

乳清蛋白與體組成

編輯：Cynthia Bertheau, RD, LD

Midwest Dairy Council, Minnesota

編審：Paul Cribb, B.H. Sc. HMS, B. Chem. Sci (Hons) CSCS

Exercise Metabolism Unit, School of Biomedical Sciences

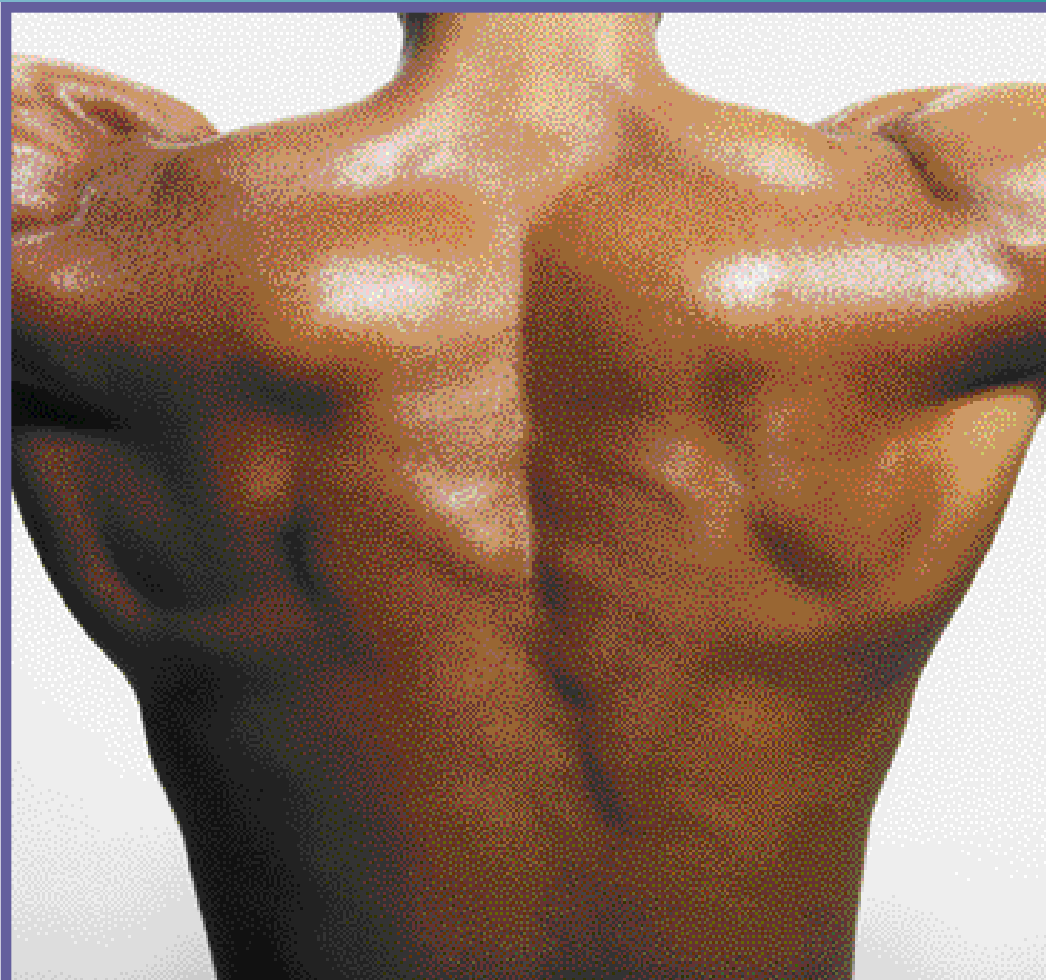
Footscray Campus, Victoria University

最近的研究顯示，進行阻力訓練運動時若配合攝取乳清蛋白，對於幫助成人增強及維持有效肌肉量是一項安全而有效率策略，並且也能在老化過程中維持健康。

維持肌肉量的重要性

體組成是人體組成中，體脂肪與非脂肪部份（器官、骨骼及肌肉組織）的相對比例。不同於體重的是一個人的體組成對於其健康及壽命有深刻的影響⁷。隨著年齡增長，人們增

加肥胖（脂肪堆積的比例）並流失非脂肪部份——通常是以肌肉的形式流失⁸。目前的研究已經證實這些不受歡迎的體組成變化，對健康產生嚴重而長遠的結果¹¹。



肌肉是結合與非結合態蛋白質(如胺基酸)的動態性蓄水池,時常因應身體的代謝需求而分解或合成³。肌肉也是代謝上的熔爐,燃燒脂肪以提供能量並驅動代謝進行⁹。代謝率簡單說來,就是身體燃燒卡路里的速率;一個人的代謝最終決定了他的體組成¹⁰。肌肉蛋白質所控制的分解與合成作用,會隨著年齡逐漸減弱²⁸。此外,身體利用脂肪做為燃料的能力也會逐漸降低。結果代謝率變慢,使得老年人更加容易流失肌肉並堆積脂肪¹¹。

