

碳水化合物溶液漱口對運動能力表現之影響

李旻軒¹、徐煒杰²、鄭景峰^{3*}

摘要

背景：運動中以碳水化合物溶液進行增補可以提升耐力運動表現。然而，先前研究指出，以碳水化合物溶液漱口的方式，可藉由刺激舌頭上味覺受體細胞，活化大腦與中樞神經系統，降低疲勞感覺，促進運動表現。**目的：**透過蒐集與分析相關文獻，探討有關碳水化合物溶液漱口對於隨後運動表現之影響，及其可能機轉。**結語：**在運動前禁食2小時以上，進行60-90分鐘的中高強度腳踏車或跑步運動，於運動前與運動中使用6-8%葡萄糖溶液或6.4-10%麥芽糊精溶液漱口10秒，可能有助於提升耐力運動表現。

關鍵詞：增補劑、疲勞、耐力運動、中樞神經系統

The Effects of Carbohydrate Mouth Rinsing on Exercise Performance

Min-Xuan Li¹, Wei-Chieh Hsu², Ching-Feng Cheng^{3*}

Abstract

Background: Ingesting carbohydrate solution during exercise has benefits to endurance performance. Previous studies have reported that the mouth rinsing of carbohydrate during endurance exercise without ingestion could enhance performance due to stimuli are detected by taste receptor cells on the tongue, which activate the brain and central nervous system, and ameliorate the perception of fatigue. **Purpose:** Using the relevant literature collection and analysis, this review focused on the performance response to simply having carbohydrate in the mouth and potential mechanisms. **Summary:** After fasting more than 2 hours prior to exercise, mouth rinsing of 6-8% glucose or 6.4-10% maltodextrin solution for 10 seconds before or during moderate to high intensity cycling or running exercise (approximately 60-90 minutes) may improve endurance performance.

Keywords: ergogenic aids, fatigue, endurance exercise, central nervous system

Submitted for publication: 2016.11; Accepted for publication: 2017.3

1 國立臺灣師範大學體育學系：Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

2 臺北市立大學競技運動訓練研究所：Graduate Institute of Sports Training, University of Taipei

3 國立臺灣師範大學運動競技學系：Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University

* Corresponding author: 鄭景峰 E-mail: andescheng@ntnu.edu.tw

壹、問題與背景

提升運動表現一直是運動科學所探討的課題之一，從訓練季的體能訓練到比賽前的高強度熱身，或是藉由食品的增補，對於運動表現都有顯著的影響。在運動增補方面，早期研究指出，在運動中碳水化合物溶液的攝取，可做為外源性葡萄糖的來源，維持血糖濃度、降低心血管壓力、節省肝醣的使用、儲存肝醣原、延緩肌醣原耗竭及防止脫水，進而提升運動表現（Coggan & Coyle, 1987; Coyle et al., 1983; Jeukendrup, 2013; Krogh & Lindhard, 1920; Neuffer et al., 1987; Rollo & Williams, 2011）。先前研究指出，在超過2小時的運動環境中，例如：馬拉松、鐵人三項、自行車……等，或其它長時間耐力運動中，攝取碳水化合物溶液的實驗處理，與安慰劑處理相互比較下，攝取碳水化合物溶液可避免低血糖、保持碳水化合物的氧化效率，進而提升運動表現（Jeukendrup, Brouns, Wagenmakers, & Saris, 1997; Jeukendrup, 2008, 2011, 2014）。

而近年來的文獻指出，在接近1小時的運動中，攝取碳水化合物溶液，亦能提升運動表現（Anantaraman, Carmines, Gaesser, & Weltman, 1995; Below, Mora-Rodríguez, González-Alonso, & Colye, 1995; Carter, Jeukendrup, Mundel, & Jones, 2003; Neuffer et al., 1987）。但Jeukendrup（2013）指出，在近1小時的運動中，相較於長時間（大於2個小時）的運動狀態，並不會有低血糖的情況發生，且體內的血糖濃度並未下降，甚至還會提高。因此，學者們認為在短時間運動中，攝取碳水化合物溶液能提升運動表現的機制，可能與長時間增補醣類的機制有所不同，且短時間攝取碳水化合物溶液能提升運動表現的原因，似乎還有其它機制存在。

