

Part 2. **高齢期におけるサルコペニア予防のための  
乳タンパク質摂取とレジスタンス運動**  
Alan Hayes (Victoria University)

# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## Chapter 1 サルコペニアとは？

サルコペニアとは、ギリシア語の造語。加齢による筋肉減少を意味します。高齢になって姿勢が変化するのも、筋肉量の減少が原因です。

### ●サルコペニアは、ギリシア語の造語

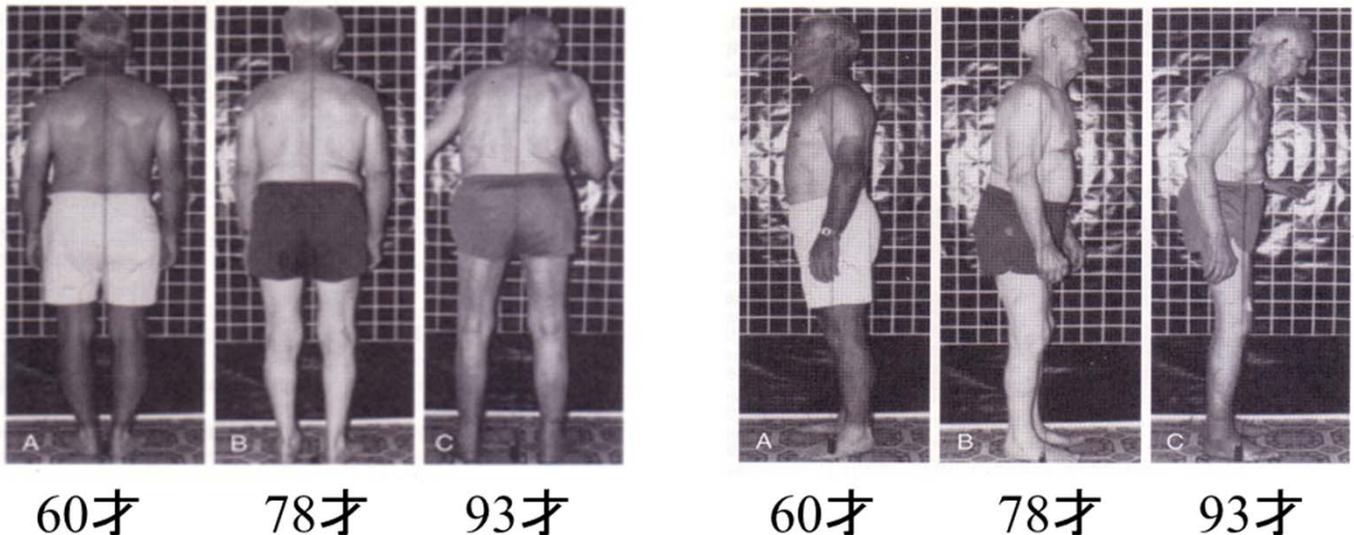
「サルコ」は筋肉を意味して、「ペニア」は減少を意味します。加齢によって筋肉量が減少したり、筋肉が萎縮してしまうことは、誰でも避けられません。海外の事例では、40歳を越えると、10年間で筋肉量が1.2kg減少することも珍しくありません。筋肉の重量が30%減少するという例もあります。さらに年月を経ると、筋繊維の減少は50%にも及びます。こうした筋肉の減少を「サルコペニア」と呼んでいます。こうした筋力の低下は、死ぬまで徐々に続きます。年齢が重なるにつれて、高齢者の姿勢が顕著な変化を見せるのは、まさにサルコペニアによるものといつてよいでしょう。

### ●積み重なる障害

図6「姿勢の変化」を見てみると、60才では背筋が伸び、ちゃんとした直立姿勢ができている人も、体を支えることが困難になっています。

年齢を重ねると、筋繊維の質が変化し、量も少なくなり、さらに脂肪の量が増加します。荷物（脂肪）が増加しているのに、力は失われ、敏捷性もなくなっていくということが、加齢とともに加速度的に進行していきます。こうした筋力低下とそれに伴う様々な障害が積み重なることで、ある日、行動に大きな障害が発生します。これが、ロコモティブシンドロームと呼ばれるものです。

