

This pronouncement was written for the American College of Sports Medicine by Lawrence E. Armstrong, Ph.D., FACSM (Chair); Douglas J. Casa, Ph.D., ATC, FACSM; Mindy Millard-Stafford, Ph.D., FACSM, Daniel S. Moran, Ph.D., FACSM; Scott W. Pyne, M.D., FACSM; and William O. Roberts, M.D., FACSM.

训练及比赛中的运动型热病

总编译: 王香生 (香港中文大学 体育运动科学系)

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

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

翻译: 钟伯光, 李飞霏 (香港浸会大学体育学系)

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

(Hong Kong Baptist University)

概要

在高强度或长时间的运动中, 运动型热病 (Exertional Heat Illness) 常常会影响到运动员, 导致运动员终止运动或在运动进行中或完成运动后发生晕厥。这些疾病包括运动性肌肉痉挛 (Exercise Associated Muscle Cramping)、热衰竭 (Heat Exhaustion) 和运动型中暑 (Exertional Heatstroke)。某些人在热环境中较容易从力竭发展为晕厥 (如不适应、使用某些药物、脱水和生病), 但即使在相对凉爽的环境中, 运动型中暑 (EHS) 也可以影响到健康的运动员。EHS 的定义可介定为直肠温度高于 40°C, 并伴有症候或器官衰竭的迹象, 常常表现为中枢神经系统紊乱。早期发现并迅速降温可以降低 EHS 的发病和死亡率。EHS 的临床表现并不明显, 如果教练、医务人员和运动员没有给予患者高度警惕和监督, 则很容易被忽视。运动过程中产生的疲劳和力竭, 其发展会随着热应激 (Heart Stress) 的增加而加快, 并且成为热环境中导致运动终止的最常见的因素。在热环境下, 当运动员由力竭发展为晕厥时, 可以使用热衰竭这个说法。在某种情况下, 现场仅可通过直肠温度来判别严重热衰竭和 EHS。通常情况下, 只要给予关注并补充足够水分, 便可以避免热衰竭。在任何温度范围内, 力竭性运动都可能导致运动性肌肉痉挛, 而在高温高湿环境下更易发生。休息和补液及补充盐分 (补盐) 可以缓解肌肉痉挛。一些预防措施可以从根本上减少 EHS、热衰竭和运动性肌肉痉挛的发病率。

引言

本文更新了部份 1996 年关于 “Heat and cold illness during Distance Running” 的立场声明 (Position Stand) (9), 并进一步考虑到跟热环境有关的医学问题 (EHS、热衰竭、运动性肌肉痉挛) 同样会影响活跃人士在和暖或炎热环境中的活动。本文的目的在于减少体力活动时运动型热中暑的发病和死亡率, 但是鉴于每个人对运动的生理反应不同、每天的健康状况也有所不同, 所以即使是遵循建议也不能确保问题不会发生。

热病广泛发生在长时间剧烈的运动当中, 几乎涵盖了所有项目 (如自行车、赛跑、美式足球、足球)。EHS (1, 27, 62, 64, 65, 109, 132, 154, 160, 164) 和热衰竭 (54, 71, 149, 150) 不仅发生在高热、高湿的环境中, 即使是凉爽环境下, 高强度、长时间的运动也可能发生 EHS。体温过热并不一定是热衰竭和运动性肌肉痉挛的典型症状, 疲劳、身体水分和电解质的丢失、中枢调节机制因衰竭而出现问题都可能导致体温升高。

本文将指出如何识别、处理和预防热衰竭、EHS 和运动性肌肉痉挛，但并不包含以下情况：麻醉剂诱导的体温升高、日晒、止汗剂导致的热衰竭、汗腺功能紊乱，这些情况属于其它疾病范畴，因为这些机能紊乱可能与运动无关，仅仅与热环境下的暴露有关。在炎热环境下，长时间运动发生体温升高的现象十分普遍，但基本是由于体液的大量丢失，这在 ACSM 的“Exercise and Fluid Replacement”的立场声明中有所介绍。

本文的论据主要基于科学的临床观察结果。在 EHS 和运动型热中暑的研究中，从伦理出发，某些研究无法将人作为受试对象，因此本文掌握如下的尺度：A. 基于从病人和研究对象方面获得的稳定和高品质的资料；B. 基于从病人和研究对象方面获得的不稳定和有限质量的数据；C. 基于公认、常见的，从实践中获得的结论，或者在诊断、治疗、预防和保护方面获得的一些研究病例。

背景概况：力竭、体温过热和脱水

力竭 (Exhaustion) 是一种人体对负荷的生理反应，它被界定为在任何温度状况下无法继续运动并且感到非常费力的身心状态。随着外界温度超过 20℃ 且热应激增加，人体达到力竭的时间会缩短 (58)。凉爽环境下发生力竭与炎热环境下的晕厥，从临床的角度很难区别。当发生力竭时，运动随即终止，因为其启动了一系列的复合效应，包括中枢神经系统活动减弱 (中枢疲劳) (110, 118)，水分吸收程度降低，外周温度升高导致的肌肉疲劳，能量、矿物质或其它元素储备下降，最终引发肌肉运动能力下降。在运动中，体温升高引发中枢、脊髓和外周神经系统协同作用，导致从力竭发展为运动终止或晕厥，而个中机制仍无法得到解析 (90, 114-116, 171)。炎热环境会加快运动能力的衰竭，可以进一步说明的是，炎热环境下特别是运动员感到不适应时，能量的消耗会加速 (71)。当生理上的力竭最终发展为晕厥时，临床症状通常叫做热衰竭。无论炎热或者凉爽的环境下，运动后晕厥也可能由于姿势性低血压引起，这种情况，可以通过抬高下肢休息不到 30 分钟就可缓解。