因此，本研究嘗試以文獻蒐集與整理之方式，探討利用碳水化合物溶液漱口對運動表現的影響，並探究其可能之生理機制，以提供教練與選手對其之理解，並期望能將碳

水化合物溶液漱口應用於訓練或比賽中，以提升選手們在賽場時的運動表現。

貳、碳水化合物溶液漱口對提升運動表現之可能機制

從過去的文獻當中得知，利用碳水化合物溶液漱口，能提升隨後運動表現之機轉，與攝取方式的機轉有所不同（Jeukendrup, 2014），可能與口中碳水化合物受器在接觸碳水化合物後，影響中樞神經系統（central nervous system, CNS）有關（Carter, Jeukendrup, Mann, & Jones, 2004; Gant, Stinear, & Byblow, 2010; Jeukendrup, 2013）。而Carter, Jeukendrup, and Jones（2004）是第一篇探討碳水化合物溶液漱口對運動表現的研究，而會以漱口方式取代攝取的實驗操弄，則是受到Jeukendrup et al.（1997）與Carter, Jeukendrup, Mann et al.（2004）的啟發。Jeukendrup等（1997），在接近1小時的腳踏車計時測驗中，受試者盡自己最大努力去完成最快衝刺，在實驗過程中，分別攝取7.6%碳水化合物溶液的實驗處理，以及調味後的安慰劑處理，結果發現，攝取碳水化合物溶液處理的完成時間，顯著快過於安慰劑處理2.3%，其與長時間攝取碳水化合物能提升隨後運動表現之認知有所不同。為了更了解身體在短時間內對碳水化合物的利用，Carter, Jeukendrup, Mann et al.（2004）則是利用溶液注射方式（1g/min），分別以碳水化合物溶液（20%）為實驗處理，食鹽水溶液（0.9%）為安慰劑處理，探討人體對葡萄糖的利用與運動表現之關係，並以40公里腳踏車計時衝刺做為檢測方式。結果發現，注射碳水化合物溶液的實驗處理，在開始時的血糖濃度為注射前的2倍，而在實驗過程中，則漸漸趨向平穩，Carter, Jeukendrup, Mann et al.（2004）認為，血糖濃度的減少，可能是肌肉的使用或是身體氧化代謝的關係，但在運動表現上，實驗處理與安慰劑處理之間卻未達到顯著差異。因此，Carter, Jeukendrup, Mann et al.（2004）推測，利用碳水化合物溶

液可以增進短時間內的運動表現，可能不是由腸胃道消化吸收的代謝途徑，而是由口中的醣類受器傳遞訊號至大腦所致。

而Carter, Jeukendrup, and Jones (2004)則接續上述實驗之推論，嘗試以6.4%碳水化合物溶液漱口，並與白開水漱口做為比較，探討口腔內味覺受器是否會因醣類溶液的漱口，而影響40公里腳踏車計時衝刺的運動表現，結果發現，以碳水化合物溶液漱口之實驗處理，其在完成時間以及輸出功率上，皆顯著優於安慰劑處理。然而，在此研究提出後，許多文獻亦接連提出相同的見解，多篇研究指出，利用碳水化合物溶液漱口之方式，可提升運動員在漱口後，將近1小時高強度有氧運動耐力表現 (Carter, Jeukendrup, & Jones, 2004; Pottier, Bouckaert, Gilis, Roels, & Derave, 2010; Rollo, Williams, Gant, & Nute, 2008)。

雖然利用碳水化合物溶液的攝取或漱口，能對隨後有氧耐力運動表現帶來相似的效益 (Jeukendrup, 2014; Jeukendrup & Chambers, 2010)，但某些運動員在比賽中攝取碳水化合物，可能會造成腸胃道之不適以及胰島素濃度的上升，導致運動員失去完賽的表現水準或降低運動表現 (de Oliveira & Burini, 2014; Peters et al., 2000; Rehrer, van Kemenade, Meester, Brouns, & Saris, 1992)。而以碳水化合物漱口可以增進短時間高強度有氧耐力運動表現之確切原因目前仍未釐清。

人體在進食或利用碳水化合物溶液漱口時，第一個接觸的是口腔，當口腔內的味覺受器細胞 (taste receptor cell, TRCs) 接受到刺激時，便會在第一時間內將接觸到的物質進行分析 (Chandrashekar, Hoon, Ryba, & Zuker, 2006; Katz, Nicolelis, & Simon, 2000)。味覺受器細胞分佈於舌頭、軟腭以及會厭軟骨等處的味蕾之中 (Scott & Plata-Salamán, 1999)，而當葡萄糖、蔗糖、果糖以及人工甘味劑甜味所帶來的甜味刺激，將會被特定味覺受器細胞G蛋白偶受體T1R2 (taste 1 receptor member 2) 以及T1R3 (taste 1 receptor member 3) 所

接受 (Berthoud, 2003)，並傳遞或釋放神經傳導物質：味覺傳導蛋白 (α -gustducin)，可以由初級傳入纖維 (primary afferent fibers) 的終端傳至腦幹 (Rollo & Williams, 2011)，然而透過這些食物的刺激，可以活化大腦對甜味中樞神經系統的傳遞路徑，並提升大腦對甜味的接受程度 (Berthoud, 2003)，可能可以增加在運動時或休息中，對於碳水化合物的需求 (Wilmore, Morton, Gillbey, & Wood, 1998)，並藉由碳水化合物的攝取來增進隨後運動表現。而Chamber, Bridge and Jones (2009) 在先前漱口研究中發現，口腔內的受器可以分辨碳水化合物和人工甜味劑中甜味所帶來的差別，因此，受器本身可能有能分辨甜味劑以及碳水化合物的能力。而口腔內針對碳水化合物的受器可能會有兩種不同的類別，一種是針對醣類的甜味，另一種則是針對多醣類 (Sclafani, 1991)。在Chambers et al. (2009) 的研究中發現，人體的口腔受器無論在有甜味的葡萄糖或是無甜味的麥芽糊精刺激上，皆能活化大腦中的腦島、額葉島蓋 (insula/frontal operculum)、眼窩額葉皮質 (orbitofrontal cortex) 以及紋狀體 (striatum)。