然而目前研究指出,隨老化出現的代謝率下降及體脂肪堆積,其實明確說來是與肌肉量減少有關而非老化本身^{8,10}。當一個人在20歲時,肌肉在非脂肪部份中所佔比例超過60%,然而當他70歲時,這比例可能會下降到低於40%¹。當非脂肪部份減少而體脂肪含量持續地上升,結果就產生了壽命縮短的風險¹¹。高含量的體脂肪(通常伴隨著超重)直接關係到心臟病、中風、成人型糖尿病及其他可能縮短壽命的疾病¹²。

只要簡單地藉由維持或增加非脂肪部份(肌肉)的量,老年人不但可以保護自己抵抗不受歡迎的體組成變化,還能避免許多往往伴隨著老化出現的疾病^{7,10,12}。事實上,一些證據也顯示伴隨老化出現的基礎代謝率下降及體脂肪堆積現象,或許能藉著維持肌肉量而消除¹⁰。努力地增強及(或)維持肌肉,不僅能獲得較佳的體組成(體脂肪少而非脂肪部份多),也增加了人生長壽而健康的機會^{11,12}。

體組成與運動

一份測量老年人體組成變化的研究指出,人在一生中的體脂肪水平比較受到其肌肉量多寡所影響,而非其身體健康狀態⁸⁻¹¹。在過去十年中,人們普遍體認到運動乃是健康生活型態中一部份。

然而,一般的有氧運動例如散步、慢跑或騎腳踏車,雖然提供了燃燒卡路里及增進健康(心臟的效能)很好的途徑,但這些活動並不能提供維持肌肉量所需的適當刺

激¹³。預防隨老化發生的肌肉量降低,顯然是一生中避免過度體脂肪堆積最重要的決定因素⁸⁻¹¹。

相較於任何其他的運動,阻力訓練運動(使用free weight devices)較能刺激肌肉的蛋白質生成率,以增進肌力和肌肉量,最後使體組成有所改善¹⁴。阻力訓練對於改善體組成(降低體脂肪及增加非脂肪部份)的功效已經在許多族群中獲得證實^{13,14}。激烈的阻力訓練課程甚至可以使得90歲、身體虛弱的老年人仍能顯著提升其肌力、肌肉量及促蛋白質合成的內分泌素濃度¹⁵。

身體質量指數表

| | | 高度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|----|--|
| (英吋) | | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | |
| (英呎/6英吋) | | 4'10" | 4'11" | 5'0" | 5'1" | 5'2" | 5'3" | 5'4" | 5'5" | 5'6" | 5'7" | 5'8" | 5'9" | 5'10" | 5'11" | 6'0" | 6'1" | 6'2" | 6'3" | | |
| (公尺) | | 1.47 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.57 | 1.60 | 1.62 | 1.65 | 1.67 | 1.70 | 1.72 | 1.75 | 1.77 | 1.80 | 1.82 | 1.85 | 1.87 | 1.90 | | |
| 45/100 | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | | |
| 48/105 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | | |
| 50/110 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 13 | | |
| 52/115 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 14 | | |
| 54/120 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | | |
| 57/125 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | | |
| 59/130 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | | |
| 61/135 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | | |
| 64/140 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | | |
| 66/145 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | | |
| 68/150 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | | |
| 70/155 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | | |
| 73/160 | 34 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | | |
| 75/165 | 35 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | 20 | | |
| 77/170 | 36 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | | |
| 79/175 | 37 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | | |
| 82/180 | 38 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | | |
| 84/185 | 39 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 23 | | |
| 86/190 | 40 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | | |
| 88/195 | 41 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | | |
| 91/200 | 42 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | | |
| 93/205 | 43 | 41 | 40 | 39 | 38 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | | |
| 95/210 | 44 | 43 | 41 | 40 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 26 | | |
| 98/215 | 45 | 44 | 42 | 41 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | | |
| 100/220 | 46 | 45 | 43 | 42 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | | |
| 102/225 | 47 | 46 | 44 | 43 | 41 | 40 | 39 | 38 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | | |
| 104/230 | 48 | 47 | 45 | 44 | 42 | 41 | 40 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 30 | 29 | 28 | | |
| 107/235 | 49 | 48 | 46 | 45 | 43 | 42 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 | | |
| 109/240 | 50 | 49 | 47 | 46 | 44 | 43 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | | |
| 111/245 | 51 | 50 | 48 | 47 | 45 | 44 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | | |
| 113/250 | 52 | 51 | 49 | 47 | 46 | 44 | 43 | 42 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | | |

乳清蛋白—最有效改善體組成的蛋白質

研究者已經證實膳食中添加蛋白質能提升阻力訓練所期望的結果³⁸。然而一份科學期刊的評論顯示，不同的蛋白質來源對健康及體組成的可能益處也不盡然相同。越來越多的科學證據指出，乳清蛋白非常適合用來改善體組成，特別是當搭配阻力訓練運動時。

40多年來以齧齒動物進行的研究顯示，相較於其他蛋白質來源，在飼糧中添加乳清蛋白會具有較少脂肪貯藏量、較多瘦肉組織，肌肉對胰島素的敏感度也較高¹⁹⁻²³。

在像癌症、愛滋病及肝炎等各種臨床環境上，明確的證據顯示出膳食中添加乳清蛋白有益於健康²⁴⁻²⁷。雖然只有極少數的臨床研究評估乳清蛋白對體組成變化的影響，但乳清蛋白對提升各種細胞中巰胺基硫(Glutathione)濃度的獨特能力已經被闡明^{24-27,34}。巰胺基硫是身體中抗氧化防禦機制的中心，而抗氧化防禦機制能保護細胞抵抗自由基、污染、毒素、傳染病及紫外線曝曬等傷害²⁴。巰胺基硫的水平隨年齡而降低²⁹，這會關係著許多老人病的發生，例如阿茲海默症、白內障、帕金森氏症以及動脈硬化³¹。此外，巰胺基硫濃度似乎控制著體組成的變化^{29,30}。



膳食中添加乳清能顯著降低體脂肪。

在體內各種細胞中，低巰胺基硫水平預告著肌肉的流失，反之適當的巰胺基硫濃度則突顯出體組成令人欣喜的變化（例如肌肉量增加而脂肪量減少）。這項關聯性在各種互不相關的醫療狀態例如癌症、愛滋病，乃至於進行著運動訓練課程的健康成人中，都已經清楚地證實^{29,33}。相較於其他蛋白質來源，乳清具有增加巰胺基硫產量的特殊能力而能改善體組成^{24,34}。一些研究直接對乳清與其他高品質蛋白質來源進行比較，結果證明了乳清對體組成的益處。

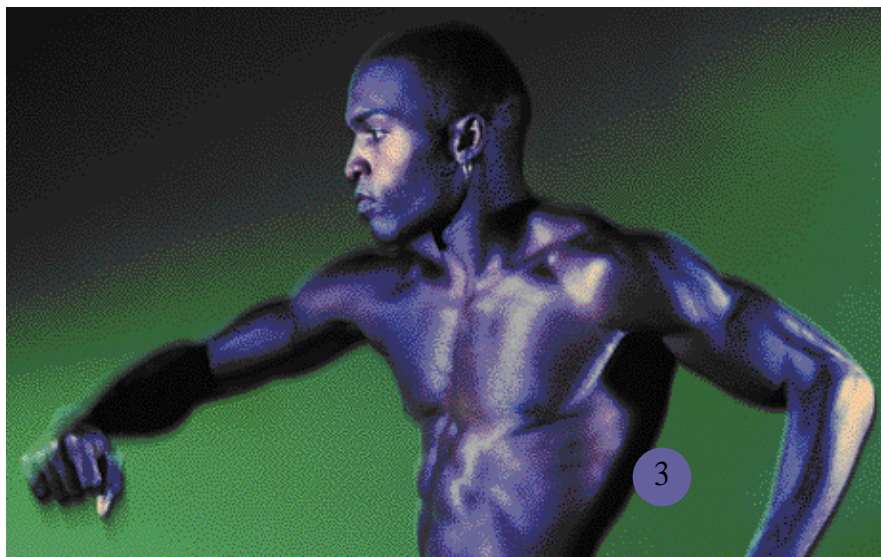
在健康年輕成人的膳食中添加乳清（專利產品，12週中每天攝取20克）顯示能增進巰胺基硫水平、改善運動員（無氧運動）表現，並顯著降低體脂肪百分比³⁴。這些所獲

得的益處並沒有受到運動訓練刺激²⁴。然而，結合運動及膳食中添加乳清甚至在改善體組成上得到更好的結果。

一項研究測試了添加各種膳食添加物並配合運動的效果，結果顯示乳清在體組成方面的效果最令人注目²³。相較於每次運動前添加酪蛋白或碳水化合物，給予乳清的齧齒動物在經過六週的訓練後展現出較低體脂肪及較多肌肉組織。代謝上的分析顯示，膳食中添加乳清能較有效率地利用脂肪（氧化）及保留肌肉。膳食中添加乳清能增進運動效率而在改善體組成上有更好的結果²³。