许多因素会影响力竭，包括运动时间、运动强度、环境状况、对热应激的适应能力、先天运动能力 (最大摄氧量)、身体状况、水分补充情况、个体因素，包括用药、饮食、睡眠和最近有无患病。在人体以固定负荷运动达到力竭的时间的研究中，发现无论是个人还是团体，均表现为随着环境温度的增加，和/或相对湿度增加，和/或人体总水分的减少，运动能力 (达到力竭的时间) 降低、主观感觉费力程度增加。热应激和脱水两者结合的作用较其中单一的作用更加降低运动能力和表现。与适中的温度相比，运动员在热环境下只能选择减慢运动的节奏，否则便要面对在完成运动前出现晕厥的后果。

研究证据陈述

脱水可以降低有氧运动能力，加速力竭，升高体温 (11, 12, 16, 41, 57, 141)。研究证据类别 A。

运动型体温过热被界定为身体核心温高于 40℃ (71, 85, 86, 149, 150)。它通常发生在运动或休闲活动过程中，并且受运动强度、环境、衣着、器械和个体因素影响。运动引起的体温过热，是由于肌肉产热量高于汗液和血液流动的散热量 (3)。剧烈运动中产生的热量是休息时的 15 到 20 倍，如果没有散热途径，每 5 分钟可以提高身体核心温度 1℃ (105)。持续体温过热会引起 EHS，如果没有及时诊断和降温，这种情况会威胁生命，并且有很高的死亡率。

人体的热量消耗由位于下丘脑和脊髓的中枢神经系统 (CNS) 和位于皮肤和器官的周围神经系统中心控制。如果保持一定的身体核心温度，身体需要维持从核心到表皮的一个温度梯度。如果皮肤温度保持不变，运动过程中身体核心温度增加，改变了这一梯度，则导致热量散失。如果在运

动过程中，由于体内产热和外界环境使体表温度增加，核心与体表温度梯度不变，则身体核心温度增加。

运动员对热的耐受力存在着很大的个体差异性。对于在什么范围内可以导致运动能力下降或造成热衰竭（110），目前没有定论，但事实情况是直肠温度达到 39-40℃时会出现相当多的放弃继续运动的个案（144）。温控的实验室研究证明，预先降温的身体可以延长达到力竭的时间，而预先升温的身体则会加速力竭，但无论在哪一种情况下当运动员的直肠温度达到 40℃时他都会由于疲劳而终止运动（61）。

近年来，体温过热对于疲劳和晕厥的重要影响被广泛研究。这些研究证实，大脑温度通常高于身体核心温度，与对照组相比，脑温度增加会使散热能力降低（119）。当脑温度在运动过程中会由 37℃增加到 40℃，脑血流和随意肌功能出现下降，同步改变的还有脑电波活动和主观费力感受（110，118）。脑温度过热也许可以解释为什么有些人士在运动过程中由于力竭而发生晕厥，而其它一些人士却不受中枢神经系统的控制，强迫自己继续运动，直到发展成为具生命威胁的 EHS。

运动员处于长时间的体温过热而没有明显的功能减弱，这种情况也是存在的，特别是在比赛的过程中。足球运动员、美式足球的前锋、长跑运动员和马拉松运动员曾被验出直肠温度高达 41.9℃的情况下没有表现出由高热导致的生理变化（21，42，46，98，125，130，132.161，165，176）。原因是很多运动可以忍受直肠温度高于 40℃这一 EHS 临界温度而不会表现出任何明显的症状。

脱水常发生在长时间的运动过程中，特别是在热环境，当运动员丢失汗液后补液不足时，脱水会加速。当液体丢失超过体重的 3-5%时，汗液的排泄和皮肤表面的血液流动开始减缓（19），以减少汗液的流失。当炎热环境下，失水超过体重的 6-10%时，有可能出现明显的钠和氯离子（25，45，71，100，102，155，173）的丢失，心脏输出量减少、汗液流失减慢、肌肉血流减缓，最终导致运动能力下降（12，41，57，71，101，141，142）。脱水可能是直接（热衰竭、运动性肌肉痉挛）或间接（例如中暑）导致热病的因素（10）。过量的流汗也会导致盐分的丢失，引起运动性肌肉痉挛和长时间（大于 8 小时）耐力性项目中时常发生的低钠血症。

在一项研究热应激累积作用的试验中，一名男性军人（32yr，180cm，110.47kg，41.4ml·kg⁻¹·min⁻¹），在 41.2℃、39%的相对湿度的环境下，参与了一次有监控的多日高强度运动，他在开始的 3-7 天中（16），出现运动后无症状的 38.3-38.9℃直肠温度。从第 5 天的早晨开始到第 8 天，这名军人体重降了 5.4 千克（4.8%），安静心率增加。第 6、7 天时，皮肤和直肠温度增加。到了第 8 天，他出现热衰竭和不寻常的力竭、肌肉乏力、腹部肌肉痉挛、呕吐，伴随直肠温度达到 39.6℃。其血液中的内啡肽和皮质醇浓度，相对其他受试者分别高出了 6 倍和 2 倍，明显表现出在热环境下运动的不耐受性。其它 13 位男性受试者与的体重测试前的相比基本保持不变，并且安全的完成测试。因为日复一日的不断的脱水积累影响到对热的耐受性、体征、体温状况，因此在热环境下应当加强监控来减少热衰竭的发病率。