在先前的文獻中，Kayser (2003) 認為，中樞神經系統可以控制在非固定運動頻率運動時 (如跑步速度的改變、腳踏車的衝刺)，運動神經元的招募，並改變運動時的功率輸出，以及維持身體內部的機制平衡。而中樞控制的能力，則是被認為因為周邊生理系統，接收改變內部與外在環境的能力，去改變輸出的功率 (Lambert, St Clair Gibson, & Noakes, 2005)。因此，學者們推測，在運動過程中，醣類的漱口對於中樞反應所帶來的刺激，能抑制運動時中樞神經系統 (central nervous system, CNS) 所產生的疲勞感與身體產生的代謝物，以及會引起肌肉和關節及核心溫度上升等訊號 (St Clair Gibson, Lambert, & Noakes, 2001)。Berridge and Robinson (1998) 也推測多巴胺神經系統 (dopaminergic system) 的腹側紋狀體神經元 (ventral striatum) 在運動過程中回饋，可以

提高運動時的動機與運動行為的控制，並減少中樞神經系統的疲勞 (David, Alderson, & Welsh, 2000; Jeukendrup, 2013)。

雖然上述對於運動表現有所效益的機制部份，可能是建立於碳水化合物的攝取上，但卻可以看到，除了攝取後代謝途徑外，另一種能提升運動表現的可能機制。而 Chambers et al. (2009) 利用功能性磁共振造影，探討人體大腦各部位在葡萄糖溶液漱口後，其與無甜味之麥芽糊精安慰劑處理之間差異，結果發現，大腦的前扣帶迴皮質 (anterior cingulate cortex, ACC) 和腹側紋狀體，是大腦受葡萄糖刺激所活化的區域。而 Frank et al. (2008) 與 Haase, Cerf-Ducastel, and Murphy (2009) 也指出，口服的碳水化合物溶液相較於人工的甜味劑，有較多大腦活化區域，此外也會因禁食的時間不同，對於碳水化合物有不同的敏感度。

綜合上述研究可以發現，不同的碳水化合物有著不同的載體及代謝途徑，而在不同的醣類或甜味刺激後，也有不同訊息的傳遞。因此，在往後的研究中，可以針對人體對於不同碳水化合物的甜味、代謝以及傳遞路徑做更進一步的探討，以了解人體對於漱口後，不同碳水化合物利用，並在不同時間下，搭配不同的碳水化合物溶液漱口做為增補之方式，以探討在漱口後對於運動表現所帶來之益處。

參、碳水化合物溶液漱口對運動表現之影響

目前關於以碳水化合物溶液漱口對於運動表現的相關文獻，大部份的研究結果，皆可以帶來正面的效益 (見表一)，而漱口前的空腹時間 (Beelen et al., 2009)、漱口時間 (Sinclair et al., 2014)，以及含醣溶液的成份類別 (Chambers et al., 2009; Frank et al., 2008; Haase et al., 2009)，皆可能會影響口腔內受器的接受程度，而間接影響隨後運動表現。除此之外，碳水化合物溶液漱口，在不同環境條件以及不同運動類型，其結果亦會

有所不同。以下針對在各文獻中，碳水化合物溶液漱口後，其空腹時間、漱口秒數與間隔時間以及含醣溶液成份類別等進行探討。

一、空腹時間

Ispoqlou et al. (2015) 在未禁食的條件下，探討8%、6%、4%以及0%，4種不同碳水化合物溶液濃度的漱口，是否能提升隨後1小時腳踏車計時衝刺之運動表現，結果發現，無論是在腳踏車的計時衝刺時間、功率輸出或是生理數值的血糖濃度及血乳酸濃度上，4種處理上皆未達顯著差異。而 Ataide-Sliva et al. (2016) 亦發現，在未禁食的條件下，以6.4%碳水化合物溶液漱口，並未能提升20公里腳踏車計時衝刺的成績，但相對的，在禁食的實驗處理上，卻可以提升運動表現。Ispoqlou et al. (2015) 提到，未能提升運動表現的原因，可能和食物的攝取上有關，因為此實驗各組的實驗處理，皆是在未禁食的狀態下進行，雖然有嚴格監控受試者的實驗前餐，但由於身體對於碳水化合物的敏感性降低，可能未能提升隨後的運動表現。而 Desbrow, Anderson, Barrett, Rao, and Hargreaves (2004) 也提及，未能提升運動表現之原因可能與運動前餐有關，餐中充分的醣類來源可能會減低身體在運動中，對於碳水化合物需求的比例，因而無法提升隨後運動表現。

在長時間的禁食條件下，Che Muhamed, Mohamed, Ismail, Aziz, and Singh (2014) 發現，在齋戒日中 (禁食至少12小時以上) 以6%碳水化合物溶液漱口、安慰劑漱口以及未漱口的方式介入，探討對於10公里腳踏車計時衝刺的影響，結果發現，在測驗前的熱身階段給予碳水化合物溶液漱口與安慰劑漱口之處理，在計時衝刺完成的時間與功率輸出上，皆顯著優於未漱口介入處理，而與原先預期不同的是，安慰劑相較於未漱口處理，亦能提升該實驗的運動表現，Che Muhamed et al. (2014) 認為，有可能是反安慰劑效應以及與受試者長時間脫水有關 (該實驗在熱環境下執行，生理上對水的需求可能更勝於

