

淺談耐力運動的營養補充

施承雋

國立臺灣體育運動大學運動健康科學系

摘要

耐力性運動可造成人體代謝平衡的紊亂，就運動員對水、醣類、脂肪、蛋白質、維生素及電解質需求和補充，因此，對一個耐力型運動員而言，在賽前與賽後的適當補充，維持體內水分的平衡，以及各種營養的均衡攝取等，都是十分重要的考量。耐力型運動項目運動員對飲食中的各種營養素的需求也受到其本身項目特點的特殊性而明顯區別。各種營養的補充都是環環相扣，缺一則不可，本篇藉由通過對耐力運動後的疲勞原因、生理特點及供能特點進行分析，探討幾種合理營養的補充方式與問題進行闡述。

關鍵詞：營養補充、耐力運動

壹、耐力型運動的營養特點

耐力型運動是以有氧耐力素質為基礎，以有氧代謝供能為特點，要求有較高的心肺功能及全身的抗疲勞工作能力，雖然強度較小但時間較長，肌肉中除 ATP、CP 減少外，肌糖原也消耗較多，需不斷靠醣、脂肪、蛋白質的代謝來補充。因此，膳食中應對各種營養素進行合理的補充。對蛋白質、脂肪、糖三者的需求，按重量之比應為 1:1:7，按熱量的百分比應為 9.5:22:68.5(战东林 & 王雪梅, 2013)。此外，對維生素及電解質的補充也應加大重視的，雖然它在機體內含量很少，但在人體物質代謝過程中作用十分重要，並在維持機體正常功能以及促進疲勞消除和體力恢復上具有顯著作用。

貳、耐力運動賽時的營養補充問題

一、耐力運動時水的補充

人體的體液的分布在細胞內液約為體重的 40%，細胞外液則約為體重的 20%。運動時由於人體的大量排汗，水分嚴重丟失。因此，合理的補充水分可以促進疲勞的消除和體力的恢復，維持運動員內環境的穩定，保證正常的體液平衡和運動能力。一般來講，在比賽前 2 小時左右補充 400-600ml 的水分與醣類的攝取對於改善運動表現有利於體液平衡和運動能力的發揮(Engelhardt, Neumann, Berbalk, & Reuter, 1998)。對於 1 小時以上之高強度耐力運動，過程中每 15 分鐘即引用 250 毫升含 4~8%低滲透壓碳水化合物之飲料，或根據運動員的排汗速率引用飲料，則運動後盡快將減少的體重，以 1 公升體積/公斤體重的比例補足所失去的水分(马培松, 2013)。若是任意補充過量的水分也可能導致低血鈉症。

二、耐力運動賽時醣類的補充

一般耐力運動員體內代謝過程比較穩定，醣的無氧代謝逐漸為有氧氧化所取代，能量的消耗與合成過程，基本處於平衡狀態。由於運動時總熱能消耗較大，熱能來源於肝臟與肌肉中醣源的分解，因此，運動前或賽前補充糖為了增加肌肉和肝臟糖原的儲備，維持運動時血糖穩定，保障 1 小時內

快速運動能力和長時間運動末期的衝刺力(McArdle, Katch, & Katch, 2006)；同時避免引起運動中胃腸不適和血漿胰島素濃度上升。近些年果糖在運動訓練和比賽中的作用越來越受到人們關注。面臨激烈的持續性比賽，運動員應在賽前幾天調節膳食和訓練，以便盡可能使肌糖原達到超量補償，賽前高水平肌糖原可使運動員提高抗疲勞能力。最實用的方法是採用改良的糖原負荷法，即在賽前一周內逐漸減少運動量，賽前一天休息，同時逐漸增加膳食糖至總熱量的 60%-70%或 8-10 克/千克體重，可以增加肌糖原儲備 20%~40%以上。

