

低醣飲食對減重與運動表現之影響

徐璿

國立臺灣體育運動大學運動健康科學系

摘要

為了避免肥胖與追求良好的體態，無論對於專業運動員或一般族群，減重可以說是一個大眾化的議題。除了透過運動促進能量代謝外，搭配適合的飲食策略往往能讓減重效果更加顯著。然而長期的飲食控制容易造成飢餓感或心理負擔而配合度降低，最終導致成效不彰。因此若有短期見效的飲食減重策略往往讓人趨之若鶩。因此，低醣生酮飲食即成為持續多年的熱門話題。然而其執行方式、對健康與運動表現的影響也一直缺乏明確的定論。本文整理近年來應用低醣飲食的研究成果，說明其在減重減脂、抗發炎反應與影響運動能力等效果，藉此評估適當的飲食控制內容，作為減重與運動訓練過程中的參考策略。

關鍵字：低醣飲食、生酮、減重、運動表現

通訊作者：徐璿
E-mail: jeanhsu@ntupes.edu.tw
DOI: 10.3966/2226535X2020010901001

壹、緒論

近年來因為許多研究或個案報告凸顯了生酮飲食 (ketogenic diet, 簡稱 KD) 在減重或血糖控制的功效, 使許多人對此議題興致勃勃。然而也因其極端的飲食組成可能造成副作用, 許多需求者轉而尋求其他改良型的低醣飲食方式。本文利用近年對低醣飲食的研究結果, 說明低醣飲食可能影響能量營養素選擇性、食慾、發炎反應等生理效應, 進而影響身體組成與運動表現。藉由了解低醣飲食介入造成的生理效應, 避免不當的飲食策略影響運動表現, 提供一些飲食原則供教練、選手或有運動需求的人參考。

貳、低醣飲食的背景介紹

根據 107 年衛福部國民健康署公告新版「每日飲食指南」之建議, 熱量營養素比例應以醣類碳水化合物(CHO) 50-60%、蛋白質(protein) 10-20%、脂質(fat) 20-30% 為宜。跟美國農業部一樣, 均建議在欲降低心血管疾病與癌症風險的「均衡飲食」中, 醣類佔熱量來源應該在 55%以上。簡單的飲食參考就是餐盤配置中蔬菜占一半, 肉類和醣類主食各占四分之一。然而當為了增長肌肉、減重或其他理由而提高飲食中蛋白質或脂質比例時, 則容易造成飲食組成中醣類的比例降低 (醣類佔熱量比例少於 40%)。

低醣飲食(總熱量 40% 以下)因其低碳水化合物的組成比例, 可造成血糖自然降低, 以及消耗脂肪達到燃脂效果, 為近來備受矚目的血糖控制與減重飲食法。但低醣飲食並不同於近年來討論度很高的生酮飲食。生酮飲食簡單來說就是大幅降低碳水化合物所佔的比例, 從 55%降到 20%以下, 蛋白質比例維持不變, 靠脂肪填補空缺而使熱量比例上升到 70-80%的飲食。身體為了適應飲食主要熱量來源的轉變, 而增加脂肪的代謝效果, 造成血液中代謝產物酮體(尤其是 β -羥基丁酸)的增加而得名。又大腦在飢餓與低血糖時, 增加使用酮體為能量來源, 在臨床醫學上發現其會影響腦部 GABA (γ -

