

## 攝取冷飲與熱環境下之耐力運動表現

賴銀豐<sup>1</sup>、邱琴瑟<sup>1</sup>、鄭景峰<sup>2\*</sup>

### 摘要

在熱環境下從事耐力運動時，核心溫度與熱調節壓力的增加，是降低運動表現與產生熱疾病的主因之一。過去研究發現，攝取冷飲可能是透過多種生理機制（降低核心溫度、心血管壓力、熱調節壓力、溫度感覺或自覺努力程度等）以促進耐力表現。**目的與方法：**透過蒐集相關文獻並加以整理，探討攝取冷飲對耐力表現之影響。**結果與結語：**不論在運動前或運動中，攝取冷飲皆有助於提升在熱環境下之跑步機或固定式腳踏車耐力表現。攝取策略上，在運動中以平均攝取率1.00至1.26公升／小時，攝取4°C冷水，或於運動前30分鐘內，攝取約550至600毫升，溫度為-1至1.4°C的冰沙，可能對耐力表現有所助益。

**關鍵詞：**有氧運動、溫度調節、降溫、運動增補劑

## Cold Beverage Ingestion and Endurance Exercise Performance in the Heat

Yin-Feng Lai<sup>1</sup>, Chyn-Seh Chiou<sup>1</sup>, Ching-Feng Cheng<sup>2\*</sup>

### Abstract

Exercise in a hot condition, increases in the core temperature and thermoregulatory strain are considered as the main factors of reducing exercise performance and inducing heat disease. Previous studies found that cold beverage ingestion could improve exercise performance due to several physiological mechanisms (e.g., decreases in core temperature, thermoregulatory strain, thermal sensation, and ratings of perceived exertion). **Purpose and Methods:** The aim of this study was to investigate the effects of cold beverage ingestion on endurance exercise performance through reviewing previous studies. **Results and Conclusion:** Cold beverage ingestion may benefit the endurance exercise performance, such as running or cycling, in the heat, regardless of drinking prior to or during exercise. Ingestions of ice slurry (-1 to 1.4°C, 550-600 ml) within 30 min before exercise or cold water (4°C) with drinking rate from 1.00 to 1.26 L·hr<sup>-1</sup> during exercise may be a useful strategy to increase endurance exercise performance.

**Keywords:** aerobic exercise, thermoregulation, cooling, ergogenic aids

---

Submitted for publication: 2015.4; Accepted for publication: 2015.8

1 國立台灣師範大學體育學系；Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

2 國立台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、前言

在高溫環境下 ( $> 28^{\circ}\text{C}$ ) (Burdon, O'Connor, Gifford, & Shirreffs, 2010) 從事長時間的耐力運動時，環境會對人體的調節系統產生極大的挑戰，例如體內核心溫度 (body core temperature) 會不斷地上升，進而增加體內的熱調節壓力 (thermoregulatory strain)，最終使運動表現下降或產生熱疾病 (例如熱中暑、熱衰竭及熱痙攣等) (Cheung, 2007; Crandall & González-Alonso, 2010; González-Alonso, 2012; Nybo, Rasmussen, & Sawka, 2014)。除此之外，若與常溫環境 ( $10\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ) 相比，運動表現也會明顯較差 (Galloway & Maughan, 1997)。因此，過去有相當多關於降溫的研究被提出，希望藉由運動前預先降溫，或在運動中降低體內核心溫度，以減輕心血管及熱調節的壓力 (Hasegawa, Takatori, Komura, & Yamasaki, 2006; Lee, Maughan, & Shirreffs, 2008; Lee, Shirreffs, & Maughan, 2008; Mündel & Jones, 2010; Mündel, King, Collacott, & Jones, 2006; Noakes, 1993; Szlyk, Sils, Francesconi, Hubbard, & Armstrong, 1989)，或是透過感覺上的刺激，改變運動中的溫度感覺 (thermal sensation, TS)，藉以延遲大腦下視丘的前饋 (feed-forward) 反應，進而維持運動的動機與降低自覺努力程度 (rating of perceived exertion, RPE) (Lee & Shirreffs, 2007; Marino, 2007; Villanova, Azpiroz, & Malagelada, 1997)，最終延緩運動表現之下降。

根據先前文獻可知，最常使用的降溫方式，包括泡冷水 (cold water immersion) (Duffield, Green, Castle, & Maxwell, 2010; González-Alonso et al., 1999)、暴露於冷空氣中 (cold air exposure) (Lee & Haymes, 1995; Olschewski & Brück, 1988) 與攝取冷飲 (cold beverage ingestion) (Byrne, Owen, Cosnefroy, & Lee, 2011) 等。然而，泡冷水或暴露冷空氣等屬於體外降溫方式，先前有研究指出，體外降溫雖然能透過降低皮膚溫度以降低核心溫度或改變溫度感覺，但也會