近年有不少研究證明，運動前 2 小時內補充醣類雖然會引起一過性血漿胰島素濃度上升，但是並不降低運動能力，實際上還能提高大於 2 小時的 70%~80%最大攝氧量強度運動的能力。Hawley 等人總結了 1979-1996 年 11 篇有關的文獻中，發現運動前 1 小時攝入任何種類的糖引起的紊亂是暫時的，無生理顯著性，僅有一項研究報道運動前 1 小時攝入糖引起運動能力下降(Hawley & Burke, 1997)。因此，運動前 2 小時內進食的利與弊應根據具體情況和運動員的個體差異加以判斷。Costill 在 1980 年做個運動實驗證明運動員賽前服用果糖比服用葡萄糖效果要好，果糖的攝入可分為賽前、賽中的促力性補糖以及賽後的恢復性補糖，合併醣類攝取，雖然攝取率與滲透壓增加，但小腸吸收率亦增加，故最終醣類氧化效率較單一醣類來的高(Costill & Miller, 1980)。

三、耐力運動賽時脂肪的補充

脂肪在脂肪酶的作用下，分解為甘油和脂肪酸，然後再氧化成 CO_2 和 HO_2 ，同時，釋放大量的能量，用以合成 ATP。但是，在氧化過程中要消耗大量氧且在氧不充足時代謝不完全，其代謝中間物酮體增加，使體內酸性增加，對運動能力具有不良的影響(Luddy, Barford, Herb, Magidman, & Riemenschneider, 1964)。耐力運動中，能量來源主要為脂肪酸氧化，隨著運動強度增加致中強度，脂肪氧化速率會增加，但實際功能百分比減少。因此，針對耐力運動項目的有氧代謝供能的特點，在補充脂肪時應盡量採用不飽和脂肪酸為主以及要控制好其補充的量(Melanson, MacLean, & Hill, 2009)，一般補充脂肪與糖的比例應為 1：7。

四、耐力運動時蛋白質的補充

蛋白質是人體必需營養素之一。它是生命的物質基礎，是細胞的主要構成部分，耐力運動對循環、呼吸機能要求較高，血紅蛋白應維持較高水平，因此，保證充足的蛋白質的補充就顯得特別重要。

蛋白質分解的目的轉換成 acetyl-CoA 或 TCA cycle 的中間產物，已在粒線體中氧化產能(Stowe & Camara, 2009)。合成其他物質，如神經傳導物質、荷爾蒙、其他蛋白質或非蛋白物質。蛋白質合成的增加和消耗一般發生在耐力運動後的恢復階段，令人擔憂的是，蛋白質的消耗率常常超過合成率。肌蛋白的平衡因此被破壞，由此不僅不能增加身體肌肉，反而消耗了原有的蛋白質。而蛋白質不是運動過程中能量的主要來源。Lehmann 等人研究表明，在耐力運動中，當肌肉肝糖、肝糖原濃度足夠時，蛋白質的消耗僅為總能量的 4%，就是在糖原被大量消耗後，蛋白質的供能也僅占機體總能耗 12%-17%左右(Lehmann et al., 1997)。因此，在訓練過程中補充蛋白質的量方面，應以總能耗的 15%來計算，過多的補充則會使多餘的蛋白質以脂肪的形式儲存下來，直接或間接的影響心血管系統和肝臟的健康。而補充蛋白質時，大多數的蛋白質較不易消化，易造成運動中腸胃的不適，在運動前補充少量的低脂蛋白質食物，可減少飢餓感，也不會對運動表現造成危害，以一杯脫脂牛奶或是一顆水煮蛋代替即可。

五、耐力運動時維生素的補充

維生素是維持人體生命和正常機能運行的一種重要的營養素，種類較多，當飲食中有超過一種以上的維生素缺乏，其與降低運動表現有相關性(Williams, 1988)。維生素在人體內不能夠合成或者合成不足，必須從外界攝取。維生素 B 類，能夠激活能量，在機體對能量需求大的運動項目中尤為重要，在能量代謝途徑中擔任輔助因子的角色。若維生素 B 的缺乏會進一步加重運動中能量供應的不足，疲勞提前產生，以及無法承受的壓力。B12 是人體製造紅血球及神經傳導不可或缺的元素。而紅血球中的血紅蛋白(hemoglobin)則是運送氧氣到肌肉的主要蛋白質。此外，研究表明 B6 是維持人體內胺基酸代謝及神經傳導物質的重要元素；B6 可協助製造色胺酸(serotonin)，所以可減輕疲勞感，這在耐力運動比賽也是十分重要的(Manore, 1994)。而葉酸(folic acid) 和 B6, B12 一起可幫助燃燒脂肪成為能量，對於耐