aminobutyric acid) 等含量，而有減緩不正常的神經傳導、改善肌肉僵直等效果，進而應用於減緩兒童癲癇的疾病上(Rezaei, Abdurahman, Saghazadeh, Badv, & Mahmoudi, 2017)。此外，近來亦有許多探討其控制糖尿病、改善心血管疾病指標、抑制腦癌、預防失智症等研究(Chung & Park, 2017; Hertz, Chen, & Waagepetersen, 2015; Khodadadi et al., 2017; Mobbs, Mastaitis, Isoda, & Poplawski, 2013; Sharman et al., 2002)。但是可能造成疲倦、血脂肪濃度飆高、腸胃不適、低血糖、噁心、嘔吐、脫水等不良影響 (Azevedo de Lima et al., 2017; Ulamek-Koziol, Pluta, Bogucka-Kocka, & Czuczwar, 2016)。此外，生酮飲食仍有可能造成酮酸中毒(酮體 β -羥基丁酸濃度超過 15 mM) (Blanco, Khatri, Kifayat, Cho, & Aronow, 2019)。有研究指出三至四天的低醣飲食或極低熱量飲食亦可有誘發營養性酮體生成的效應(0.6~3 mM β -羥基丁酸) (Nymo et al., 2017; Pinckaers, Churchward-Venne, Bailey, & van Loon, 2017)。然而生酮並非低醣飲食的必然結果，低醣飲食對飲食內容的改變較為和緩，可能影響健康的風險也相對較低。

參、低醣飲食對食慾的影響

在三大熱量營養素中，蛋白質對促進飽足感、抑制食慾的效果是最強的，醣類對於飽足感的效果則最不明顯 (Anderson & Moore, 2004)。因為低醣飲食中高比例的蛋白質或脂質，在相同的熱量攝取下，可以有較多的飽足感。或是在自由飲食的狀況下，可以自然減少攝食。在一篇對低醣飲食的系統性回顧研究中指出，低醣飲食造成體重減輕與飲食時間和能量攝入的限制有關，體重減輕可能是因為嚴重限制了醣類，消耗了體內儲存的肝醣，同時排出了肝醣原本結合的水分。飲食的高蛋白含量可滿足人體的飽腹感，低醣特性則抑制了食慾而自發性的減少攝取食物，或者食物的選擇減少也是導致能量攝入減少的原因 (Astrup, Meinert Larsen, & Harper, 2004; Skov, Toubro, Ronn, Holm, & Astrup, 1999)。

血液指標的分析結果顯示，限制飲食熱量的減重會使血液中飢餓

素 (ghrelin) 濃度增加，以及食慾荷爾蒙 (如 GLP-1 (Glucagon-Like-peptide-1)、CCK (Cholecystokinin)、PYY (Peptide YY)) 濃度降低，而造成了減重過程中的飢餓感。然而低醣飲食能壓抑這些食慾反應 (Gibson et al., 2015; Paoli, Bosco, Camporesi, & Mangar, 2015)。Nymo 等人的研究指出，以極低熱量生酮飲食減重時 (女性每天 550 kcal 或男性每天 660 kcal)，飢餓感會短暫增加，至第三週達高峰；但在適應三週之後，食慾則不再隨減重而變化 (Nymo, et al., 2017)。而另一極低熱量生酮飲食控制的研究亦顯示，8 週的飲食控制使體重減輕 13%，禁食時的酮體濃度顯著增加 (0.07-0.48 mM β -羥基丁酸)，血液中飢餓素分泌則受到抑制。此結果反應低醣飲食或生酮作用造成減重的同時，也發揮了緩解飢餓素的釋放與主觀食慾感覺的作用 (Sumithran et al., 2013)。然而該研究也顯示當後續漸進式恢復飲食 2 週後，血液中促進飽足感的瘦素 (leptin) 濃度則會減少，飢餓素反應與主觀食慾分數則又會明顯增加。

肆、低醣飲食對減重減脂的效果

應用低醣飲食作為減重的手段，可回溯至 1970 年代的艾金思飲食法 (Atkins diet，或稱阿特金斯飲食法或阿金飲食法)，其限制每天醣類攝取在 20 克以內，在短期 (2 週內) 可造成有效的減重。這其中可能是因蛋白質相對增加，而發揮了減少飢餓感並自然降低熱量攝取的效果。一些系統性文獻回顧與綜合分析比較了低醣高脂飲食與高醣低脂飲食，已指出低醣高脂飲食結合熱量限制之策略，可發揮與高醣低脂飲食相當、甚至更有效之減重減脂效果 (Bueno, de Melo, de Oliveira, & da Rocha Ataíde, 2013)，這對於有減重需求的人相當重要。

