# ペプチドで始まる筋肥大への刺激!

## 吸収速度の早いタンパク質で栄養補給をアシスト

スポーツ栄養サプリメントに関する広告や記事も数多く見かけるようになった昨今。そのスポーツサプリメントの代表格として「プロテイン」が挙げられる。プロテインに関しても様々なメーカーから各種特徴を売りにした商品が数多く販売されており、一般市民はどの商品に手を伸ばせばよいのか迷ってしまうほどである。今回は、プロテイン商品の原料のひとつとして使用されるホエイペプチドを中心にその特徴や有効性に関して述べる。

### ホエイペプチドとホエイタンパク質

ホエイペプチドは牛乳中に含まれるホエイタンパク質を原料として作られる。牛乳1000mlには約30g程度のタンパク質が含まれるが、そのタンパク質の80%はカゼイン、残りの20%はホエイである。つまり、牛乳1リットルを飲んでもホエイタンパク質は6g程度しか摂取することはできない。近年になってホエイタンパク質のタンパク質としての質の高さが評価されるようになり、最近では店頭で見かけるプロテイン製品のほとんどがホエイタンパク質を使用するようになっている。

ホエイタンパク質が、他のタンパク質よりも優れている点は以下の通りである。

①必須アミノ酸が各種タンパク質にどれくらい入っているのかを示す「アミノ酸スコア」が100点満点中100点であること。

②生物価(生体内に吸収されたタンパク質窒素量のうち、実際に生体内に保留されたタンパク質摂取量の率)やNPU(Net Protein Utilization、正味タンパク質利用率、上記生物価に消化吸収率を掛けた値)も他のタンパク質源と比べて高いこと(表1参照)

③分岐鎖アミノ酸(BCAA)の含量が高いこと(特にバリン:ロイシン:イソロイシン=1:2:1とロイシン含量が高い)。

本来良質なタンパク質であるホエイタンパク質を予め加水分解酵素で分解して低分子化した「ホエイペプチド」もプロテインサプリメントの原料として近年数多く見かけるようになった。本来ならば、口から摂取したタンパク質は口から胃を経て小腸で吸収されるまでに、吸収されやすい低分子状態まで「消化」という分解過程を経るのであるが、ペプチド体であれば既に分解されているので消化に要する時間を省くことができる。ホエイペプチドはホエイタンパク質に比べて消化吸収性が良い(速い)と言われるのはこの理由による。

表1 各タンパク質源に関する栄養価の比較

| タンパク質源 | アミノ酸スコア | 生物価 | NPU |
|---|---|---|---|
| ホエイタンパク質 | 100 | 104 | 92 |
| 全卵 | 100 | 100 | 94 |
| 牛乳 | 100 | 91 | 82 |
| 牛肉 | 100 | 80 | 73 |
| カゼインタンパク質 | 100 | 77 | 76 |
| 大豆タンパク質 | 86 | 61 | 61 |

### ホエイペプチドが筋肉合成に与える影響

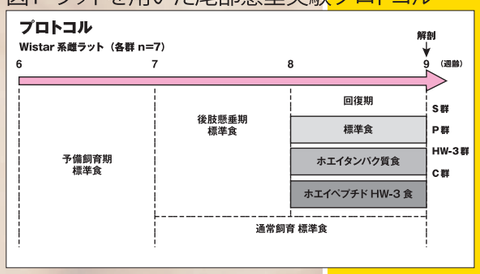
ペプチドとは、予め高分子であるタンパク質を加水分解酵素等によって処理することでアミノ酸が数個結合した低分子に分解したものである。したがって、本来生体内で行われるべき消化過程を省略できることが期待される。

順天堂大学スポーツ健康科学部と雪印メグミルク株式会社は共同で、ラットを使用した実験でホエイタンパク質とホエイペプチドを摂取した際、どちらが筋肉の合成をより促進するかという実験を行った(1)。

この実験ではラットに1週間尾部懸垂を行い、後脚が地面につかない状態を人工的につくることで、後脚の骨格筋である「ヒラメ筋」の筋肉萎縮を起こさせる。この後、尻尾を開放して自由に運動が出来る状態に戻し、その時点でラットをホエイペプチド摂取群とホエイタンパク質摂取群にグループ分けする。一週間の自由運動と食事摂取で一度萎縮した筋肉を回復させた際、どちらのグループが尾部懸垂を行なわなかった健常ラットのヒラメ筋量に近いところまで回復するかを測定した(図1)。その結果、ホエイペプチドを摂取した群のヒラメ筋タンパク質重量は健常ラットと同等レベルまで回復していたにも関わらず、ホエイタンパク質を摂取した群では健常ラットよりも有意に低いタンパク質重量で留まっていることが明らかとなった(図2)。すなわち、ホエイペプチドはホエイタンパク質よりも筋肉の合成を促進することが考えられる。興味深いのは、表2に示すようにホエイペプチドとホエイタンパク質の構成アミノ酸組成はほぼ同じだと言う点。構成アミノ酸組成は同じでありながら、ここまで大きな差が出たということは、タンパク質とペプチドの分子の大きさの違いが影響していることが考えられる。

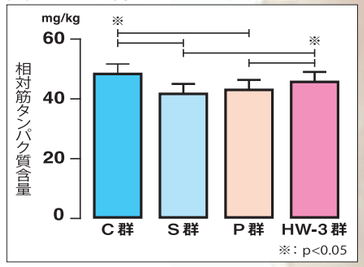
さらに、順天堂大学では、ホエイペプチドと他のペプチド素材との比較を行っている。ラットをトレッドミルで2時間走らせた後に各種ペプチドを経口摂取させ、その後、筋肉を採取して筋肉の合成シグナルの動きを測定した。その結果、筋肉の合成に関わるシグナルは、ホエイペプチドを摂取したラットにおいて他のペプチドを摂取したラットと比較して高くなることも示している。