因為周邊血管收縮而讓工作肌群的血流量下降，使肌肉功能降低，反而不利於運動表現 (Peiffer, Abbiss, Nosaka, Peake, & Laursen, 2009)。此外，體外降溫的方法普遍受限於器材昂貴、器材搬運上費力費時以及降溫效率不佳等，因而降低了在競技場上的實用性 (Siegel & Laursen, 2012)。攝取冷飲的體內降溫方法，除了有降低核心溫度與熱調節壓力以促進運動表現的好處之外，還能同時藉由液體的補充，預防脫水的發生 (Sawka & Castellani, 2007)，因此，近年來關於體內降溫的研究便日益增多。

台灣為低緯度的海島型國家，夏季天氣普遍炎熱潮濕，根據台灣行政院交通部中央氣象局網站的統計資料 (2011)，從1981至2010年止，以台北市為例，夏季的平均環境溫度接近  $30^{\circ}\text{C}$  (7月， $29.6^{\circ}\text{C}$ ；8月， $29.2^{\circ}\text{C}$ )，屬於高溫環境。因此，如何在高溫環境下進行長時間運動，避免產生熱疾病，並促進運動表現，也是國內運動員、運動教練與運動科學研究者值得關注的議題。本研究嘗試以文獻的蒐集與整理，探討攝取冷飲對於耐力性運動表現的影響，並探究其下可能的生理機制，以期能提供運動選手、教練與運科人員對於攝取冷飲的認識以及實務上的應用。

## 貳、攝取冷飲對耐力運動表現之影響

關於攝取冷飲的研究中，冷飲的種類可區分為兩種：液態的冷水與固液態混合的冰沙 (ice slurry or ice slushy)，而攝取的時間點又可分為運動前或運動中攝取，以下便分別針對攝取冷水與攝取冰沙，對於耐力性運動表現的影響部分，進行概述。

### 一、攝取冷水對耐力運動表現的影響

目前關於攝取冷水對耐力運動表現的影響，大部分的研究結果具正面的效果 (如表一)，從先前的文獻可以發現，攝取冷

水的研究都是以固定式腳踏車作為運動表現的測量方式，而其中幾篇文獻（Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Hasegawa et al., 2006; Lee, Maughan, et al., 2008; Lee & Shirreffs, 2007）則是讓受試者於固定時間的中強度運動後，再進行高強度運動至衰竭的測驗，以檢測受試者的運動能力。根據攝取時間點的部分，可細分為運動前與運動中攝取。在運動前攝取的研究方面，僅有1篇文獻（Byrne et al., 2011），Byrne et al. (2011) 在其研究中發現，讓自行車選手於30分鐘固定式腳踏車測驗前的35分鐘內，攝取900毫升、2°C冷水，研究結果顯示攝取冷水能顯著提升隨後30分鐘固定式腳踏車測驗的總騎乘距離（與控制處理[37°C溫水]相比）。

在運動中攝取方面，共有5篇研究，其中3篇（Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Hasegawa et al., 2006; Mündel et al., 2006）指出能顯著提升運動表現，例如Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al. (2010) 的研究發現，在90分鐘、中強度固定式腳踏車運動中，以平均攝取率1.12公升／小時，攝取4°C冷水，能顯著促進90分鐘耐力運動後，15分鐘運動表現測驗之總作功量（total work）（與控制處理[37°C溫水]相比）與平均輸出功率（mean power output）（與控制處理[37°C溫水]相比）。Mündel et al. (2006) 的研究也發現，在運動中隨意攝取（ad libitum）4°C的冷水，能顯著提升中強度固定式腳踏車運動至衰竭的時間（與控制處理[19°C涼水]相比），但也有文獻（Lee, Shirreffs, et al., 2008）認為，此研究是讓受試者隨意攝取冷水，而且攝取率也顯著比控制處理高（冷水處理 vs. 控制處理， $1.3 \pm 0.3$ 公升／小時 vs.  $1.0 \pm 0.2$ 公升／小時），因此無法辨別促進運動表現的主因為飲料的溫度，抑或是攝取量的多寡。儘管如此，仍有2篇文獻（Lee, Maughan, et al., 2008; Lee & Shirreffs, 2007）指出攝取冷水無法顯著促進運動表現，雖然此2篇文獻中並未提及無法