当人体以接近最大强度进行运动时，内脏和皮肤血流便会减少，而骨骼肌血流却增加，以提供血糖和带走热量，并将代谢产物从组织中转运走（70）。由于身体核心温度增加导致中枢控制血液流动的能力下降，内脏和皮肤的血管收缩补偿减少，导致血管阻力减小，加重心脏闭锁不全（71，84）。在力竭的过程中，内脏血管收缩减弱已经在老鼠实验中得到证实，因此支持了内脏血管收缩减弱对人体在运动中引起热衰竭的重要角色的推断（70，73，84）。这一机制也可以解释为什么运动性晕厥很少发生在凉爽的环境中，因为凉爽环境下皮肤血管收缩可以保持心输出量和平均血压，延长达到力竭的时间。

到目前为止我们仍然未能完全明白 EHS 和热衰竭是如何发生和其发生次序（106）。一些运动员可以忍受热环境、脱水和体温升高的改变，但一些运动员却在相对条件优越的环境下不能继续进行运动。有研究认为要通过热衰竭达至 EHS，研究似乎反驳了这个假设。EHS 会发生在相对训练年限较短的运动员身上，当他们在炎热和潮湿环境下跑步达到 30-60 分钟，在没有明显的脱水和热衰竭

的症状下却出现体温过高的症状。如果这些运动员出现热衰竭，其维持的时间和过程应该是很短的。因为热衰竭是保护人体的一种方式，只要运动停止，达到运动型中暑的危险性也随之降低，而散热效果也增加。在热环境下运动要有适应的过程，一些心肺功能锻炼和合理的补液，可以减少引发热衰竭和运动型中暑的发生。

研究证据陈述

运动型中暑（EHS）定义为直肠温度高于 40°C，达到晕厥，以及中枢神经系统出现变化。研究证据类别 B。

运动型热中暑

运动型中暑

病源

EHS 定义为体温过高（身体核心温度超过 40°C），伴有中枢神经系统功能紊乱和多个器官系统衰竭。当肌肉运动产生的热量，超过散热量时，身体核心温度升高到一定水平，影响到了器官的正常功能。所有的 EHS 患者在晕厥时都表现出大汗淋漓，皮肤苍白，恰好与非费力所致的中暑（典型性）的症状，如干燥、热、皮肤潮红相反。

倾向性因素

在高温、高湿环境下进行剧烈的比赛而没有经过预先适应，身体会感到不适，这些将成为导致 EHS 的重要因素，即使是训练年限很长、并且经过了预先适应的运动员，在高强度运动中，当产热高于散热时，也容易发生 EHS（18, 34, 71）。导致 EHS 的高危因素包括：高强度运动（超过 75% 最大摄氧量）；湿球黑球温度（WBGT）超过 28°C（20, 81, 156）。运动持续超过 1 小时，并缺乏环境监控。EHS 在凉爽（8-18°C）和适中（18-28°C）环境中（14, 56, 132, 133）亦可能发生，但存在个别差异（14, 22, 55, 56, 66），主要是由于体适能状况、适应性、疾病和用药情况导致（81, 133）。

研究证据陈述

在炎热环境下训练 10 到 14 天，可以增强热适应性并减小 EHS 发生的危机。研究证据类别 B。

以下因素将增加罹患 EHS 的危险性，包括：训练强度突然增加、热环境下暴露时间过长、衣物透气性差、睡眠（14）和补液不足、营养状况低下。热暴露的累积效应会增加罹患 EHS 的危机，特别是夜里温度也维持在高的情况下（14, 168）。非处方类药物和营养补剂，包括麻黄碱、昔奈福林、麻黄素以及其它的合成拟交感神经类药物可能会增加产热（23, 121），但是需要由有对照组的实验室研究和场地测试来加以证明。

训练前和训练中恰当的补液可以延缓脱水，并减缓身体核心温度升高的速率（46, 60）。但当高频率、高强度训练时，即使没有明显的脱水状况也可以发生体温过高，因为此时代谢产热远远超过散热（18, 34, 165）。皮肤病（如，红粟疹）、日晒、饮酒、滥用抗抑郁药物（69）、肥胖、年龄超过 40 岁、遗传性恶性体温过高和热病病史，也可以间接的增加运动员罹患 EHS 的危险性（14, 55, 85, 150）。若有发烧、呼吸系统感染、腹泻和呕吐的情况，运动员就不应该在热环境下继续运

动 (14, 81)。一项持续 9 年的研究表明, 在 14 公里跑中, 有 179 例罹患热病, 其中 23% 患有肠胃和呼吸系统疾病 (128)。类似研究显示, 10 名罹患 EHS 的病人, 其中 3 人有发烧的症状, 6 人回忆起至少有一个危险信号提示即将罹患 EHS (14)。