力運動則是能扮演持續功能的角色。維生素 A、C 和 E 類則是很強的抗氧化劑，能夠防止細胞膜的脂質過度氧化，維持運動中細胞的正常功能，維生素 A 對於機體免疫功能非常重要，可運用在運動上。一次列的耐力競賽中，卻可使運動員更容易有上呼吸道疾病的感染，此類型運動造成免疫系統的關鍵功能大大的降低，可能與維生素 A 有關。維生素 C 能明顯改善心肌功能，促進體內的氧化過程，加速乳酸的氧化和疲勞的消除，降低運動中的氧債，促進鐵的吸收和代謝，由於耐力型運動氧的攝取量可能被提升 10-15 倍，加速更多自由基生成。維生素 C 的增補已經顯示，運動員長期藉由抗氧化劑預防的援助與減少運動引起的自由基損害，可提升運動能力。則維生素 E 是保護維生素 A 和 C，保護脂肪酸，抗體內有毒物質。維生素 E 大部分組成份為 α -生育酚(alpha-tocopherol;AT)，Svedenhag 等人先前有研究做測試分為兩組受試者，一組在耐力運動前給予維生素 E 補充劑，一組則沒給予維生素 E 補充劑，結果顯示，兩組的 alpha-tocopherol 都沒顯著差異，都是為運動後上升的狀態，因此證實飲食與 alpha-tocopherol 並無相關性，而運動訓練後，脂蛋白脂酶(lipoprotein lipase;LPL)被大量活化，使脂肪酸氧化明顯增加，研究也顯示訓練後體內的 lipoprotein lipase 上升會跟 alpha-tocopherol 成正比，但目前這個結果還沒有很明確去被證實，還需要更近一步的去探討(Svedenhag, Lithell, Juhlin-Dannfelt, & Henriksson, 1983)。針對以上維生素的特點，耐力運動項目對維生素 B1 和維生素 C 的需求量高於其他運動項目。有關研究統計表明：每消耗 1000 千卡熱量時，一般需維生素 B1 0.5-0.6mg，維生素 C15-18mg，而進行長時間中強度訓練時，需 B1 1.5~3mg，維生素 C25-30mg。另外，維生素 E、C、B1、B2 與糖的代謝還有密切的關係，當維生素缺乏或不足時可對運動能了產生不利的影響，表現為做功量降低、疲勞加重和肌肉無力等現象。Krumbach 等人研究維生素還能協助調節神經系統的功能，保持能量供給系統的適意狀態。但補充過量的維生素也是有害的，如維生素 A 和 D 可在體內過量引起中毒(Krumbach, Ellis, & Driskell, 1999)。Williams 在研究表明維生素營養主要靠合理膳食即可滿足機體的需要，只有在大運動量訓練營養不能滿足時，才應適當的補充維生素制劑，以預防維生素不足引起的不良影響(Williams, 1988)。因此，只有合理的補充維生素才能對於提高運動能力和人體的免疫力具有重要意義。

六、耐力運動賽時電解質的補充

人體內電解質主要指無機鹽類，無機鹽的補充有利於機體恢復。雖然它在機體內含量很少，但在人體物質代謝過程中作用十分重要，並在維持機體正常功能上具有顯著作用。因此對微量元素的補充是應該加大重視的。耐力運動訓練量大，運動員失水現象較多，尤其在熱環境下訓練，隨著排汗量的增加，身體對鈉、鉀、鈣、鎂、鐵等微量元素的需求量也隨之增加。在耐力運動中，由於電解質流失的其他效應，細胞外液的鈉含量減少會降低體液的總量，降低血液量，而在運動時導致更多的心跳率，運動時最佳的鈉平衡，可促進葡萄糖和胺基酸在腎臟中有效率的再吸收(Rehrer, 2001)。適量的鈣，在運動中對骨骼肌和心肌的收縮，有效率的激素和神經傳遞物質的活性來說是需要的，而一般運動員攝取鈣補充劑並非必然需要，在日常生活中即有足夠的鈣，允許運動再有運動訓練的正面影響時，會有最佳的礦物質峰量。磷酸也是維持維生素 B 群促進醣類、脂質類、蛋白質代謝機能正常化所必須，也可調節身體的酸鹼平衡。鉀大部分存在於細胞內，與細胞外液的鈉共同維持體內的酸鹼平衡、正常的滲透壓以及水分的保留，而在運動中強度達一定強度，細胞內鉀明顯減少，此為運動疲勞的原因之一。運動中的流汗伴有少量的鉀流失，並在運動後有多量的鉀由尿中排泄，但因持續運動會促使肌肉細胞內鉀的流出，故血漿的鉀濃度並無減少。Di Santolo 等人提到鐵元素是血紅蛋白的必不可少的組成部分，在人體功能中扮演著極重要角色(Di Santolo, Stel, Banfi, Gonano, & Cauci, 2008)。鐵的缺乏的運動主要是耐力劇烈的體育運動，運動引起的鐵缺乏可能與鐵負平衡，溶血鐵的重分布，血液稀釋等有關。