表一 碳水化合物溶液漱口對運動表現之影響

作者 (time)	受試者 (n)	禁/進食時間(h)	實驗類型	漱口溶液類型	漱口(s)/間隔 (min or %)	測驗方式	運動表現 (vs. CON or PLA)
Ataide-Silva et al. (2016)	8位男性 運動員	FED FST (12) DEP (12)	1. CHO (MD) 2. PLA	6.4% MD (25 ml)	10/5-10	Cycling 1. 90% GET, 30-min 2. 20 km TT	20 km TT, DEP: CHO vs. PLA (min) (42.47 ± 1.39 vs. 43.90 ± 1.51) ↑
Bastos-Silva et al. (2016)	13位男性 運動員	FST (2)	1. CHO (MD) 2. PLA	6.4% MD (25 ml)	10/15	Cycling TTE 1. 80% RCP_MIE 2. 110% PPO_HIE	MIE: CHO vs. PLA (min) (76.6 ± 19.7 vs. 65.4 ± 15.2) ↑ HIE: CHO vs. PLA (s) (177.3 ± 42.2 vs. 163.0 ± 26.7) –
Beaven et al. (2013)	12位男性 運動員	FST (2)	1. CHO (GLU) 2. PLA	6% GLU (25 ml)	5/x	Cycling, Sprint test (5 × 6 Sec sprint)	CHO vs. PLA (W) sprint1 PPO ↑, MPO ↑
Che Muhaned et al. (2014)	9位男性 腳踏車運動員	FST (13)	1. CHO (GLU) 2. PLA 3. NOR	6% GLU (25 ml)	5/5-10	Cycling, 10 km TT	CHO & PLA vs. NOR (min) (12.9 ± 1.7 & 12.6 ± 1.7 vs. 16.8 ± 1.6) ↑
Fares & Kayser (2011)	13位業餘男性 運動員	FST (8) FED	1. CHO (MD) 2. PLA	6.4% MD (25 ml)	5-10/5	Cycling, TTE	FST: CHO vs. PLA (min) (53.9 ± 12.8 vs. 48.3 ± 15.3) ↑ FED: CHO vs. PLA (min) (56.6 ± 12.2 vs. 54.7 ± 11.3) ↑
Fraga et al. (2015)	6位男性 耐力型運動員	FST (10)	1. CHO (GLU) 2. PLA 3. ING (6%GLU)	8% GLU (25 ml)	10/15	Treadmill, TTE (85% VO ₂ max)	CHO vs. PLA & ING (m) (9855 ± 4119 vs. 7295 ± 3727 & 9685 ± 3511) ↑
Lane et al. (2013)	12位男性 腳踏車運動員	FST (9-10) FED	1. CHO (MD) 2. PLA	10% MD (20 ml)	10/7.5	Cycling, 1-h TT	Mean Power (W) FED: CHO vs. PLA (286 ± 6 vs. 281 ± 5) ↑ FST: CHO vs. PLA (282 ± 6 vs. 273 ± 6) ↑
Phillips et al. (2014)	12位男性 運動員	FST (2)	1. CHO (MD) 2. PLA	6% MD (25 ml)	5/x	Cycling, sprint test (30 Sec sprint)	First 5 seconds PPO (W) CHO vs. PLA (13.51 ± 2.19 vs. 13.20 ± 2.14) ↑
Rollo et al. (2010)	10位男性 耐力型運動員	FST (13-15)	1. CHO (GLU) 2. PLA	6.4% GLU (25 ml)	5/15	Treadmill, 1-h	CHO vs. PLA (m) (1,4298 ± 685 vs. 1,4086 ± 732) ↑

表一 碳水化合物溶液漱口對運動表現之影響（續）

作者 (time)	受試者 (n)	禁／進食時間(h)	實驗類型	漱口溶液類型	漱口(s)／間隔 (min or %)	測驗方式	運動表現 (vs. CON or PLA)
Sinclair et al. (2014)	11位男性 腳踏車運動員	FST (4)	1. CHO (MD) 2. PLA	6.4% MD (25 ml)	5 or 10/6	Cycling, 30-min self-selected	CHO (10-s) vs. PLA 1. Speed (km/h) (38.6 ± 4.1 vs. 36.0 ± 4.4) ↑ 2. POP (W) (155.6 ± 17.0 vs. 145.7 ± 13.5) ↑
Cramer et al. (2015)	8位男性 腳踏車運動員	FST (3)	1. CHO (MD) 2. PLA	6.5% MD (20 ml)	5/ every 4km	Cycling, 40km TT	NS
Ispoglou et al. (2015)	7位男性 腳踏車運動員	FED	1. CHO (MD)	0, 4, 6, 8% MD (25 ml)	5/every 12.5%	Cycling, 1-h TT	NS
Waston et al. (2014)	10位男性 耐力型運動員	FST (8)	1. CHO (MD) 2. PLA	6.4% MD (25 ml)	10/10	Cycling, 1-h TT	NS

註：↑：較佳運動表現；-：運動表現無顯著差異；CHO：醣類漱口實驗處理；CON：控制處理；DEP：消耗肌肝醣後禁食；FED：給予食物；FST：禁食時間；GET：換氣閥值；GLU：葡萄糖溶液；MD：麥芽糊精；MPO：平均功率輸出；NOR：未漱口處理；NS：未達顯著差異；PLA：安慰劑處理；POP：功率輸出；PPO：功率峰值輸出；RCP：呼吸代謝點；TT：計時衝刺；TTE：實驗開始到衰竭的時間；VO₂ max：最大攝氧量。

