

訓練及比賽中的運動型熱病

總編譯: 王香生 (香港中文大學 體育運動科學系)

Editor-in-Chief: Stephen H. S. WONG, Ph.D., FACSM.

(The Department of Sports Science and Physical Education, The Chinese University of Hong Kong)

翻譯: 鍾伯光, 李飛霏 (香港浸會大學體育學系)

Translator: Pak Kwong CHUNG, D.P.E., Fei Fei LI, Mphil

(Hong Kong Baptist University)

概要

在高強度或長時間的運動中，運動型熱病 (Exertional Heat Illness) 常常會影響到運動員，導致運動員終止運動或在運動進行中或完成運動後發生暈厥。這些疾病包括運動性肌肉痙攣 (Exercise Associated Muscle Cramping)、熱衰竭 (Heat Exhaustion) 和運動型中暑 (Exertional Heatstroke)。某些人在熱環境中較容易從力竭發展為暈厥 (如不適應、使用某些藥物、脫水和生病)，但即使在相對涼爽的環境中，運動型中暑 (EHS) 也可以影響到健康的運動員。EHS 的定義可界定為直腸溫度高於 40°C，並伴有症候或器官衰竭的跡象，常常表現為中樞神經系統紊亂。早期發現並迅速降溫可以降低 EHS 的發病和死亡率。EHS 的臨床表現並不明顯，如果教練、醫務人員和運動員沒有給予患者高度警惕和監督，則很容易被忽視。運動過程中產生的疲勞和力竭，其發展會隨著熱應激 (Heart Stress) 的增加而加快，並且成為熱環境中導致運動終止的最常見的因素。在熱環境下，當運動員由力竭發展為暈厥時，可以使用熱衰竭這個說法。在某種情況下，現場僅可通過直腸溫度來判別嚴重熱衰竭和 EHS。通常情況下，祇要給予關注並補充足夠水分，便可以避免熱衰竭。在任何溫度範圍內，力竭性運動都可能導致運動性肌肉痙攣，而在高溫高濕環境下更易發生。休息和補液及補充鹽分 (補鹽) 可以緩解肌肉痙攣。一些預防措施可以從根本上減少 EHS、熱衰竭和運動性肌肉痙攣的發病率。

引言

本文更新了部份 1996 年關於 “Heat and cold illness during Distance Running” 的立場聲明 (Position Stand) (9)，並進一步考慮到跟熱環境有關的醫學問題 (EHS、熱衰竭、運動性肌肉痙攣) 同樣會影響活躍人士在和暖或炎熱環境中的活動。本文的目的在於減少體力活動時運動型熱中暑的發病和死亡率，但是鑒於每個人對運動的生理反應不同、每天的健康狀況也有所不同，所以即使是遵循建議也不能確保問題不會發生。

熱病廣泛發生在長時間劇烈的運動當中，幾乎涵蓋了所有項目 (如自行車、賽跑、美式足球、足球)。EHS (1, 27, 62, 64, 65, 109, 132, 154, 160, 164) 和熱衰竭 (54, 71, 149, 150) 不僅發生在高熱、高濕的環境中，即使是涼爽環境下，高強度、長時間的運動也可能發生 EHS。體溫過熱並不一定是熱衰竭和運動性肌肉痙攣的典型症狀，疲勞、身體水分和電解質的丟失、中樞調節

機制因衰竭而出現問題都可能導致體溫升高。

本文將指出如何識別、處理和預防熱衰竭、EHS 和運動性肌肉痙攣，但並不包含以下情況：麻醉劑誘導的體溫升高、日曬、止汗劑導致的熱衰竭、汗腺功能紊亂，這些情況屬於其他疾病範疇，因為這些機能紊亂可能與運動無關，僅僅與熱環境下的暴露有關。在炎熱環境下，長時間運動發生體溫升高的現象十分普遍，但基本是由於體液的大量丟失，這在 ACSM 的“Exercise and Fluid Replacement”的立場聲明中有所介紹。

本文的論據主要基於科學的臨床觀察結果。在 EHS 和運動型熱中暑的研究中，從倫理出發，某些研究無法將人作為受試物件，因此本文掌握如下的尺度：A. 基於從病人和研究物件方面獲得的穩定和高品質的資料；B. 基於從病人和研究物件方面獲得的不穩定和有限品質的資料；C. 基於公認、常見的，從實踐中獲得的結論，或者在診斷、治療、預防和保護方面獲得的一些研究病例。

背景概況：力竭、體溫過熱和脫水

力竭 (Exhaustion) 是一種人體對負荷的生理反應，它被界定為在任何溫度狀況下無法繼續運動並且感到非常費力的身心狀態。隨著外界溫度超過 20°C 且熱應激增加，人體達到力竭的時間會縮短 (58)。涼爽環境下發生力竭與炎熱環境下的暈厥，從臨床的角度很難區別。當發生力竭時，運動隨即終止，因為其啟動了一系列的複合效應，包括中樞神經系統活動減弱 (中樞疲勞) (110, 118)，水分吸收程度降低，外周溫度升高導致的肌肉疲勞，能量、礦物質或其他元素儲備下降，最終引發肌肉運動能力下降。在運動中，體溫升高引發中樞、脊髓和外周神經系統協同作用，導致從力竭發展為運動終止或暈厥，而個中機制仍無法得到解析 (90, 114–116, 171)。炎熱環境會加快運動能力的衰竭，可以進一步說明的是，炎熱環境下特別是運動員感到不適應時，能量的消耗會加速 (71)。當生理上的力竭最終發展為暈厥時，臨床症狀通常叫做熱衰竭。無論炎熱或者涼爽的環境下，運動後暈厥也可能由於姿勢性低血壓引起，這種情況，可以通過抬高下肢休息不到 30 分鐘就可緩解。

許多因素會影響力竭，包括運動時間、運動強度、環境狀況、對熱應激的適應能力、先天運動能力 (最大攝氧量)、身體狀況、水分補充情況、個體因素，包括用藥、飲食、睡眠和最近有無患病。在人體以固定負荷運動達到力竭的時間的研究中，發現無論是個人還是團體，均表現為隨著環境溫度的增加，和/或相對濕度增加，和/或人體總水分的減少，運動能力 (達到力竭的時間) 降低、主觀感覺費力程度增加。熱應激和脫水兩者結合的作用較其中單一的作用更加降低運動能力和表現。與適中的溫度相比，運動員在熱環境下只能選擇減慢運動的節奏，否則便要面對在完成運動前出現暈厥的後果。

研究證據陳述

脫水可以降低有氧運動能力，加速力竭，升高體溫 (11, 12, 16, 41, 57, 141)。研究證據類別 A。

運動型體溫過熱被界定為身體核心溫高於 40°C (71, 85, 86, 149, 150)。它通常發生在運動或休閒活動過程中，並且受運動強度、環境、衣著、器械和個體因素影響。運動引起的體溫過熱，是由於肌肉產熱量高於汗液和血液流動的散熱量 (3)。劇烈運動中產生的熱量是休息時的 15 到 20 倍，如果沒有散熱途徑，每 5 分鐘可以提高身體核心溫度 1°C (105)。持續體溫過熱會引起 EHS，如果沒有及時診斷和降溫，這種情況會威脅生命，並且有很高的死亡率。

人體的熱量消耗由位於下丘腦和脊髓的中樞神經系統 (CNS) 和位於皮膚和器官的周圍神經系

統中心控制。如果要保持一定的身體核心溫度，身體需要維持從核心到表皮的一個溫度梯度。如果皮膚溫度保持不變，運動過程中身體核心溫度增加，改變了這一梯度，則導致熱量散失。如果在運動過程中，由於體內產熱和外界環境使體表溫度增加，核心與體表溫度梯度不變，則身體核心溫度增加。

運動員對熱的耐受力存在著很大的個體差異性。對於在什麼範圍內可以導致運動能力下降或造成熱衰竭（110），目前沒有定論，但事實情況是直腸溫度達到 39-40°C 時會出現相當多的放棄繼續運動的個案（144）。溫控的實驗室研究證明，預先降溫的身體可以延長達到力竭的時間，而預先升溫的身體則會加速力竭，但無論在哪一種情況下當運動員的直腸溫度達到 40°C 時他都會由於疲勞而終止運動（61）。