近來，科學界對於膳食中添加乳蛋白並配合阻力訓練所得到的益處具有高度興趣^{16-18,35,36}。

Demling 和 De Santi¹⁷在一項開放性試驗中指出，當在體重過重男性的膳食中添加乳清（60克/天）、限制卡路里攝取量並經過12週的阻力訓練後，能有效降低脂肪量並增加非脂肪部份重量。由乳蛋白（含有乳清）、碳水化合物、維生素及礦物質所構成的代餐，則比僅添加乳清提供了更佳的结果。

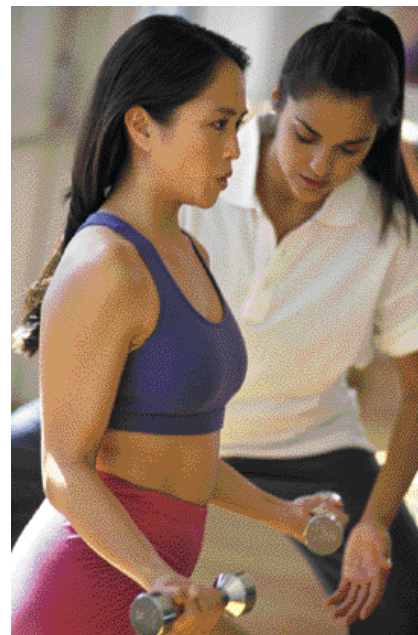


一項研究指出，膳食中添加牛的初乳（20克/天）並經過12週阻力訓練後，對於改善體組成的效果比僅添加乳清者更好（增加了1.49公斤的體瘦肉組織）¹⁸。然而另一項研究則顯示，結合了乳清及酪蛋白的膳食添加物（75克/天）在與初乳添加物相比較下，同樣展現了很好的肌力、肌纖維肥大與體組成變化¹⁶。在這兩項研究中，訓練課程並未受到監督及（或）控制。阻力訓練的運動選擇、訓練強度、頻率及量（身體姿勢、重複次數）都顯示其對於結果有所影響¹⁴。因此，很難從這些研究裡的膳食添加物所得效果中做出明確結論。然而，較嚴格控制的研究直接比較乳清與其他添加物，則在體組成上顯示一些值得注意的效果^{35,36}。

在一項隨機、雙盲的試驗中，運動員（健美運動者）進行為期十週、完全相同而受監督的阻力訓練課程，膳食中添加純分離乳清蛋白（1.5克/公斤體重/天）組別的所得結果中，非脂肪部份的增加高達添加酪蛋白組的五倍之多。

而在訓練課程前後的DEXA體組成評估，同樣顯示出添加乳清的組別在體脂肪方面顯著降低（1公斤）。綜合這些結果顯示，添加乳清組比添加酪蛋白組更能顯著地增進體組成³⁵。此外，膳食中添加乳清的健美運動人士，在各種受評估的運動中同樣顯著地增加肌力。研究團隊因此下了結論：當進行阻力訓練時，相較於其他高品質蛋白質，於膳食中添加乳清蛋白（特別是分離乳清蛋白）可獲得較佳的體組成及肌力的增進。

另一項由相同研究團隊進行的研究，是關於膳食中添加乳清蛋白對於體組成變化及肌纖維適應的功效，這項研究則被美國生理學協會特別重視³⁶。在這項研究中，四組受過阻力訓練的男性（20-35歲）分別在膳食中添加分離乳清蛋白、碳水化合物、肌酸或肌酸與乳清的混合物（1.5克/每公斤體重/每天）。膳食中添加乳清的男性在經過11週阻力訓練之後，非脂肪部份的增重為



加碳水化合物者的2倍。乳清蛋白在阻力訓練中幫助增進肌肉量的傑出能力已經在細胞實驗中受到證實。在這些男性經訓練前後的肌肉切片組織中可觀察到，膳食中添加乳清者的一些不同型態肌纖維，大小可達添加碳水化合物者的543%。此外乳清添加物引致了較佳的肌肉肥大反應，這則與添加乳清的實驗組中所觀察到較高的肌力增強程度有非常密切的關係³⁶。如同這些研究者所言，所有實驗組在訓練課程開始前的肌力均相同，而膳食添加物以外的蛋白質攝取量也相同。因此基於這些實驗，乳清蛋白無疑地擔任觸媒的角色而能確保阻力訓練有較佳的結果。



