

## 脊髓損傷運動員增補營養補充物之探討

廖文瑞<sup>1</sup> 黃俊清<sup>2</sup> 洪大程<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 東吳大學體育室

<sup>2</sup> 國立臺北護理健康大學

<sup>3</sup> 實踐大學體育室

\*通訊作者：洪大程

通訊地址：104 臺北市中山區大直街 70 號

E-mail: hung5277@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.202206\_31(1).0002

投稿日期：2019 年 8 月 接受日期：2020 年 2 月

### 摘 要

脊髓損傷造成受傷者的肌肉、脂肪及骨質密度和四肢健全者身體組成的分布不同，同時神經傳導因素也造成胃腸系統反應時間的改變。脊髓損傷運動員從事運動時的營養補充物增補，是否與四肢健全的人有差異，是一個值得探討的問題。本研究的目的為，探討脊髓損傷運動員補充營養補充物對運動表現的影響。研究的方法以文獻探討的方式進行，文獻搜尋之工具為 Google 學術，採用 spinal cord-injured and athletes 為搜尋文獻時之關鍵詞，引用文獻之年分為 1980 ~ 2019 年期間。本研究的結論為：一、未經運動訓練的脊髓損傷患者，補充肌酸對肌肉的生長有幫助，但對競速運動員的表現沒有呈現進步的效果；二、脊髓損傷運動員運動前 20 分鐘補充 7.6 ~ 11% 的葡萄糖溶液對運動表現有幫助；三、咖啡因和重碳酸鹽類的補充，提升了脊髓損傷運動員乳酸耐受度及血液的鹼化，但在運動表現尚未呈現顯著進步的結果。本研究的建議為，脊髓損傷運動員增補營養補充物，除了合適濃度的碳水化合物，不易看到運動表現顯著進步的效果，反而可能造成反胃等消化不良的結果，因此，專注運動訓練在改變身體組成及運動技術，可能是更重要的課題。

**關鍵詞：**身體組成、肌酸、葡萄糖、咖啡因、重碳酸鹽

## 壹、前言

我國身心障礙者人口數至 2019 年第一季，已達 117 萬 4,849 人，占全國總人口數的 4.98%，其中肢體障礙人口占 36 萬 2,376 人，占身心障礙人口數的 30.84% (衛生福利部，2019)。近年工業化國家因創傷導致脊髓損傷 (spinal cord-injured, SCI) 的人口增加，特別是發生在年輕人身上，在義大利就有 60% 是 15 ~ 30 歲的年輕人 (Maggioni et al., 2003)。臨床結果顯示，脊髓損傷伴隨癱瘓者身體活動程度的減少是導致高流行的糖尿病、骨質疏鬆及心血管疾病的主要原因 (Kocina, 1997)。脊髓損傷者脂肪重量增加的原因是不活動和飲食的不均衡 (Bauman, Spungen, Adkins, & Kemp, 1999; Phillips et al., 1998)，脂肪量增加導致心血管疾病的致死率是健全者的二倍 (Yekutieli, Brooks, Ohry, Yarom, & Carel, 1989)，除此之外，患者在癱瘓肢段的骨質疏鬆率是 100% (Kocina, 1997)。Maggioni et al. (2003) 比較身體質量指數 (body mass index, BMI) 沒有差異的脊髓損傷者和活動正常者的身體組成，發現脊髓損傷者癱瘓部位通常發生在下肢，由於下肢血管營運不良，使隨意肌活性減少及組織代謝受損，造成癱瘓部位脂肪組織多、去脂淨體重少，組織的肌肉被脂肪取代；相反的，脊髓損傷者上肢有較多的淨體重及較少的脂肪，手臂有較佳的肌肉健康狀態，因此，肢段的淨體重與活動有關。另脊髓損傷者和活動正常者全身、軀幹及上肢的骨密度沒有差異，但下肢的骨密度明顯減少，由軀幹