促進運動表現之可能原因，但本文推測可能與環境溫度有關，此2篇文獻之實驗環境溫度設定皆為25°C，屬於溫暖環境（24-28°C）（Burdon, O'Connor, Gifford, & Shirreffs, 2010），而先前有關攝取冷飲顯著促進運動表現之文獻中，環境溫度均為28°C以上的熱環境（請見表一與表二），而在非高溫環境下攝取冷飲可能較難以發揮體內降溫對生理上之效果（例如降低核心溫度、心跳率、溫度感覺及自覺努力程度等），因而無法明顯地改善運動表現。

關於運動前合併運動中攝取的研究，目前僅1篇文獻，Lee, Shirreffs, et al. (2008) 指出，讓受試者於運動前30分鐘內攝取900毫升及運動中每10分鐘攝取100毫升、4°C的冷水，能顯著促進中強度運動至衰竭的固定式腳踏車運動表現。

綜整上述，在7篇關於攝取冷水的文獻（表一）中，有5篇（Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Byrne et al., 2011; Hasegawa et al., 2006; Lee, Shirreffs, et al., 2008; Mündel et al., 2006）能顯著促進運動表現，其中各有1篇文獻為運動前（Byrne et al., 2011）及運動前合併運動中（Lee, Shirreffs, et al., 2008）攝取，另外3篇（Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Hasegawa et al., 2006; Mündel et al., 2006）則為運動中攝取。攝取上，在運動中以平均攝取率1.00至1.26公升／小時，攝取4°C的冷水，似乎有助於提升長時間、中強度的固定式腳踏車運動表現或長時間耐力運動後的運動能力測驗表現。而運動前與運動前合併運動中攝取的研究方面，由於各僅有1篇文獻，未來仍需更多相關研究探討其對運動表現之效益。

## 二、攝取冰沙對耐力運動表現之影響

在降低核心溫度的效果上，過去的研究（Siegel & Laursen, 2012; Siegel et al., 2010; Stanley, Leveritt, & Peake, 2010）指出冰沙的效果比液態水更佳，原因在於冰沙裡含有固態的水，固態水要轉換成液態水需要額外吸

表一 攝取冷水對耐力運動表現之影響

作者 (年代)	受試者 (n)	介入方式	環境溫度 (°C) 與 濕度 (%)	飲料攝取率 (公升/小時)	運動方式	運動表現 (vs. CON)
Byrne et al. (2011)	自行車選手 (n = 7)	運動前35分鐘內攝取 1. 2°C冷水 2. 37°C溫水 (CON)	攝取時: 21°C、60% 運動時: 32°C、60%	1.54	固定式腳踏車: 30分鐘測驗	↑ (19.3 ± 2.9 km vs. 18.7 ± 2.6 km)
Mündel et al. (2006)	一般男性 (n = 8)	運動中自由攝取 1. 4°C冷水 2. 19°C涼水 (CON)	運動時: 34°C、28%	1.26	固定式腳踏車: 中強度運動至衰竭	↑ (62 ± 4 min vs. 55 ± 4 min)
Hasegawa et al. (2006)	一般男性 (n = 9)	運動中每5分鐘攝取 1. 14-16°C涼水 2. 未攝取 (CON)	運動時: 32°C、80%	1.00	固定式腳踏車: 60分鐘中強度 + 高 強度運動至衰竭	↑ (373 ± 17 sec vs. 152 ± 16 sec)
Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al. (2010)	自行車選手 (n = 7)	中強度運動中每10分鐘攝 取 1. 4°C冷水 2. 37°C溫水 (CON)	運動時: 28°C、70%	1.12	固定式腳踏車: 90分鐘中強度 + 15 分鐘運動表現測驗	↑ (263 ± 59 kJ vs. 252 ± 62 kJ)
Lee and Shirreffs (2007)	一般男性 (n = 8)	運動中第30至40分鐘攝取 1. 10°C冷水 2. 37°C溫水 (CON)	運動時: 25°C、61%	0.67	固定式腳踏車: 90分鐘中強度 + 高 強度運動至衰竭	— (234 ± 69 sec vs. 214 ± 52 sec)
Lee, Maughan, et al. (2008)	一般男性 (n = 8)	運動中攝取 1. 10°C冷水 2. 37°C溫水 (CON)	運動時: 25°C、60%	1.07	固定式腳踏車: 90分鐘中強度 + 高 強度運動至衰竭	— (205 ± 88 sec vs. 213 ± 74 sec)
Lee, Shirreffs, et al. (2008)	一般男性 (n = 8)	運動前30分鐘內合併運動 中攝取 1. 4°C冷水 2. 37°C溫水 (CON)	運動前攝取時: 27°C、 20% 運動時: 35°C、60%	運動前: 1.8 運動中: 0.6	固定式腳踏車: 中強度運動至衰竭	↑ (64 ± 4 min vs. 52 ± 4 min)