乳清蛋白在刺激肌肉蛋白質生成上有特殊的功效，並且使得訓練的效果更好。

乳清蛋白：極適於用來維持肌肉的生化物質

乳清蛋白對於維持肌肉量及增強阻力訓練結果的特殊功效，其實在生物化學方面有著充分理由。

在細胞層面上，刺激蛋白質合成及減少蛋白質分解（水解）是肌肉修復與肥大的兩大基本要素³⁷。增加肌肉細胞中的蛋白質生成速率，乃是創造肌肉蛋白質淨增重以及其後的體組成改善所不可或缺的³⁷。

蛋白質刺激肌肉蛋白質生成的能力，其實在於其使用量以及胺基酸組成³⁸。而乳清蛋白之所以在刺激肌肉蛋白質生成速率方面特別有效，乃是基於下列理由：

- 乳清蛋白的胺基酸組成幾乎與骨骼肌完全相同。乳清蛋白提供了組成所需的全部胺基酸，且其比例也近似於骨骼肌³⁸。
- 相較於其他蛋白質來源，乳清蛋白（每100克）含有較多的必需胺基酸（無法由體內自行合成的胺基酸）⁴⁰。必需胺基酸已被證明是成人肌肉中最能有效刺激蛋白質合成的物質⁴¹。
- 運動學研究者對於乳清蛋白中高濃度的支鏈胺基酸——白胺酸，具有高度的興趣。數位學者建議，若能在運動後提供肌肉充足的白胺酸，或許會更有效率地修復細胞而加速對運動訓練的適應過程^{44,45}。



然而，要製造及維持最適於建立及保存肌肉的生化環境，仍然以兩種胺基酸為主：麩胺(Glutamine)及半胱胺酸。雖然麩胺及半胱胺被認為是非必需胺基酸，但一系列研究仍證實這兩種胺基酸在體內的濃度，實際上決定了一個人一生中所擁有的肌肉組織量。

- 細胞中具有的麩胺量實際上控制了肌肉中蛋白質合成速率及合成量⁴⁵。然而肌肉中的麩胺是體內許多重要作用進行時不可或缺的燃料，其中也包括了免疫反應⁴³。身體對於麩胺的需求可說是相當渴切。若肌肉無法持續不斷的重新合成麩胺，所貯蓄的麩胺將在7小時內被耗盡⁴²。
- 肌肉中的麩胺是專門由支鏈胺基酸（白胺酸、異白胺酸及纈胺酸）所製造。支鏈胺基酸在肌肉代謝中是很獨特的；它們不僅必須刺激肌肉中蛋白質合成，也必須用來製造麩胺⁴⁷。然而這些胺基酸也廣泛地代謝於肌肉而非肝臟中。這種情形尤其明顯地發生於代謝緊迫時，例如生病、感染、限制卡路里攝取及運動訓練時^{42,43,46}。
- 半胱胺酸是麩胺基硫生成時的速率限制胺基酸²⁸。此外，血液中也隨時需要高濃度的半胱胺酸來確保蛋白質正常代謝以維持肌肉量²⁹。血液中充裕的半胱胺酸能下游調控肝臟中的尿素生成及轉氮作用，這有利於合成及貯蓄肌肉中的半胱胺酸²⁹。這項肝臟對半胱胺酸的重要代謝，對於肌肉中麩胺貯蓄量的維持及麩胺基硫的合成，都是不可或缺的³⁰。然而，這個程序在遭遇到劇烈的代謝性緊迫時將被迫中斷。有趣的是這個受到密切控制的程序也會因年齡增長而減弱²⁹。結果將造成肌肉在一生中穩定但積極的衰退²⁹。



乳清蛋白含有高濃度且在製造及維持最適生化環境以維持肌肉量時所必需的所有胺基酸。

- 膳食中添加富含半胱胺酸的複合物，被證實能在運動訓練時增加麩胺基硫產量、中止肌肉蛋白質分解、改善肌力及體組成^{32,33,48}。相較於其他蛋白質，乳清蛋白是一種罕見、富含半胱胺酸而又容易被身體吸收的蛋白質⁴⁶。事實上，乳清蛋白被科學家視為一種有效的「半胱胺酸提供者」，能恢復血液中半胱胺酸濃度並提高麩胺基硫含量而最終對體組成有所改善^{24,34,46,49}。
- 乳清蛋白是自然界中最豐富的支鏈胺基酸來源⁴⁶。乳清蛋白的特色就在於其胺基酸組成中有26%支鏈胺基酸以及6%麩胺⁴⁰。而這些是專供肌肉製造麩胺所用的胺基酸⁴⁷。這意味著乳清蛋白的所有胺基酸中，超過三分之一是完全用來供肌肉合成麩胺的。