美式足球项目中, EHS 常常发生在季前训练的头 4 天, 特别是在高热和高湿的环境下, 因为这种情况下运动员的适应性最低。这时候应强调以下一些措施: 在这种高危环境下, 训练量应循序渐进的增加适应, 同时要密切关注运动员在训练过程中的表现和变化, 有意识的选择训练内容 (如强度、持续时间、间歇时间)。以下 3 个因素会影响到美式足球运动员在赛季之初罹患 EHS 的危险性:

(A) 教练员没有很好的调配训练强度与当时的环境状况, 或未采纳运动医学人员的建议; (B) 未有在热环境下进行激烈运动前的体能和适应性训练; (C) 在未适应前使用阻碍散热的装备。

一项针对 10 罹患 EHS 的病例研究中, 发现 8 人发生在以 12.1 至 $13.8\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度的集体跑步的过程中, 这时环境温度高于 25°C , 这表明在一些主要因素影响下, 热耐受性起了转变。最大摄氧量较低 (如低于 $40\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) 的人士, 热耐受性通常较差 (14, 64, 96)。集体跑时, 为了保持频率, 那些适应性较低的参加者必须更努力跟上, 来保持整体的节奏, 与最大摄氧量较高的参加者相比, 他们在跑步结束后身体核心 (直肠) 温度较高。此外, 集体跑的过程中空气流动和热量散失也会相应减少。

针对 EHS 的临床和科学研究以男性为调查对象为主, 且一些假说也较为前沿 (14)。首先, 男性时常处于容易导致 EHS 发生的环境下 (如军事格斗和美式足球)。其次, 男性更具备罹患 EHS 的先天条件, 如男性激素、生理、心里和形态 (如肌肉量, 体表面积/量的比率) 等。而女性对于机能紊乱的免疫性较低, 随着愈来愈多女性参与剧烈运动, 女性罹患 EHS 的数字也随着增加。

研究证据陈述

在下列情况会增加罹患 EHS 的危险性: 肥胖、体适能水平较低、热适应能力较差、脱水、EHS 病史、睡眠不足、汗腺功能紊乱、日晒、病毒性疾病、腹泻或用药。研究证据类别 B。运动训练、心肺功能和预先适应可以降低罹患 EHS 的危险。研究证据类别 C。

病理生理学

EHS 发病的病理生理学如下: 当内脏器官组织超过临界温度时, 细胞内的糖皮质激素被破坏, 细胞能量供应系统发生紊乱, 表现出一些临床症状 (56, 149)。随着细胞温度超过临界值 (例如大概为 40°C), 开始发生一系列的变化, 如细胞体积、代谢、酸碱平衡和糖皮质激素通透性的改变, 进而引起器官功能紊乱, 最终导致细胞死亡和器官衰竭 (71, 91, 175)。这一系列复杂的链式反应解释了为什么 EHS 病人通常都表现出脑、心、肾、肠胃、血液和肌肉的机能紊乱。

各系统组织发生病变和死亡率所波及的范围直接跟身体核心温度对时间构成的图表线的范围 (程度-时间), 以及把内脏降温到 40°C 以下所需的时间有关 (14, 20, 47, 48)。组织耐受的临界值和温度升高所持续的时间 (并非身体核心温度的最高值) 决定损伤程度 (72)。当降温手段迅速介入时, 令体温和意识在征状开始出现的一个小时内恢复到正常水平, 大多数的 EHS 患者都可以完全恢复 (47, 48)。EHS 患者经过迅速的诊断和降温, 理论上可耐受 40.5°C 以上 $60^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$ ($120^{\circ}\text{F} \cdot \text{min}$; 在降温曲线范围) 而不会造成后遗症。相反, 罹患 EHS 的运动员如果没有被确诊不迅速降温, 令曲线面积温度在 40.5°C 以上超过 $60^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$, 便会增加病变和死亡率。在军训过程中 (150), 20 个轻度和 16 个重度 EHS 病例结果显示, 即使有证据显示有多器官受损, 包括血液、肌肉和肾中酶含量有所增加 (74, 172), 当过高体温在 1 个小时内受到控制时, 轻度患者的昏迷时间相对较短。重度罹患 EHS 的病例在入院时已经生命垂危, 死前表现出了明显的中枢神经系统受损 (150)。轻度