及下肢的骨密度推測，肢段的骨密度與重力有關。

大腸和肛門括約肌功能障礙導致便秘，排便障礙或大便不順暢是脊髓損傷的常見併發症，只有少數脊髓損傷患者感到正常的排便慾望，並且大多數脊髓損傷患者使用瀉藥、灌腸或手指刺激直腸和肛門來引發排便，結直腸疾病常常限制患者的社交活動並影響他們的生活品質 (Glickman & Kamm, 1996; Krogh et al., 1997)。Krogh, Mosdal, and Laurberg (2000) 針對慢性和急性腰椎受傷的脊髓損傷患者腸胃道系統進行研究，發現脊髓損傷者在結腸的消化時間比一般人長，結腸是否完全失去功能，則和脊髓損傷的程度有關。四肢健全的運動員，為了提高運動表現，一般會增補肌酸、咖啡因及碳酸鹽。肌酸是內源性合成物，在骨骼肌與心肌有較高的濃度，磷酸肌酸 (phosphocreatine) 提供磷酸化環境供腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 再合成，為了肌肉的收縮，肌酸提供了短期間能量的暫時儲存，也是細胞粒線體氧化磷酸化合成 ATP 的路徑 (Kendall, Jacquemin, Frost, & Burns, 2005)。咖啡因被當成提神、醒腦及延長活動表現的補充劑已被普遍使用，不僅在日常生活也發生在運動員身上 (Burke, 2008)。運動時由於 H<sup>+</sup> 緩衝的能力改變使血液中的 pH 值降低，間接影響肌肉和神經的功能、造成疲勞，一般會增補營養補充劑碳酸氫鈉 (sodium bicarbonate) 來提高 pH 值減少疲勞的發生 (Lindh, Peyrebrune, Ingham, Bailey, & Folland, 2008)。

綜合上述，脊髓損傷造成身體組成及胃腸系統反應時間改變，脊髓損傷者在運動期間進行的營養補充物增補，是否與四肢健全的人有差異，是一個值得探討的問題。因此，本研究擬探討脊髓損傷運動員在運動期間補充營養補充物對運動表現的影響，研究的方法以文獻探討的方式進行，文獻搜尋之工具為 Google 學術，採用 spinal cord-injured and athletes 為搜尋文獻時之關鍵詞，引用文獻之年分為 1980 ~ 2019 年期間。

## 貳、補充肌酸對運動表現的影響

運動員成功的運用細胞內儲存的 ATP 及磷酸肌酸產生力量、動能和速度，肌肉中的磷酸肌酸由磷酸和肌酸組成 (Williams & Branch, 1998)。補充肌酸成功的被使用在慢性心臟病、粒腺體細胞病變及神經肌疾病的病患 (Gordon et al., 1995; Tarnopolsky & Martin, 1999; Tarnopolsky, Roy, & MacDonald, 1997)，研究也顯示四肢健全的運動員補充肌酸後，在高強度、高反覆、短時間的運動表現有正面的效果 (Casey, Constantin-Teodosiu, Howell, Hultman, & Greenhaff, 1996)。

脊髓損傷患者以攝取肌酸來提高肌肉功能的文獻呈現了不一致的結果。Tarnopolsky and Martin (1999) 對神經肌肉患者連續五天補充口服肌酸 10 g，發現在握力、腳踝背屈力及膝伸肌力都有進步。Jacobs, Mahoney, Cohn, Sheradsky, and Green (2002) 對未經訓練的脊髓損傷患者，連續七天補充口服肌酸 20 g，發現在手搖式腳踏

車的最大輸出功率增加 6.7%，在最大攝氧量增加 17.4%，這樣的結果與划艇選手補充肌酸的結果類似，其原因是補充肌酸增加了磷源氧化代謝 (phosphagen and oxidative metabolism) 延長了腺嘌呤核苷三磷酸—磷酸肌酸系統 (ATP-PCr) 能量的使用時間，延後了無氧醣酵解 (Glycolytic) 發生，改變了無氧能量來源 (Birch, Noble, & Greenhaff, 1994)。Kendall et al. (2005) 對脊髓損傷四肢癱瘓手腕部位較弱者，連續六天補充肌酸 20 g，觀察上肢手部手腕伸肌的最大自主收縮肌力、耐力及手握力，發現上述結果都沒有產生改變，他認為這樣的結果與樣本數不多及補充效果可能因人而異有關。