而在採用低醣飲食減重時，維持每公斤體重攝取 1.3-2.5 公克蛋白質，則是確保肌肉質量、維持糖質新生與脂質氧化能力的關鍵因素。過去研究發現菁英體操選手在 30 天的低醣飲食 (醣類 5%，脂肪 55%，蛋白質 40%) 後，可達到減少 1.9 公斤體脂肪的效果，且減重後並不影響其肌力表現 (包括屈膝垂直跳 Squat jump、直膝垂直跳 Counter-

movement jump、伏地挺身的最大重複次數等) (Paoli et al., 2012)。又 12 週的低醣生酮飲食 (醣類 6%，脂肪 77%)，可達 5.9 公斤的減重效果 (體脂肪百分比降低 5.2%)，還能提升耐力運動選手的衝刺峰值，顯示在適當的低醣飲食配方操作下，可以在體重減輕之後也無損運動表現 (McSwiney et al., 2017)。

伍、低醣飲食對發炎反應相關荷爾蒙的影響

已有研究探討飲食內容會影響血漿脂肪酸的組成，進而影響發炎反應的指標。在一 12 週的研究中讓動脈粥狀硬化且超重的受試者自由攝取低醣 (醣類：脂肪：蛋白質 = 12:59:28) 或低脂飲食 (醣類：脂肪：蛋白質 = 56:24:20)，結果發現低醣飲食比低脂飲食抗發炎的作用更明顯，包括 THF- α (Tumor necrosis factor- α)、IL6 (Interleukin-6)、IL8 (Interleukin-8)、MCP-1 (Monocyte chemo attractant protein-1)、ICAM (Intercellular Adhesion Molecule) 等促發炎指標均顯著漸少 (Forsythe et al., 2008)。此結果暗示透過操作飲食中巨量營養素的組成，可以調節與脂肪組織相關的發炎現象。然而也有研究指出這些減少發炎指標的現象或許主要來自於體重減輕的效果 (Sharman & Volek, 2004)，是否與低醣飲食相關則仍須更多證據。

Rhyu 等人對高中跆拳道選手進行 3 週的低醣飲食 (醣類 5%，脂肪 55%，蛋白質 40%)，並限制每日需求能量至平時的 75%，發現體重平均減少了 3.8 公斤，且其能以較短的時間完成 2000 公尺衝刺，以及在 Wingate 測試的疲勞指數 (fatigue index) 較低。其血漿中 TNF- α 增加的幅度較小，亦顯示即在減少發炎反應有正面的效果。然而其 Wingate 測試時之輸出峰值功率較低，則顯示無氧運動表現有輕微受損的情形 (Rhyu & Cho, 2014)。

陸、低醣飲食對運動表現的影響

著重於探討低醣飲食對影響運動表現的研究中，對低醣飲食則有不同的評價。Langfort 等人的研究執行短至 3 天的低醣飲食 (醣類 5%，脂肪 55%，蛋白質 40%) (Langfort, Pilis, Zarzeczny, Nazar, & Kaciuba-Uscilko, 1996)，可提升最大攝氧量及乳酸閾值。Burke 等人的研究指出 3 週的低醣生酮飲食可增加脂質氧化率與最大攝氧量，然而卻在速度競賽時顯示會消耗較多的氧氣，且無法改善時間競賽之成績 (Burke et al., 2017)。在一項針對耐力運動員的飲食經歷評估研究，也發現到為期 10 週的低醣飲食的介入，確實提高了較高運動強度下利用脂質作為燃料的效率，但卻無助於運動成績 (Zinn, Wood, Williden, Chatterton, & Maunder, 2017)。前述研究指出適應低醣飲食後有提升脂質氧化率的生理適應效果，但對於耐力運動表現則未必有所助益。然而因低醣飲食可減少體重與體脂肪，提升最大攝氧量與乳酸閾值等體能指標，還有受試者自覺在改善身體皮膚狀況、減輕發炎、促進恢復效果等指標上有所助益，因此對運動選手仍有一定的誘因。低醣飲食或許可作為在賽季前調整身體組成與提高運動功率的策略之一 (Sitko, Cirer-Sastre, & Lopez Laval, 2019)。