和重度 EHS 病例的最基本区别在于晕厥和最初实施降温手段之间相隔的时间（14，20，47，48）。

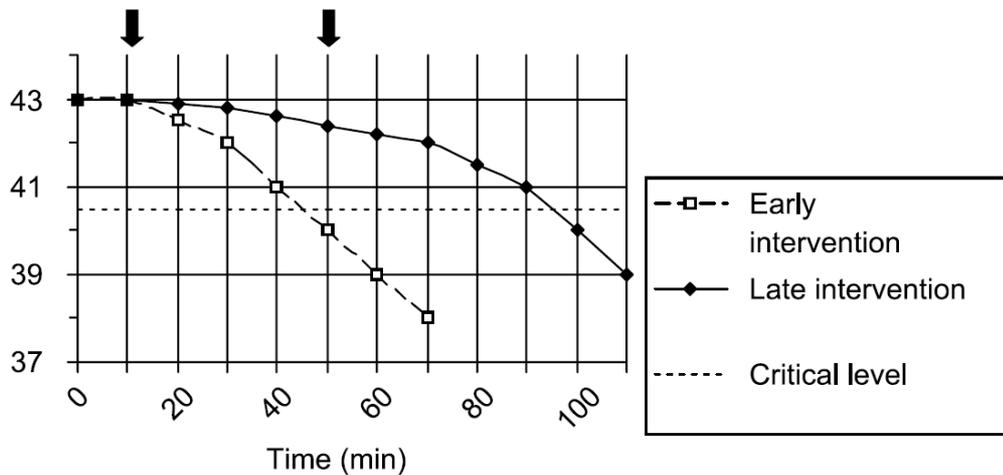


图 1-表示早期和后期介入的降温曲线。早期在 40.5°C 以上介入降温手段，约为 60（时间和程度，以虚线表示），而后期介入降温手段（50 分钟左右开始降温）的曲线在大约 145 的位置。因此后期介入的降温效果较差一些。当中暑诊断延误、或在运动员在降温前被转移，降温便会被延误。箭头分别表示在 10 分钟时的较早介入和 50 分钟时的较晚介入对降温的效果。

心肌组织的温度过高会直接导致心脏功能抑制，但当实施降温后这种功能抑制便可逆转，这一点可以由超声波诊断得知（133）。心组织的温度过高，会降低心脏的输出量，并且影响氧气的运输和将热量由身体内部带到身体表面的一系列功能。由温度过高引起的心脏功能不足和衰竭，会加速身体核心温度的升高，进一步加剧组织缺氧、酸性代谢产物堆积和器官功能紊乱。与之并发的脑温度的升高，引发层级似的功能衰竭，从大脑到下丘脑，通过改变血压和血流，加速细胞凋亡。有趣的是，直接由高温引起的脑功能紊乱导致晕厥，是一种自我保护，促使停止运动以便降温，且晕厥可以达到通过医学手段来进行降温治疗的目的。

运动会刺激大量的血液流向做功的肌肉。在以最大强度运动的过程中，例如相当于心脏输出量的 80-85% 的血液都会被分配到运动肌群（139）。运动过程中，身体核心温度增加，体温调节系统调节外周血管舒张，使血液流向皮肤，达到降温的作用。在运动过程中，大脑调节血压来降低流向内脏的血流量。这减少了内脏的血流，限制了热交换，加速内脏组织的升温和缺血。肠脏组织细胞膜的破坏，使脂多糖碎片从内脏泄露到循环系统，增加了感染细菌的危险性。脱水会加速这些消化系统发生的效应和过程。

由于超过了肌肉组织细胞膜的临界温度（例如大致为 40°C），所以在 EHS 的过程中发生了肌纤维的破坏。虽然离心和向心运动是肌纤维破坏的最普遍原因，但肌细胞膜的通透性会在温度升高时增加，所以运动开始时由于升温，肌纤维破坏也会增加（71，74）。因为高温会使细胞膜分解加强，肌红蛋白释放，若肾动脉血流不足，则引起阻塞和中毒。脑内的钾离子释放到脑外，增加了血液中的钾浓度，有可能引起心率不正。内脏组织升温超过了临界温度，可以直接导致内脏功能紊乱，及由持续性血压过低、肌红蛋白结晶和运动引起的代谢性酸中毒所引发的内脏衰竭（31，70，153）。

发生率

EHS 的发生会因不同项目有所不同，并随着环境温度和湿度的上升而增加。关于 EHS 在运动比

赛中发生率资料有限，有关 EHS 致死的消息常常会被媒体报导，但非致死的 EHS 报导却非常有限，除非是发生在较出名的运动员身上。在大部份的案例中，EHS 致死是非常罕见的，从随机抽出案例像美式足球这样的项目中，较常发生是在季前训练的头 4 天里，像这样的案例在 1995 年至 2002 的几年中，其发生率为 1/350000 (131)。美式足球项目中，致死的 EHS 案例通常发生在 26-30°C、相对湿度为 50-80% 的环境中。EHS 同样容易发生于公路赛跑这种持续性、高强度的项目中。在 Twin Cities 马拉松赛中，在凉爽环境下比赛，EHS 的平均发生率小于 1/10000 (136)，这一发生率随着 WBGT 的升高而增加。相反，一项非常流行的 11.5 千米公路比赛中，当在环境炎热、湿度较高的夏天举行时 (WBGT 为 21-27°C)，平均 10000 个参与者就有 10-20 人罹患 EHS (18, 34)，但同样的项目在凉爽环境下举行时，EHS 的发生为零 (A Crago, M.D., 私人谈话)。这样高的发生率使医务监督系统负担沉重，并且说明夏天并不是举行长距离赛跑的最佳时间。

诊断

对 EHS 的发生作出迅速的诊断是救治患者的最重要步骤 (68)。出现有关 EHS 的信号和症状取决于体温过高的程度和持续时间 (14, 48, 71, 81, 150)。EHS 出现的症状和信号通常不特显，这些征状包括：迷失方向感、混乱、头昏、失去理智或不正常的行为、胡言乱语、易怒、头疼、无法活动、失去平衡、肌肉功能异常而导致的晕厥、疲劳、过度换气、呕吐、腹泻、精神错乱、抓狂和昏迷。因此，出现任何性格和行为改变，都应该进行 EHS 评估，特别是在高温、高湿的环境下。在冲撞性很强的项目，如美式足球中，EHS 常常会被误诊为冲撞所致的脑震荡；对于非运动员身份的人群，EHS 也会被误诊为精神类疾病。