脊髓損傷運動員在比賽時攝取肌酸來提高運動表現的文獻不多，在輪椅競技運動選手的研究方面，Perret, Mueller, and Knecht (2006) 等研究脊髓損傷 800 公尺運動員口服肌酸在競賽時的運動表現，使用的方法是補充肌酸六天，每天四次、每次 5 g，進行 800 公尺運動表現，測量最大心跳、乳酸、最快速度及自覺疲勞，結果都沒有呈現顯著差異。推測原因是之前肌酸補充對運動表現有益的研究，都是以腿部運動為主，在身體組成的比較上，手部肌肉 TYPE II 肌纖維的比例多於腿部，有較多的磷酸肌酸 (Edström, Hultman, Sahlin, & Sjöholm, 1982)，因此，攝取肌酸增加表現在以手臂為主的運動的效果，可能比不上 TYPE II 肌纖維較少的腿部運動表現，並且頸部神經如果受傷也會影響三頭肌的運動能力，神經肌肉問題也有可能是

增補肌酸沒有顯著效果的原因。Perret et al. (2006) 指增加磷酸肌酸的主要功效是希望延遲乳酸形成，增進運動表現，在划艇運動員及未經運動訓練的輪椅使用者看到效果，但在 800 公尺競速的輪椅運動員無此效果呈現，可能的原因是划艇運動員全身有較多的肌肉量；輪椅運動員攝取的肌酸沒有延長 ATP-PCr 時間延長醣分解的路徑；輪椅運動員在下肢及軀幹下半部肌肉量萎縮，造成肌肉對肌酸的保留比較沒有效果。

綜合上述，肌酸的補充增加了磷源代謝、延長 ATP-PCr 使用時間 (Birch et al., 1994)，在短時間、高強度的運動表現看到效果 (Maggioni et al., 2003)，或許對於一般未經訓練的脊髓損傷患者，透過運動訓練及補充肌酸，可以提升原本較不發達的肌肉，但對身體組成已是上半身 Type II 肌纖維較多的脊髓損傷運動員，補充肌酸沒有看到顯著增加的運動表現的結果 (Perret et al., 2006)。

## 參、補充碳水化合物對運動表現的影響

運動前攝取碳水化合物可以使血漿胰島素濃度升高，有利於血液攜帶葡萄糖，增加細胞對血糖的攝取，同時也降低肝醣濃度，抑制脂肪代謝 (Kuipers, Franssen, & Keizer, 1999)。對於一般人來說，以 70 公斤的個體而言，每小時攝入 600 ~ 1,200 毫升的 8% 葡萄糖水溶液，是最有益的，這個量允許將外源性葡萄糖遞送至活性肌肉同時還

保持水合作用 (Hargreaves & Briggs, 1988)。在運動表現方面，Mitchell et al. (1989) 以參加國家級及國際級賽事之業餘自行車選手進行 120 分鐘的運動測試，研究顯示，12% (12 g/100 ml) 和 18% 的葡萄糖濃度顯著增加了碳水化合物的氧化速率，而 6% 的葡萄糖濃度則沒有，但 18% 葡萄糖濃度的碳水化合物飲料可能會損害液體輸送，而 6% 的葡萄糖濃度飲料則不足以增加碳水化合物的氧化和表現，只有 12% 的葡萄糖濃度才能顯著提高表現。Wagenmakers, Brouns, Saris, and Halliday (1993) 以葡萄糖濃度 4%、8%、12% 和 16% 及蔗糖提供給國家級的腳踏車選手，觀察長時間的運動發現，葡萄糖濃度 8% 和蔗糖有相同效果，葡萄糖濃度超過 8% 不會增加外源性葡萄糖的氧化作用。Kuipers et al. (1999) 指當在跑步或騎自行車前 15 ~ 60 分鐘攝取碳水化合物飲料，觀察到前 30 分鐘的運動血糖短暫下降，血漿胰島素升高和肝臟輸出降低，這導致運動的前 30 分鐘葡萄糖的生產和去除之間的不平衡。運動前 30 分鐘攝入少於 70 克碳水化合物的飲料可引起低血糖，而攝入 70 克以上的飲料不會引起低血糖。另含有超過 70 克碳水化合物的飲料可能會減慢胃排空速度，從而降低葡萄糖進入血液的速度，從而降低胰島素反應。在運動前攝取碳水化合物可以提高運動期間的血漿胰島素，從而增加細胞對血糖的攝取，葡萄糖飲料愈濃，愈不可能出現低血糖反應。