註: CON, 控制處理; 中強度: 50%至65%最大攝氧量的強度; 高強度: 大於90%最大攝氧量的強度; ↑, 顯著提升; —, 無顯著變化。

表二 攝取冰沙對耐力運動表現之影響

作者 (年代)	受試者 (n)	介入方式	環境溫度 (°C) 與濕度 (%)	飲料攝取率 (毫升/小時)	運動方式	運動表現 (vs. CON)
Siegel et al. (2010)	一般男性 (n = 10)	運動前30分鐘內攝取	攝取時：25°C 運動時：34°C、55%	1.20	跑步機： 以第一換氣閥值 (VT <sub>1</sub> ) 的強度運動至衰竭	↑ (50.2 ± 8.5 min vs. 40.7 ± 8.2 min)
		1. -1°C冰沙 2. 4°C冷水 (CON)				
Siegel et al. (2012)	一般男性 (n = 8)	運動前30分鐘內攝取	運動時：34°C、52%	1.17	跑步機： 以第一換氣閥值 (VT <sub>1</sub> ) 的強度運動至衰竭	↑ (52.7 ± 8.4 min vs. 46.7 ± 7.2 min)
		1. -1°C冰沙 2. 37°C溫水 (CON)				
Ihsan et al. (2010)	自行車與鐵人三項選手 (n = 7)	運動前30分鐘內攝取	運動時：30°C、74%	1.11	固定式腳踏車： 40公里測驗	↑ (83.5 ± 13.5 min vs. 89.3 ± 13.7 min)
		1. 1.4°C冰沙 2. 26.8°C溫水 (CON)				
Stevens et al. (2013)	鐵人三項選手 (n = 9)	跑步測驗前第43至第15分鐘攝取	運動時：32-34°C、20-30%	1.08	在運動強度標準化的游泳和固定式腳踏車運動後，進行10公里的跑步測驗	↑ (43.4 ± 3.7 min vs. 44.6 ± 4.0 min)
		1. < 1°C冰沙 2. 30.0°C溫水 (CON)				
Burdon et al. (2013)	自行車選手 (n = 10)	中強度運動中每15分鐘攝取	運動時：32°C、40%	1.23	固定式腳踏車： 90分鐘中強度 + 每公斤體重4仟焦耳的運動表現測驗	↑ (18.5 ± 0.1 min vs. 20.4 ± 1.8 min)
		1. -1°C冰沙 2. 37°C溫水 (CON)				
Stanley et al. (2010)	自行車與鐵人三項選手 (n = 10)	恢復期攝取	運動時：34°C、60%	恢復期：1.33	固定式腳踏車： 75分鐘、60% PPO + 50分鐘恢復 + 75% PPO運動至衰竭	— (29.4 ± 2.1 min vs. 30.0 ± 3.1 min)
		1. -0.8°C冰沙 2. 18.5°C水 (CON)				

註：CON，控制處理；PPO，最大輸出功率 (peak power output)；↑，顯著提升；—，無顯著變化。



收熱量，以產生更大的潛熱（heat sink），稱之為溶化熱（the enthalpy of fusion）。根據溶化熱的物理原理，若在相同重量下， $0^{\circ}\text{C}$ （熔點）的固態水要完全轉變成 $0^{\circ}\text{C}$ 的液態水，必須額外吸收每公克80卡的熱量。然而，由於製冰器材昂貴、不易搬運和需要使用電源等缺點，使得單純攝取液態的冷水變得較為實用又簡單（Ross, Abbiss, Laursen, Martin, & Burke, 2013; Siegel et al, 2010; Siegel & Laursen, 2012）。