身体核心温度是评估 EHS 的最重要的指标，当运动员发生晕厥或者表现出持续的 EHS 信号和症状时，一定要测量其直肠温度进行评估。评估 EHS 时，不应使用耳朵 (听小管或鼓膜)、口、颞动脉皮下和腋窝温度，因为它们通过空气、皮肤和液体散热，导致略低于身体核心温度 (18, 134, 135)。口腔温度同样会被说话、吞咽、摄取冷饮料和脸部运动所影响 (33, 151)。发生晕厥时，常表现出收缩压低于 100mmHg，心跳过速、过度换气及休克等体征 (例如大汗、皮肤温度低)。

研究证据陈述

耳、口腔、皮肤、颞部和腋下的温度，并不能成为诊断和区别 EHS 与运动型热衰竭的标准。研究证据类别 B。EHS 的早期症状包括：动作迟缓、跌倒、头疼、恶心、头晕、反应迟缓、意识混乱 (71, 85, 149, 161)。研究证据类别 B。

治疗

EHS 是一种威胁到生命的紧急医疗处理，需要迅速的全身降温以达到一个良好的状态 (14, 44, 48, 72, 82, 85, 120, 132, 149)。如果没有其它可能威胁生命的并发症存在，其首要原则就是在送往医院急诊之前，就地实施降温。在降温过程中，运动员如果能迅速恢复意识，一般预期效果都很好。

从观察知道冷水和冰水浸入式降温治疗 (13, 43, 47, 63, 78, 83, 111, 125, 163) 是全身降温速率最快 (如, 0.15-0.24°C · min⁻¹) 的手段，这种手段同样可以达到较低的发病率和致死率 (47)。一种进取的组合降温手段是把浸湿冰水的毛巾轮流地敷在头部、躯干和四肢，而颈部、腋下和腹股沟则使用冰包 (如最近在 Twin Cities、Chicago、Marine Corps 马拉松赛的一样)，以达到了比较恰当的降温速率 (范围是 0.04-0.08°C · min⁻¹)。在颈部、腋下和腹股沟处敷冰包，可以降低体温达到 0.04-0.08°C · min⁻¹ (13)。喷雾式和吹风式降温提供了一种较缓慢的全身降温方式，

并且只有当相对湿度较低时才比较有效，因为这种方法依赖于蒸发作用来达到降温的效果。虽然有些病人表现出误导性的“间歇意识清晰”，这常常会延误诊断和观察，应当持续介入降温手段直到直肠温度和分辨能力恢复常态，才能表示治疗的成功和结束。直肠温度超过 42°C，中枢神经系统功能出现紊乱的公路单车赛运动员，确诊后迅速进行冰水浴，即可远离患病危险而且无需送经医院就诊，没有明显的后遗症。

研究证据陈述

冷水浸泡提供了最快速的全身降温，并且将 EHS 的发生率和死亡率降到最低。研究证据类别 A。当冷水浸泡不能实现时，使用冰水浸过的毛巾，搭配冰包，用于头、躯干、四肢末端，可以达到有效、但是较温和的全身降温效果。研究证据类别 C。

表 1 治疗与热相关的疾病所需的设备和耗材

| |
|--------------------------|
| 担架 |
| 帆布条 |
| 轮椅 |
| 浴巾 |
| 高温直肠温度计（范围超过 43°C，110°F） |
| 一次性乳胶手套 |
| 听诊器 |
| 血压计 |
| 静脉注射管和针 |
| 5%的盐液静脉注射液，1 升装 |
| 3%的盐液静脉注射液，250 毫升装 |
| 处理剧毒和生物制剂的容器 |
| 酒精、棉签、绷带和纱布垫 |
| 医疗工作台 |
| 水盆或者冰水桶 |
| 实施浸入式治疗的浴盆 |
| 降温电扇 |
| 带有调节掣的氧气樽和面具 |
| 碎的或者块状的冰 |
| 塑料袋 |
| 补充液体的口服液 |
| 饮水杯 |
| 血糖仪 |
| 血钠分析仪和试纸条 |
| 安定针剂 5 毫克和咪达唑仑针剂 1 毫克 |
| 除颤器（自动或手动） |

修改自文献（2）和（117）。

接受过治疗的运动员应当有完备的医疗记录（2，132）。这可以提供注意事项和一些有用信息，以备改进 EHS 的医学治疗。表格 1 中记录了评估和治疗 EHS 过程中，所需的设备和耗材。

EHS 导致死亡，常常伴有心肺功能衰竭和休克。迅速降温可以逆转这种情况，但是如果身体核心温度持续升高，并伴有器官衰竭，患者则需要更多的医疗照顾以加强降温力度。如果可能，临床、

