

甜菜根汁補充對於運動表現的影響

徐唯格

國立臺灣體育運動大學 運動健康科學學系研究所

摘要

前言：補充富含硝酸鹽(NO_3^-)的甜菜根汁，其生理反應會影響運動表現。甜菜根汁可以增強一氧化氮(NO)在骨骼肌的產生，使血管肌肉舒張，進而增加血流量，改善肌肉氧氣輸送。**結果：**藉由飲食補充 NO_3^- ，可能影響運動時的有氧效率。研究發現補充甜菜根汁，可以提高人體 NO_2^- 與 NO 濃度。藉由 NO_2^- 與 NO 刺激，增加肌肉血流量，降低產力時 ATP 消耗，在運動時氧氣消耗降低，進而增加運動表現。**結論：**甜菜根汁補充可以降低有氧能量消耗。在高強度運動耗竭時間提高表現。耐力運動也會減少氧氣消耗量，提高計時測驗表現。對於間歇運動或短時間爆發類型需要進一步了解。

關鍵詞：甜菜根汁、 NO_3^- 、運動表現

壹、前言

多吃蔬菜的飲食習慣，並藉由蔬菜富含的無機硝酸鹽，已經發現會對身體功能產生有益的影響，而其中甜菜根也被發現，其所含硝酸鹽的量是很豐富的。近年甜菜根汁被發現，補充甜菜根汁，其生理反應會影響到運動表現 (Ferguson, 2013)。甜菜根汁可以增強 NO 在骨骼肌的產生，進而增加血流量，改善肌肉氧氣輸送。在運動時的氧氣消耗降低，進而增加運動表現。

有研究指出，無機硝酸鹽(NO_3^-)在口中，會透過舌頭的表面上共生無氧菌，分解成亞硝酸鹽(NO_2^-)；而亞硝酸鹽在胃中，會再轉化成一氧化氮(NO) (Duncan, 1995)。其中 NO_2^- 和 NO 已被發現可以提高運動表現 (Ferguson, 2013)。NO 的升高可以提高肌肉代謝，通過調節 ATP 消耗過程，以及肌動蛋白／肌凝蛋白在產力時的相互作用，進而減少了產生力量時 ATP 的消耗 (Hoon, 2013)。血管內皮細胞上有一氧化氮合成酶(nitric oxide synthase, NOS)，乙醯膽鹼(Acetylcholine)與內皮細胞層上的接收器作用刺激 NOS，使 L-精胺酸(L-arginine)轉變成瓜胺酸(L-citrulline)並釋出 NO。一氧化氮擴散進入血管平滑肌細胞後，活化鳥苷酸環化酶(guanylyl cyclase)，並將三磷酸鳥苷轉化為環單磷酸鳥苷(cyclic guanosine monophosphate, cGMP)。環單磷酸鳥苷可活化 G 型蛋白質激酶(protein kinase G, PKG)，而 G 型蛋白質激酶活化肌凝蛋白輕鏈磷酸酶(myosin light chain phosphatase, MLCP)，減少平滑肌細胞內的鈣離子濃度，因而減少肌凝蛋白輕鏈激酶(myosin light chain kinase, MLCK)被鈣離子活化，抑制肌凝蛋白輕鏈的磷酸化，使血管肌肉舒張。透過 NO_2^- 和 NO 的刺激，可以增加肌肉中的血流、降低產力時 ATP 的消耗，以及降低氧氣消耗，因此本文獻回顧目的在探討，甜菜根汁對於不同運動表現的影響。

貳、甜菜根汁補充對於運動表現比較

Lansley 等人 (2011) 找了 9 位男性，比較走路，中強度跑步和高強度跑步之間的差別。發現在氧氣消耗量，走路、中強度及高強度跑步，皆小於安慰劑組呈顯著差異。並在高強度跑步到耗竭的時間，發現補充甜菜根汁比安慰劑組多增加了 15% 的差別。和對照組相比，安慰劑組沒有改變血漿的 NO_2^- 濃度，血壓或運動的生理反應。