至於在肌力運動表現方面，Greene 等人針對中階到菁英級奧林匹克舉重選手進行為期 3 個月自由攝取低醣生酮飲食或高醣飲食的試驗，觀察到低醣飲食可以發揮顯著的減重效果，縱使除脂體重也有減少的效果，但並不會傷害其運動表現，而建議其可做為達到分級體重的策略之一 (Greene, Varley, Hartwig, Chapman, & Rigney, 2018)。而 Wroble 等人以一般有運動訓練的人為對象，則發現四天自由攝取低醣生酮飲食後，其於腳踏車測功儀上的無氧輸出功率有變低的現象，yo-yo 間歇恢復測式的跑步距離也比高醣組短，顯示低醣生酮飲食對無氧運動表現可能有害的效果 (Wroble et al., 2019)。前述研究結果顯示低醣飲食對無氧運動表現的影響仍有爭議，除了考量介入時間的長短，受試者本身的體能等級可能也是影響低醣飲食造成反應不同的原因。

Wilson 等人的研究觀察了 10 週低醣生酮飲食結合阻力訓練，對

肌力與爆發力運動表現的影響 (Wilson et al., 2017)。結果發現 10 週的阻力訓練搭配低醣飲食或一般西式飲食，均會造成肌肉肥大，並增加臥推與蹲舉的最大重量。一般西式飲食組在 10 週時 Wingate 測試之峰值功率顯著高於實驗前，低醣飲食則無顯著改變。然而該研究進一步在第 11 週改成高醣飲食以觀察後續反應，則發現僅低醣飲食組有持續增加蹲舉的最大重量與 Wingate 測試之峰值功率的效果，一般西式飲食組則無持續增加。此外，該研究中較特別的是低醣飲食組在高醣飲食重新介入後，其三酸甘油酯與睪固酮濃度均有顯著增加的效果，且肌肉也持續有所增長，一般西式飲食組則無此延續效果。此結果反應低醣飲食後再介入高醣恢復飲食，可能會對肌肉組成與睪固酮反應展現更正面的效果。

柒、結語

關於低醣飲食的作用，目前研究結果較為一致認同的是可以減少食慾以及中長期介入後的減重減脂效果，還有伴隨著減少發炎與促進運動表現等作用。然而短期的減重效果，還有對於運動成績的影響則並不明確。這些不同的結果可能來自於不同研究中伴隨低醣飲食的蛋白質比例各不相同、介入時間的長短、對於血液酮體或血糖濃度的影響不一，還有受試者的運動專項與體格特質也會造成不同的反應效果。因此還需要未來更多的應用研究來證實低醣飲食的適當組成與操作策略。

雖然低醣飲食與傳統運動營養觀念中應以碳水化合物為主的概念不同，但許多研究提供了低醣飲食不會傷害體能指標的證據。因此對於沒有血脂異常等慢性疾病的健康運動族群，或許在非賽季期間，可應用搭配足夠蛋白質的低醣飲食做為調整身體組成與提高運動功率的中短期策略。然而必須注意的是長時間的飲食控制無論在心理或生理適應上均有難度與風險，因此如欲透過相關飲食控制達到促進健康或運動表現的最大效益，應該在專業人員指導與追蹤評估下進行，以避免發生負面效應。

