

## 麩醯胺酸補充劑對運動員的影響

# The Effects of Glutamin Supplementation on Athletes

蔡忻林<sup>1</sup> 呂明秀<sup>2</sup> 陳怡穎<sup>1</sup> 蔡佈曦<sup>3</sup>

1 淡江大學 體育事務處

2 國立高雄應用科技大學 體育室

3 國立金門大學 運動與休閒學系

Shin-Lin Tsai<sup>1</sup> Ming-Shiu Lu<sup>2</sup> Yi-Ying Chen<sup>1</sup> Pu-Hsi Tsai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Office of Physical Education, Tamkang University

<sup>2</sup> Office of Physical Education, National Kaohsiung University of Applied Sciences

<sup>3</sup> Department of Sports and Leisure, National Quemoy University

### 摘要

麩醯胺酸為免疫細胞的能量來源。而且在胺基酸的代謝中扮演重要的角色，是含氮部分從骨骼肌代謝到腸道，肝臟及腎臟的中介穿梭物，靠代謝成麩醯胺酸，才能新生成胺基酸及做體內酸鹼平衡。到目前為止，並沒有充分的研究證據顯示麩醯胺酸補充劑對脂質的代謝有幫助，但是已有越來越多的研究證實麩醯胺酸與脂肪激素有關聯，本文將對於麩醯胺酸補充劑對運動員在能量代謝相關的範圍做探討。

關鍵詞：麩醯胺酸、運動員

## The Effects of Glutamin Supplementation on Athletes



### **Abstract**

The glutamine is used as a fuel by some cells of the immune system. It also plays an important role in amino acid metabolism by shuttling nitrogen from skeletal muscle to the intestines, liver, and kidney for aminogenesis and acid-base balance. So far, there is no firm evidence of the fat metabolism which is affected by glutamine supplementation. However, there is increasing evidence that adipokine may be implicated. This paper reviewed research findings of glutamine supplementation and energy metabolism for athletes.

**Keywords:** glutamin, Athletes



## 壹、前言

麩醯胺酸 (glutamine) 是人體可以自行合成的非必需胺基酸，為免疫系統的主要能量來源，防止肌肉分解和抑制因運動引起的免疫能力下降。目前市面上已經有許多國外進口的麩醯胺酸補充劑，多添加在高強度訓練的運動員的高蛋白補充劑中，適量補充目前並無任何副作用之證據，是合法的補充劑。Rowbottom, Keast, 與 Morton (1996) 指出，麩醯胺酸所具有的功能包括：

- (一)、在組織器官中對氮的轉移代謝有密切關係。
- (二)、維持體內酸鹼平衡，避免酸中毒 (acidosis)。
- (三)、核甘酸 (nucleotide) 的前驅物。
- (四)、調節蛋白質的合成與分解。
- (五)、腸道黏膜 (gut mucosal cell) 與免疫細胞的能量來源。

麩醯胺酸是血液中濃度最高的胺基酸，也是身體中儲存最多的游離胺基酸 (Roth, Karner, & Ollenschlager, 1990)，骨骼肌是體內製造麩醯胺酸的最主要場所。因此對於運動員而言，肌肉中對各種胺基酸的需求，以麩醯胺酸需求最大，最有額外補充的必要。

## 貳、麩醯胺酸對能量利用的影響

醣類、脂質及蛋白質三大營養素之間可以藉著代謝的轉變而互相支援利用，在運動後恢復期補充胺基酸，也會影響醣類或脂肪的代謝 (Gropper, Smith, & Groff, 2004)。

生糖性的胺基酸也可以參與克氏循環 (krebs cycle)，胺基酸在運動後恢復期扮演重要的角色，當耐力運動停止後，攝氧量經過一段時間才能恢復到安靜狀況，血液中脂肪酸仍持續增加，顯示體內為清除代謝廢物，仍需克氏循環產生的能量 (Ivy et al., 2002)，而此時期肌肉肝醣大部份用完，肝臟糖質新生



需求量大，此時糖質新生的來源為：肌肉分解蛋白質所產生的胺基酸、脂肪分解產生的脂肪酸及甘油、另外乳酸也是重要的糖質新生原料 (Mathews & Holde, 1990)。如果此時補充麩醯胺酸 (glutamine)，則 glutamine 可提供糖質新生所需的原料來源，也可參與克氏循環以產生能量 (Hickson & Wolinsky, 1989; Kreider, Miriel, & Bertun, 1993)，glutamine 可以變成 glutamate，在轉胺作用的過程中變成  $\alpha$ -ketoglutarate 而進入克氏循環，如此則可節省醣類及脂肪的能量消耗，可以讓葡萄糖去合成肝醣，或是脂肪酸、甘油去合成肌細胞內或脂肪組織的脂肪，如此即可幫助運動後能量利用及疲勞消除 (Lemon, 1991; Gropper, et al., 2004)。

