

朝食と夕食のタンパク質の配分を変えることで筋肉量を増加

試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発

研究代表機関名：早稲田大学

背景とわらい：

ヒトのタンパク質の摂取には朝食に少なく、夕食に多いといった1日の中で偏りがみられます。また、この偏りをなくし、1日の中で均等にタンパク質を摂取することが骨格筋の増加に効果的であることが示唆されています。一方で、多くの栄養素の消化・吸収・代謝機能は生体に備わっている体内時計のシステムによって1周期が約24時間の日内変動を示します。我々はこの体内時計によって生み出される日内変動に合わせたタンパク質の摂取パターンが骨格筋の増加に効果的であると考え、タンパク質の摂取パターンが骨格筋の増加に及ぼす影響と体内時計の関与についてマウスを用いて検討しました。

特長と効果：

まず、1日の中でのタンパク質の摂取配分の影響を調べるために、マウスを1日2回食で飼育する条件を作成しました。マウスの活動期の初期に与える餌を朝食とし、活動期の後期に与える餌を夕食と定義しました。さらにマウスを、朝食多くのタンパク質を摂取するグループと夕食に多くのタンパク質を摂取するグループの2つのグループに分けて飼育しました。飼育期間中に、骨格筋を肥大させるために協働筋切除モデル*を用いて骨格筋の肥大を誘導しました。骨格筋重量はともに協働筋切除による筋肥大誘導処置により増加しましたが、その増加の程度は朝食にタンパク質を多く摂取しているマウスの方が大きいことが分かりました（図1）。さらに、朝食に多くのタンパク質を摂取したマウスは、朝食と夕食で均等に摂取したマウスよりも筋量の増加が顕著であり、骨格筋量増加における朝食でのタンパク質摂取の重要性が示唆されました。これまで、多くの研究で分岐鎖アミノ酸（特にロイシン）の摂取が骨格筋の合成に効果的であることが示されています。そこで、朝食のタンパク質摂取による筋量増加効果に分岐鎖アミノ酸が関与しているかどうかを調べるため、朝食または夕食に分岐鎖アミノ酸を添加し、同様の検証を行いました（図2）。その結果、タンパク質と同様に、朝食における分岐鎖アミノ酸の摂取が骨格筋の増加に効果的であることが分かりました。

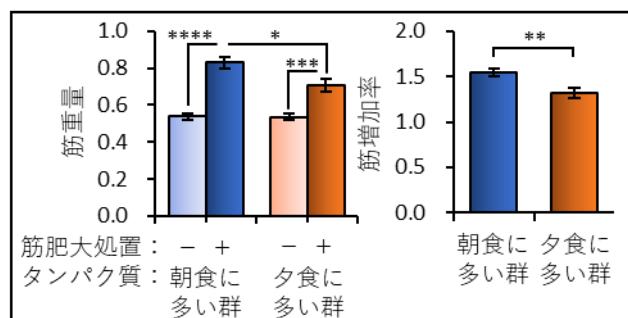


図1 タンパク質の朝食摂取による筋肉量の増加

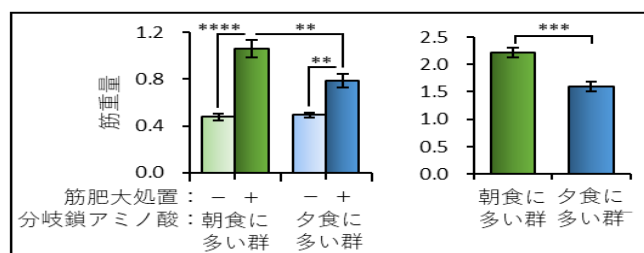


図2 分岐鎖アミノ酸の朝食摂取による筋肉量の増加

さらに、このような効果は他のアミノ酸の摂取では見られず、分岐鎖アミノ酸が重要であることが示唆されました。

では、なぜこのような摂取タイミングによる差がみられるのでしょうか。我々は体内時計に着目し、体内時計を司る時計遺伝子の一つである *Clock* に変異の入った *Clock^{Δ19}* マウス（体内時計が正常でないマウス）を用いて、タンパク質や分岐鎖アミノ酸の摂取タイミングによる効果に対する体内時計の関与を調べました。その結果、体内時計が正常な野生型のマウスではタンパク質や分岐鎖アミノ酸の摂取タイミングによる効果は見られましたが、*Clock^{Δ19}* マウスではこれらの摂取タイミングの効果は認められませんでした。したがって、朝食におけるタンパク質や分岐鎖アミノ酸の効果には体内時計が関与していることが示されました。本研究成果により、1 日の中で特に朝（活動期の初期）が骨格筋量の増加には重要なタイミングであることが分かり、朝食のタンパク質や分岐鎖アミノ酸摂取による効果には、体内時計が関与していることが示されました。

*協働筋切除モデル：ヒラメ筋と腓腹筋のアキレス腱を切除することで代償的に足底筋を肥大させる実験モデル

社会実装の対象と可能性：

本研究成果は、朝食におけるタンパク質の積極的な摂取が骨格筋の増加に効果的である可能性を示しました。我々の実施したヒト調査研究では、1 日の総タンパク質摂取量に対する朝食におけるタンパク質の摂取量の割合は骨格筋量指数と正の相関を示すことも分かりました。また近年、海外の研究でも、高齢者を対象に朝食におけるタンパク質の摂取が除脂肪体重を増加させることが報告されており、タンパク質の摂取タイミングとしては朝が効果的である可能性が高いことが示唆されます。このような背景をもとに、SIP の他班とも連携し、魚肉タンパク質を含むソーセージの開発（写真）等が実施されました。このような商品を一例に、今後朝食でも摂取しやすいタンパク質や分岐鎖アミノ酸を含んだ加工食品やメニューが数多く開発されることが望まれます。



写真 本研究成果による商品開発の一例

参考文献：

- Shinya Aoyama, Hyeon-Ki Kim, Mizuho Tanaka, Takeru Shimoda, Hanako Chijiki, Shuichi Kojima, Keisuke Sasaki, Rina Hirooka, Kengo Kengo, Masaki Takahashi, Shigenobu Shibata, Distribution of Dietary Protein Intake in Daily Meals Influences Skeletal Muscle Hypertrophy Via the Circadian Clock. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3345547> (under review).

研究担当機関名：早稲田大学

研究担当者：早稲田大学 青山 晋也、金 鉉基、高橋 将記、柴田 重信

問い合わせ先：早稲田大学 先進理工学部 生理薬理学研究室 柴田 重信
電話：03-5369-7318 E-mail: shibatasa@waseda.jp

作成日：2019/03