近年來，體溫過熱對於疲勞和暈厥的重要影響被廣泛研究。這些研究證實，大腦溫度通常高於身體核心溫度，與對照組相比，腦溫度增加會使散熱能力降低（119）。當腦溫度在運動過程中會由 37°C 增加到 40°C，腦血流和隨意肌功能出現下降，同步改變的還有腦電波活動和主觀費力感受（110，118）。腦溫度過熱也許可以解釋為什麼有些人士在運動過程中由於力竭而發生暈厥，而其他一些人士卻不受中樞神經系統的控制，強迫自己繼續運動，直到發展成爲具生命威脅的 EHS。

運動員處於長時間的體溫過熱而沒有明顯的功能減弱，這種情況也是存在的，特別是在比賽的過程中。足球運動員、美式足球的前鋒、長跑運動員和馬拉松運動員曾被驗出直腸溫度高達 41.9°C 的情況下沒有表現出由高熱導致的生理變化（21，42，46，98，125，130，132，161，165，176）。原因是很多運動可以忍受直腸溫度高於 40°C 這一 EHS 臨界溫度而不會表現出任何明顯的症狀。

脫水常發生在長時間的運動過程中，特別是在熱環境，當運動員丟失汗液後補液不足時，脫水會加速。當液體丟失超過體重的 3-5% 時，汗液的排泄和皮膚表面的血液流動開始減緩（19），以減少汗液的流失。當炎熱環境下，失水超過體重的 6-10% 時，有可能出現明顯的鈉和氯離子（25，45，71，100，102，155，173）的丟失，心臟輸出量減少、汗液流失減慢、肌肉血流減緩，最終導致運動能力下降（12，41，57，71，101，141，142）。脫水可能是直接（熱衰竭、運動性肌肉痙攣）或間接（例如中暑）導致熱病的因素（10）。過量的流汗也會導致鹽分的丟失，引起運動性肌肉痙攣和長時間（大於 8 小時）耐力性專案中時常發生的低鈉血症。

在一項研究熱應激累積作用的試驗中，一名男性軍人（32yr，180cm，110.47kg，41.4ml·kg⁻¹·min⁻¹），在 41.2°C、39% 的相對濕度的環境下，參與了一次有監控的多日高強度運動，他在開始的 3-7 天中（16），出現運動後無症狀的 38.3-38.9°C 直腸溫度。從第 5 天的早晨開始到第 8 天，這名軍人體重降了 5.4 千克（4.8%），安靜心率增加。第 6、7 天時，皮膚和直腸溫度增加。到了第 8 天，他出現熱衰竭和不尋常的力竭、肌肉乏力、腹部肌肉痙攣、嘔吐，伴隨直腸溫度達到 39.6°C。其血液中的內啡肽和皮質醇濃度，相對其他受試者分別高出了 6 倍和 2 倍，明顯表現出在熱環境下運動的不耐受性。其他 13 位男性受試者與的體重測試前的相比基本保持不變，並且安全的完成測試。因爲日復一日的不斷的脫水積累影響到對熱的耐受性、體征、體溫狀況，因此在熱環境下應當加強監控來減少熱衰竭的發病率。

當人體以接近最大強度進行運動時，內臟和皮膚血流便會減少，而骨骼肌血流卻增加，以提供血糖和帶走熱量，並將代謝產物從組織中轉運走（70）。由於身體核心溫度增加導致中樞控制血液流動的能力下降，內臟和皮膚的血管收縮補償減少，導致血管阻力減小，加重心臟閉鎖不全（71，84）。在力竭的過程中，內臟血管收縮減弱已經在老鼠實驗中得到證實，因此支援了內臟血管收縮減弱對人體在運動中引起熱衰竭的重要角色的推斷（70，73，84）。這一機制也可以解釋為什麼運動性暈厥很少發生在涼爽的環境中，因爲涼爽環境下皮膚血管收縮可以保持心輸出量和平均血壓，延長達到力竭的時間。

到目前為止我們仍然未能完全明白 EHS 和熱衰竭是如何發生和其發生次序 (106)。一些運動員可以忍受熱環境、脫水和體溫升高的改變，但一些運動員卻在相對條件優越的環境下不能繼續進行運動。有研究認為要通過熱衰竭達至 EHS，研究似乎反駁了這個假設。EHS 會發生在相對訓練年限較短的運動員身上，當他們在炎熱和潮濕環境下跑步達到 30-60 分鐘，在沒有明顯的脫水和熱衰竭的症狀下卻出現體溫過高的症狀。如果這些運動員出現熱衰竭，其維持的時間和過程應該是很短的。因為熱衰竭是保護人體的一種方式，只要運動停止，達到運動型中暑的危險性也隨之降低，而散熱效果也增加。在熱環境下運動要有適應的過程，一些心肺功能鍛煉和合理的補液，可以減少引發熱衰竭和運動型中暑的發生。

研究證據陳述

運動型中暑 (EHS) 定義為直腸溫度高於 40°C，達到暈厥，以及中樞神經系統出現變化。研究證據類別 B。

運動型熱中暑

運動型中暑

病源

EHS 定義為體溫過高 (身體核心溫度超過 40°C)，伴有中樞神經系統功能紊亂和多個器官系統衰竭。當肌肉運動產生的熱量，超過散熱量時，身體核心溫度升高到一定水準，影響到了器官的正常功能。所有的 EHS 患者在暈厥時都表現出大汗淋漓，皮膚蒼白，恰好與非費力所致的中暑 (典型性) 的症狀，如乾燥、熱、皮膚潮紅相反。

傾向性因素

在高溫、高濕環境下進行劇烈的比賽而沒有經過預先適應，身體會感到不適，這些將成為導致 EHS 的重要因素，即使是訓練年限很長、並且經過了預先適應的運動員，在高強度運動中，當產熱高於散熱時，也容易發生 EHS (18, 34, 71)。導致 EHS 的高危因素包括：高強度運動 (超過 75% 最大攝氧量)；濕球黑球溫度 (WBGT) 超過 28°C (20, 81, 156)。運動持續超過 1 小時，並缺乏環境監控。EHS 在涼爽 (8-18°C) 和適中 (18-28°C) 環境中 (14, 56, 132, 133) 亦可能發生，但存在個別差異 (14, 22, 55, 56, 66)，主要是由於體適能狀況、適應性、疾病和用藥情況導致 (81, 133)。

研究證據陳述

在炎熱環境下訓練 10 到 14 天，可以增強熱適應性並減小 EHS 發生的危機。研究證據類別 B。

以下因素將增加罹患 EHS 的危險性，包括：訓練強度突然增加、熱環境下暴露時間過長、衣物透氣性差、睡眠 (14) 和補液不足、營養狀況低下。熱暴露的累積效應會增加罹患 EHS 的危機，特別是夜裏溫度也維持在高的情況下 (14, 168)。非處方類藥物和營養補劑，包括麻黃碱、昔奈福林、麻黃素以及其他的合成擬交感神經類藥物可能會增加產熱 (23, 121)，但是需要由有對照組的實驗室研究和場地測試來加以證明。

訓練前和訓練中恰當的補液可以延緩脫水，並減緩身體核心溫度升高的速率（46，60）。但當高頻率、高強度訓練時，即使沒有明顯的脫水狀況也可以發生體溫過高，因為此時代謝產熱遠遠超過散熱（18，34，165）。皮膚病（如，紅粟疹）、日曬、飲酒、濫用抗抑鬱藥物（69）、肥胖、年齡超過 40 歲、遺傳性惡性體溫過高和熱病病史，也可以間接的增加運動員罹患 EHS 的危險性（14，55，85，150）。若有發燒、呼吸系統感染、腹瀉和嘔吐的情況，運動員就不應該在熱環境下繼續運動（14，81）。一項持續 9 年的研究表明，在 14 公里跑中，有 179 例罹患熱病，其中 23% 患有腸胃和呼吸系統疾病（128）。類似研究顯示，10 名罹患 EHS 的病人，其中 3 人有發燒的症狀，6 人回憶起至少有一個危險信號提示即將罹患 EHS（14）。

美式足球項目中，EHS 常常發生在季前訓練的頭 4 天，特別是在高熱和高濕的環境下，因為這種情況下運動員的適應性最低。這時候應強調以下一些措施：在這種高危環境下，訓練量應循序漸進的增加適應，同時要密切關注運動員在訓練過程中的表現和變化，有意識的選擇訓練內容（如強度、持續時間、間歇時間）。以下 3 個因素會影響到美式足球運動員在賽季之初罹患 EHS 的危險性：（A）教練員沒有很好的調配訓練強度與當時的環境狀況，或未採納運動醫學人員的建議；（B）未有為在熱環境下進行激烈運動前的體能和適應性訓練；（C）在未適應前使用阻礙散熱的裝備。