脊髓損傷運動員可能損害交感神經和副交感神經反應，改變腎臟、腸道和肝臟功能，降低兒茶酚胺釋放，這些都會改

變血漿基質動員和心血管對運動的反應 (Figoni, 1993)，脊髓損傷的病變愈高、肌肉損失愈大，減少了可用於鍛鍊的肌肉量 (Gass & Camp, 1987)。Skrinar, Evans, Ornstein, and Brown (1982) 以手搖式腳踏車測試輪椅運動員的肝醣利用能力，採用的方法是在非最大強度的運動前、運動後進行三角肌的肌肉穿刺，使用染色法檢測第一型肌纖維消耗肝醣的特性，研究結果發現，訓練有素的輪椅運動員運動前上臂肌肉肝醣 ( $92.46 \text{ mmol kg}^{-1}$ ) 低於一般選手 ( $120\sim 140 \text{ mmol kg}^{-1}$ )，推測原因是輪椅對於移動的效能比較低，輪椅代步比走路更依賴醣原儲存，並且在耐力運動一小時後消耗  $30.49 \text{ mmol kg}^{-1}$  ( $0.5 \text{ mmol min}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ) 肝醣，比之前相同方法的研究少，推測原因是這批受試者前測肝醣就較少，另外的原因是三角肌並非手搖式腳踏車輪椅的主要作用肌群。

脊髓損傷的輪椅運動員，運動時肌肉動員血液中葡萄糖的能力減少，並且坐式生活型態造成肌肉儲存肝醣的量比一般運動員少，所以補充碳水化合物是否可以增進運動表現，是一個重要的課題。輪椅運動員經常在運動前攝取市售運動碳水化合物飲料以試圖改善其表現，這些飲料含有的碳水化合物濃度在 5 ~ 10% 之間，由於各種品牌的飲料內含碳水化合物的差異很大，如果碳水化合物為葡萄糖或玉米糖漿，則濃度超過 8% 會影響腸道對水分的吸收，如果是蔗糖或麥芽糊精可能就不是從 8% 的濃度開始，由於增補碳水化合物會提高血糖，導致升高的胰島素促使肌肉儲

存葡萄糖，為了避免高胰島素降低運動表現，對於增補碳水化合物的時機建議在運動前 15 ~ 20 分鐘 (Coombes & Hamilton, 2000)。Spendiff and Campbell (2000) 指截癱運動員在運動前 20 分鐘攝入 8% 葡萄糖飲料 (48 克碳水化合物)，攝入後血糖濃度急遽上升，運動 20 分鐘後暫時下降至安靜值，建議對於四肢截癱者增補碳水化合物的時機可以在運動前 20 分鐘。Spendiff and Campbell (2002) 對 10 個截癱運動員在運動前 20 分鐘攝入 7.6% 葡萄糖，經手搖式腳踏車 60 分鐘耐力運動後，再進行 20 分鐘最大努力的運動表現，發現 7.6% 葡萄糖濃度的碳水化合物攝取對耐力運動有幫助。Spendiff and Campbell (2005) 對八個健康但身體患有癱瘓障礙的男生，運動前 20 分鐘給予 4%、11% 葡萄糖濃度的補給，結果高濃度組有較高血糖、呼吸交換率、力量輸出和低的游離脂肪酸濃度，顯示濃度較高的葡萄糖溶液更能增加運動時醣源的使用，所以高濃度葡萄糖補給更適合身體患有障礙的運動員。

綜合上述，運動前補充碳水化合物的目的是提升血液中葡萄糖的量，延緩肝醣被使用的時機及抑制脂肪的代謝 (Kuipers et al., 1999)，一般人補充 8% 葡萄糖濃度的運動飲料，可以將外源葡萄糖遞送至活性肌肉同時還保持水合作用 (Hargreaves & Briggs, 1988)；健全的運動員在運動前 20 分鐘攝取含 12% 葡萄糖濃度飲料，可以提升運動表現 (Mitchell et al., 1989)；對於脊髓損傷運動員補充 11% 的效果優於 4% (Spendiff & Campbell, 2005)。