碳水化合物對身體所帶來的效益)。Fares and Kayser (2011) 也發現, 未受過訓練者, 在進食後與整夜禁食(8小時以上)的狀況下, 以6.4%麥芽糊精(maltodextrin)與安慰劑(純水)漱口, 探討其對於腳踏車固定功率至衰竭運動表現之影響, 結果發現, 利用麥芽糊精溶液漱口, 在整夜不進食的狀態下, 相較於安慰劑處理, 能顯著提升腳踏車固定功率至衰竭的時間。Fraga et al. (2017) 亦發現, 在整夜禁食(10小時以上)之後, 以8%碳水化合物溶液攝取或漱口以及安慰劑3種處理的介入, 觀察其對於隨後85%最大攝氧量跑步運動至衰竭的實驗, 結果發現, 攝取碳水化合物溶液以及漱口處理, 在完成的時間以及跑步的距離, 皆顯著高於安慰劑處理。Lane, Bird, Burke, and Hawley (2013) 在整夜禁食(9小時以上)與進食(每公斤體重給予2.5克的碳水化合物)的狀態下, 利用10%碳水化合物溶液與安慰劑(人工甜味劑)漱口, 觀察其對於1小時腳踏車計時衝刺的影響, 結果發現, 在禁食的狀態下, 利用碳水化合物溶液漱口, 對於運動表現有較高的提升比例。

而和上述研究較為不同的, 發現在短時間不進食的狀態下, 也有相同的效果。Bastos-Silva, Melo Ade, Lima-Silva, Moura, Bertuzzi, and de Araujo (2016) 以及Beaven, Maulder, Pooley, Kilduff, and Cook (2013) 的研究發現, 在實驗前空腹2小時以上, 分別利用6.4%與6%碳水化合物溶液漱口作為實驗處理, 發現, 相較於安慰劑處理, 對於腳踏車的衰竭測驗與短時間的衝刺測驗皆能有所提升。綜合上述研究結果, 在實驗前禁食2小時以上, 在實驗前或實驗中以碳水化合物溶液漱口, 相較於未漱口或安慰劑處理, 可以提升隨後的運動表現。

二、漱口秒數與間隔時間

在利用碳水化合物溶液漱口時, 口腔是第一個接觸碳水化合物溶液的器官, 而相較於直接攝取, 以漱口方式, 溶液在口腔內有較長的停留時間, 而碳水化合物溶液與

口腔接觸的時間, 可能會間接影響口腔內受器, 在接觸碳水化合物後, 傳遞至大腦訊號(Carter et al., 2004; Gant et al., 2010)。在先前漱口的研究中, 溶液停留在口中的秒數, 多數以5秒至10秒的時間作為探討。在漱口5秒方面, Rollo, Cole, Miller, and Williams (2010)、Phillips, Findlay, Kavaliauskas, and Grant (2014) 以及Beaven et al. (2013) 發現, 在運動檢測前分別以6.4%、6%以及6%碳水化合物溶液, 漱口5秒的方式, 相較於安慰劑處理, 能提升跑步機運動1小時的距離、30秒計時衝刺時, 前5秒的功率輸出以及5 × 6秒計時反覆衝刺能力。而在漱口10秒方面, Ataide-Silva et al. (2016) 發現, 相較於安慰劑處理, 在使用6.4%碳水化合物溶液漱口10秒後, 能提升腳踏車20公里計時衝刺成績。而Lane et al. (2013) 亦發現, 在利用10%碳水化合物溶液漱口10秒後, 與安慰劑處理做比較, 發現, 使用碳水化合物溶液漱口可以提升腳踏車1小時計時衝刺成績。此外, Fares and Kayser (2011) 則發現, 相較於安慰劑處理, 受試者在6.4%碳水化合物溶液漱口5-10秒後, 能明顯延長腳踏車衰竭時間。而Sinclair et al. (2014) 則是比較6.4%碳水化合物溶液, 在漱口5秒、10秒以及安慰劑處理下, 對於30分鐘腳踏車計時運動表現的影響, 結果發現, 雖然漱口5秒的處理相較於安慰劑處理有所進步, 但以碳水化合物溶液漱口10秒的處理, 相較於安慰劑處理, 能顯著提升30分鐘腳踏車計時衝刺表現時的速度與距離。

而與先前研究結果不同的是, Cramer, Thompson, and Périard (2015) 以及Ispoglou et al. (2015) 發現, 在6.5%與8%、6%以及4%碳水化合物溶液漱口5秒的狀態下, 相較於安慰劑處理, 並未能提升隨後腳踏車40公里以及的1小時計時衝刺的運動表現。而Sinclair et al. (2014) 則提及, 相較於5秒的漱口, 在10秒的漱口時間, 對於口腔內的碳水化合物受器訊號傳遞, 可能可以帶來更多對於運動控制與動機的活化。因此, 綜合上述研究結果, 相較於安慰劑處理, 以碳水化合物溶液