一項針對 10 罹患 EHS 的病例研究中，發現 8 人發生在以 12.1 至 $13.8\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度的集體跑步的過程中，這時環境溫度高於 25°C ，這表明在一些主要因素影響下，熱耐受性起了轉變。最大攝氧量較低（如低於 $40\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ）的人士，熱耐受性通常較差（14，64，96）。集體跑時，為了保持頻率，那些適應性較低的參加者必須更努力跟上，來保持整體的節奏，與最大攝氧量較高的參加者相比，他們在跑步結束後身體核心（直腸）溫度較高。此外，集體跑的過程中空氣流動和熱量散失也會相應減少。

針對 EHS 的臨床和科學研究以男性為調查對象為主，且一些假說也較為前沿（14）。首先，男性時常處於容易導致 EHS 發生的環境下（如軍事格鬥和美式足球）。其次，男性更具備罹患 EHS 的先天條件，如男性激素、生理、心裏和形態（如肌肉量，體表面積/量的比率）等。而女性對於機能紊亂的免疫性較低，隨著愈來愈多女性參與劇烈運動，女性罹患 EHS 的數字也隨著增加。

研究證據陳述

在下列情況會增加罹患 EHS 的危險性：肥胖、體適能水準較低、熱適應能力較差、脫水、EHS 病史、睡眠不足、汗腺功能紊亂、日曬、病毒性疾病、腹瀉或用藥。研究證據類別 B。運動訓練、心肺功能和預先適應可以降低罹患 EHS 的危險。研究證據類別 C。

病理生理學

EHS 發病的病理生理學如下：當內臟器官組織超過臨界溫度時，細胞內的糖皮質激素被破壞，細胞能量供應系統發生紊亂，表現出一些臨床症狀（56，149）。隨著細胞溫度超過臨界值（例如大概為 40°C ），開始發生一系列的變化，如細胞體積、代謝、酸鹼平衡和糖皮質激素通透性的改變，進而引起器官功能紊亂，最終導致細胞死亡和器官衰竭（71，91，175）。這一系列複雜的鏈式反應解釋了為什麼 EHS 病人通常都表現出腦、心、腎、腸胃、血液和肌肉的機能紊亂。

各系統組織發生病變和死亡率所波及的範圍直接跟身體核心溫度對時間構成的圖表線的範圍（程度-時間），以及把內臟降溫到 40°C 以下所需的時間有關（14，20，47，48）。組織耐受的臨界值和溫度升高所持續的時間（並非身體核心溫度的最高值）決定損傷程度（72）。當降溫手段迅速介入時，令體溫和意識在症狀開始出現的一個小時內恢復到正常水準，大多數的 EHS 患者都可以完

全恢復 (47, 48)。EHS 患者經過迅速的診斷和降溫，理論上可耐受 40.5°C 以上 $60^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$ ($120^{\circ}\text{F} \cdot \text{min}$ ；在降溫曲線範圍) 而不會造成後遺症。相反，罹患 EHS 的運動員如果沒有被確診不迅速降溫，令曲線面積溫度在 40.5°C 以上超過 $60^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$ ，便會增加病變和死亡率。在軍訓過程中 (150)，20 個輕度和 16 個重度 EHS 病例結果顯示，即使有證據顯示有多器官受損，包括血液、肌肉和腎中酶含量有所增加 (74, 172)，當過高體溫在 1 個小時內受到控制時，輕度患者的昏迷時間相對較短。重度罹患 EHS 的病例在入院時已經生命垂危，死前表現出了明顯的中樞神經系統受損 (150)。輕度和重度 EHS 病例的最基本區別在於暈厥和最初實施降溫手段之間相隔的時間 (14, 20, 47, 48)。

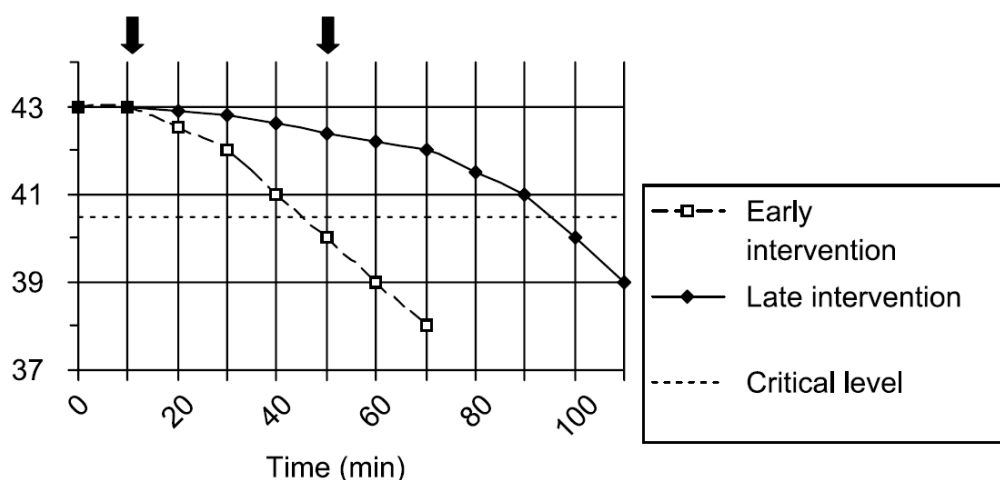


圖 1-表示早期和後期介入的降溫曲線。早期在 40.5°C 以上介入降溫手段，約為 60 (時間和程度，以虛線表示)，而後期介入降溫手段 (50 分鐘左右開始降溫) 的曲線在大約 145 的位置。因此後期介入的降溫效果較差一些。當中暑診斷延誤、或在運動員在降溫前被轉移，降溫便會被延誤。箭頭分別表示在 10 分鐘時的較早介入和 50 分鐘時的較晚介入對降溫的效果。

心肌組織的溫度過高會直接導致心臟功能抑制，但當實施降溫後這種功能抑制便可逆轉，這一點可以由超聲波診斷得知 (133)。心組織的溫度過高，會降低心臟的輸出量，並且影響氧氣的運輸和將熱量由身體內部帶到身體表面的一系列功能。由溫度過高引起的心臟功能不足和衰竭，會加速身體核心溫度的升高，進一步加劇組織缺氧、酸性代謝產物堆積和器官功能紊亂。與之併發的腦溫度的升高，引發層級似的功能衰竭，從大腦到下丘腦，通過改變血壓和血流，加速細胞凋亡。有趣的是，直接由高溫引起的腦功能紊亂導致暈厥，是一種自我保護，促使停止運動以便降溫，且暈厥可以達到通過醫學手段來進行降溫治療的目的。

運動會刺激大量的血液流向做功的肌肉。在以最大強度運動的過程中，例如相當於心臟輸出量的 80-85% 的血液都會被分配到運動肌群 (139)。運動過程中，身體核心溫度增加，體溫調節系統調節外周血管舒張，使血液流向皮膚，達到降溫的作用。在運動過程中，大腦調節血壓來降低流向內臟的血流量。這減少了內臟的血流，限制了熱交換，加速內臟組織的升溫和缺血。腸繫組織細胞膜的破壞，使脂多糖碎片從內臟洩露到循環系統，增加了感染細菌的危險性。脫水會加速這些消化系統發生的效應和過程。

由於超過了肌肉組織細胞膜的臨界溫度 (例如大致為 40°C)，所以在 EHS 的過程中發生了肌纖維的破壞。雖然離心和向心運動是肌纖維破壞的最普遍原因，但肌細胞膜的通透性會在溫度升高時

增加，所以運動開始時由於升溫，肌纖維破壞也會增加（71，74）。因為高溫會使細胞膜分解加強，肌紅蛋白釋放，若腎動脈血流不足，則引起阻塞和中毒。腦內的鉀離子釋放到腦外，增加了血液中的鉀濃度，有可能引起心率不正。內臟組織升溫超過了臨界溫度，可以直接導致內臟功能紊亂，及由持續性血壓過低、肌紅蛋白結晶和運動引起的代謝性酸中毒所引發的內臟衰竭（31，70，153）。