參考文獻

- Anderson, G. H., & Moore, S. E. (2004). Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans. *The Journal of Nutrition*, 134(4).
- Astrup, A., Meinert Larsen, T., & Harper, A. (2004). Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss? *Lancet*, 364(9437), 897-899.
- Azevedo de Lima, P., Baldini Prudencio, M., Murakami, D. K., Pereira de Brito Sampaio, L., Figueiredo Neto, A. M., & Teixeira Damasceno, N. R. (2017). Effect of classic ketogenic diet treatment on lipoprotein subfractions in children and adolescents with refractory epilepsy. *Nutrition*, 33, 271-277.
- Blanco, J. C., Khatri, A., Kifayat, A., Cho, R., & Aronow, W. S. (2019). Starvation Ketoacidosis due to the Ketogenic Diet and Prolonged Fasting - A Possibly Dangerous Diet Trend. *The American Journal of Case Reports*, 20, 1728-1731.
- Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., . . . Hawley, J. A. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2785-2807. doi: 10.1113/jp273230
- Chung, H.-Y., & Park, Y. K. (2017). Rationale, Feasibility and Acceptability of Ketogenic Diet for Cancer Treatment. *Journal of Cancer Prevention*, 22(3), 127-134. doi: 10.15430/JCP.2017.22.3.127
- Forsythe, C. E., Phinney, S. D., Fernandez, M. L., Quann, E. E., Wood, R. J., Bibus, D. M., . . . Volek, J. S. (2008). Comparison of low fat and low carbohydrate diets on circulating fatty acid composition and markers of inflammation. *Lipids*, 43(1), 65-77.
- Gibson, A. A., Seimon, R. V., Lee, C. M., Ayre, J., Franklin, J., Markovic, T. P., . . . Sainsbury, A. (2015). Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(1), 64-76.

- doi: 10.1111/obr.12230
- Greene, D. A., Varley, B. J., Hartwig, T. B., Chapman, P., & Rigney, M. (2018). A Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Reduces Body Mass Without Compromising Performance in Powerlifting and Olympic Weightlifting Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3373-3382.
- Hertz, L., Chen, Y., & Waagepetersen, H. S. (2015). Effects of ketone bodies in Alzheimer's disease in relation to neural hypometabolism, β -amyloid toxicity, and astrocyte function. *Journal of Neurochemistry*, 134(1), 7-20. doi: 10.1111/jnc.13107
- Khodadadi, S., Sobhani, N., Mirshekar, S., Ghiasvand, R., Pourmasoumi, M., Miraghajani, M., & Dehsoukhteh, S. S. (2017). Tumor Cells Growth and Survival Time with the Ketogenic Diet in Animal Models: A Systematic Review. *International Journal of Preventive Medicine*, 8, 35. doi: 10.4103/2008-7802.207035
- McSwiney, F. T., Wardrop, B., Hyde, P. N., Lafountain, R. A., Volek, J. S., & Doyle, L. (2017). Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes. *Metabolism*, [Epub ahead of print]. doi: 10.1016/j.metabol.2017.10.010
- Mobbs, C. V., Mastaitis, J., Isoda, F., & Poplawski, M. (2013). Treatment of diabetes and diabetic complications with a ketogenic diet. *Journal of Child Neurology*, 28(8), 1009-1014.
- Nymo, S., Coutinho, S. R., Jorgensen, J., Rehfeld, J. F., Truby, H., Kulseng, B., & Martins, C. (2017). Timeline of changes in appetite during weight loss with a ketogenic diet. *International Journal of Obesity*, 41(8), 1224-1231. doi: 10.1038/ijo.2017.96
- Paoli, A., Bosco, G., Camporesi, E. M., & Mangar, D. (2015). Ketosis, ketogenic diet and food intake control: a complex relationship. *Frontiers in Psychology*, 6(27).
- Paoli, A., Grimaldi, K., D'Agostino, D., Cenci, L., Moro, T., Bianco, A., & Palma, A. (2012). Ketogenic diet does not affect strength performance in