儘管如此，在攝取冰沙對運動表現的相關研究中（如表二），同樣也發現具有正面的促進效益。在攝取時間點上，如同攝取冷水，主要可區分為運動前與運動中攝取。在運動前攝取的研究中，Siegel, Maté, Watson, Nosaka, and Laursen（2012）招募8位一般成年男性，並讓受試者在運動前30分鐘內，平均攝取585毫升、 $-1^{\circ}\text{C}$ 之冰沙，結果指出能顯著促進跑步機運動至衰竭（以第一換氣閾值[the first ventilatory threshold,  $\text{VT}_1$ ]為強度）的時間（與控制處理[ $37^{\circ}\text{C}$ 溫水]相比）。相同攝取方式但不同運動測驗的另一篇研究中，Ihsan, Landers, Brearley, and Peeling（2010）招募了7位自行車與鐵人三項選手，讓受試者於運動前30分鐘內，平均攝取550毫升、平均溫度 $1.4^{\circ}\text{C}$ 之冰沙，結果發現能顯著縮短40公里固定式腳踏車測驗的時間（與控制處理[ $26.8^{\circ}\text{C}$ 溫水]相比）。

在運動中攝取方面，Burdon, Hoon, Johnson, Chapman, and O'Connor（2013）招募10位自行車選手為受試對象，讓受試者於90分鐘、中強度固定式腳踏車運動中，每15分鐘攝取265毫升（平均每公斤體重3.5毫升）、 $-1^{\circ}\text{C}$ 的冰沙，結果指出能顯著縮短90分鐘、中強度運動後，以每公斤體重4千焦耳作為相對運動量的運動測驗時間。

儘管如此，仍有1篇文獻（Stanley et al., 2010）指出攝取冰沙無法促進運動表現，此研究是讓受試者於75分鐘、中強度（60%最大輸出功率）固定式腳踏車運動後，恢復休息50分鐘並攝取1公升、 $-0.8^{\circ}\text{C}$ 的冰沙，隨後再以75%最大輸出功率為強度的固定式

腳踏車運動至衰竭，藉以觀測受試者之運動能力，而作者指出無法促進表現的可能原因為使用的降溫方式為恢復期降溫（recovery-cooling），其目的為讓受試者之核心溫度從高於 $38^{\circ}\text{C}$ 降至正常的範圍（ $36.7\text{-}37.5^{\circ}\text{C}$ ）（Sund-Levander, Forsberg, & Wahren, 2002），不同於具有提升熱儲存能力及延緩核心溫度上升時間等優勢的運動前降溫（預先降低核心溫度），因此無法顯著促進運動能力測驗表現。

綜合上述可以發現，6篇攝取冰沙的相關文獻（表二）中，僅有1篇（Stanley et al., 2010）無法顯著促進表現，其餘5篇（Burdon, et al., 2013; Ihsan et al., 2010; Siegel et al., 2010; Siegel et al., 2012; Stevens, Dascombe, Boyko, Sculley, & Callister, 2013）皆能顯著促進表現，其中3篇（Ihsan et al., 2010; Siegel et al., 2010; Siegel et al., 2012）為運動前攝取，1篇（Burdon et al., 2013）為運動中攝取，而另外1篇（Stevens et al., 2013）的實驗設計則較為特殊，是讓受試者依序於運動強度標準化的1,500公尺游泳和1小時固定式腳踏車運動後，進行10公里的跑步測驗，而攝取冰沙的時間點則是位於固定式腳踏車運動中的第17至第45分鐘，並觀測隨後的跑步測驗表現，因此難以歸類為運動前或運動中攝取。攝取上，若在運動前30分鐘內，攝取約550至600毫升，溫度為 $-1$ 至 $1.4^{\circ}\text{C}$ 的冰沙，似乎有助於提升長時間、中強度的跑步機或固定式腳踏車運動表現，或是長時間耐力運動後的運動能力測驗表現。而在運動中攝取上，由於僅有1篇文獻，未來仍需更多相關研究探討其對運動表現之助益。

## 參、攝取冷飲促進耐力運動表現之生理機制

關於攝取冷飲促進耐力運動表現之生理機制，可能有以下幾種因素：一、熱儲存能力；二、心血管與熱調節壓力；三、溫度感覺與自覺努力程度；四、皮膚血流量。以下將分別概述。

## 一、對熱儲存能力的影響

攝取冷飲能夠在運動前預先降低體內的核溫或減緩運動時核溫度的上升速率，藉以延遲運動時核溫達到臨界高溫而產生疲勞的時間（Hasegawa et al., 2006; Lee, Maughan, et al., 2008; Lee, Shirreffs, et al., 2008; Mündel et al., 2006）；或是藉由核溫度的降低，提升中樞神經系統的活化程度，進而促進運動表現（Morrison, Sleivert, & Cheung, 2004）。