發生率

EHS 的發生會因不同項目有所不同，並隨著環境溫度和濕度的上升而增加。關於 EHS 在運動比賽中發生率資料有限，有關 EHS 致死的消息常常會被媒體報導，但非致死的 EHS 報導卻非常有限，除非是發生在較出名的運動員身上。在大部份的案例中，EHS 致死是非常罕見的，從隨機抽出案例像美式足球這樣的項目中，較常發生是在季前訓練的頭 4 天裏，像這樣的案例在 1995 年至 2002 的幾年中，其發生率為 1/350000（131）。美式足球項目中，致死的 EHS 案例通常發生在 26-30°C、相對濕度為 50-80% 的環境中。EHS 同樣容易發生於公路賽跑這種持續性、高強度的項目中。在 Twin Cities 馬拉松賽中，在涼爽環境下比賽，EHS 的平均發生率小於 1/10000（136），這一發生率隨著 WBGT 的升高而增加。相反，一項非常流行的 11.5 千米公路比賽中，當在環境炎熱、濕度較高的夏天舉行時（WBGT 為 21-27°C），平均 10000 個參與者就有 10-20 人罹患 EHS（18，34），但同樣的專案在涼爽環境下舉行時，EHS 的發生為零（A Crago, M.D., 私人談話）。這樣高的發生率使醫務監督系統負擔沉重，並且說明夏天並不是舉行長距離賽跑的最佳時間。

診斷

對 EHS 的發生作出迅速的診斷是救治患者的最重要步驟（68）。出現有關 EHS 的信號和症狀取決於體溫過高的程度和持續時間（14，48，71，81，150）。EHS 出現的症狀和信號通常不特顯，這些症狀包括：迷失方向感、混亂、頭昏、失去理智或不正常的行為、胡言亂語、易怒、頭疼、無法活動、失去平衡、肌肉功能異常而導致的暈厥、疲勞、過度換氣、嘔吐、腹瀉、精神錯亂、抓狂和昏迷。因此，出現任何性格和行為改變，都應該進行 EHS 評估，特別是在高溫、高濕的環境下。在衝撞性很強的項目，如美式足球中，EHS 常常會被誤診為衝撞所致的腦震盪；對於非運動員身份的人群，EHS 也會被誤診為精神類疾病。

身體核心溫度是評估 EHS 的最重要的指標，當運動員發生暈厥或者表現出持續的 EHS 信號和症狀時，一定要測量其直腸溫度進行評估。評估 EHS 時，不應使用耳朵（聽小管或鼓膜）、口、顳動脈皮下和腋窩溫度，因為它們通過空氣、皮膚和液體散熱，導致略低於身體核心溫度（18，134，135）。口腔溫度同樣會被說話、吞咽、攝取冷飲料和臉部運動所影響（33，151）。發生暈厥時，常表現出收縮壓低於 100mmHg，心跳過速、過度換氣及休克等體征（例如大汗、皮膚溫度低）。

研究證據陳述

耳、口腔、皮膚、顳部和腋下的溫度，並不能成為診斷和區別 EHS 與運動型熱衰竭的標準。研究證據類別 B。EHS 的早期症狀包括：動作遲緩、跌倒、頭疼、噁心、頭暈、反應遲緩、意識混亂（71，85，149，161）。研究證據類別 B。

治療

EHS 是一種威脅到生命的緊急醫療處理，需要迅速的全身降溫以達到一個良好的狀態（14，44，

48, 72, 82, 85, 120, 132, 149)。如果沒有其他可能威脅生命的併發症存在，其首要原則就是在送往醫院急診之前，就地實施降溫。在降溫過程中，運動員如果能迅速恢復意識，一般預期效果都很好。

從觀察知道冷水和冰水浸入式降溫治療（13, 43, 47, 63, 78, 83, 111, 125, 163）是全身降溫速率最快（如， $0.15-0.24^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ ）的手段，這種手段同樣可以達到較低的發病率和致死率（47）。一種進取的組合降溫手段是把浸濕冰水的毛巾輪流地敷在頭部、軀幹和四肢，而頸部、腋下和腹股溝則使用冰包（如最近在 Twin Cities、Chicago、Marine Corps 馬拉松賽的一樣），以達到了比較恰當的降溫速率（範圍是 $0.04-0.08^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ ）。在頸部、腋下和腹股溝處敷冰包，可以降低體溫達到 $0.04-0.08^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ （13）。噴霧式和吹風式降溫提供了一種較緩慢的全身降溫方式，並且只有當相對濕度較低時才比較有效，因為這種方法依賴於蒸發作用來達到降溫的效果。雖然有些病人表現出誤導性的“間歇意識清晰”，這常常會延誤診斷和觀察，應當持續介入降溫手段直到直腸溫度和分辨能力恢復常態，才能表示治療的成功和結束。直腸溫度超過 42°C ，中樞神經系統功能出現紊亂的公路單車賽運動員，確診後迅速進行冰水浴，即可遠離患病危險而且無需送經醫院就診，沒有明顯的後遺症。

研究證據陳述

冷水浸泡提供了最快速的全身降溫，並且將 EHS 的發生率和死亡率降到最低。研究證據類別 A。當冷水浸泡不能實現時，使用冰水浸過的毛巾，搭配冰包，用於頭、軀幹、四肢末端，可以達到有效、但是較溫和的全身降溫效果。研究證據類別 C。

表 1 治療與熱相關的疾病所需的設備和耗材

擔架
帆布條
輪椅
浴巾
高溫直腸溫度計（範圍超過 43°C，110°F）
一次性乳膠手套
聽診器
血壓計
靜脈注射管和針
5%的鹽液靜脈注射液，1 升裝
3%的鹽液靜脈注射液，250 毫升裝
處理劇毒和生物製劑的容器
酒精、棉簽、繃帶和紗布墊
醫療工作臺
水盆或者冰水桶
實施浸入式治療的浴盆
降溫電扇
帶有調節掣的氧氣樽和面具
碎的或者塊狀的冰
塑膠袋
補充液體的口服液
飲水杯
血糖儀
血鈉分析儀和試紙條
安定針劑 5 毫克和咪達唑侖針劑 1 毫克
除顫器（自動或手動）

修改自文獻（2）和（117）。

接受過治療的運動員應當有完備的醫療記錄（2，132）。這可以提供注意事項和一些有用資訊，以備改進 EHS 的醫學治療。表格 1 中記錄了評估和治療 EHS 過程中，所需的設備和耗材。

EHS 導致死亡，常常伴有心肺功能衰竭和休克。迅速降溫可以逆轉這種情況，但是如果身體核心溫度持續升高，並伴有器官衰竭，患者則需要更多的醫療照顧以加強降溫力度。如果可能，臨床、血液學、血清化學和診斷學的評估手段應在降溫的同時進行，但是一些會延誤降溫的測試手段最好在這時候不要使用，除非是患者狀況有所好轉（39）。

通過靜脈點滴生理鹽水(NS)可以保證血管的容積、改善腎的血流、保護腎臟、減少肌肉的破壞，同時改善各器官組織的血液灌注，促進熱量交換和氧氣運輸和代謝產物的排出。丹曲林（Dantrolene），一種直接用作於肌肉的鬆弛劑，可以改變肌肉的收縮和膜的鈣離子通道，可以有目的地治療肌纖維的溶解和那些有遺傳性體溫過高（104）的運動員，但是需要進一步的研究來證實其對於治療 EHS 的有效性。丹曲林的有效劑量在實際情況下難以掌握，因此患上 EHS 的運動員，一般只會在採用過進取的降溫手段沒有效果的情況下才使用曲丹琳。腦溫度增加和功能紊亂所導致的癲癇是可以控制的，通過靜脈點滴”安定”（Benzpiazepines）來降低腦溫度和穩定其電化學功能。長時間 EHS 所致的多器官系統衰竭，超出了本文所涉及的範圍，可以在大多數醫學教科書和指導手冊中查閱。

恢復訓練或重返比賽

EHS 作為偶發事件時，沒有證據表明運動員應何時恢復訓練。大多數患者接受了促進降溫的治療手段後，一般都能痊癒，並很快恢復訓練（47，48，123，147）。在偶發 EHS 後，對發生熱休克的患者進行追蹤測試 2 個月，結果發現 10 人中有 9 人的功能恢復正常，包括：體溫調節、運動中耐受熱的能力，汗腺功能所表現出的熱適應、鈉鉀平衡、血液成分（14）。其中 1 人患上 EHS 後的 2 個月和 7 個月的實驗測試中表現出對熱的不耐受性，但是在 1 年後恢復。生理和心裏的恢復可能需要更長的時間，特別是那些在 EHS 的過程中，肝組織嚴重損傷的人士（28，140）。