進行漱口，在漱口時間為10秒的狀態下，可提升隨後相關運動表現。

而除了漱口的秒數外，漱口的間隔時間也可能會間接影響到口腔內受器的訊息傳遞。Ataide-Silva et al. (2016) 與Che Muhamed et al. (2014) 發現，在腳踏車的運動表現檢測中，分別以6.4%與6%的碳水化合物溶液漱口，從開始到每5-10分鐘漱口一次，對於隨後的運動表現能有所幫助；而Sinclair et al. (2014) 與Lane et al. (2013)，分別以6.4%與10%的碳水化合物溶液漱口，在間隔時間為6或7.5分鐘，能提升隨後腳踏車計時衝刺能力。此外，Bastos-silva et al. (2016)、Fraga et al. (2017)、Bastos-silva et al. (2010) 指出，分別以6.4%、8%與6.4%的碳水化合物溶液漱口，在運動檢測時，每次漱口間隔15分鐘，能提升腳踏車計時衝刺及跑步測驗距離。但Cramer et al. (2015)、Watson, Nichols, and Cordery (2014) 以及Ispoglou et al. (2015) 指出，分別以6.5%、6.4%以及8、6、4%碳水化合物溶液漱口，在近6分鐘、10分鐘以及15分鐘的漱口間隔時間下，結果發現，皆未能提升隨後腳踏車運動表現。統整上述研究結果，在碳水化合物溶液漱口的間隔時間上，尚未有一致性的結果，因此，有待往後研究做更進一步之探討。

三、含醣溶液成份類別

從先前碳水化合物漱口對於能提升隨後運動表現的研究中，絕大部份研究所使用的含醣溶液成份，是以葡萄糖或麥芽糊精作為含醣溶液的溶質。

在葡萄糖為溶質方面，Beaven et al. (2013) 以6%葡萄糖溶液以及甜味劑的安慰劑處理相互比較，並探討其對於隨後5組6秒腳踏車計時衝刺的影響，結果發現，和安慰劑處理相比，葡萄糖溶液漱口處理可以增加第1趟衝刺時的功率峰值以及平均輸出功率。Rollo et al. (2010) 發現，以6.4%葡萄糖溶液漱口，並與相同甜味的安慰劑漱口做比較，探討在1小時跑步機計時運動表現的影響，結果發現，葡萄糖漱口之處理相較於

安慰劑處理，有較佳的運動表現。而Fraga et al. (2017) 則發現，在85%最大攝氧量強度下跑步至衰竭的比較，並以三種處理，分別為攝取或漱口8%的葡萄糖溶液，以及安慰劑等3種方式的介入，結果發現，葡萄糖溶液漱口處理，在完成的時間以及跑步的距離，皆顯著相較高於安慰劑處理。

在麥芽糊精為溶質方面，Ataide-Silva et al. (2016) 分別以6.4%麥芽糊精溶液為實驗處理，並安慰劑處理做漱口比較，探討其在進食後、禁食12小時以及消耗肌肝醣後禁食12小時，對於30分鐘90%最大換氣閥值腳踏車計時衝刺之影響，結果發現，以麥芽糊精為漱口的實驗處理，在禁食12小時以及消耗肌肝醣後禁食12小時的情境下，相較於進食後，有較佳的腳踏車計時衝刺表現。Bastos-Silva et al. (2016) 則探討以6.4%的麥芽糊精溶液以及無碳水化合物成份之安慰劑處理，對於中強度或高強度腳踏車衰竭計時測驗之影響，並藉由肌電訊號，觀察股外側肌與股中間肌，在碳水化合物溶液漱口及安慰劑處理介入下，不同運動強度下所帶來的差異，結果發現，碳水化合物漱口處理，相較於安慰劑處理，能顯著延長在中等強度的腳踏車計時測驗時間，且股外側肌之肌電訊號亦顯示，相較於安慰劑處理，碳水化合物溶液漱口可以提高，在中等強度腳踏車測驗時之肌電訊號。Fares and Kayser (2011) 則探討以6.4%的麥芽糊精與安慰劑（純水）處理，對於腳踏車固定功率至衰竭運動表現之影響，結果發現，碳水化合物漱口相較於安慰劑處理，能顯著提升腳踏車固定功率至衰竭的時間。Sinclair et al. (2014) 則是探討6.4%麥芽糊精溶液以及只有飲用水安慰劑處理的介入下，對於30分鐘腳踏車運動表現的影響，結果發現，在使用麥芽糊精溶液漱口，相較於安慰劑處理，其運動表現在距離、功率輸出以及時速上，皆顯著高於安慰劑處理。Lane et al. (2013) 則發現，以10%麥芽糊精溶液漱口，與安慰劑處理比較，結果發現，使用麥芽糊精溶液漱口，可以提升腳踏車1小時計時衝刺成績。統整上述關於漱口溶液類別的研究結果，在運動時漱口溶液類型為葡萄糖溶液，其

濃度介於6-8%之間，或麥芽糊精溶液濃度為6.4-10%，皆可提升漱口後的運動表現。

綜合上述研究結果可以得知，運動類型為中高強度時間介於30-90分鐘內的跑步或腳踏車或是短時間的腳踏車計時衝刺，在2小時以上的禁食狀態下，利用碳水化合物溶液（6-8%葡萄糖或6.4-10%麥芽糊精）漱口10秒，可能可以提升隨後相關運動表現。而在碳水化合物溶液漱口的間隔時間上，並未有一致性的結果，因此，有待往後研究做更進一步的釐清。