### 參、麩醯胺酸對代謝相關荷爾蒙的影響

激烈運動對人體而言是一種生理壓力，因為能量來源不足而使體內荷爾蒙發生變化，以調控代謝的改變，並且因應肌肉組織能量的利用 (Mathews & Holde, 1990)，運動的壓力刺激或是長期飢餓之下，腦下垂體前葉會分泌生長激素 (growth hormone)、促腎上腺皮質激素 (ACTH)，或交感神經刺激腎上腺髓質 (adrenal medulla) 分泌兒茶酚胺類激素 (catecholamine)，其中生長激素及兒茶酚胺類激素可促進昇糖激素 (glucagons) 分泌，並抑制胰島素 (insulin) 的分泌，因此可以刺激肝醣分解及脂肪細胞釋放脂肪酸及利用肌肉分解的胺基酸為糖質新生的原料。另外促腎上腺皮質激素可促進糖皮質素 (glucocorticoid) 分泌，而促進糖質新生作用 (gluconeogenesis) 的增加，這些激素的作用調控著能量代謝的分向 (Gropper, et al., 2004)，而麩醯胺酸有刺激生長激素分泌的作用 (Hickson & Wolinsky, 1989; Bucci et al., 1990)，生長激素可使運送到細胞內的胺基酸增加，並可經由數種途徑刺



激細胞內蛋白質的合成，生長激素具有導致脂肪組織釋放脂肪酸的效應，因此體液中脂肪酸的濃度增加，所以在生長激素的影響下，脂肪比醣類或蛋白質更先被用為能源。生長激素可減少葡萄糖作為能源的機會，可能是因脂肪酸的動員與利用增加，脂肪酸的分解形成大量的乙醯輔酶 A (Acetyl CoA)，回饋抑制葡萄糖和肝醣的醣解作用。胺基酸可以刺激生長激素分泌的研究很多，口服胺基酸對生長激素分泌的研究 (Isidori, Lo Monaco, & Cappa, 1981; Bucci et al., 1990; Lambert, Hefer, Millar, & Macfarlane, 1993; Joseph & Jose, 2002)。

#### 肆、麩醯胺酸對脂肪激素的影響

脂肪組織可以分泌如荷爾蒙般作用的脂肪激素 (adipokines) 又稱脂肪細胞素 (adipocytokine)，這類激素可以調控脂肪代謝，影響血脂狀態、胰島素 (insulin) 分泌及葡萄糖 (glucose) 的代謝 (Trayhurn, Bing, & Wood, 2006)。脂肪激素包括：瘦素 (leptin)、脂聯素 (adiponectin)、阻抗素 (resistin)、腫瘤壞死因子- $\alpha$  (tumor necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ )、細胞介白素-6 (interleukin-6, IL-6)、第一型胞漿素原活化型抑制劑 (plasminogen activator inhibitor-1, PAI-1) 等。

這些脂肪激素的作用很廣泛，由脂肪細胞分泌進入血液循環後，可以影響新陳代謝、胰島素敏感性、血壓、免疫、血管新生與生理平衡，其中最主要是影響脂肪代謝，控制血脂狀況，並可當成預防心血管疾病的指標 (Trayhurn et al., 2006)。而脂肪組織分泌的脂肪激素包括與免疫功能有關的 TNF- $\alpha$  及 IL-6，這兩種細胞激素在運動後，因為肌肉組織損傷所引起的發炎反應，會讓體內巨噬細胞分泌 TNF- $\alpha$  及 IL-6，而 IL-6 會影響脂肪酸的分解利用及葡萄糖進入肌肉細胞增加。因此長時



間運動後會影響體內脂肪激素，而影響脂肪組織的量，進而控制體脂肪 (Kondo, Kobayashi, & Murakami, 2006; Bays, Mandarino, & DeFronzo, 2004; Trayhurn & Wood, 2005)。