對於恢復訓練和重返賽場的建議，有以下 5 點（37）：

- 1、在解除醫療護理後的 7 天之內，不應參加活動。
- 2、追蹤觀察 1 個星期，按醫生的建議，進行身體檢查和測試，或者對於受傷器官進行醫學影像診斷。
- 3、當重新開始訓練時，首先應在涼爽的環境下進行，逐漸增加時間、運動強度和熱暴露程度，用 2 周的時間來適應並觀察熱的耐受狀況。
- 4、如果感到訓練依舊很難進行下去，可以考慮 1 個月後，進行一個關於熱耐受能力的實驗室測試（14，98，103，138）。
- 5、如果 2-4 周的訓練後，運動員具備了熱耐受能力，則可以重返賽場。

研究證據陳述

罹患 EHS 的人士在恢復對熱的耐受力後可以恢復訓練和重返賽場。研究證據類別 B。

運動型熱衰竭

衰竭的含義是指沒有能力繼續運動，在所有溫度狀況下都表現出非常的費力，並可能出現暈厥的狀況。從臨床的角度，很難判斷涼爽與炎熱環境下，由衰竭導致的暈厥之間的區別。運動型熱衰竭最初報導於 1938 至 1944 年期間，在醫學報告（6，30，169，170）中描述了在南非（4）和伊拉克（89）的沙漠進行體力勞動的工人和軍人的症狀。這些報導中區分了熱暈厥（例如，直立體位性血壓過低）和熱衰竭的不同，後者表現出了明顯的體液丟失和心血管功能衰竭（67，93，170，167）。報告中同時推測熱衰竭為中樞神經系統功能紊亂的結果，是保護人體在危險的狀況下免受過度消耗（99）。這些材料說明了熱衰竭是大腦調節的結果，無論什麼環境下是避免過度消耗的“安全閥”（114，115，158）。

病源

熱環境中，由脫水導致熱衰竭是很常見的。熱衰竭時，由於血液迴圈不暢，身體核心溫度會升高（16）。實驗室和實地研究表明，在 34-39°C 範圍內，以 40-50% 最大攝氧量強度運動時，並不會引起熱衰竭，除非存在脫水的情況，而以相同的負荷在涼爽環境中運動亦不會引起熱衰竭（35，143）。

很多類似的研究證據顯示，熱衰竭是由中樞神經的疲勞引起的，以致廣泛增強了的周圍血管的擴張，最終導致暈厥（11）。一個沙烏地阿拉伯的研究小組（146）測量了熱衰竭病人的超聲心動圖，在宗教朝拜的過程中，連續在沙漠中步行導致 EHS。這些圖像顯示，熱衰竭的過程中伴隨有：心跳過速和由外周血管舒張導致的心輸出量增加，預示心臟功能衰竭。血管的舒張，降低了外周血流的

阻力，導致血壓過低和迴圈不足。血液匯積在皮膚和身體末端，降低了由核心帶往身體表面的熱量，因此皮膚表面的散熱也會相應減少。如果空氣相對濕度較高，蒸發散熱作用會相應減弱，因為空氣中的蒸汽接近飽和，同時身體接到信號增加皮膚血流量，來補償由於蒸發作用減弱而帶來了散熱降低。這就解釋了為什麼在潮濕環境下容易發生 EHS 和熱衰竭。

傾向性因素

有很多因素可以導致運動員發生熱衰竭，包括可以導致運動過程中衰竭的很多因素。針對地下勞動礦工的 3 項研究顯示，下列因素會增加熱衰竭發生率：BMI 大於 $27\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ；每年最熱的幾個月中工作；補液不足，可以由尿比重、血細胞壓積、血紅蛋白和血清滲透壓來判斷；溫度高於 33°C 和風速小於 $2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (50-52)。

研究證據陳述

脫水和較高的 BMI，可以增加罹患運動型熱衰竭的危險性。研究證據類別 B。在炎熱環境中訓練 10 到 14 天，可以改善熱適應，降低罹患運動性熱衰竭的危險性。論據類型 C。

發生率

熱衰竭是活躍人群中最常發生的與熱相關的一種紊亂 (5, 75, 79, 85, 97)，但其發生率在體育活動當中未有系統的調查。不同體能和年齡的宗教朝聖者，在沙漠 $35\text{--}50^{\circ}\text{C}$ 環境中行走，每日 10000 人中有 4 人發病 (5)。參加夏季操練的預備役部隊，在 $49\text{--}54^{\circ}\text{C}$ 的環境每日 10000 人中有 13 人罹患熱衰竭 (97)。大致上，健康的 14 千米公路跑參與者，在比較適宜的 $11\text{--}20^{\circ}\text{C}$ 環境溫度下跑步，每天有 14/10000 的跑手罹患熱衰竭 (127)，說明了強度也是重要的影響因素之一。為期 6 天的青年足球訓練營，運動員早晨在 WBGT 高於 28°C 環境下訓練，4000 人中有 34 人 (85/10000) 被診斷為熱衰竭，到了第 2 天，病例大大增加，這說明了熱暴露的累積效應 (54)。以上說明了持續時間、運動強度和環境對於熱衰竭發病的交互作用。

診斷

熱衰竭的信號和症狀既不具有特異性，也無敏感性。熱衰竭急性期血壓較低，脈搏和呼吸頻率增加，病人表現出大汗、臉色蒼白無血色。其他的信號和症狀包括頭疼、虛弱、頭昏眼花、頭和頸有灼熱感、寒戰、雞皮疙瘩、反胃、嘔吐、腹瀉、過度興奮、肌肉協調性下降等 (71, 72, 76)。熱衰竭並不常常伴有肌肉痙攣 (70)。在現場，直腸溫度的測量可以區別嚴重熱衰竭 (小於 40°C) 與 EHS (高於 40°C) (36)。如果沒有條件迅速的測量直腸溫度，應按照經驗施加降溫手段，特別是在已經出現了一些 EHS 症狀的情況下。一項研究系統的分析了運動在熱衰竭中所起的作用，通過觀察 14 名健康男性 (15)，連續 8 天在 41°C 、39% 相對濕度環境下，以 $8.3\text{--}9.8\text{km}\cdot\text{d}^{-1}$ 的速度和 64-72% 最大攝氧量的運動強度在跑步機作跑步，發現所有受試者均出現了熱衰竭的信號和症狀 (見上一部分的“診斷”)。

治療

出現運動型熱衰竭臨床症狀的運動員，應當移到陰涼地或者有空調的房間，將多餘衣物脫掉，平躺抬高雙腿，測量心率、血壓、呼吸頻率，直腸溫度、並密切監控中樞神經系統狀態。大多數運

動員都可以通過抬高雙腿、補充常規飲料和休息來免除暈厥的危險。熱衰竭並非總是伴隨著身體核心溫度的升高，但是施加降溫措施通常可以使症狀消失。被懷疑為罹患熱衰竭的運動員，如果使用普通的降溫手段無法緩解，立即送往有急救設備的地方求助。

對於意識清楚、可以吞嚥和無嘔吐、腹瀉狀況的運動員，可以通過口服飲料來補充液體。當血壓、脈搏和直腸溫度恢復正常，並且無繼續失水狀況時，則沒有必要進行靜脈點滴。對於那些無法吞嚥液體或嚴重脫水的病患，應進行靜脈注射（50-52，72），這做法可以加快恢復速度。利用靜脈點滴緩解脫水症狀，可以隨著患者直立體位的脈搏、血壓的變化、其他的臨床症狀和能否攝入液體來隨時調整。如果患者的意識出現進一步的混亂，則應細緻評估是否存在體溫過高、或體溫過低、低鈉血症、低血糖和其他臨床症狀（112，113）。當肌肉的抽搐和痙攣不能通過伸展來解決時，這說明可能是由低鈉血症引起的。被懷疑為熱衰竭的運動員在脫水表現上沒有臨床症狀時，在使用靜脈點滴前應當考慮到這可能是低鈉血症引起的暈厥（102）。

最常被推薦用作化解脫水症狀的靜脈注射液為 NS 或 5% 的葡萄糖鹽水。從慣例和經驗角度看，對於已表現出休克信號的運動員，首要目的是通過生理鹽水擴充血管容積，保護各器官功能、維持血壓。5% 的葡萄糖溶液可以通過補糖為細胞提供能量。現行處理方法是一開始便使用 NS 來緩解脫水，除非患者有血糖過低的症狀。靜脈注射（1 至 4 升）可以加速恢復，這種方法曾有效的使用在礦工身上（50-52）以及足球和美式足球運動員的中場休息時間，雖然這種做法並未有證據證實或者被推薦使用。