図1 ラットを用いた尾部懸垂実験プロトコル




既述のとおり、ホエイタンパク質に含まれるロイシンは構成アミノ酸の約10%を占めており、他のタンパク質素材よりも高くなっている。このロイシンを摂取すると筋肉合成に関わるシグナルであるAkt、mTOR、S6K1、そして4E-BP1の4種類がリン酸化されて、活性型になることが近年の研究で明らかとなっている(図3参照、2、3)。順天堂大学が発表しているこれらの知見は、トレーニング後の疲労した筋肉を効率良く回復させるためにはホエイ由来タンパク質が有用であり、さらにはタンパク質の形態で摂取するよりも、低分子化されたペプチド態で摂取した方がより大きな効果が期待できることを示唆している。

図2 ヒラメ筋のタンパク質重量



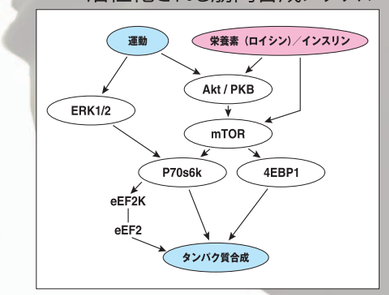

### ホエイペプチドの摂取タイミング

では、筋力トレーニングを行う際、どのようなタイミングで栄養摂取を行えば最も効果的な組み合わせが得られるのであろうか。

宇都宮大学と雪印メグミルクは共同で下記のような研究成果を発表している(4)。ラットにホエイペプチドを経口摂取させ、グループ分けしたラットから経時的に筋肉を採取して筋肉中のタンパク質合成シグナルを追跡した。その結果、筋肉合成シグナルである4E-BP1は投与30分後で、もう一種の筋肉合成シグナルであるS6K1は投与1時間後でそれぞれのリン酸化度(活性を示す指標、リン酸化度が高いほど筋肉合成が促進される)が最大となることが明らかとなった。

この結果から、ラットにおいては運動後速やかに栄養分を摂取することが好ましいことが考えられる。少なくとも、筋肉合成シグナルが高い活性を保っている運動後30分から1時間以内に栄養分を摂取することをお勧めする。これらの結果は、運動直後の栄養物摂取が筋肉の合成に有効であるのみならず、ホエイペプチドが各種筋肉合成シグナルを効率よく活性化することを示している。

図3 ロイシンの摂取により活性化される筋肉合成シグナル




トレーニングの成果を最大限発揮するためには、栄養摂取はトレーニングと同じくらいに重要なのである。さらに、栄養摂取も上記のとおり、運動後速やかに行うことが望ましい。運動という信号によって、運動後1時間は筋肉合成経路の各シグナルが活性化されているので、分岐鎖アミノ酸を豊富に含み、吸収性に優れたホエイペプチドの速やかな摂取がそのシグナルの活性化をさらに強めるのである。2

表2 ホエイペプチドとホエイタンパク質の構成アミノ酸組成

| | ホエイペプチド | ホエイタンパク質 |
|---|---|---|
| 1 アスパラギン酸 | 9036 | 8330 |
| 2 トリオニン | 4152 | 4076 |
| 3 セリン | 3917 | 3848 |
| 4 グルタミン酸 | 14775 | 13330 |
| 5 プロリン | 3091 | 147 |
| 6 グリシン | 1526 | 1509 |
| 7 アラニン | 4078 | 3858 |
| 8 バリン | 4377 | 4365 |
| 9 シスチン | 2175 | 1924 |
| 10 メチオニン | 1376 | 1760 |
| 11 イソロイシン | 4380 | 4269 |
| 12 ロイシン | 9329 | 9436 |
| 13 チロシン | 2707 | 2722 |
| 14 フェニルアラニン | 2752 | 2940 |
| 15 アンモニア | 752 | 1146 |
| 16 リジン | 8078 | 7619 |
| 17 ヒスチジン | 1661 | 1581 |
| 18 トリプトファン | 1509 | 151 |
| 19 アルギニン | 2267 | 2305 |
| 総計(-NH2) | 81186 | 78170 |

[mg/100g]

### トレーニングの成果を発揮するために

今回、ホエイペプチドとホエイタンパク質の筋肉合成機構を中心に、その重要性に関して述べてきた。

筋力トレーニングやマラソン、サイクリングなどの運動では、筋肉が酷使されることで必ず筋肉に含まれるタンパク質の分解が起きている。したがって、運動中や特に運動後において、良質なタンパク質の補給がないと、逆に筋肉のタンパク質分解が促進され、せっかくトレーニングを行っても筋肉が弱ってしまう可能性すらある。


参考文献

(1) 関根紀子、柿木亮、小倉裕司、三浦晋、内藤久士、「ホエイペプチドHW-3の摂取が廃用性筋萎縮の回復過程の及ぼす影響」第17回日本運動生理学会大会発表要旨 P.75（2009）

(2) F. Yoshizawa, Regulation of protein synthesis by branched-chain amino acids in vivo, Biochemical and Biophysical Research Communications 313, pp417-422 （2004 ）

(3) 吉澤史昭、長澤孝志、「代謝制御因子として注目される分岐鎖アミノ酸」化学と生物 45、pp203－210（2007）

(4) 吉澤史昭、高橋麻奈美、渡辺絵里子、菅原邦夫、酒井史彦、三浦晋、「ホエイペプチドのタンパク質合成促進食品素材としての有用性」第65回日本栄養・食料学会大会発表要旨（2011）