肆、結語

提升運動表現一直是運動科學研究者所探究的議題，從小細節的部份發現與現今觀念的不同到確定可以執行、實行的方向。從先前文獻統整後可得知，在碳水化合物溶液漱口可以提升隨後運動表現的機制，可能和中樞神經系統的活化以及降低運動時的疲勞感有關，而影響機制的可能成因，和運動前的有無禁食、漱口的醣類成份，以及漱口時的時間及時間間隔有關。綜合本篇研究發現的結果，若要提升接近60到90分鐘，強度為中高強度的有氧耐力運動表現，建議可以在運動前禁食2小時以上，在運動前或運動中以碳水化合物溶液漱口，漱口的醣類溶液以6-8%的葡萄糖溶液或6.4-10%的麥芽糊精溶液，而漱口的時間，建議每次漱口10秒，對於隨後運動表現應能有所提升。而在實施碳水化合物溶液漱口時，亦建議教練及運動員，可將漱口方式納入訓練的課程中，或加強賽前的漱口訓練以利運動員熟悉與適應，以提升比賽中的運動表現。

此外，本篇研究亦對熱環境（Cramer et al., 2015; Watson et al., 2014），以及非有氧耐力運動（Clarke, Maclaren, Reilly, & Drust, 2011; Jeffers, Shave, Ross, Stevenson, & Goodall, 2015; Painelli et al., 2011; Přibyslavská et al., 2016）在使用碳水化合物溶液漱口後，對隨後運動表現影響做統整與探討，但對於在熱環境以及最大肌力或是短距離跑步反覆衝刺

的運動表現上，目前相關研究結果仍不一致，而對於其它醣類溶液是否亦能藉由漱口的方式來提升運動表現，以及每次漱口的間隔時間，或是利用碳水化合物溶液漱口，對於其它類型運動表現亦能有所提升，則需有更多的研究做更進一步的探討。

參考文獻

- Anantaraman, R., Carmines, A. A., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (1995). Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour of high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 461-465.
- Ataide-Sliva, T., Ghiarone, T., Bertuzzi, R., Stathis, C. G., Leandro, C. G., & Lima-Sliva, A. E. (2016). CHO mouth rinse ameliorates neuromuscular response with lower endogenous CHO stores. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48, 1810-1820.
- Bastos-Silva, V. J., Melo, A. A., Lima-Silva, A. E., Moura, F. A., Bertuzzi, R., & Araujo, G. G. (2016). Carbohydrate mouth rinse maintains muscle electromyographic activity and increases time to exhaustion during moderate but not high-intensity cycling exercise. *Nutrients*, 8(3), 49-57.
- Beaven, C. M., Maulder, P., Pooley, A., Kilduff, L., & Cook, C. (2013). Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38, 633-637.
- Beelen, M., Berghuis, J., Bonaparte, B., Ballak, S. B., Jeukendrup, A. E., & Van Loon, L. J. (2009). Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: Lack of enhancement of time-trial performance. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 19, 400-409.

- Below, P. R., Mora-Rodríguez, R., González-Alonso, J., & Coyle, E. F. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(2), 200-210.
- Berridge, K. C., & Robinson, T. E. (1998). What is the role of dopamine in reward: Hedonic impact, reward learning, or incentive salience? *Brain Research Reviews*, 28(3), 309-369.
- Berthoud, H. R. (2003). Neural systems controlling food intake and energy balance in the modern world. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 6, 615-620.
- Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., & Jones, D. A. (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 2107-2111.
- Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., Mann, C. H., & Jones, D. A. (2004). The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1543-1550.
- Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., Mundel, T., & Jones, D. A. (2003). Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 446(2), 211-219.
- Chambers, E. S., Bridge, M. W., & Jones, D. A. (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of Physiology*, 587, 1779-1794.
- Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444, 288-294.
- Che Muhamed, A. M., Mohamed, N. G., Ismail, N., Aziz, A. R., & Singh, R. (2014). Mouth rinsing improves cycling endurance performance during Ramadan fasting in a hot humid environment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(4), 458-464.
- Clarke, N. D., Maclaren, D. P., Reilly, T., & Drust, B. (2011). Carbohydrate ingestion and pre-cooling improves exercise capacity following soccer-specific intermittent exercise performance in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 1447-1455.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *Journal of Applied Physiology*, 63, 2388-2395.
- Coyle, E. F., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 55(1), 230-235.
- Cramer, M. N., Thompson, M. W., & Périard, J. D. (2015). Thermal and cardiovascular strain mitigate the potential benefit of carbohydrate mouth rinse during self-paced exercise in the heat. *Frontiers in Physiology*, 6(354), 1-9.
- David, J. M., Alderson, N. L., & Welsh, R. S. (2000). Serotonin and central nervous system fatigue: Nutritional considerations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 573S-578S.
- de Oliveira, E. P., & Burini, R. C. (2014). Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *Nutrients*, 6, 4191-4199.
- Desbrow, B., Anderson, S., Barrett, J., Rao, E., & Hargreaves, M. (2004). Carbohydrate-electrolyte feedings and 1 h time trial cycling performance. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 14, 541-549.