【図6「姿勢の変化」】



講演2 Alan Hayes (Victoria University) 先生のスライドによる

### 加齢に伴う筋肉量の減少（筋肉の萎縮）

- 避けられない…速度を遅くしたり、ある程度回復させたりすることはできる
- 40歳以降は、10年間で1.2kg減少…最大で30%の減少も珍しくない
- 身体をあまり動かさない人に多いが、良く動かす人でも避けられない
- 姿勢が前かがみに変化する傾向にある

# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための 乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## Chapter 2 「加齢が筋肉に及ぼす影響」

サルコペニアが引き金になり、障害のデフレスパイラルが始まります。筋肉低下と脂肪量の増大、そして敏捷性が失われます。

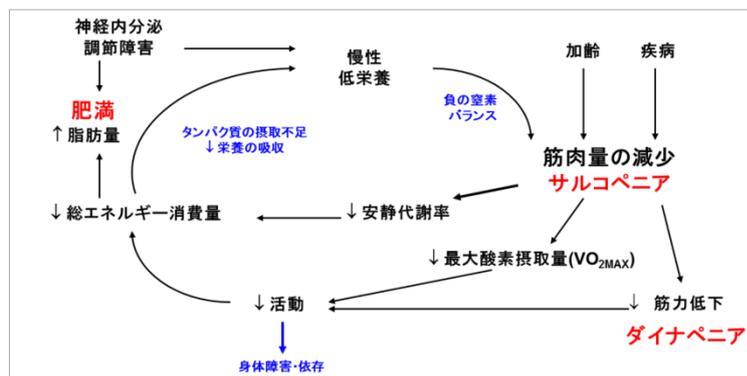
### ●太りやすい体に体質が変わる

筋肉の量が減ると、加齢による様々な障害の最初の引き金となるのが、サルコペニアの大きな特徴といってもよいでしょう（図7）。筋肉の量が減ることで最大酸素摂取量が減少します。最大酸素摂取量が減少すると、人間の活動能力は低下します。例えば、いままで普通に登ることのできた坂道も、休み休みでないと登れなくなったりするのがこれにあたります。

また、それと同時に、筋肉の量が減ると、安静時の代謝率が低下します。とはいえ、食生活などの習慣はそれほど変化しないため、摂取エネルギーが変化していないのに、総エネルギー消費量が減少し、太りやすくなったりもします。

筋肉量が減少して、体重が増えるということは、脂肪量の増加を意味します。弱ってきている筋肉に、脂肪という重りがくっつくわけで、体は動かしにくくなり、さらに肥満するという悪循環が生まれます。

【図7「筋肉が極めて重要な理由」】



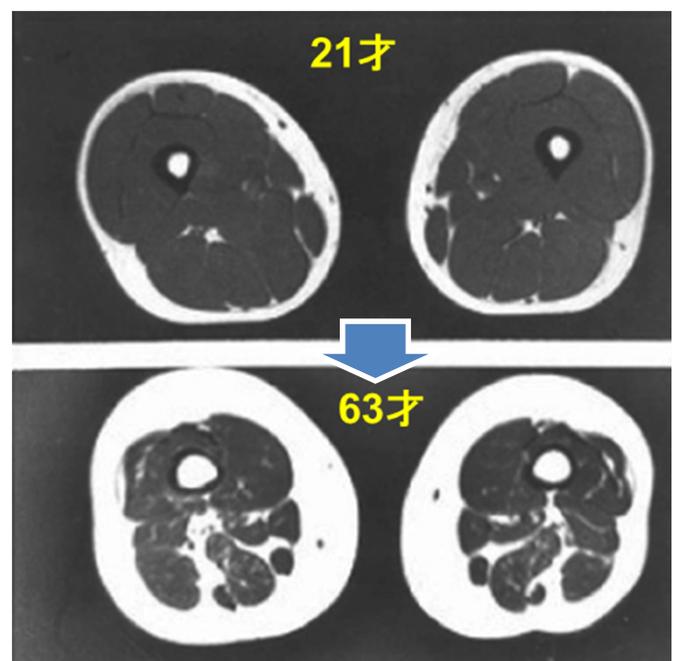
出典: Fried LP et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2001