高負荷耐力訓練又使機體吸收能力降低，因而運動員很容易造成無機鹽的缺乏，所以膳食中應提供充足的無機鹽，以滿足運動員訓練和比賽的需要。

參、結論

綜上所述，在耐力運動項目中，合理的補充營養有助於機體機能的恢復和機體工作能力的提高，改善機體的正常代謝過程，是運動員能夠正常的訓練和比賽，創造更好的運動成績，但也應注意營養過度的不良影響。過多的熱量可能引起肥胖，過多的碳水化合物和乳酸物質可能引起體重增加和血脂增高或心血管疾病，過多的蛋白質補充可能造成運動中腸胃的不適感，維生素過量則可能引起中毒及過多的鹽類可能引起細胞的內外濃度不平衡，體內鈉離子增加，就會導致面部細胞失水，使鈣的排泄量增加，容易導致運動傷害。因此，耐力運動營養的補充對運動員有非常重要的意義，但在具體使用過程中應因人而宜，以求達到最好的補充效果。

參考文獻

- 马培松. (2013). 浅谈合理补充营养对长跑运动的影响. *商情*(31), 283-283.
- 战东林, & 王雪梅. (2013). 青少年中长跑训练后的疲劳消除和营养补充初探. *田径*(2), 52-55.
- Costill, D., & Miller, J. (1980). Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance.
- Di Santolo, M., Stel, G., Banfi, G., Gonano, F., & Cauci, S. (2008). Anemia and iron status in young fertile non-professional female athletes. *European journal of applied physiology*, 102(6), 703-709.
- Engelhardt, M., Neumann, G., Berbalk, A., & Reuter, I. (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1123-1129.
- Hawley, J. A., & Burke, L. M. (1997). Effect of meal frequency and timing on physical performance. *British Journal of Nutrition*, 77(S1), S91-S103.
- Krumbach, C. J., Ellis, D. R., & Driskell, J. A. (1999). A report of vitamin and mineral supplement use among university athletes in a division I institution. *International Journal of Sport Nutrition*, 9(4), 416-425.
- Lehmann, M., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J., Netzer, N., Foster, C., & Gastmann, U. (1997). Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 37(1), 7-17.
- Luddy, F., Barford, R., Herb, S., Magidman, P., & Riemenschneider, R. (1964). Pancreatic lipase hydrolysis of triglycerides by a semimicro technique. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 41(10), 693-696.
- Manore, M. M. (1994). Vitamin B, and exercise. *Int J Sport Nutr*, 489-103.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Melanson, E. L., MacLean, P. S., & Hill, J. O. (2009). Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(2), 93.
- Rehrer, N. J. (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Medicine*, 31(10), 701-715.

- Stowe, D. F., & Camara, A. K. (2009). Mitochondrial reactive oxygen species production in excitable cells: modulators of mitochondrial and cell function. *Antioxidants & redox signaling*, *11*(6), 1373-1414.
- Svedenhag, J., Lithell, H., Juhlin-Dannfelt, A., & Henriksson, J. (1983). Increase in skeletal muscle lipoprotein lipase following endurance training in man. *Atherosclerosis*, *49*(2), 203-207.
- Williams, M. H. (1988). Vitamin supplementation and athletic performance. *International journal for vitamin and nutrition research. Supplement= Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung. Supplement*, *30*, 163-191.

通訊作者：施承雋
e-mail: yeplay.0131@gmail.com