在攝取冷水方面，Hasegawa et al. (2006) 發現，在運動中每5分鐘攝取14至16°C的冷水，能顯著降低中強度固定式腳踏車運動中的核溫，而Lee, Maughan, et al. (2008) 的研究中也指出，讓受試者在運動前30分鐘內，攝取900毫升、4°C的冷水，並且在運動中每10分鐘攝取100毫升、4°C的冷水，結果顯示，能顯著降低中強度固定式腳踏車運動前至運動中的平均核溫（與控制處理[37°C溫水]相比）。在攝取冰沙的研究中，Siegel et al. (2010) 的研究指出，讓受試者於運動前30分鐘內，平均攝取600毫升、-1°C之冰沙，能顯著降低運動開始前的核溫（與控制處理[4°C冷水]相比）。由上述可知，不論是在運動前或運動中攝取冷水或冰沙，似乎都能夠顯著降低體內的核溫。

## 二、對心血管與熱調節壓力的影響

從先前文獻（Armstrong, Hubbard, Szlyk, Matthew, & Sils, 1985; Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Lee, Maughan, et al., 2008; Mündel et al., 2006; Mündel & Jones, 2010; Noakes, 1993; Szlyk et al., 1989）可知，攝取冷飲可以降低運動時的心跳率，而且可以避免運動時血漿量、每跳輸出量以及心輸出量的降低，此外，還能夠降低皮膚溫度。若運動時體內的總血量或單位時間的血液灌流量下降，人體為了補償此現象的發生，會隨之提高心跳率，而心跳率的提高，除了會增加心血管的壓力外，也會使運動表現下降。

在心跳率方面，Hasegawa et al. (2006) 於研究中發現，在運動中每5分鐘攝取14至16°C的冷水能顯著降低60分鐘、中強度固定式腳踏車運動中的心跳率。Lee, Maughan, et al. (2008) 的研究中也發現，在90分鐘、中強度固定式腳踏車運動中攝取1.6公升（平均攝取率1.07公升／小時）、10°C的冷飲，能顯著降低運動中的平均心跳率。而皮膚溫度的部分，Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al. (2010) 的研究指出，在90分鐘、中強度固定式腳踏車運動中，每10分鐘攝取187毫升（平均每公斤體重2.3毫升），共攝取約1.7公升的4°C冷水，結果顯示可以顯著降低隨後15分鐘運動表現測驗開始時的皮膚溫度（與控制處理[37°C溫水]相比）。由此可見，在運動中攝取冷飲，似乎能降低運動時的心跳率與皮膚溫度，以減輕心血管或熱調節的壓力。

## 三、對溫度感覺與自覺努力程度的影響

先前文獻（Lee, Maughan, et al., 2008; Lee & Shirreffs, 2007; Marino, 2007; Siegel et al., 2010; Siegel et al., 2012; Villanova et al., 1997）指出，攝取冷飲可能可以透過刺激體內（口腔或腸胃道中）的溫度感覺接受器（thermoreceptors）或降低腦部溫度，抑制溫度的感覺回饋至中樞神經系統，藉以欺騙（deceive）在腦部負責調控體內溫度平衡的下視丘，改變運動中的溫度感覺，進而能夠持續維持運動的動機，故延緩運動表現之下降。此外，也曾有文獻（Cheung & Sleivert, 2004; Hall-Angerås, Hasselgren, Dimlich, & Fischer, 1991; Lin et al., 1998; Supinski et al., 2000）指出，腸胃道的溫度過高可能會引發內毒素血症（endotoxemia），使內毒素（endotoxin）釋放至血流中，而內毒素被認為會改變肌肉細胞的代謝反應與影響肌肉肌膜（sarcolemmal）的功能，使肌肉的力量輸出與收縮速度降低，並增加運動時的自覺努力程度，故攝取冷飲能避免運動時腸胃道溫度過高，而產生上述情形。

在攝取冷水的研究中，Lee, Maughan, et al. (2008) 發現，讓受試者在運動前30分鐘內，攝取900毫升、4°C的冷水，且在運動時每10分鐘攝取100毫升4°C的冷水，能顯著降低90分鐘、中強度固定式腳踏車運動前至運動中的溫度感覺與運動中的自覺努力程度（與控制處理[37°C溫水]相比）。而攝取冰沙方面，Ihsan et al. (2010) 的研究指出，讓受試者於40公里固定式腳踏車測驗前之30分鐘內，平均攝取550毫升、平均溫度1.4°C之冰沙，結果發現能顯著降低運動前至運動初期的溫度感覺（與控制處理[26.8°C溫水]相比）。因此，不論在運動前或運動中攝取冷飲，似乎都能顯著降低運動前或運動中的溫度感覺和自覺努力程度。