此外還有研究顯示，乳清蛋白的益處並不僅止於其胺基酸組成。

- 目前學者已證實，血液中的胺基酸濃度會控制肌肉中的蛋白質合成速率和肌肉經阻力訓練後的增重能力³⁷。對於刺激肌肉蛋白質合成速率與使阻力訓練所給予的刺激達到最大的方面而言，血液中高濃度的胺基酸是必要的⁶。

應用：改善體組成的方針

使用乳清蛋白增長肌肉

在阻力訓練時充分供應肌肉必需胺基酸，已證實能提高對合成代謝的刺激達400%⁵⁶。若要達到這效果，

- 在阻力訓練運動開始前一小時內，將一份乳清蛋白（20-40克）與一份碳水化合物（葡萄糖）（20-40克）混合溶於水中後飲用。
- 此外，在阻力訓練後也立即飲用一份同樣的飲料。

進行一次阻力訓練運動對肌肉中蛋白質代謝的刺激能長達36小時³⁷。若想在阻力訓練中使肌肉分解反應降到最低並使對代謝的刺激達到最大，

- 在當天攝取幾次乳清蛋白（20-40克）並搭配以含碳水化合物及脂肪的食物。只要簡單地將一份乳清蛋白（分離乳清蛋白的濃縮物）與6-10盎司脫脂乳粉混勻，再搭配一些水果及一湯匙的菜籽油或亞麻籽油。

研究顯示，當乳清蛋白以一種高營養複合膳食（連同碳水化合物及脂肪）的形式被攝取時，

將可看到肌肉的分解作用被強而持久地抑制，蛋白質合成作用則隨之提升⁵¹。

使用乳清蛋白幫助減低脂肪量

- 作為天然的食慾抑制劑；於餐前30分鐘將一小份（20-30克）乳清蛋白（分離乳清蛋白或濃縮乳清蛋白）混合溶於7或8盎司水中飲用。

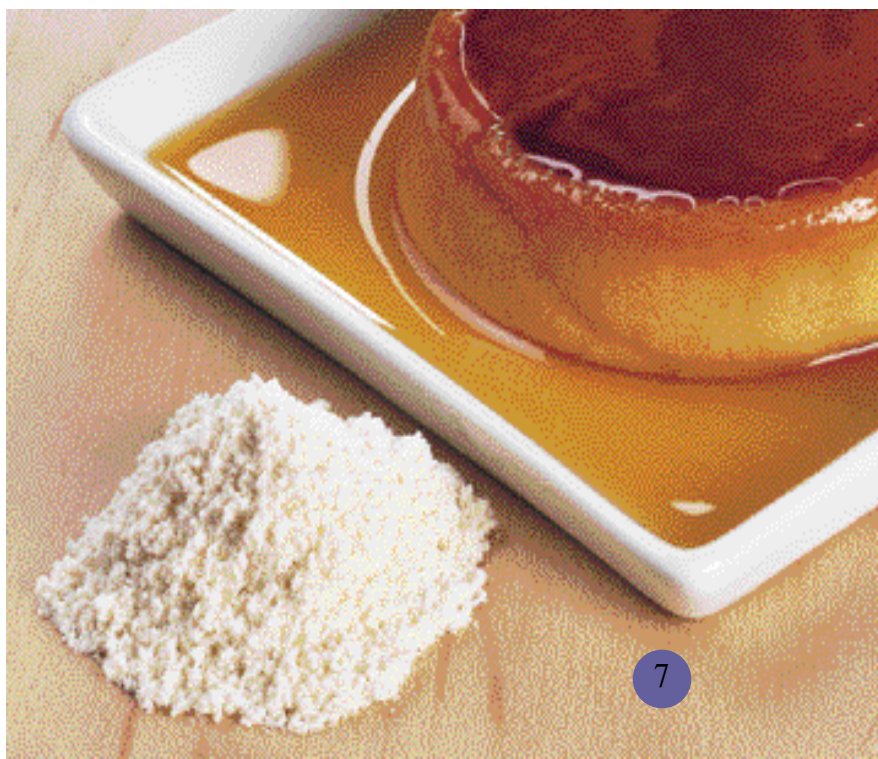
研究顯示若於餐前30分鐘攝食乳清蛋白飲品，能增加對於吃較少熱量（食物）的飽足感。