大多數罹患熱衰竭的運動員在現場就可恢復，待狀況穩定後可以在朋友的陪同下離開，並且通常會被建議繼續休息、補水。接下來的 48 小時，可以通過簡單的檢查尿量和顏色（例如，淺黃色或顏色渾濁）來估計恢復的狀況。當運動員分辨能力穩定，可以很快的進行反應時，說明處理效果良好。當運動員罹患嚴重的熱衰竭時，最好在醫生的指導下來進行康復（29，36，132）。

恢復訓練或重返賽場

我們並不建議熱衰竭後立即投入運動或勞動。中等程度的熱衰竭，一般在 24-48 小時之後就可恢復訓練或工作，但仍需遵照醫生的建議，逐漸增加活動的強度和時間。無論是休息還是全身的降溫手段，罹患熱衰竭當天都不能恢復全部的運動能力（3）。一項針對 106 位地下礦工罹患熱衰竭的研究中，4 人被送往醫院接受治療，102 人進行了現場處理。在 77 位隔天就投入了工作的人士裏，30 人有輕微的持續性頭痛和疲勞，最終沒有被允許當天恢復工作。無症狀的工人中，47 人中的 46 例恢復了正常的工作，而有症狀的 30 名工人中，有 22 例被限制在空調的環境下工作。所有的工人 3 天后都完全回歸工作崗位元，無一案例需要進一步的治療（52）。熱衰竭案例中幾乎沒有發生嚴重的併發症。運動員在通過靜脈點滴完成補水後，回到比賽通常會大汗淋漓，但這只是脫水過程，而並非是真正的熱衰竭表現。

運動性肌肉痙攣（運動型熱痙攣）

病源

運動性肌肉痙攣（EAMC），也叫做熱痙攣，是一種非常痛苦的骨骼肌痙攣，常常出現在長時間而劇烈的運動當中，並且經常出現在氣溫高的環境（95）。EAMC 尤其普遍發生在網球和美式足球項目中（26）。EAMC 也常常發生在長跑比賽，因為當中的運動強度和持續時間通常超過平時訓練的要求。

在熱環境下出現的痙攣被一些學者認為與 EAMC 有所區別（71），因為這種痙攣常常伴有大量的

鈉和水分的丟失，而熱環境下的痙攣通常表現出不同的信號和症狀（24，25，71，88）。雖然中度至寒冷的環境下跑步、滑冰、滑雪到疲勞時，也會表現出以上的臨床症狀，在熱環境下的 EAMC 通常沒有先兆，發生的部位包括腿、手臂和腹部（25，71，92，94，95，166）等處。網球運動員多次發生熱痙攣時，通常可以預感到即將抽筋，並且可以通過休息和補水來避免痙攣的發生（24）。在 EAMC 過程中，很少進行過對電解質平衡狀況的測量，但是有資料顯示鈉的含量不足（24，25，26，88，92，166）。有些人士特別容易罹患 EAMC，這可能跟遺傳或骨骼肌或脂肪代謝的異常有關。

傾向性因素

EAMC 一般具備以下三種因素：運動引起的肌肉疲勞、身體水分丟失、從汗液大量丟失鈉離子（24，26，85）。EAMC 似乎常常發生在長時間、高強度的運動項目中，確實，某些特定時間的運動項目容易導致 EAMC 的發生。在連續幾天的網球錦標賽中，運動員常常每天要進行不止一場比賽，每場間僅能休息 1 小時。這種比賽形式加深了肌肉的疲勞，延緩了賽間液體和電解質的吸收，最終導致 EAMC（24，25）。同樣的情形也發生在以下幾種情況中：每天兩次訓練或比賽；連續幾天的錦標賽。在這兩種情況均會大量流失汗液。

病理生理學

利用低滲（Hypotonic）飲料來補充汗液中鈉離子流失的做法，被認為是導致 EAMC 的主要原因（24、25、32、53、71、92、95、96、166）。發生 EAMC 的蔗糖收割工人被發現其尿液中鈉離子水準較低（相對於健康個體），作者進一步推斷這些工人可能存在全身的鈉離子含量不足的狀況（92，95）。一位有過多次 EAMC 經歷的年輕網球運動員，通過增加飲食中的鹽分，成功的緩解了功能紊亂的狀況（24）。根據實際經驗，鋼鐵工人在增加鹽的攝取後有效的避免 EAMC 的發生（88，166）。鑒於腦內的鈣、鎂和鉀離子在運動過程中很少流失，所以熱環境中發生痛苦的痙攣可能與這些物質濃度的改變沒有關聯（25）。

細胞膜兩端的鈉、氯和鉀離子濃度會影響到神經和肌肉組織的靜息電位。腦內液體的稀釋或水分增加被認為是導致 EAMC 的一個原因（88，95）。但是細胞間液和細胞膜外的水腫，一般不會引起 EAMC（88）。

發生率

EAMC 的發生率還沒有在大規模的流行病學調查中報導過。在一項持續 12 年關於馬拉松過程中發生的醫療總結中發現每 1000 名參與者中，有 1.2 個 EAMC 案例發生，而抽筋占所有醫療因素中的 6.1%。

診斷

在 EAMC 的過程中，肌肉或肌群的強直收縮所引起的疼痛有時候是非常痛苦的。發生 EAMC 的肌肉常常表現出隨機性，一束肌纖維鬆弛後，臨近的又開始收縮，給人感覺好像疼痛在不斷徘徊（88）。痙攣首先發生在股四頭肌，接著轉移到其他肌群（25）。大多數痙攣持續約 1-3 分鐘，但是一系列的痙攣要超過 6-8 小時（95）。胃腸抽筋（由胃腸脹氣或腹瀉引起）和胃腸感冒常常被誤診為腹部的 EAMC（71，95）。

EAMC 容易與手足抽搐相混淆。後者的特徵是掌指關節屈曲而足趾關節則繃直，這些是手足抽

搐的典型表現。手足抽搐很少同時跟熱痙攣發生，但是常常發生在以下情況：過度換氣；使用利尿劑導致的低鈉血症；和摔跤運動員透過脫水減體重的情況（95）。

治療

休息、以最大幅度持續伸展肌群、通過飲食補充鹽分（例如把 1/8 至 1/4 茶匙的食用鹽添加到 300–500 毫升的液體或運動飲料中；或 1–2 片鹽片添加到 300–500 毫升的液體、黃金湯或鹹零食中）是很好的緩解 EAMC 的方法。某些情況下，靜脈點滴 NS 可以迅速緩解嚴重的 EAMC（88，95）。鈣鹽、碳酸氫鈉、奎寧和葡萄糖在治療 EAMC 的過程中作用不大（25，95）。在治療頑固性痙攣的過程中，靜脈點滴安定（Benzpiazepines），可以通過中央機制有效緩解肌肉痙攣。這些藥品的使用需要進行嚴緊的監控，並且需要運動員儘量休息。發生低鈉血症時，也常常伴有痙攣的現象，所以在沒有脫水相伴下發生痙攣時，應當在進行靜脈點滴 NS 前測量血鈉濃度。

恢復訓練或重返賽場

很多罹患 EAMC 的運動員通過休息和補液可是繼續運動或訓練，而其他的需要在治療後至少休息 1 天以便更好的恢復。肌肉痙攣伴隨有熱衰竭和低鈉血症時（71），急於重返比賽可能會導致更嚴重的問題。

預防措施

在炎熱環境下，可以通過保持體內液體和鹽分的平衡來預防 EAMC。運動員如果汗液中有較高的鈉含量和出汗率，或者曾經有過 EAMC 病史的，應當在飲食中增加鹽分的攝入量，以便在長時間的運動中保持鹽分平衡（25，71，137），或當出汗量較大時，每日飲食應當增加含鹽的攝取量至 5–10 克（95，166）。尤其是在運動的熱適應期，這一點特別重要。兩名運動透過計算汗液中的鹽分的丟失量，並在運動中、後進行補充鹽分而成功避免了 EAMC 的發生，並且在熱環境下取得了好成績（24）。一項無對照組的研究中發現，美式足球和足球運動員，透過在運動前、中、後的飲食中增加鹽含量而有效的預防了 EAMC 的發生。

運動員的安全和減少熱病的發生

項目的安排應當避免在極熱和潮濕的月份中進行，可以依照當地的歷史資料來估計天氣狀況。在夏季，所有的專案、比賽和訓練都應當安排在一天當中比較涼爽的時段內（如清晨）進行。在春天和秋天出現的反常高溫天氣將會增加罹患運動型熱中暑的危險性，因為運動員通常會在這階段仍未充分適應熱氣溫。