- elite artistic gymnasts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 34-34. doi: 10.1186/1550-2783-9-34
- Pinckaers, P. J., Churchward-Venne, T. A., Bailey, D., & van Loon, L. J. (2017). Ketone Bodies and Exercise Performance: The next magic bullet or merely hype? *Sports Medicine*., 47(3), 383-391. doi: 10.1007/s40279-016-0577-y
- Rezaei, S., Abdurahman, A. A., Saghadzadeh, A., Bady, R. S., & Mahmoudi, M. (2017). Short-term and long-term efficacy of classical ketogenic diet and modified Atkins diet in children and adolescents with epilepsy: A systematic review and meta-analysis. *Nutritional Neuroscience*, 1-18. doi: 10.1080/1028415X.2017.1387721
- Sharman, M. J., Kraemer, W. J., Love, D. M., Avery, N. G., Gomez, A. L., Scheett, T. P., & Volek, J. S. (2002). A ketogenic diet favorably affects serum biomarkers for cardiovascular disease in normal-weight men. *The Journal of Nutrition*., 132(7), 1879-1885.
- Sharman, M. J., & Volek, J. S. (2004). Weight loss leads to reductions in inflammatory biomarkers after a very-low-carbohydrate diet and a low-fat diet in overweight men. *Clinical Science*, 107(4), 365-369.
- Sitko, S., Cirer-Sastre, R., & Lopez Laval, I. (2019). Effects of a low-carbohydrate diet on performance and body composition in trained cyclists. *Nutrición Hospitalaria*, 13(10), 02762.
- Skov, A. R., Toubro, S., Ronn, B., Holm, L., & Astrup, A. (1999). Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(5), 528-536.
- Sumithran, P., Prendergast, L. A., Delbridge, E., Purcell, K., Shulkes, A., Kriketos, A., & Proietto, J. (2013). Ketosis and appetite-mediating nutrients and hormones after weight loss. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(7), 759-764.
- Ulamek-Koziol, M., Pluta, R., Bogucka-Kocka, A., & Czuczwar, S. J. (2016).

- To treat or not to treat drug-refractory epilepsy by the ketogenic diet? That is the question. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23(4), 533-536.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Roberts, M. D., Sharp, M. H., Joy, J. M., Shields, K. A., . . . D'Agostino, D. (2017). The effects of ketogenic dieting on body composition, strength, power, and hormonal profiles in resistance training males. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/jsc.0000000000001935
- Wroble, K. A., Trott, M. N., Schweitzer, G. G., Rahman, R. S., Kelly, P. V., & Weiss, E. P. (2019). Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 600-607.
- Zinn, C., Wood, M., Williden, M., Chatterton, S., & Maunder, E. (2017). Ketogenic diet benefits body composition and well-being but not performance in a pilot case study of New Zealand endurance athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(22), 017-0180.

Effect of Low Carbohydrate diet on Weight Loss and Exercise performance

Chin Hsu

Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Sport

Abstract

In order to avoid obesity and pursue a good figure, weight loss is nothing short of a popular issue for professional athletes or the general group. In addition to promoting energy metabolism through exercise, weight loss can often be more effective with a suitable diet strategy. However, long-term diet control is likely to cause hunger or psychological burden and then poor cooperative will, which ultimately leads to ineffective results. People crave to follow available short-term effective diet weight loss strategies. Therefore, a low-carbohydrate ketogenic diet has become a hot topic for many years. However, its implementation and its impact on health and athletic performance have also been debated. This article summarizes the relevant researches of the application of a low carbohydrate diet in recent years, and explains its effects on weight loss and fat reduction, anti-inflammatory response, and exercise performance, and thereby evaluate appropriate diet control content as a reference strategy in the process of weight loss and exercise training.

Keywords: low carbohydrate diet, ketogenic, weight loss, exercise performance