- 促進運動期間的脂肪利用及肌肉維持；於運動前30分鐘飲用一杯添加一小份乳清蛋白（分離乳清蛋白或濃縮乳清蛋白）於水中的飲品。

研究顯示，在運動前攝取乳清蛋白能更有效地利用脂肪（氧化）並維持肌肉。

參考文獻

1. Doherty TJ. Invited Review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 95:1717-1727, 2003.
2. Dutt A C. Significance of Sarcopenia in the Elderly. *J Nutr* 127(5):992-992, 2001.
3. Evans W. Functional and Metabolic Consequence of Sarcopenia. *J Nutr* 127: 998S-1003S, 1997.
4. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT and Roubenoff R. The cost of sarcopenia in the United States. *J American Geriatrics Society* 52:180-85, 2004.
5. World Health Organization Inaugural Longevity Conference, Sydney, Australia, 2004. Fact Sheet B5, September 1998.
6. Parise G and Yarasheki KE. The utility of resistance exercise training and amino acid supplementation for reversing age-associated decrements in muscle protein mass and function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 3: 489-495, 2000.
7. Rosenberg IH. Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *J Nutr* 127:990S-991S, 1997.
8. Le vadoux E, Morio B, Montaurier C, et al. Reduced whole-body fat oxidation in women and in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord* 25(1):39-44, 2001.
9. Nagy TR, Goran MI, Weinsier RL, Toth MJ, et al. Determinants of basal fat oxidation in healthy Caucasians. *J Appl Physiol* 80(5):1743-8, 1996.
10. Calles-Escandon J, Arciero PJ, Gardner AW, et al. Basal fat oxidation decreases with aging in women. *J Appl Physiol* 78(1):266-71, 1995.
11. Immen EM, Sergi G, Coin A, Miotto F, Peruzzi S and Enzi G. Can obesity be a risk factor in elderly people? *Obesity Reviews* 4(3):147-155, 2003.
12. Xavier Pi-Sunyer F. The Obesity Epidemic: Pathophysiology and Consequences of Obesity. *Obesity Research* 10:97S-104S, 2002.
13. Feigenbaum MS and Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 31: 38-45, 1999.
14. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, et al. American College of Sports Medicine Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc* 34:364-380, 2002.
15. Hatron Singh MA, Ding W, Manfredi TJ, et al. Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 277: E135-E143, 1999.
16. Fry AC, Schilling BK, Chiu LZ, et al. Muscle fiber and performance adaptations to MioVive, Colostrum casein and whey protein supplementation. *Res Sports Med* 11:109-117, 2003.
17. Demling RH and De Santi L. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab* 44: 21-29, 2000.



18. Antonio J, Sanders MS and Van Gammeren D. The effects of bovine colostrum supplementation on body composition and exercise performance in active men and women. *Nutrition* 17:243-247, 2001.

19. Renner E. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. WGMbH, Volkswirtschaftlicher Verlag, München. p102-112, 1983.

20. Poullain MG, Cezard JP, Roger L and Mendy F. The effect of whey proteins, their oligopeptide hydrolysates and free amino acid mixtures on growth and nitrogen retention in fed and starved rats. *JPEN* 13:382-386, 1989.

21. Boza JJ. Protein hydrolysates vs free amino acid-based drinks on the nutritional recovery of the starved rat. *Eur J Nutr* 39: 237-243, 2000.

22. Belobrajdic D, Mchintosh G, Owens J. The effect of dietary protein on rat growth, body composition and insulin sensitivity. *Aust J Dairy Technol* 58:2:(abstract), 2003.

23. Bouthegeour JJ, Roseau SM, Makarios-Lahham L, et al. A pre-exercise lactalbumin-enriched whey protein meal preserves lipid oxidation and decreases adiposity in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 283: E565-E572, 2002.

24. Bounous G. Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Res* 20(6C):4785-92, 2000.

25. Watanabe A, Okada K, Shimizu Y, et al. Nutritional therapy of chronic hepatitis by whey protein (non-heated). *J Med* 31:5:6:283-302, 2000.

26. Mcke P, Beeh KM and Buhl R. Effects of long term whey protein supplementation on plasma glutathione in HIV infected patients. *Eur J Clin Nutr* 41:12-18, 2002.

27. Agin D, Gallagher D, Wang J, et al. Effects of whey protein and resistance exercise on body cell mass, muscle strength, and quality of life in women with HIV. *AIDS* 7:2431-40, 2001.

28. Döge W and Holm E. Role of cysteine and glutathione in HIV infection and other diseases associated with muscle wasting and immunological dysfunction. *FASEB J* 11:1077-1089, 1997.

29. Hack V, Schmid D, Breitkreutz R, et al. Cystine levels, cystine flux, and protein catabolism in cancer cachexia, HIV/SIV infection and senescence. *FASEB J* 11:84-92, 1997.

30. Döge W, Hack V, Breitkreutz R, Holm E, et al. Role of cysteine and glutathione in signal transduction, immunopathology and cachexia. *BioFactors* 8:97-102, 1998.