熱適應被公認為最有效的避免 EHS 和熱衰竭的手段。熱適應需要在熱暴露的最初 10–14 天中，逐漸的增加運動的持續時間和強度，其最大效應的發揮可能在第 12 周時（17）。在一項對死亡率的調查中，隨著緯度的升高（如，北歐），中暑致死的最低溫度會下降，在同一緯度上，致死的最低溫度在夏季會升高（80）。因此，通過居住在特定的地理環境就可以達到熱適應的目的，在熱適應過程中，運動負荷的限制和改變應當考慮到當地的局部氣候的特殊性。訓練過程中，應當參照上述保護措施，特別是持續時間較長並接近最大強度的運動訓練。在後天訓練水準較高，且達到了熱適應情況下，才可以進行長時間和高強度的訓練和比賽（59，122，124，152）。某些在熱環境下的特

殊運動項目，只要加強心肺功能和適當補充含電解質的飲料，就可以降低熱衰竭（36）的發病率。

所有運動員都應被嚴密監控是否存在熱衰竭的信號和症狀，特別是處於熱適應階段和突然炎熱的環境狀況下，因為早期的診斷不但能減少問題的嚴重性，而且可以減少處理過程中不必要的時間。運動員通過充分的休息、營養、補水和熱適應，可以降低熱衰竭發生的危險性（67）。如果運動員反復罹患熱衰竭，則應小心監視有關液體補充、飲食、全身的礦物質平衡、休息時間和熱適應等各種狀況（36）。運動員應當有監督液體補充的計畫（8，9），保證體重維持在不少於 2%（比賽或訓練前的初始體重）的液體補充（30）。

表 2 對於健康成年人用作修訂或取消運動或比賽的 WBGT 水準^{a,f}。

WBGT ^b		繼續活動或比賽	訓練和間斷性的活動	
華氏	攝氏		不適應的高危個體 ^c	適應的低危個體 ^{c,d}
≤50.0	≤10.0	大體上安全；個別參加者可能發生 EHS	正常活動	正常活動
50.1-65.0	10.1-18.3	大體上安全；會發生 EHS	正常活動	正常活動
65.1-72.0	18.4-22.2	EHS 和其他熱病發生的危險性開始增加；應當給予高危的參加者監控，或退出比賽	增加休息/運動的比例。監控補液情況	正常活動
72.1-78.0	22.3-25.6	所有參賽者的危險性增加	增加休息/運動的比例，減少運動時間	正常活動。監控補液
78.1-82.0	25.7-27.8	未有適應和體能差的參賽者處於高危	增加休息/運動比例至 1：1，減少運動強度和時間	正常活動。監控補液
82.1-86.0	27.9-30.0	達至 EHS 的危險警戒線，應當取消活動或比賽	限制高強度的運動。重點監控高危的參加者	謹慎計畫長時間、高強度的運動 ^f ；監控高危的參加者。
86.1-90.0	30.1-32.2		取消或終止活動和比賽	限制大強度運動 ^f 和暴露在濕熱環境下的時間；監控早期信號和症狀
≥90.1	≥32.3		取消活動	對於所有存在不可補償的熱應激 ^e 的運動員 ^f ，應取消活動

a 修改自文獻（38）。

b 濕球溫度。

c 當穿著短褲、T 恤、短襪和運動鞋時。

d 在熱環境中適應性訓練至少 3 周。

e 體內產熱超過熱量的散失，核心問題持續升高，但沒有高原的出現。

f 不同的平地氣溫和個人對溫度的適應狀況可能容許活動的水準超過表中所列的水準，但是運動員和教練應該諮詢運動醫學工作人員的意見，並且留意當超過表中水上限時身體的反應。

表 3 對於兒童運動員如何調整運動計畫

WBGT ^b		活動上的限制
華氏	攝氏	
<75.0	<24.0	可以進行所有活動，但在長時間的運動中，應當警惕跟熱相關的疾病的早期症狀
75.0-78.5	24.0-25.9	延長涼爽環境下休息的時間，強制性每 15 分鐘補液
79.0-84.0	26.0-29.0	對於未適應熱環境和高危的參加者應該停止運動；限制其他所有人的活動（禁止長距離賽跑，減少其他活動的時間）
>85.0	>29.0	取消所有比賽活動

注意：

1. 來源：文獻（7）。
2. 以上指導原則並未考慮到衣著影響。雖然服裝和護具（如，美式足球）對年輕運動員的排汗和身體溫度影響依舊未知，但服裝的影響應當考慮在內。
3. 應該進行 8-10 次的熱適應訓練（每次 30-45 分鐘；每天或者每隔一天進行一次）。
4. 不同的平地氣溫和個人對溫度的適應狀況可能容許活動的水準超過表中所列的水準，但是運動員和教練應該諮詢運動醫學工作人員的意見，並且留意當超過表中水上限時身體的反應。

高危險性環境下的運動調整

造成 EHS、熱衰竭和 EAMC 的高危項目，總離不開具有高強度的運動和炎熱和濕度高的環境。運動員可能沒有足夠的經驗來避免熱病的來臨，並且常常以為既然安排了比賽或者訓練，則環境就一定是安全無害的。運動員的求勝動機，無論在任何環境下，都會增加 EHS 發生危險性，特別是在高危險環境下進行訓練時，一定要受到教練和醫務人員的關注。

一個運動員出現了熱病相關的症狀，則預示著更多的危險可能要發生（75，97）。當時的天氣情況極容易導致危險時，醫療工作人員、賽事組織者、教練和運動員本身，應當遵照預先規定的項目安全守則考慮延期、重新安排時間、變更、取消賽事等決定。家長、同輩、教練和管理人員所施加的壓力可能會鼓勵原本患病、疲勞或者處於脫水狀況的運動員在不安全的環境下參加比賽。

培養運動員的熱適應、訓練和比賽中應該有充分的液體提供，且應當適當延長休息時間以增加熱量的散失，或減短訓練時間以減少熱量的產生，當環境存在中等或高度危險性時，應延後訓練時間（表 2）。當調整訓練時間和比賽賽程時，應考慮到以下情況，包括：環境狀況、熱適應程度、體適能、年齡、訓練的強度和持續時間、當天的訓練時段、衣著、補液頻率、運動場地的熱反射和輻射（如，草地或瀝青地面）（157）。在熱環境下，應當解除裝備和衣物來減少不必要的熱積累。每段訓練課或者比賽之間，應當有最低 3 小時，最好 6 小時的恢復和補充液體的時間。

研究證據陳述

訓練和比賽中應當依照環境的溫度、濕度、日曬、熱適應情況、年齡和裝備來決定如何減少運動的時間和強度或減穿衣物。研究證據類別 C。

環境監督

在訓練和比賽前、中，賽事組織者應當監控環境狀況。最好是測量比賽場地周邊精確的氣象學資料資料，如熱應激。導致熱損傷的危險因素包括：周圍環境溫度、相對濕度、風速和太陽輻射產

生的熱量；當調整運動時，至低限度應把幹球溫度和相對濕度考慮在內。WBGT 應用于運動員、軍隊和工廠（49，76，162，174）來估計熱危險度，因為它可以綜合考慮熱輻射（Tbg）和空氣中的水蒸汽含量（Twb）。WBGT 的計算公式如下（174）：

$$WBGT = (0.7 Twb) + (0.2 Tbg) + (0.1 Tdb)$$

Twb 表示自然濕球溫度，Tbg 為黑球溫度，Tdb 為幹球溫度（49）。Twb 的測量方法為使用未被遮蔽而外包濕紗布的溫度計測量環境溫度。中空、不反光、黑色金屬球，中央插入溫度計，所得即為 Tbg。這二者，可以直接在日照環境下測量。在這個公式中，Twb 對 WBGT 的貢獻率為 70%。

可攜式監控儀測量 WBGT 對估計場地的熱應激是非常有效的（49，77，162，174），但是昂貴的價格限制了它的使用。測量溫度、相對濕度和自然濕球溫度的儀器，總體花費不足 75 美元。這些指標的測量，可以通過免費的共用軟體轉化為 WBGT（177）。當沒有條件測量 WBGT 時，場地周圍環境溫度、相對濕度資料，就可用來估計罹患熱病的危險度。