血液学、血清化学和诊断学的评估手段应在降温的同时进行，但是一些会延误降温的测试手段最好在这时候不要使用，除非是患者状况有所好转（39）。

通过静脉点滴生理盐水(NS)可以保证血管的容积、改善肾的血流、保护肾脏、减少肌肉的破坏，同时改善各器官组织的血液灌注，促进热量交换和氧气运输和代谢产物的排出。丹曲林(Dantrolene)，一种直接作用于肌肉的松弛剂，可以改变肌肉的收缩和膜的钙离子通道，可以有目的地治疗肌纤维的溶解和那些有遗传性体温过高（104）的运动员，但是需要进一步的研究来证实其对于治疗 EHS 的有效性。丹曲林的有效剂量在实际情况下难以掌握，因此患上 EHS 的运动员，一般只会在采用过进取的降温手段没有效果的情况下才使用曲丹琳。脑温度增加和功能紊乱所导致的癫痫是可以控制的，通过静脉点滴“安定”（Benzpiazepines）来降低脑温度和稳定其电学功能。长时间 EHS 所致的多器官系统衰竭，超出了本文所涉及的范围，可以在大多数医学教科书和指导手册中查阅。

恢复训练或重返比赛

EHS 作为偶发事件时，没有证据表明运动员应何时恢复训练。大多数患者接受了促进降温的治疗手段后，一般都能痊愈，并很快恢复训练（47，48，123，147）。在偶发 EHS 后，对发生热休克的患者进行追踪测试 2 个月，结果发现 10 人中有 9 人的功能恢复正常，包括：体温调节、运动中耐受热的能力，汗腺功能所表现出的热适应、钠钾平衡、血液成分（14）。其中 1 人患上 EHS 后的 2 个月和 7 个月的实验测试中表现出对热的不耐受性，但是在 1 年后恢复。生理和心理的恢复可能需要更长的时间，特别是是那些在 EHS 的过程中，肝组织严重损伤的人士（28，140）。

对于恢复训练和重返赛场的建议，有以下 5 点（37）：

- 1、在解除医疗护理后的 7 天之内，不应参加活动。
- 2、追踪观察 1 个星期，按医生的建议，进行身体检查和测试，或者对于受伤器官进行医学影像诊断。
- 3、当重新开始训练时，首先应在凉爽的环境下进行，逐渐增加时间、运动强度和热暴露程度，用 2 周的时间来适应并观察热的耐受状况。
- 4、如果感到训练依旧很难进行下去，可以考虑 1 个月后，进行一个关于热耐受能力的实验室测试（14，98，103，138）。
- 5、如果 2-4 周的训练后，运动员具备了热耐受能力，则可以重返赛场。

研究证据陈述

罹患 EHS 的人士在恢复对热的耐受力后可以恢复训练和重返赛场。研究证据类别 B。

运动型热衰竭

衰竭的含义是指没有能力继续运动，在所有温度状况下都表现出非常的费力，并可能出现晕厥的状况。从临床的角度，很难判断凉爽与炎热环境下，由衰竭导致的晕厥之间的区别。运动型热衰竭最初报导于 1938 至 1944 年期间，在医学报告（6，30，169，170）中描述了在南非（4）和伊拉克（89）的沙漠进行体力劳动的工人和军人的症状。这些报导中区分了热晕厥（例如，直立体位性血压过低）和热衰竭的不同，后者表现出了明显的体液丢失和心血管功能衰竭（67，93，170，167）。报告中同时推测热衰竭为中枢神经系统功能紊乱的结果，是保护人体在危险的情况下免受过度消耗（99）。这些材料说明了热衰竭是大脑调节的结果，无论什么环境下是避免过度消耗的“安全阀”（114，115，158）。

病源

热环境中，由脱水导致热衰竭是很常见的。热衰竭时，由于血液循环不畅，身体核心温度会升高（16）。实验室和实地研究表明，在 34–39℃ 范围内，以 40–50% 最大摄氧量强度运动时，并不会引起热衰竭，除非存在脱水的情况，而以相同的负荷在凉爽环境中运动亦不会引起热衰竭（35, 143）。

很多类似的研究证据显示，热衰竭是由中枢神经的疲劳引起的，以致广泛增强了周围的血管的扩张，最终导致晕厥（11）。一个沙特阿拉伯的研究小组（146）测量了热衰竭病人的超声心动图，在宗教朝拜的过程中，连续在沙漠中步行导致 EHS。这些图像显示，热衰竭的过程中伴随有：心跳过速和由外周血管舒张导致的心输出量增加，预示心脏功能衰竭。血管的舒张，降低了外周血流的阻力，导致血压过低和循环不足。血液汇集在皮肤和身体末端，降低了由核心带往身体表面的热量，因此皮肤表面的散热也会相应减少。如果空气相对湿度较高，蒸发散热作用会相应减弱，因为空气中的蒸汽接近饱和，同时身体接到信号增加皮肤血流量，来补偿由于蒸发作用减弱而带来了散热降低。这就解释了为什么在潮湿环境下容易发生 EHS 和热衰竭。

倾向性因素

有很多因素可以导致运动员发生热衰竭，包括可以导致运动过程中衰竭的很多因素。针对地下劳动矿工的 3 项研究显示，下列因素会增加热衰竭发生率：BMI 大于 27kg·m⁻²；每年最热的几个月中工作；补液不足，可以由尿比重、血细胞压积、血红蛋白和血清渗透压来判断；温度高于 33℃ 和风速小于 2.0m·s⁻¹（50–52）。

研究证据陈述

脱水和较高的 BMI，可以增加罹患运动型热衰竭的危险性。研究证据类别 B。在炎热环境中训练 10 到 14 天，可以改善热适应，降低罹患运动性热衰竭的危险性。论据类型 C。

