亨、片岡幸雄 : 血圧、加速度脈波、皮膚温、血糖および酸素飽和度などに及ぼす摂食の影響 (スポーツ整復療法学研究) 8 (1,2)、37,2006

田中真実、工藤重光、渡辺毅 : 大豆ペプチドによる高血圧自然発症ラットに対する血圧降下作用 (日本臨床栄養学会雑誌) 24(3)pp.203~207 2003

高崎祐治 : 夕方の大豆ペプチド摂取が脳波と主観的疲労感に及ぼす影響 (日本生理人類学会誌) 9(3), 127, 2004

本橋豊 : 脳波に及ぼす影響 (大豆の健康機能) (食の科学) (322) pp.16~18 2004

佐藤 真葵 , 中村 浩彦 , 高瀬 光徳 , 伊藤 雅充 : 大学女子バレーボール選手のトレーニング期間中におけるミルクペプチド摂取の効果 (体力科学) 55(6), 707, 2006

佐藤大毅、伊藤幹、藤原健太郎、村松成司、服部洋兒 : 安静時エネルギー代謝に及ぼす大豆ペプチド投与の影響 (千葉体育学研究) 31. p 23.2007

清水 宗茂 , 前村 公彦 , 佐藤 三佳子 , 大石 泰之 , 石原 健吾 , 森松 文毅 : チキンペプチドの長期摂取がエネルギー代謝に及ぼす影響 (体力科学) 55(6), 688, 2006

吉澤史昭 : 分岐鎖アミノ酸によるタンパク質代謝調節と糖代謝調節 (アミノ酸研究) 1(1), 9~17, 2007

加藤 麻衣、吉田 祐子、榎木 泰介、八田 秀雄 : 持久的運動前のアミノ酸摂取が運動時の糖代謝に及ぼす影響(体力科学) 53(6), 744, 2004

村山茂樹 : 実験的糖尿病ラット咀嚼粘膜コラーゲンのグリケーション (歯科医学) 55(2), p111-p112, 1992、

第 11 回日本スポーツ整復療学会 (平成 21 年 10 月) に発表