### ●筋繊維のタイプまでもが変化する

太って重たくなっただけではありません。筋肉低下は、敏捷な動きを失い、反応時間の低下や、バランス感覚の喪失も生み出します。さらに筋肉の質も、敏捷性のあるタイプII筋繊維（速筋線維・白筋）が減少し、持続的収縮が可能なタイプI筋繊維（遅筋線維・赤筋）に移行していくといわれます（図8）。

高齢による筋力低下は、様々な困難を生み出す引き金になってます。では、それを防ぐ手だてはないのでしょうか。

【図8「加齢が筋肉（骨格筋）に及ぼす作用」】



#### 加齢の筋肉に及ぼす影響

- 脂肪量と結合組織が増加
- 断面積(CSA)あたりの筋肉が減少
  - ・衰弱傾向に
- 筋繊維形成の低下
  - ・筋繊維は最大50%減少
  - ・運動ニューロンの減少が避けられない
  - ・特にタイプII繊維が減少
- タイプII（速筋線維・白筋）からタイプI（遅筋線維・赤筋）への移行
  - ・敏捷な動きに制約
  - ・反応時間の低下、バランスを失いやすくなる

# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための 乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## Chapter 3 サルコペニア対策1「レジスタンス運動」

筋トレで筋肉量の低下を防ぐことができます。その結果脂肪の量が減少、太りにくい体が作られます。

### ●レジスタンス運動という筋トレ

年齢に伴う筋力低下を防ぐためには、「レジスタンス運動」を行うことが必要です。これは、筋肉に運動による刺激を与えることで、筋組織中のタンパク質の増加・維持を図るものです。

加齢により、筋肉は減少していきませんが、筋肉や筋力を増強する能力は実のところ年齢を重ねても維持されています。

女優の森光子さんが、スクワット運動を続けることで、高齢になっても舞台に立ち続けていたのは、有名な話です。スクワットなどの簡単な筋トレを毎日行うことが、レジスタンス運動になるといいでしょう。

### ●運動が生み出す良循環

全身ムキムキのボディビルダーのような体をめざせといっているわけではありません。筋トレをすることで筋力はアップしますし、筋肉の量も増加します。これによって脂肪の量は減少し、最大酸素摂取量も増加します。運動する能力はアップするため、運動量も自然と増加し、基礎代謝量もアップして、元々太りにくい体となります。つまりは良い循環が生まれます。

歩行機会が増えるため、骨に対する刺激（歩行時の衝撃）は増加して、骨密度もアップします。筋トレにより、男性ホルモンであるテストステロンが増加するのは良く知られていますが、テストステロンは筋肉量の増加を手助けしてくれます。

ロコモティブシンドロームに陥る前の段階で、サルコペニアの悪循環をどう断ち切るかという問題に対し、筋トレを早い段階で始めることが解決策になるのです。

#### • 多くの健康効果をもたらす活動

- ↑筋力、除脂肪量、↓脂肪量
- 全てのタイプの筋繊維が肥大
- ↑最大酸素摂取量( $VO_{2MAX}$ )
- ↑歩行、バランス
- ↑骨ミネラル密度
- ↑インスリン感受性

• 成人では、身体組成は、体力よりも筋肉量の影響をより大きく受ける

• 筋組織中のタンパク質の増加・維持は、運動を通じてしか促進できない

• 筋肉、筋力を増強する能力は、加齢／疾病によって失われるものではない

# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## Chapter 4 サルコペニア対策2「乳タンパク質の摂取」