- Fares, E. J., & Kayser, B. (2011). Carbohydrate mouth rinse effects on exercise capacity in pre- and postprandial states. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2011, 1-6.
- Fraga, C., Velasques, B., Koch, A. J., Machado, M., Paulucio, D., Ribeiro, P., et al. (2017). Carbohydrate mouth rinse enhances time to exhaustion during treadmill exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(1), 17-22.
- Frank, G. K., Oberndorfer, T. A., Simmons, A. N., Paulus, M. P., Fudge, J. L., Yang, T. T., et al. (2008). Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. *NeuroImage*, 39, 1559-1569.
- Gant, N., Stinear, C. M., & Byblow, W. D. (2010). Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. *Brain Research*, 1350, 151-158.
- Haase, L., Cerf-Ducatel, B., & Murphy, C. (2009). Cortical activation in response to pure taste stimuli during the physiological states of hunger and satiety. *NeuroImage*, 44, 1008-1021.
- Ispoglou, T., O' Kelly, D., Angelopoulou, A., Bargh, M., O' Hara, J. P., & Duckworth, L. C. (2015). Mouth rinsing with carbohydrate solutions at the postprandial state fail to improve performance during simulated cycling time trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 2316-2325.
- Jeffers, R., Shave, R., Ross, E., Stevenson, E. J., & Goodall, S. (2015). The effect of carbohydrate mouth-rinse on neuromuscular fatigue following cycling exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40, 557-564.
- Jeukendrup, A. E. (2008). Carbohydrate feeding during exercise. *European Journal of Sports Science*, 8(2), 77-86.
- Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Science*, 29(1), 91-99.
- Jeukendrup, A. E. (2013). Oral carbohydrate rinse: Placebo or beneficial? *Current Sports Medicine Reports*, 12(4), 222-227.
- Jeukendrup, A. E. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, 44(1), 25-33.
- Jeukendrup, A. E., Brouns, F., Wagenmakers, A. J., & Saris, W. H. (1997). Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *International Journal of Sports Medicine*, 18(2), 125-129.
- Jeukendrup, A. E., & Chambers, E. S. (2010). Oral carbohydrate sensing and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 13, 447-451.
- Katz, D. B., Nicolelis, M. A., & Simon, S. A. (2000). Nutrient tasting and signaling mechanisms in the gut. IV. There is more to taste than meets the tongue. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 278(1), 6-9.
- Kayser, B. (2003). Exercise starts and ends in the brain. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3-4), 411-419.
- Krogh, A., & Lindhard, J. (1920). The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy. *Biochemical Journal*, 14(3-4), 290-363.
- Lambert, E. V., St Clair Gibson, A., & Noakes, T. D. (2005). Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 52-62.
- Lane, S. C., Bird, S. R., Burke, L. M., & Hawley, J. A. (2013). Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(2), 134-139.

- Neufer, P. D., Costill, D. L., Flynn, M. G., Kirwan, J. P., Mitchell, J. B., & Houmard, J. (1987). Improvements in exercise performance: Effects of carbohydrate feedings and diet. *Journal of Applied Physiology*, 62, 983-988.
- Painelli, V. S., Roschel, H., Gualano, B., Del-Favero, S., Benatti, F. B., Ugrinowitsch, C., et al. (2011). The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2381-2386.
- Peters, H. P., Wiersma, J. W., Koerselman, J., Akkermans, L. M., Bol, E., Mosterd, W. L., et al. (2000). The effect of a sports drink on gastroesophageal reflux during a run-bike-run test. *International Journal of Sports Medicine*, 21(1), 65-70.
- Phillips, S. M., Findlay, S., Kavaliuskas, M., & Grant, M. C. (2014). The influence of serial carbohydrate mouth rinsing on power output during a cycle sprint. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(2), 252-258.
- Pottier, A., Bouckaert, J., Gills, W., Roels, T., & Derave, W. (2010). Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 105-111.
- Přibyslavská, V., Scudamore, E. M., Johnson, S. L., Green, J. M., Stevenson Wilcoxson, M. C., Lowe, J. B., et al. (2016). Influence of carbohydrate mouth rinsing on running and jumping performance during early morning soccer scrimmaging. *European Journal of Sports Science*, 16(4), 441-447.
- Rehrer, N. J., van Kemenade, M., Meester, W., Brouns, F., & Saris, W. H. (1992). Gastrointestinal complaints in relation to dietary intake in triathletes. *International Journal of Sports Nutrition*, 2(1), 48-59.
- Rollo, I., & Williams, C. (2011). Effect of mouth-rinsing carbohydrate solutions on endurance performance. *Sports Medicine*, 41, 449-461.
- Rollo, I., Cole, M., Miller, R., & Williams, C. (2010). Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 798-804.
- Rollo, I., Williams, C., Gant, N., & Nute, M. (2008). The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30-min treadmill run. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 585-600.
- Sclafani, A. (1991). Starch and sugar tastes in rodents: An update. *Brain Research Bulletin*, 27(3-4), 383-386.
- Scott, T. R., & Plata-Salamán, C. R. (1999). Taste in the monkey cortex. *Physiology and Behavior*, 67(4), 489-511.
- Sinclair, J., Bottoms, L., Flynn, C., Bradley, E., Alexander, G., McCullagh, G., et al. (2014). The effect of different duration of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *European Journal of Sports Science*, 14(3), 259-264.
- St Clair Gibson, A., Lambert, M. L., & Noakes, T. D. (2001). Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. *Sports Medicine*, 31, 637-650.
- Watson, P., Nichols, D., & Cordery, P. (2014). Mouth rinsing with a carbohydrate solution does not influence cycle time trial performance in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39, 1064-1069.
- Wilmore, J. H., Morton, A. R., Gilbey, H. J., & Wood, R. J. (1998). Role of taste preference on fluid intake during and after 90 min of running at 60% of $\dot{V}O_{2\max}$ in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 587-595.