另外有三篇文獻，研究者都選用了自行車作為研究設計。在 Handzlik 與 Gleeson (2013) 的研究中，作者結合咖啡因補充，要求受試者在 60% 的 $VO_2 \max$ 自行車運動 30 分鐘後，接著做 80% $VO_2 \max$ 的耗竭性測驗，發現結合甜菜根汁及咖啡因組的耗竭時間，皆比其他三組長。實驗在運動前後也有採集唾液，其中含甜菜根汁組，硝酸鹽和亞硝酸鹽與運動前相比，增加 10 倍以上。

而 Bailey 等人 (2009) 比較 8 位健康男性，在中等強度和高強度的自行車測試中的氧氣攝入量和耗竭時間。在肺部吸收氧氣量，甜菜根汁補充後，中強度及高強度運動皆比安慰劑組少，且高強度測試中到耗竭所需時間，甜菜根汁補充大於安慰劑組。與安慰劑組相比，硝酸鹽補充後（甜菜根汁組），血漿亞硝酸鹽濃度顯著提高。

Cermak、Gibala 與 van Loon (2012) 設計了 60 分鐘次最大運動後，接著 10 公里計時的自行車測驗。發現計時測驗表現以及輸出功率，甜菜根汁補充大於安慰劑組。次最大運動時的攝氧量，甜菜根汁補充後比安慰劑組少。得到了次最大運動時減少氧氣攝取量，且計時測驗表現提高的結果。

在游泳表現方面，Pinna 等人 (2014) 找了 14 位男性游泳選手，並利用增量控制游泳（繫繩泳）測量至力竭，並測量在無氧閾值時的做功負荷以及有氧能量消耗。發現在無氧閾值時，甜菜根汁補充後的做功負荷比沒有補充大，有氧能量消耗則比沒有補充低，這證明了補充甜菜根汁可以增加游泳者的表現。

表一

甜菜根汁補充對於運動表現的比較

作者	受試者	實驗設計	運動方式	運動表現
Lansley 等人 (2011)	9 位健康受過訓練的男性	隨機分配，雙盲，交叉設計。 安慰劑 PL (0.5 L，含 0.003 mmol NO_3^-)、甜菜根汁 BR (0.5 L，含 6.2 mmol NO_3^-)。	走路，中強度跑步和高強度跑步	在氧氣消耗量，走路、中強度及高強度跑步，BR < PL 皆有顯著差異。 在高強度跑步到耗竭的時間，BR 比 PL 多了 15%。

Handzlik 等人 (2013)	14 個從事耐力運動的男性。	隨機分配，雙盲。 安慰劑 PLA(<0.1 mmol NO ₃ ⁻)、安慰劑+咖啡因 PLA+C (5 mg/kg)、甜菜根汁 BR (70 mL，含 4 mmol NO ₃ ⁻)、甜菜根汁+咖啡因 BR+C。	受試者在 60 % 的 VO ₂ max 自行車運動 30 分鐘後，接著做 80 % VO ₂ max 的耗竭性測驗 (TTE)。	TTE 耗竭時間 BR+C > PLA、PLA + C 和 BR，但皆沒有顯著差異
Bailey 等人 (2009)	8 位健康男性	雙盲，交叉設計。 安慰劑 PL、甜菜根汁 BR (0.5 L，含 5.5 mmol NO ₃ ⁻)。	中等強度和高強度的自行車測試	肺部吸收氧氣量，中強度及高強度皆 BR < PL。 高強度到耗竭時間，BR > PL。
Cermak 等人 (2012)	12 位男性自行車手	雙盲，重複測量，交叉設計。 安慰劑 PLAC、甜菜根汁 BEET (140 ml，含 8 mmol NO ₃ ⁻)。	60 分鐘次最大運動 (2×30 分鐘，分別在 45%和 65% Wmax)，接著 10 公里計時測驗	在計時測驗表現以及輸出功率，BEET>PLAC。 次最大運動時的 VO ₂ ，BEET< PLAC。 次最大運動時減少 VO ₂ ，計時測驗提高表現
Pinna 等人 (2014)	14 位男性游泳選手	隨機分配。 增量控制游泳 CSW、補充甜菜根汁六天後的增量控制游泳 BJS (0.5 L，含 5.5 mmol NO ₃ ⁻)。	增量控制游泳 (繫繩泳) 至力竭。	在無氧閾值時的做功負荷 BJS> CSW， 有氧能量消耗 BJS< SW。