罹患 EHS 和運動型熱衰竭（著短褲、短襪、鞋和 T 恤），與環境壓力相關的危險性，可以分成 3 個層次，如表 2 所示；這包括了持續性的活動和比賽，或訓練和非持續性的活動。大型的告示版或者標識，應當放置在運動員場地或沿跑道處，來描述熱衰竭和 EHS 的危險性。如果 WBGT 的溫度超過了 28°C，就應當考慮是否可以取消或重新安排比賽時間，直到環境狀況有所好轉（117）。表 3 是考慮到兒童的特殊因素而對於上述內容有所調整（7）。雖然過去的觀點都認為兒童的熱耐受性較差，但是最近的一些從兒童身上得出的研究資料顯示這種觀念不一定正確（78，148）。然而，既然沒有進一步的研究可以證實，那麼將兒童列為高危人群也是謹慎的做法。調整訓練通常由教練實施，他們應當有這樣的意識，就是根據環境條件來調整訓練和比賽，以保證基本的安全。

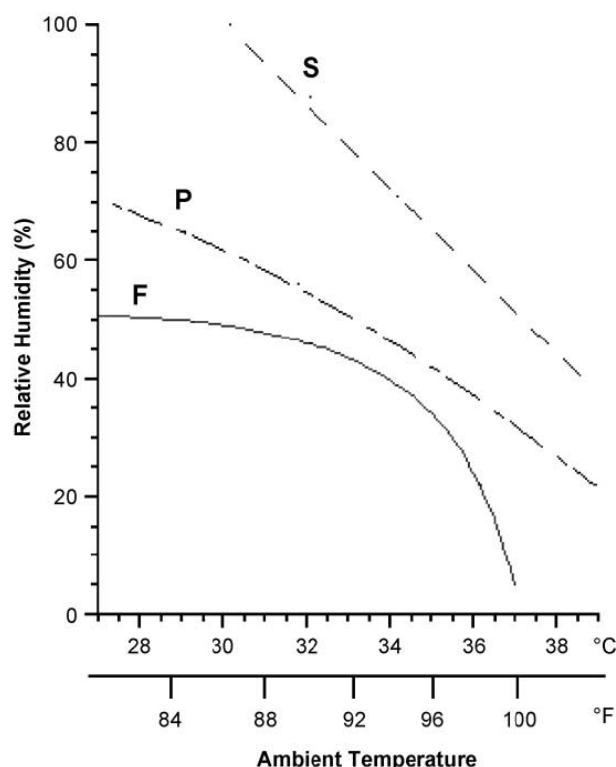


圖 2-環境狀況的不同決定了美式足球運動員所穿著的服裝不同[S 指穿著短褲、短襪和運動鞋；P（練習服裝）指穿著頭盔、內衣、肩墊、號碼衫、短褲、襪和運動鞋；F（全套比賽服裝）指穿著頭盔、內衣、肩墊、運動衫、短褲、襪、運動鞋、比賽長褲、大腿墊和護膝]。(F，P，S) 曲線上

面和右邊的區域表示不可補償的熱壓力下身體核心溫度在運動進行時升高[在允許下把文獻(87)作出修改；說明在35%的最大攝氧量強度下運動；不可補償的熱壓力的定義見表2，下標f]。曲線下面和左邊的區域表示可補償的熱壓力和可能達到熱平衡的範圍。

服裝

在運動員完成熱適應之前，服裝對於熱量的儲存，是非常明顯的，特別是在美式足球項目中，頭盔、保護墊、外衣會鎖著熱量，減小熱量的散失。運動導致代謝過程中熱量的產生，增加身體核心溫度，如果高溫持續，很容易就觸發無法抵償的熱應激。運動員應當盡可能移除保護裝備來增加熱量的散失，減小體溫過高所帶來的危險，尤其是當處於適應階段。圖2說明了不同熱環境下的無法抵償的熱應激；這可以指導教練和隊員在什麼溫度範圍內選擇練習服裝。

全美大學運動員聯盟(NCAA)，規範了大學的美式足球運動如何介紹和使用防護裝備來適應熱的環境(107, 108)。最近的規則允許運動員在訓練的最初2天裏，使用頭盔，3-4天時使用頭盔和肩墊，第5天后使用全套的防護裝備。規則同樣規定了在夏季訓練的最初5天裏，減少訓練課的時間和數量至每天1次，或者是每隔一天進行一天2次的訓練課。雖然NCAA的熱適應措施是針對美國大學美式足球運動員，但這模式作為最低標準而用於年輕的運動員。針對其他年齡組群體和運動的安全建議則需要透過特別的設計才能達到。

表 4 基於研究證據的陳述, 其評定是建構與支持科學證據的力度。準則 (第二欄) 的介定在總結部份交代。

	論據	文獻
脫水降低人體的有氧運動能力, 縮短達至力竭的時間, 增加熱儲存	A	11, 12, 16, 41, 57, 141
EHS 定義介定為力竭時直腸溫度高於 40°C, 伴有中樞神經系統的改變。	B	37, 39, 56, 71, 150, 156, 175
以下會增加罹患 EHS 和運動性熱衰竭的危險性: 肥胖、體能較差、缺乏熱適應、脫水、EHS 病史、睡眠不足、排汗功能紊亂、日曬、病毒性疾病、腹瀉或需服食特定的藥物。	B	14, 22, 45, 55, 60, 66, 69, 85, 99, 149, 150, 164, 173
體育鍛煉和心肺功能較強會減少罹患 EHS 的危險。	C	17, 29, 59, 122, 124, 152
冷水浸入式療法可以提供最快的全身降溫效率, 降低罹患 EHS 的發病率和死亡率。	A	2, 13, 14, 43, 44, 47, 48, 49, 63, 68, 72, 82, 83, 85, 111, 125, 134, 149, 175
當冷水療法不可行時, 可利用冰毛巾和冰袋敷在頭部、軀幹和四肢進行降溫, 其降溫速度稍慢與全身降溫但效果仍佳。	C	
脫水和較高的體重指數會增加熱衰竭發生的危險性。	B	17, 29, 59, 122, 124, 152
10-14 天在熱環境中的運動訓練會改善熱適應降低 EHS 發生的危險性。	B	14, 17, 85, 175
10-14 天在熱環境中的運動訓練會改善熱適應和降低運動型熱衰竭發生的機會。	B	14, 17, 85, 175
當熱耐受力回復正常後, EHS 患者可以重返訓練和比賽。	B	14, 38, 55, 56, 81, 103, 138
耳 (如, 聽覺的)、口腔、皮膚和腋下溫度的測量, 不能用於診斷和區別 EHS 和熱衰竭。	B	18, 36, 39, 134, 135
EHS 的早期症狀包括動作遲緩、障礙、頭痛、噁心、目眩、冷漠、混亂和知覺損害。	B	71, 85, 149, 161
訓練和比賽的時間應當根據環境溫度、相對濕度、日曬、熱適應程度、年齡和設備來調整運動的時間和強度, 以及衣著。	C	38, 49, 108, 157, 174
在高危環境下, 訓練應該與同伴一同進行, 每個人都應對其同伴的狀態進行監控和負責。	C	49, 128, 157

對運動員進行連續的監控

運動員在高溫、高濕環境下進行多日和/或多節數的訓練或比賽, 應當監控其熱病發生的信號和症狀, 以及脫水的累積效應 (3, 12, 41, 57, 141)。連續的測量體重 (40) 和檢驗尿液顏色, 可以用於評估是否存在嚴重脫水和熱病發生風險。在下一節訓練課前應完成補液 (40)。無線的身體深部溫度感測器可以測量胃腸的溫度 (145), 用於監控有過 EHS 病史的高危運動員, 或用於預示哪個運動員可能存在危險而需要實施 MRI 診斷, 但這不一定適用於大多數運動員。

教育

對運動員、教練員、管理人員、醫護人員 (特別是現場的人事和聯絡急救的快速反應小組) 進行教育, 有助於減少熱病的發生及其治療時間。在補充液體、合理飲食、多休息和熱適應的重要性方面, 應給予運動員輔導。運動員之間可以互相監控, 彼此觀察對方在訓練和行為中最細微的改變和信號。

研究證據陳述

在高危環境中，運動員可以與夥伴一起訓練，每個人對他的同伴保持的良好狀態都應負上職責。研究證據類別 C。

結論

熱環境下訓練所帶來的問題是很難獲得全面的掌握，因為每個運動員對熱環境下高強度運動的反應都有所不同。熱病中最嚴重的 EHS，無法進行實驗室的研究，因為體溫過熱對人體所帶來的高風險是倫理上所不能接受的。所以，我們的論述只能依據運動員在運動達到正常的生理極限下所表現出的狀況。運動員能否解除 EHS 的威脅取決與是否可以迅速診斷和採用最有效的降溫手段（如，冰水浴或者快速迴圈降溫的冰毛巾和冰袋）來緩解體溫過高的症狀。這方面的研究證據總結在表 4 內。

參考文獻(略)