Adiponectin (又名 Acrp30)，是近年發現的一種重要的脂肪細胞因子，由 244 個胺基酸組成，存在於血液中，是降低肥胖發生的因子且可用來評估第二型糖尿病所引起的胰島素阻抗 (Hotta et al., 2000)。Adiponectin 在血中的濃度就像高密度脂蛋白 (HDL) 在血中濃度一樣，越高越減少冠狀動脈硬化的發生機會 (Trayhurn et al., 2006)。Adiponectin 及 resistin 與胰島素阻抗有顯著的關係 (Farvid, Ng, Chan, Barrett, & Watts, 2005; Rea & Donnelly, 2004)，肥胖導致脂肪細胞分泌更多 resistin，resistin 會抑制 insulin 對 glucose 傳輸能力的影響，造成血糖上升。肥胖者往往 adiponectin 偏低而 resistin 偏高 (Kobashi, Urakaze, & Kishida, 2005)。肥胖者減重後 Adiponectin 會降低，因而減少心血管疾病發生的風險。Adiponectin 可藉由活化 AMP-活化蛋白酶 (AMP-activated protein kinase, AMPK)，促進骨骼肌細胞的脂質氧化作用，同時減少游離脂肪酸進入肝臟，改善胰島素阻抗並減少肝醣與極低密度脂蛋白 (VLDL) 的合成，抑制巨噬細胞與氧化型低密度脂蛋白 (LDL) 結合的泡沫細胞形成，因而減少動脈粥狀硬化的趨化作用。

Hiscock 等 (2003) 指出，運動會刺激 IL-6 從骨骼肌釋放，並且影響麩醯胺酸在骨骼肌中的合成；當運動中體內麩醯胺酸濃度降低時，也會影響 IL-6 的合成，進而影響 IL-6 的分泌。而 IL-6 亦為一種 adipokine，可能會影響到其他 adipokine 的變化，而影響脂肪的代謝。



## 伍、麩醯胺酸對乙醯-輔酶 A 羧化酶 2 的影響

麩醯胺酸如果參與克氏循環，則會影響脂肪酸的代謝利用，人體中脂肪酸合成的必需中間產物是丙二醯-輔酶 A (malonyl-CoA)，它強烈的抑制肉鹼棕櫚醯基轉移酶 I (carnitine palmitoyl transferase I；簡稱 CPT I)，因此抑制脂肪酸的氧化，而產生 malonyl-CoA 的酵素是乙醯-輔酶 A 羧化酶 (acetyl-CoA carboxylase；簡稱 ACC)，如果麩醯胺酸可以影響運動後的脂肪酸氧化增加，則可能肌肉中的 ACC 活性會下降，因此補充麩醯胺酸可能會影響脂肪酸的代謝利用。

ACC 有兩種同功型 (isoforms)，是由不同的基因轉譯出來的，在肝臟與脂肪組織中發現的是 ACC1，在心臟與骨骼肌中發現的是 ACC2，高血糖與高胰島素會誘導 ACC2 的活化。運動則有反效果，運動期間 AMP-依賴型蛋白質激酶會磷酸化 ACC2 並且使它失去活性 (Ruderman & Flier, 2001)。研究發現 ACC2 與體重的增減有關，Abu-Elheiga, Matzuk, Abo-Hashema, 與 Wakil (2001) 研究發現缺乏 ACC2 基因的小鼠，即使比野生型小鼠會吃，但卻顯著的有較低的脂質儲存（骨骼肌中少了 30~40%，心機中少了 10%），即使含有 ACC1 的脂肪組織也降低了 50% 三酸甘油酯的儲存量，這些小鼠沒有其他不正常的現象，小鼠有正常的生長、生殖與生命週期。Abu-Elheiga 等 (2001) 認為欠缺 ACC2 會引起儲存池中 malonyl-CoA 的含量減少，因為去除了對 CPT I 的抑制效應，導致  $\beta$ -氧化作用的增加，以降低脂肪酸的合成，因此可以減少 ACC2 活性的補充劑，如麩醯胺酸可以做為發展對抗肥胖的食品。





## 陸、未來研究方向

現在市面上有許多標榜添加胺基酸的運動飲料，在理論上運動後飲用胺基酸運動飲料，可以幫助運動後能量的恢復，過去運動飲料主要功能是在補充運動流失的電解質，後來增加碳水化合物化合物的補充，現在更添加胺基酸，但是對添加胺基酸的功能尚未有充分的研究證明其功效，對於探討麩醯胺酸補充劑對能量利用的影響，是未來研究的方向，如果可以幫助運動後各生化值快速恢復，則可証實添加麩醯胺酸的運動飲料可以幫助疲勞恢復。