## 肆、補充咖啡因和重碳酸鹽對運動表現的影響

咖啡因影響交感神經系統 (McMullen, Whitehouse, Shine, Whitton, & Towell, 2011) 和能量補充 (Graham & Spriet, 1995), 對健康的人來說, 咖啡因的攝取會提升高強度的運動表現。Collomp, Ahmaidi, Chatard, Audran, and Préfaut (1992) 對游泳選手增補 4.3 mg/kg 咖啡因, 結果在 100 公尺的速度進步。Wiles, Bird, Hopkins, and Riley (1992) 指 1,500 公尺選手攝取 3 g 咖啡因 (350 g 水), 比安慰劑組提升 4.2 秒的成績。Woolf, Bidwell, and Carlson (2008) 對沒有咖啡習慣的男性運動員進行增補咖啡因 5 mg/kg 後進行胸推、腿推及 30 秒 Wingate test 無氧運動測試, 結果在胸推及 Wingate test 有顯著進步, 但在腿部的測試沒有呈現效果, 推測原因是劑量對較大肌肉量的腿部可能達不到刺激的效果, 並且發現咖啡因降低胰島素敏感度、提升運動後的可體松及血糖, 咖啡因對多巴胺的促進 (dopamine agonist) 及腺嘌呤受器的抑制 (antagonism of adenosine receptors) 造成興奮及延遲疲勞的結果, 這可能才是提高運動表現的原因。

重碳酸鹽類屬於弱鹼性, 常見的形式有碳酸氫鈉 (sodium bicarbonate,  $\text{NaHCO}_3$ )、檸檬酸鈉 (sodium citrate,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), 檸檬酸鈉增加血液緩衝能力 (Requena, Zabala, Padial, & Feriche, 2005), 是一種全身性的鹼化劑, 也是一種血液 pH 值的緩衝劑, 增加血漿中的碳酸氫鹽, 緩衝過量的氫離子濃度, 並提高血液 pH 值, 從而逆轉酸中毒的

臨床表現。Lindh et al. (2008) 對游泳選手在 200 公尺自由式測試前 60 ~ 90 分鐘補充 300  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  碳酸氫鈉, 結果在游泳速度、血液 pH、血液碳酸氫鹽 (bicarbonate) 及血乳酸都提高, 說明增補碳酸鹽對血液的 pH 值有緩衝的效果。

Flueck, Mettler, and Perret (2014) 以輪椅競速國家隊運動員, 在運動前 90 ~ 120 分鐘補充檸檬酸鈉 700 ml 或安慰劑, 在運動前 60 分鐘補充咖啡因 6 mg/kg 或安慰劑, 接著檢測運動後 pH、碳酸氫鹽、鈉及乳酸濃度。結果, 補充檸檬酸鈉和咖啡因對 1,500 m 的頂尖輪椅運動員的成績沒有顯著改變, 而且各組在 1,500 m 的成績都沒有差異, 攝取檸檬酸鈉組 pH 和碳酸氫鹽 ( $\text{HCO}_3^-$ ) 濃度顯著增加; 咖啡因和混和組在乳酸濃度比控制組顯著增加。研究的討論指出以下幾點: 一、本研究使用的是頂尖運動員, 如果在一般運動員, 或許會看到增補的效果; 二、一般健全沒有接受訓練的人三角肌有 TYPE II 肌纖維 42%、TYPE I 肌纖維 42%, 而在截癱受過訓練或沒有受過訓練的運動員 TYPE I 肌纖維 55 ~ 50% (slow-switch fiber)、TYPE IIb 肌纖維 11 ~ 15%; 三、對脊髓損傷者腸胃傳遞時間較長 (Krogh et al., 2000), 本研究的時間可能還沒發揮作用; 四、碳酸氫鹽 ( $\text{HCO}_3^-$ ) 的增加代表細胞內增加檸檬酸濃度對  $\text{H}^+$  有一些抑制作用。Carr, Hopkins, and Gore (2011) 指四肢健全者, 如果乳酸濃度增加, 代表運動表現增加, 而補充碳酸氫鈉效果優於檸檬酸鈉, 並且補充檸檬酸鈉有造成腸胃不適的副作用。

雖然脊髓受傷者在活動的肌肉量、肌纖維的分布及腸胃道功能與四肢健全者有差異，補充咖啡因和檸檬酸鈉後是否在運動時可以被吸收還不被確定，但補充咖啡因和檸檬酸鈉對人體的效果應該和肢體健全的人相同。