#### 四、對皮膚血流量的影響

過去有研究 (Burdon, O'Connor, Gifford, Shirreffs, Chapman, et al., 2010; Marsh & Sleivert, 1999; Wimer, Lamb, Sherman, & Swanson, 1997) 指出，核心溫度的降低可以使皮膚溫度降低以及減緩皮膚血流量的上升，使肌肉組織的血液灌流量比較不會受到血液分配上的競爭，進而增加血液的可用性 (blood availability)。若運動時，工作肌群受到血液灌流降低的影響，可能會使肌肉的作功能力或效率降低，進而影響運動表現。Lee and Shirreffs (2007) 在研究中指出，讓受試者在90分鐘、中強度固定式腳踏車運動中的第30至第40分鐘，攝取1公升、10°C的冷飲，能顯著降低攝取後的平均皮膚溫度（與控制處理[37°C溫水]相比）。由此可見，不只體外降溫，屬於體內降溫方式的攝取冷飲似乎也可以降低皮膚溫度，進而降低運動時皮膚的血流量。

#### 肆、結語

尋找有效且簡單的運動表現促進策略，一直是運動科學研究者在探尋的目標，尤其在具高溫、高溼氣候的低緯度國家，炎熱氣候往往是運動員訓練或比賽時的一大挑戰，

也是運動教練十分關注的問題，因為不只會影響運動員訓練的品質、降低比賽時的運動表現，還可能有引發熱疾病的風險，然而，由本文之整理與探討可知，攝取冷飲似乎是可行又方便的因應方式，而攝取冷飲促進耐力運動表現的可能機制包括降低核心溫度、心血管壓力、熱調節壓力、溫度感覺或自覺努力程度等。在熱環境中的攝取策略上，若在運動中以平均攝取率1.00至1.26公升／小時，攝取4°C的冷水，似乎有助於提升耐力性運動表現；除此之外，若在運動前30分鐘內，攝取約550至600毫升，溫度為-1至1.4°C的冰沙，可能亦有助於提升耐力性運動表現。不過，由於目前仍缺少運動前攝取冷水、運動前合併運動中攝取冷水或運動中攝取冰沙對耐力運動表現的研究，以及大部分的研究仍是針對耐力運動表現進行探討，對於其他運動型態的項目來說，研究上依然是缺乏的，例如屬於間歇運動項目的籃球、足球或美式足球等，因此，未來仍有待更多的研究做更進一步地探討。

#### 參考文獻

- 交通部中央氣象局 (2011)。氣候統計，資料引自[http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan\\_tx.htm](http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_tx.htm)
- Armstrong, L. E., Hubbard, R. W., Szlyk, P. C., Matthew, W. T., & Sils, I. V. (1985). Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 56(8), 765-770.
- Burdon, C. A., Hoon, M. W., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & O'Connor, H. T. (2013). The effect of ice slushy ingestion and mouthwash on thermoregulation and endurance performance in the heat. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(5), 458-469.
- Burdon, C. A., O'Connor, H. T., Gifford, J. A., & Shirreffs, S. M. (2010). Influence



- of beverage temperature on exercise performance in the heat: A systematic review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(2), 166-174.
- Burdon, C., O'Connor, H., Gifford, J., Shirreffs, S., Chapman, P., & Johnson, N. (2010). Effect of drink temperature on core temperature and endurance cycling performance in warm, humid conditions. *Journal of Sports Sciences*, 28(11), 1147-1156.
- Byrne, C., Owen, C., Cosnefroy, A., & Lee, J. K. (2011). Self-paced exercise performance in the heat after pre-exercise cold-fluid ingestion. *Journal of Athletic Training*, 46(6), 592-599.
- Cheung, S. S. (2007). Neuropsychological determinants of exercise tolerance in the heat. *Progress in Brain Research*, 162, 45-60.
- Cheung, S. S., & Sleivert, G. G. (2004). Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. *Exercise and Sport Science Reviews*, 32(3), 100-106.
- Crandall, C. G., & González-Alonso, J. (2010). Cardiovascular function in the heat-stressed human. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 199(4), 407-423.
- Duffield, R., Green, R., Castle, P., & Maxwell, N. (2010). Precooling can prevent the reduction of self-paced exercise intensity in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(3), 577-584.
- Galloway, S. D., & Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(9), 1240-1249.
- González-Alonso, J. (2012). Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Experimental Physiology*, 97(3), 340-346.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 1032-1039.
- Hall-Angerås, M., Hasselgren, P. O., Dimlich, R. V., & Fischer, J. E. (1991). Myofibrillar proteinase, cathepsin B, and protein breakdown rates in skeletal muscle from septic rats. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 40(3), 302-306.
- Hasegawa, H., Takatori, T., Komura, T., & Yamasaki, M. (2006). Combined effects of pre-cooling and water ingestion on thermoregulation and physical capacity during exercise in a hot environment. *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 3-9.
- Ihsan, M., Landers, G., Brearley, M., & Peeling, P. (2010). Beneficial effects of ice ingestion as a precooling strategy on 40-km cycling time-trial performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(2), 140-151.
- Lee, D. T., & Haymes, E. M. (1995). Exercise duration and thermoregulatory responses after whole body precooling. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 1971-1976.
- Lee, J. K., Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2008). The influence of serial feeding of drinks at different temperatures on thermoregulatory responses during cycling. *Journal of Sports Sciences*, 26(6), 583-590.
- Lee, J. K., & Shirreffs, S. M. (2007). The influence of drink temperature on thermoregulatory responses during prolonged exercise in a moderate environment. *Journal of Sports Sciences*, 25(9), 975-985.
- Lee, J. K., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2008). Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(9), 1637-1644.