レジスタンス運動の質を高めるためには、タンパク質の摂取が効果的です。牛乳に含まれる「カゼイン」「ホエー」に注目してください。

### ●有力な乳の摂取

レジスタンス運動の効果をさらに増大させるために、食事をどのようにとればいいのか、その研究が求められています。そして、もっとも有力な食事のひとつが、牛乳などの乳製品の摂取といわれています。

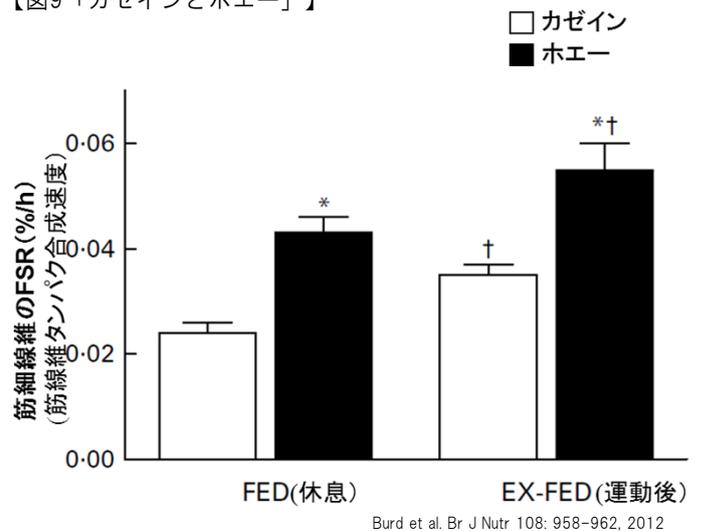
牛乳はサルコペニアや、それに伴う脂肪量の増加に対して、有益な補助食品です。牛乳に含まれるタンパク質のなかで「カゼイン」と「ホエー」に注目した研究が成果を上げています。牛乳に含まれるタンパク質はこの二種類で、カゼイン8割、ホエー2割という比率です。

「カゼイン」には、タンパク質が分解されるのをゆっくりと抑制する作用が認められています。筋繊維の中のタンパク質が分解されなければ、筋肉量の減少を抑えることができるのです。

「ホエー」は、タンパク質の合成をすみやかに促進します。

- \*健康な高齢者では、レジスタンス運動によって、タンパク質の合成が促進される
- \*カゼインよりホエー（WPI）の方が、合成速度を高める効果が有意に高い（図9）

【図9「カゼインとホエー」】



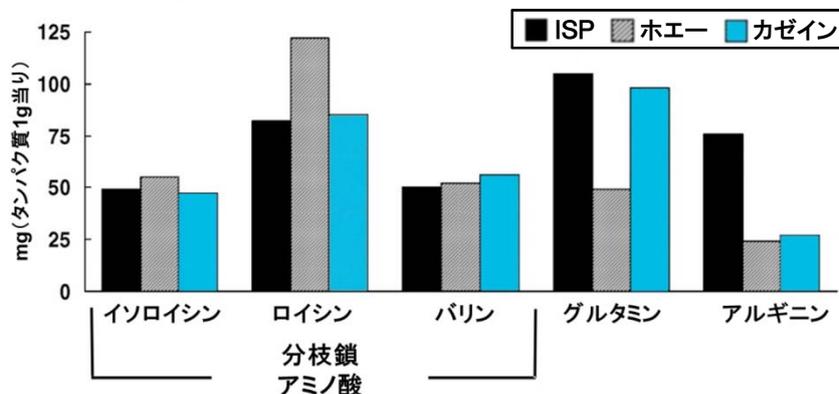
### ●ホエーを運動後に摂る

健康な高齢者がレジスタンス運動と同時にカゼインとホエーを摂ることで、タンパク質の合成が促進されます。特にホエーを運動後に摂ることで、筋繊維の合成速度が有意に上昇することが実験では認められています。

さらにホエーには、脂肪量を除く効果も高いといわれます。

図10はISP (ISOLATED SOYBEAN PROTEIN=分離大豆タンパク) とホエーとカゼインの比較です。筋肉のタンパク質分解を抑制し、運動の際のエネルギー源にもなるといわれる分岐鎖アミノ酸が、ホエータンパクの中での比率が高いことがわかります。