綜合上述，對於四肢健全者，補充咖啡因可以增加交感神經活性，快速提高運動表現 (Woolf et al., 2008)；補充鹽類可以中和運動時血液中產生的酸性物質，延緩疲勞發生 (Requena et al., 2005)。脊髓損傷者補充咖啡因或碳酸鹽，身體內的 pH 值、乳酸濃度提高，增補的結果還沒有直接反應運動表現上 (Perret et al., 2006)。

## 伍、結論與建議

本研究的結論為：一、未經運動訓練的脊髓損傷患者，補充肌酸對肌肉的生長有幫助，但對競速運動員的表現沒有呈現進步的效果；二、脊髓損傷運動員運動前 20 分鐘補充 7.6 ~ 11.0% 的葡萄糖溶液對運動表現有幫助；三、咖啡因和重碳酸鹽類的補充，提升了脊髓損傷運動員乳酸耐受度及血液的鹼化，但在運動表現尚未呈現顯著進步的結果。本研究的建議為，對於一般人來說，補充肌酸、碳水化合物、咖啡因或重碳酸鹽可延增加運動表現、延緩疲勞，脊髓損傷運動員增補上述四種營養補充物，除了合適濃度的碳水化合物，不易看到運動表現顯著進步的效果，反而可能造成反胃等消化不良的結果，因此，專注運動訓練在改變身體組成及運動技術，可能是更重要的課題。

## 參考文獻

1. 衛生福利部 (2019)。身心障礙人數統計。取自：<https://dep.mohw.gov.tw/dos/cp-5224-62359-113.html>  
[Ministry of Health and Welfare. (2019). *Statistics of the number of physical and mental disorders*. Retrieved from <https://dep.mohw.gov.tw/dos/cp-5224-62359-113.html>]
2. Bauman, W. A., Spungen, A. M., Adkins, R. H., & Kemp, B. J. (1999). Metabolic and endocrine changes in persons aging with spinal cord injury. *Assistive Technology, 11*(2), 88-96. doi:10.1080/10400435.1999.10131993
3. Birch, R., Noble, D., & Greenhaff, P. L. (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 69*(3), 268-270. doi:10.1007/bf01094800
4. Burke, L. M. (2008). Caffeine and sports performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 33*(6), 1319-1334. doi:10.1139/H08-130
5. Carr, A. J., Hopkins, W. G., & Gore, C. J. (2011). Effects of acute alkalosis and acidosis on performance. *Sports Medicine, 41*(10), 801-814. doi:10.2165/11591440-000000000-00000
6. Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, S., Hultman, E., & Greenhaff, P. L. (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and*

- Metabolism*, 271(1), E31-E37. doi:10.1152/ajpendo.1996.271.1.E31
7. Collomp, K., Ahmaidi, S., Chatard, J. C., Audran, M., & Préfaut, C. (1992). Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(4), 377-380. doi:10.1007/BF00636227
  8. Coombes, J. S., & Hamilton, K. L. (2000). The effectiveness of commercially available sports drinks. *Sports Medicine*, 29(3), 181-209. doi:10.2165/00007256-200029030-00004
  9. Edström, L., Hultman, E., Sahlin, K., & Sjöholm, H. (1982). The contents of high-energy phosphates in different fibre types in skeletal muscles from rat, guinea-pig and man. *The Journal of Physiology*, 332(1), 47-58. doi:10.1113/jphysiol.1982.sp014399
  10. Figoni, S. F. (1993). Exercise responses and quadriplegia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(4), 433-441.
  11. Flueck, J. L., Mettler, S., & Perret, C. (2014). Influence of caffeine and sodium citrate ingestion on 1,500-m exercise performance in elite wheelchair athletes: A pilot study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(3), 296-304. doi:10.1123/ijnsnem.2013-0127
  12. Gass, G. C., & Camp, E. M. (1987). Effects of prolonged exercise in highly trained traumatic paraplegic men. *Journal of Applied Physiology*, 63(5), 1846-1852. doi:10.1152/jappl.1987.63.5.1846
  13. Glickman, S., & Kamm, M. A. (1996). Bowel dysfunction in spinal-cord-injury patients. *The Lancet*, 347(9016), 1651-1653. doi:10.1016/S0140-6736(96)91487-7
  14. Gordon, A., Hultman, E., Kaijser, L., Kristjansson, S., Rolf, C. J., Nyquist, O., & Sylvén, C. (1995). Creatine supplementation in chronic heart failure increases skeletal muscle creatine phosphate and muscle performance. *Cardiovascular Research*, 30(3), 413-418. doi:10.1016/S0008-6363(95)00062-3
  15. Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 867-874. doi:10.1152/jappl.1995.78.3.867
  16. Hargreaves, M., & Briggs, C. A. (1988). Effect of carbohydrate ingestion on exercise metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 65(4), 1553-1555. doi:10.1152/jappl.1988.65.4.1553
  17. Jacobs, P. L., Mahoney, E. T., Cohn, K. A., Sheradsky, L. F., & Green, B. A. (2002). Oral creatine supplementation enhances upper extremity work capacity in persons with cervical-level spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(1), 19-23. doi:10.1053/apmr.2002.26829
  18. Kendall, R. W., Jacquemin, G. J., Frost, R., & Burns, S. P. (2005). Creatine supplementation for weak muscles in persons with chronic tetraplegia: A randomized double-blind placebo-controlled crossover trial. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 28(3), 208-213. doi:10.1080/10790268.2005.11753814
  19. Kocina, P. (1997). Body composition of spinal cord injured adults. *Sports Medicine*,