### 參考文獻

- Abu-Elheiga, L., Matzuk, M. M., Abo-Hashema, K. A. H., and Wakil, S. J. (2001). Continuous fatty acid oxidation and reduced fat storage in mice lacking ACC2. *Science*, 291, 2613-2616.
- Bays, H., Mandarino, L., & DeFronzo, R. A. (2004). Role of the adipocyte, free fatty acids, and ectopic fat in pathogenesis of type 2 diabetes mellitus: peroxisomal proliferator-activated receptor agonists provide a rational therapeutic approach. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 89, 463-478.
- Bucci, L., Hickson, J. F., Pivarnik, J. M., Wolinsky, I., McMahon, J. C., & Turner, S. D. (1990). Ornithine ingestion and growth hormone release in bodybuilders. *Nutrition Research*, 10, 239-245.
- Farvid, M. S., Ng, T. W. K., Chan, D. C., Barrett, P. H. R., & Watts, G. F. (2005). Association of resistin and adiponectin with adipose tissue compartments, insulin





- resistance and dyslipidaemia. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 7, 406-413.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Groff, J. L. (2004). *Advanced nutrition and human metabolism*. Fourth edition, Belmont, CA: Thomson Learning.
- Hickson, J. F., & Wolinsky, I. (1989). *Nutrition in Exercise and Sport*. Florida: CRC.
- Hiscock, N., Petersen, E. W., Krzywkowski, K., Boza, J., Halkjaer-Kristensen, J., & Pedersen, B. K. (2003). Glutamine supplementation further enhances exercise-induced plasma IL-6. *Journal of Applied Physiology*, 95(1), 145-148.
- Hotta, K., Funahashi, T., Arita, Y., Takahashi, M., Matsuda, M., Okamoto, Y., ... Matsuzawa, Y. (2000). Plasma concentrations of a novel, adipose-specific protein, adiponectin, in type 2 diabetic patients. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 20, 1595-1599.
- Isidori, A., Lo Monaco, A., & Cappa, M. A. (1981). A study of growth hormone release in man after oral administration of amino acids. *Current Medical Research Opinion*, 7, 475-481.
- Ivy, J.L., Goforth, H.W. Jr., Damon, B.M., McCauley, T.R., Parsons, E.C., & Price, T.B. (2002). Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1337-1344.
- Joseph, A. C., & Jose, A. (2002). Use of amino acids as growth hormone-releasing agents by athletes. *Journal of Nutrition*, 18, 657-661.
- Kreider, R. B., Miriel, V., & Bertun, E. (1993). Amino acid



- supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*, 16 (3), 190-209.
- Kobashi, C., Urakaze, M., & Kishida, M., (2005). Adiponectin inhibits endothelial synthesis of interleukin-8. *Circulation Research*, 97, 1245-1252.
- Kondo, T., Kobayashi, I., & Murakami, M. (2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocrine Journal*, 53, 189-195.
- Lambert, M. I., Hefer, J. A., Millar, R. P., & Macfarlane, P. W. (1993). Failure of commercial oral amino acid supplements to increase serum growth hormone concentrations in male body-builders. *International Journal of Sport Nutrition*, 3, 298-305.
- Lemon, W. R. (1991). Protein and amino acid needs of the strength athlete. *International Journal of Sport Nutrition*, 1, 127-145.
- Mathews, C. K., & Holde, K. E. V. (1990). *Biochemistry*. New York: Benjamin/Cummings.
- Rea, R., & Donnelly, R. (2004). Resistin: an adipocyte-derived hormone. Has it a role in diabetes and obesity? *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 6, 163-170.
- Roth, E., Karner, J., & Ollenschlager, G. (1990). Glutamine: an anabolic effects? *Core Journals in Parenteral and Enteral Nutrition*, 14, 130-136.
- Rowbottom, D. G., Keast, D., & Morton, A. R. (1996). The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Medicine*, 21: 80-97.
- Ruderman, N., and Flier, J. S. (2001). Chewing the fat-ACC and energy balance. *Science*, 291, 2558-2561.
- Trayhurnl, P., & Wood, I. S. (2005). Signalling role of adipose



tissue: adipokines and inflammation in obesity.  
Biochemical Society Transaction., 33, 1078-1081.

Trayhurn, P., Bing, C., & Wood, I. S. (2006). Adipose tissue and  
adipokines-energy regulation from the human perspective.  
Journal of Nutrition, 136, 1935S-1939S.