【図10「乳タンパク質」】



カゼイン → タンパク質の分解を抑制  
ホエー → タンパク質の合成を促進

# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## Chapter 5 「レジスタンス運動と乳タンパク質摂取の相乗効果」

ミルクを摂取したときの筋肉増加量は、豆乳を摂取したときの倍近いという結果がでています。運動の直後に牛乳を飲むのが効果的です。

### ●どのタンパク質をいつ摂るか

筋肉はタンパク質でできています。タンパク質はアミノ酸の集合体ですが、筋肉はある意味、アミノ酸の貯蔵場所でもあるわけです。タンパク質の補給が途絶えてしまうと、ヒトの体は筋肉を分解してアミノ酸を使います。これを筋肉の異化（分解）と呼びます。その逆に、タンパク質を供給しながら、レジスタンス運動をすることで、筋肉は作られていきます。これを筋肉の同化（合成）といいます。

筋肉を効果的に同化させるには、レジスタンス運動と同時にタンパク質を摂取することが必要といわれます。では、どのようなタンパク質を摂取すればいいのでしょうか。ランキン、ハートマンなど4名の研究をまとめた結果によると、ミルクと大豆、同等のカロリーの炭水化物を比較したハートマンの研究によれば、ミルクを摂取したときの筋肉増加量は、豆乳を摂取したときの倍近いという結果が出ています（図11）。

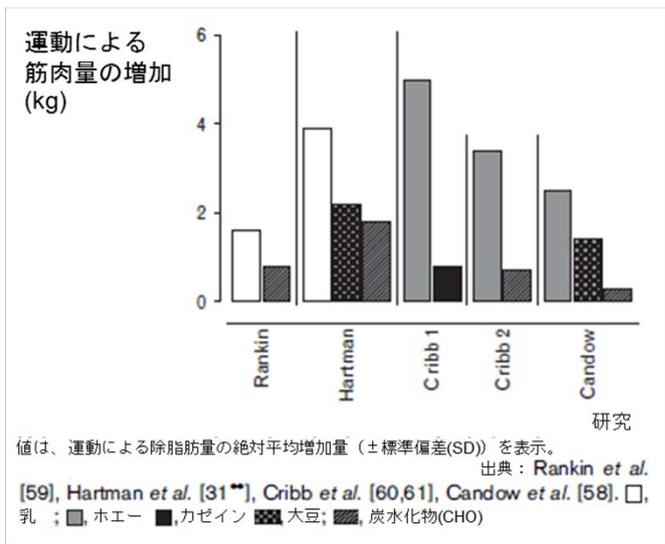
次に「ホエータンパク質とレジスタンス運動」という表を見ると、CHO（炭水化物）、WI（ホエータンパク分離物）、Cr（クレアチン）、CrWI（クレアチンとホエータンパク質の両方）を摂取した場合の比較実験の結果が記されています。クレアチンとホエータンパク質を摂取すると、筋繊維の断面積が増加することがわかります。また、いくつかのレジスタンス運動の際にホエータンパク質を摂取すると、筋力がアップすることも証明されています。レジスタンス運動をする際には、ホエータンパク質を摂取することが、筋力アップに繋がるのです（図12、13）。

#### 【参考URL】

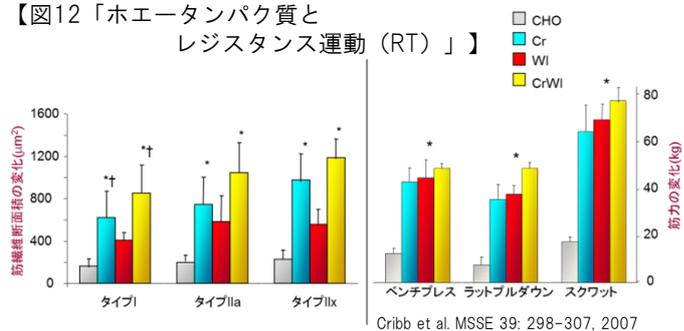
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAAs9gAD/ef-fects-of-whey-isolate-efeitos-wheyprotein>