- 23(1), 48-60. doi:10.2165/00007256-199723010-00005
20. Krogh, K., Mosdal, C., & Laurberg, S. (2000). Gastrointestinal and segmental colonic transit times in patients with acute and chronic spinal cord lesions. *Spinal Cord*, 38(10), 615-621. doi:10.1038/sj.sc.3101066
  21. Krogh, K., Nielsen, J., Djurhuus, J. C., Mosdal, C., Sabroe, S., & Laurberg, S. (1997). Colorectal function in patients with spinal cord lesions. *Diseases of the Colon & Rectum*, 40(10), 1233-1239. doi:10.1007/bf02055170
  22. Kuipers, H., Fransen, E. J., & Keizer, H. A. (1999). Pre-exercise ingestion of carbohydrate and transient hypoglycemia during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 20(4), 227-231. doi:10.1055/s-2007-971122
  23. Lindh, A. M., Peyrebrune, M. C., Ingham, S. A., Bailey, D. M., & Folland, J. P. (2008). Sodium bicarbonate improves swimming performance. *International Journal of Sports Medicine*, 29(6), 519-523. doi:10.1055/s-2007-989228
  24. Maggioni, M., Bertoli, S., Margonato, V., Merati, G., Veicsteinas, A., & Testolin, G. (2003). Body composition assessment in spinal cord injury subjects. *Acta Diabetologica*, 40(1), s183-s186. doi:10.1007/s00592-003-0061-7
  25. McMullen, M. K., Whitehouse, J. M., Shine, G., Whitton, P. A., & Towell, A. (2011). The immediate and short-term chemosensory impacts of coffee and caffeine on cardiovascular activity. *Food & Function*, 2(9), 547-554. doi:10.1039/C1FO10102A
  26. Mitchell, J. B., Costill, D. L., Houmard, J. A., Fink, W. J., Pascoe, D. D., & Pearson, D. R. (1989). Influence of carbohydrate dosage on exercise performance and glycogen metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 67(5), 1843-1849. doi:10.1152/jappl.1989.67.5.1843
  27. Perret, C., Mueller, G., & Knecht, H. (2006). Influence of creatine supplementation on 800 m wheelchair performance: A pilot study. *Spinal Cord*, 44(5), 275-279. doi:10.1038/sj.sc.3101840
  28. Phillips, W. T., Kiratli, B. J., Sarkarati, M., Weraarchakul, G., Myers, J., Franklin, B. A., ... Froelicher, V. (1998). Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness. *Current Problems in Cardiology*, 23(11), 641-716. doi:10.1016/S0146-2806(98)80003-0
  29. Requena, B., Zabala, M., Padial, P., & Feriche, B. (2005). Sodium bicarbonate and sodium citrate: Ergogenic aids? *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 213-224. doi:10.1519/13733.1
  30. Skrinar, G., Evans, W., Ornstein, L., & Brown, D. (1982). Glycogen utilization in wheelchair-dependent athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 3(4), 215-219. doi:10.1055/s-2008-1026090
  31. Spendiff, O., & Campbell, I. (2000, October). *The physiological responses to glucose ingestion of wheelchair athletes during endurance exercise*. Paper presented at the the Scientific Congress of the Sydney Paralympic Games, Sydney.
  32. Spendiff, O., & Campbell, I. (2002). The effect of glucose ingestion on endurance