- Lin, M. C., Ebihara, S., El Dwairi, Q., Hussain, S. N., Yang, L., Gottfried, S. B., et al. (1998). Diaphragm sarcolemmal injury is induced by sepsis and alleviated by nitric oxide synthase inhibition. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 158(5), 1656-1663.
- Marino, F. (2007). Evidence for anticipatory regulation mediated by drink temperature during fixed intensity exercise in the heat. *Experimental Physiology*, 92(2), 467-468.
- Marsh, D., & Sleivert, G. (1999). Effect of precooling on high intensity cycling performance. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 393-397.
- Morrison, S., Sleivert, G. G., & Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 729-736.
- Mündel, T., & Jones, D. A. (2010). The effects of swilling an L(-)-menthol solution during exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 109(1), 59-65.
- Mündel, T., King, J., Collacott, E., & Jones, D. A. (2006). Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Experimental Physiology*, 91(5), 925-933.
- Noakes, T. D. (1993). Fluid replacement during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 21, 297-330.
- Nybo, L., Rasmussen, P., & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4(2), 657-689.
- Olschewski, H., & Brück, K. (1988). Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *Journal of Applied Physiology*, 64(2), 803-811.
- Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Nosaka, K., Peake, J. M., & Laursen, P. B. (2009). Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 91-96.
- Ross, M., Abbiss, C., Laursen, P., Martin, D., & Burke, L. (2013). Precooling methods and their effects on athletic performance: A systematic review and practical applications. *Sports Medicine*, 43(3), 207-225.
- Sawka, M. N., & Castellani, J. W. (2007). How hot is the human body? *Journal of Applied Physiology*, 103(2), 419-420.
- Siegel, R., & Laursen, P. B. (2012). Keeping your cool: Possible mechanisms for enhanced exercise performance in the heat with internal cooling methods. *Sports Medicine*, 42(2), 89-98.
- Siegel, R., Maté, J., Brearley, M. B., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P. B. (2010). Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(4), 717-725.
- Siegel, R., Maté, J., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P. B. (2012). Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 155-165.
- Stanley, J., Leveritt, M., & Peake, J. M. (2010). Thermoregulatory responses to ice-slush beverage ingestion and exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1163-1173.
- Stevens, C. J., Dascombe, B., Boyko, A., Sculley, D., & Callister, R. (2013). Ice slurry ingestion during cycling improves Olympic distance triathlon performance in the heat.

*Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1271-1279.

Sund-Levander, M., Forsberg, C., & Wahren, L. K. (2002). Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: A systematic literature review. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 16(2), 122-128.

Supinski, G., Nethery, D., Nosek, T. M., Callahan, L. A., Stofan, D., & DiMarco, A. (2000). Endotoxin administration alters the force vs. pCa relationship of skeletal muscle fibers. *American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(4), R891-R896.

Szlyk, P. C., Sils, I. V., Francesconi, R. P., Hubbard, R. W., & Armstrong, L. E. (1989). Effects of water temperature and flavoring on voluntary dehydration in men. *Physiology and Behavior*, 45(3), 639-647.

Villanova, N., Azpiroz, F., & Malagelada, J. R. (1997). Perception and gut reflexes induced by stimulation of gastrointestinal thermoreceptors in humans. *Journal of Physiology*, 502(1), 215-222.

Wimer, G. S., Lamb, D. R., Sherman, W. M., & Swanson, S. C. (1997). Temperature of ingested water and thermoregulation during moderate-intensity exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(5), 479-493.