さらに、ホエータンパク質を摂りながら立ち座り運動を行う実験では、24週間に渡ってテストした結果、脚の伸展力の増加に伴って、立ち座り試験において有意な改善が見られたとされています。同様に図14「立ち座り試験」でも、ホエータンパク質を摂りながら12週間立ち座り試験を行なったグループでは、筋力の増加に伴って、立ち座り試験の有意な改善がみられています。

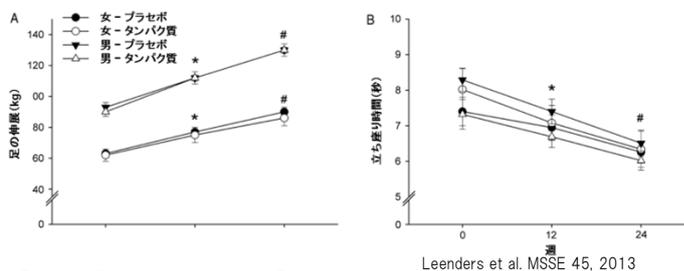
【図11 「高品質」なタンパク質は、筋肉の同化に特異的な影響を及ぼす。(Tang and Phillips, 2009)】



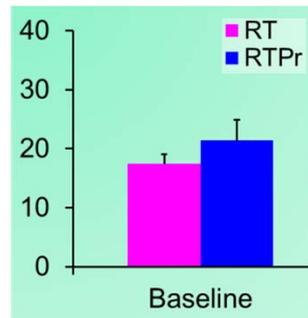
【図12 「ホエータンパク質とレジスタンス運動 (RT)」】



【図13 「高齢者におけるホエータンパク質とレジスタンス運動 (RT)」】



【図14 「立ち座り試験」】



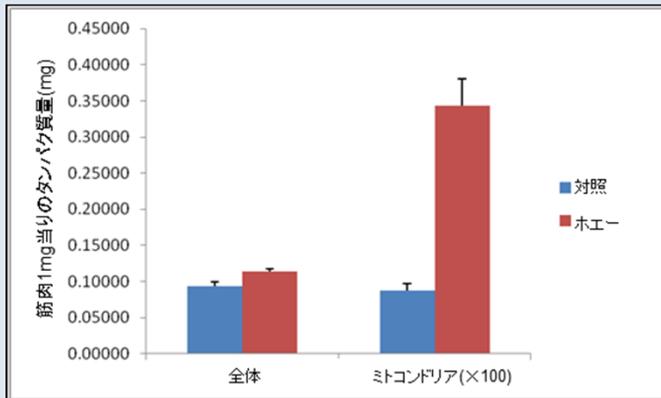
# Part 2 高齢期におけるサルコペニア予防のための乳タンパク質摂取とレジスタンス運動