31. Döge W. Free radical control in the physiological functioning of the cell. *Physiol Rev* 82:47-95, 2002.

32. Hauer K, Hildebrandt W, Sehl Y, Edler L, et al. Improvement in muscular performance and decrease in tumor necrosis factor level in old age after antioxidant treatment. *Journal of Molecular Medicine* 81: 118-125, 2003.

33. Kinscherf R, Hack V, Fischbach T, et al. Low plasma glutamine in combination with high glutamate levels indicate risk for loss of body cell mass in healthy individuals: the effect of N-acetyl-cysteine. *J Mol Med* 74: 393-400, 1996.

34. Lands LC, Grey VL and Smourtas AA. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J Appl Physiol* 87: 1381-1385, 1999.

35. Cribb PJ, Williams AD, Hayes A and Carey ME. The effect of whey isolate on strength, body composition and plasma glutamine. *Med Sci Sports Exerc* 34:5: A1688, 2002.

36. Cribb PJ, Williams AD, Hayes A and Carey ME. The effects of whey isolate and creatine on muscular strength, body composition and muscle fiber characteristics. *FASEB J* 17:5a:592.20, 2003.

37. Rennie MJ and Tipton KD. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr* 20:457-483, 2000.

38. Wolfe RR. Protein supplements and exercise. *Am J Clin Nutr*. 72:551s-7s, 2000.

39. Ha E and Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *Journal of Nutritional Biochemistry* 14: 251-258, 2003.

40. Bucci LR and Unlu L. Proteins and amino acids in exercise and sport. In: *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition*. Driskell J, and Wolinsky I. Eds. CRC Press. Boca Raton FL, p197-200, 2000.

41. Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al. Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am J Clin Nutr* 78: 250-258, 2003.

42. Rowbottom DG, Keast D and Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator

43. Walsh NP, Blannin AK, Robson PJ and Gleeson M. Glutamine, exercise and immune function. Links and possible mechanisms. *Sports Med* 26(3): 177-91, 1998.

44. Anthony JC, Anthony T G and Kimball SR. Signaling pathways involved in the transcriptional control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. *J Nutri* 131:856s-860s, 2001.

45. Kimball SR and Jefferson LS. Control of protein synthesis by amino acid availability. *Opin Clin Nutr Metab Care* 5:63-67, 2002.

46. Walz MR, Dillard CJ and German B. Whey Components: Millennia of Evolution Create Functionalities for Mammalian Nutrition. What We Know and What We May Be Overlooking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42:4:353-375, 2002.

47. Holecek M. Relation between glutamine, branched-chain amino acids, and protein metabolism. *Nutrition* 18:2:130-3, 2002.

48. Kemoto M, Nika wa T, Kano M, et al. Cysteine supplementation prevents ubiquitination induced by redox regulation in rat skeletal muscle. *Biol Chem* 383:715-721, 2002.

49. Zemel MB, Shi H, Greer B, Di Rienzo D and Zemel PC. Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB J* 14:1132-1138, 2000.

50. Zemel MB, Thompson W, Zemel IP, Nocton AM, et al. Dietary calcium and dairy products accelerate weight and fat loss during energy restriction in obese adults. *Am J Clin Nutr* 75(suppl. 2): a342s, 2000.

51. Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol* 549:2: 635-644, 2003.

52. Zemel MB. Mechanisms of dairy modulation of adiposity. *J Nutr* 133:25:25S-256S, 2003.

53. Tee garden D. Calcium intake and reduction in weight or fat mass. *J Nutr* 133:249S-251S, 2003.

54. Hall WL, Millward DJ, Long SJ and Morgan LM. Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Brit J Nutr* 89, 239-248, 2003.

55. Farnsworth E, Luscombe ND, Noakes M, et al. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *Am J Clin Nutr* 78:31-39, 2003.

56. Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, Wolfe SE, and Wolfe RR. An oral essential amino acid-

The U.S. Dairy Export Council would like to extend its appreciation to all who contributed to the development of this monograph, and would like to recognize the contribution of Mary Higgins and Cynthia Bertheau of the Midwest Dairy



美國乳品出口協會出版

No. 2101 Wilson Boulevard, Suite 400, Arlington, VA 22201-3061, USA. Tel: 1 (703) 628-3049 Fax: 1 (703) 628-3075

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 台北辦事處 台北市信義區110信義路5段5號 世貿中心7樓70-07室 電話: (886-2) 8789-8939 傳真: (886-2) 2726-2156 | 香港辦事處 香港興發街郵政局 郵政信箱38156號 電話: (852) 2893-5977 傳真: (852) 2893-7538 | 上海辦事處 上海南京西路1376號上海商城436室 郵遞區號200040 電話: (86-21) 6279-8668 傳真: (86-21) 6279-8668 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|

Managed by Dairy Management Website: www.usdec.org Email: usdec@prcon.com