參、討論

藉由飲食補充 NO_3^- ，可能影響運動時的有氧效率。其中三篇研究發現補充甜菜根汁，可以提高體內 NO_2^- 以及 NO 濃度 (Bailey, 2009; Handzlik & Gleeson, 2013; Lansley, 2011)。透過補充含有豐富硝酸鹽的甜菜根汁，在舌頭上分解成亞硝酸鹽 (NO_2^-)，在胃中再轉化成一氧化氮 (NO)，並藉由 NO_2^- 和 NO 的刺激，造成血管肌肉的舒張，可以增強肌肉收縮的能力、提高肌肉線粒體功能、增加肌肉中的血流、降低產力時 ATP 的消耗，以及降低氧氣消耗 (Ferguson, 2013)。

在 Handzlik 與 Gleeson 的研究中，耗竭時間雖有提升，但是無顯著差異。作者解釋，可能是因為研究設計以及統計方法，或者是因為個體差異的不同，所呈現出來的結果。進一步研究是有必要的。

Pinna 等人的研究選擇了游泳做為運動類型，作者認為測量裝置的限制使最大攝氧量以及無氧閾值的數據蒐集困難。所以作者團隊自己開發了裝置用來收集數據並得到了結果。而選用無氧閾值做為測量依據，作者解釋因為最大攝氧量可能因為受試者的積極性而有差異，無氧閾值是人體內自然的生理反應，不會受到自主影響，在評估游泳健身狀態時，無氧閾值應該優先使用來檢測訓練的特異性，結果證明補充甜菜根汁提高在游泳運動表現，具有潛在的實用性。

本篇文獻回顧，搜集的資料著重於高強度及耐力型運動，無法得知是否對於間歇運動或是短時間爆發類型有影響，未來可以再進一步了解。

肆、總結

由此可推測甜菜根汁補充可以降低有氧能量消耗。在高強度運動耗竭時間有提高表現。耐力運動時也會減少氧氣消耗量，提高計時測驗表現。對於間歇運動或是短時間爆發類型需要再進一步了解。

參考文獻

- Bailey, S. J., Winyard, P., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Wilkerson, D. P., ... & Jones, A. M. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 107(4), 1144-1155.
- Cermak, N. M., Gibala, M. J., & Van Loon, L. J. (2012). Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(1), 64-71.
- Duncan, C., Dougall, H., Johnston, P., Green, S., Brogan, R., Leifert, C., ... & Benjamin, N. (1995). Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nature Medicine*, 1(6), 546-551.
- Ferguson, S. K., Hirai, D. M., Copp, S. W., Holdsworth, C. T., Allen, J. D., Jones, A. M., ... & Poole, D. C. (2013). Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. *The Journal of Physiology*, 591(2), 547-557.
- Handzlik, M. K., & Gleeson, M. (2013). Likely additive ergogenic effects of combined preexercise dietary nitrate and caffeine ingestion in trained cyclists. *ISRN Nutrition*, 2013.
- Hoon, M. W., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & Burke, L. M. (2013). The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(5), 522-532.
- Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., ... & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 591-600.
- Pinna, M., Roberto, S., Milia, R., Marongiu, E., Olla, S., Loi, A., ... & Concu, A. (2014). Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients*, 6(2), 605-615.

主要聯絡者：徐唯格

E-mail : Yui486525684@gmail.com