## ●ホエータンパク質を摂ると、タンパク質の合成速度もアップ

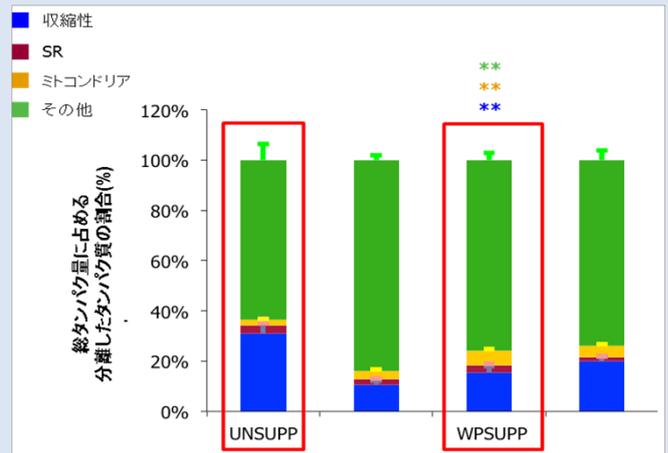
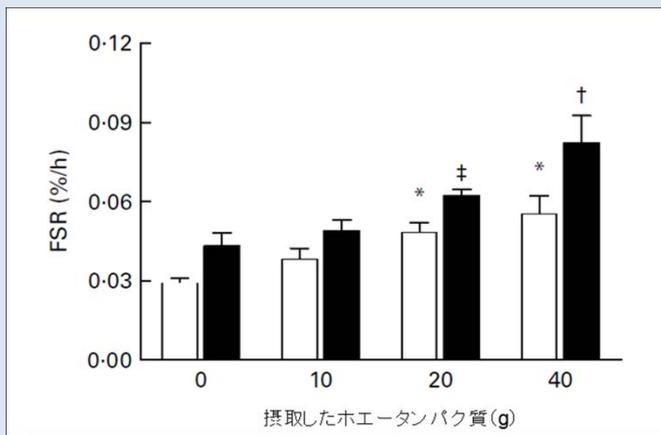
さらに、時間あたりのタンパク質の合成率 (fractional protein synthesis rate=FSR) についても、ホエータンパク質の摂取量が増えれば増えるほど向上することがわかっています。

レジスタンス運動の際に、乳タンパクであるホエータンパク質を適量摂取することで、筋肉量がアップ、脂肪量が減少し、それに伴い運動機能の向上が見られます。また、ホエータンパク質の摂取量が増加すると、タンパク質の合成速度も速くなると、いいことづくめになるといことがわかります。

【ホエータンパク質の摂取およびレジスタンス運動によるタンパク質の変化】



- 体内でアミノ酸から合成されるタンパク質は、必ずしも筋繊維等になる収縮性タンパク質ではない
- 健康な高齢者では、ホエータンパク質の摂取量が増加すればするほど、タンパク質の合成速度も速くなる。

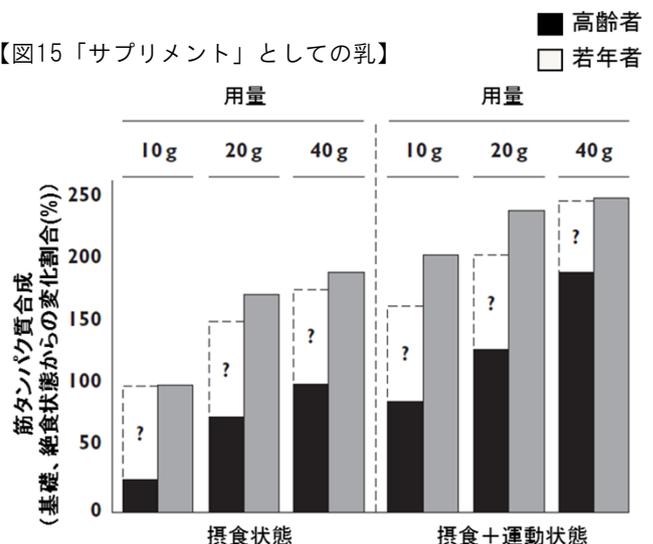


Yang et al. Br J Nutr 108: 1780-88, 2012

具体的には運動の直前直後にサプリメントのように牛乳を飲むことがお薦めできます。牛乳ではカゼインとホエータンパク質を同時に摂取できます。これにアミノ酸の中でもタンパク質の合成を働きかける力のあるロイシンや、筋力を維持する力のあるビタミンDを強化するとさらに理想的といえます (図15)。

- カゼインとホエータンパク質を同時摂取
  - ・ 迅速に放出し、その後、上昇を維持
  - ・ 合成を促進、分解を抑制
- ロイシンを追加
  - ・ タンパク質の合成をさらに促進
- ビタミンDを強化
  - ・ 筋力を維持し、疲労への抵抗性を増強

【図15 「サプリメント」としての乳】



Breen & Phillips. Br J Clin Pharmacol 77:3, 2013