- upper-body exercise and performance. *International Journal of Sports Medicine*, 23(2), 142-147. doi:10.1055/s-2002-20127
33. Spendiff, O., & Campbell, I. (2005). Influence of pre-exercise glucose ingestion of two concentrations on paraplegic athletes. *Journal of Sports Sciences*, 23(1), 21-30. doi: 10.1080/02640410410001729946
34. Tarnopolsky, M., & Martin, J. (1999). Creatine monohydrate increases strength in patients with neuromuscular disease. *Neurology*, 52(4). doi:10.1212/wnl.52.4.854
35. Tarnopolsky, M., Roy, B., & MacDonald, J. (1997). A randomized, controlled trial of creatine monohydrate in patients with mitochondrial cytopathies. *Muscle & Nerve*, 20(12), 1502-1509. doi:10.1002/(SICI)1097-4598(199712)20:12<1502::AID-MUS4>3.0.CO;2-C
36. Wagenmakers, A., Brouns, F., Saris, W., & Halliday, D. (1993). Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *Journal of Applied Physiology*, 75(6), 2774-2780. doi:10.1152/jappl.1993.75.6.2774
37. Wiles, J. D., Bird, S. R., Hopkins, J., & Riley, M. (1992). Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *British Journal of Sports Medicine*, 26(2), 116-120. doi:10.1136/bjbm.26.2.116
38. Williams, M. H., & Branch, J. D. (1998). Creatine supplementation and exercise performance: An update. *Journal of the American College of Nutrition*, 17(3), 216-234. doi:10.1080/07315724.1998.10718751
39. Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. (2008). The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(4), 412-429. doi:10.1123/ijsnem.18.4.412
40. Yekutieli, M., Brooks, M. E., Ohry, A., Yarom, J., & Carel, R. (1989). The prevalence of hypertension, ischaemic heart disease and diabetes in traumatic spinal cord injured patients and amputees. *Spinal Cord*, 27(1), 58-62. doi:10.1038/sc.1989.9

# The Ergogenic Effect of Nutritional Supplements in Spinal Cord-Injured Athletes

Wen-Rei Liao<sup>1</sup>, Chun-Ching Huang<sup>2</sup>, Ta-Cheng Hung<sup>3\*</sup>

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

<sup>2</sup> National Taipei University of Nursing and Health Sciences

<sup>3</sup> Office of Physical Education, Shih Chien University

\*Corresponding author: Ta-Cheng Hung

Address: No. 70, Dazhi St., Zhongshan Dist., Taipei City 104, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: hung5277@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.202206\_31(1).0002

Received: August, 2019 Accepted: February, 2020

## Abstract

There is different body composition between the spinal cord-injured person and the able-bodied which includes the muscle, fat, and bone density. Furthermore, the nerve conduction prolongs the reaction time of the gastrointestinal system. It is an important issue whether the nutritional supplements affect the performance of the athletes with spinal cord-injured or not. The purpose of this study was to investigate the effects of nutritional supplements on exercise performance in athletes with spinal cord-injured. The method of this paper was literature collection by searching Google Scholar database. Spinal cord-injured and athletes were used as the keyword when searching for literature. The scope of citation was from 1980 to 2019. We concluded that (1) Creatine supplementation is more benefit for spinal cord-injured patients than racing athletes; (2) The most acceptable concentration of carbohydrate ingestion for spinal cord-injured athletes is 7.6 ~ 11 g CHO/100 ml before 20 minutes of exercise; (3) The supplementation of caffeine and bicarbonate improve the tolerance of lactic acid and the alkalization of blood, but it does not show significant progress in exercise performance. The result of this study suggests the nutritional supplements might cause the digestive trouble during the competition therefor changed the athletes' body composition and exercise techniques could be a more important issue.

**Keywords:** body composition, creatine, glucose, caffeine, bicarbonate