发生率

热衰竭是活跃人群中最常发生的与热相关的一种紊乱（5, 75, 79, 85, 97），但其发生率在体育活动当中未有系统的调查。不同体能和年龄的宗教朝圣者，在沙漠 35–50℃ 环境中行走，每日 10000 人中有 4 人发病（5）。参加夏季操练的预备役部队，在 49–54℃ 的环境每日 10000 人中有 13 人罹患热衰竭（97）。大致上，健康的 14 千米公路跑参与者，在比较适宜的 11–20℃ 环境温度下跑步，每天有 14/10000 的跑手罹患热衰竭（127），说明了强度也是重要的影响因素之一。为期 6 天的青年足球训练营，运动员早晨在 WBGT 高于 28℃ 环境下训练，4000 人中有 34 人（85/10000）被诊断为热衰竭，到了第 2 天，病例大大增加，这说明了热暴露的累积效应（54）。以上说明了持续时间、运动强度和環境对于热衰竭发病的交互作用。

诊断

热衰竭的信号和症状既不具有特异性，也无敏感性。热衰竭急性期血压较低，脉搏和呼吸频率增加，病人表现出大汗、脸色苍白无血色。其它的信号和症状包括头疼、虚弱、头昏眼花、头和颈有灼热感、寒战、鸡皮疙瘩、反胃、呕吐、腹泻、过度兴奋、肌肉协调性下降等（71, 72, 76）。热衰竭并不常常伴有肌肉痉挛（70）。在现场，直肠温度的测量可以区别严重热衰竭（小于 40℃）与 EHS（高于 40℃）（36）。如果没有条件迅速的测量直肠温度，应按照经验施加降温手段，特别是在已经出现了一些 EHS 症状的情况下。一项研究系统的分析了运动在热衰竭中所起的作用，通过观

察 14 名健康男性 (15)，连续 8 天在 41℃、39%相对湿度环境下，以 8.3-9.8km·d⁻¹ 的速度和 64-72% 最大摄氧量的运动强度在跑步机作跑步，发现所有受试者均出现了热衰竭的信号和症状（见上一部分的“诊断”）。

治疗

出现运动型热衰竭临床症状的运动员，应当移到阴凉地或者有空调的房间，将多余衣物脱掉，平躺抬高双腿，测量心率、血压、呼吸频率，直肠温度、并密切监控中枢神经系统状态。大多数运动员都可以通过抬高双腿、补充常规饮料和休息来免除晕厥的危险。热衰竭并非总是伴随着身体核心温度的升高，但是施加降温措施通常可以使症状消失。被怀疑为罹患热衰竭的运动员，如果使用普通的降温手段无法缓解，立即送往有急救设备的地方求助。

对于意识清楚、可以吞咽和无呕吐、腹泻状况的运动员，可以通过口服饮料来补充液体。当血压、脉搏和直肠温度恢复正常，并且无继续失水状况时，则没有必要进行静脉点滴。对于那些无法吞咽液体或严重脱水的病患，应进行静脉注射（50-52，72），这做法可以加快恢复速度。利用静脉点滴缓解脱水症状，可以随着患者直立体位的脉搏、血压的变化、其它的临床症状和能否摄入液体来随时调整。如果患者的意识出现进一步的混乱，则应细致评估是否存在体温过高、或体温过低、低钠血症、低血糖和其它临床症状（112，113）。当肌肉的抽搐和痉挛不能通过伸展来解决时，这说明可能是由低钠血症引起的。被怀疑为热衰竭的运动员在脱水表现上没有临床症状时，在使用静脉点滴前应当考虑到这可能是低钠血症引起的晕厥（102）。

最常被推荐用作化解脱水症状的静脉注射液为 NS 或 5% 的葡萄糖盐水。从惯例和经验角度看，对于已表现出休克信号的运动员，首要目的是通过生理盐水扩充血管容积，保护各器官功能、维持血压。5% 的葡萄糖溶液可以通过补糖为细胞提供能量。现行处理方法是一开始便使用 NS 来缓解脱水，除非患者有血糖过低的症状。静脉注射（1 至 4 升）可以加速恢复，这种方法曾有效的使用在矿工身上（50-52）以及足球和美式足球运动员的中场休息时间，虽然这种做法并未有证据证实或者被推荐使用。

大多数罹患热衰竭的运动员在现场就可恢复，待状况稳定后可以在朋友的陪同下离开，并且通常会被建议继续休息、补水。接下来的 48 小时，可以通过简单的检查尿量和颜色（例如，浅黄色或颜色浑浊）来估计恢复的状况。当运动员分辨能力稳定，可以很快的进行反应时，说明处理效果良好。当运动员罹患严重的热衰竭时，最好在医生的指导下来进行康复（29，36，132）。

恢复训练或重返赛场

我们并不建议热衰竭后立即投入运动或劳动。中等程度的热衰竭，一般在 24-48 小时之后就可恢复训练或工作，但仍需遵照医生的建议，逐渐增加活动的强度和ación。无论是休息还是全身的降温手段，罹患热衰竭当天都不能恢复全部的运动能力（3）。一项针对 106 位地下矿工罹患热衰竭的研究中，4 人被送往医院接受治疗，102 人进行了现场处理。在 77 位隔天就投入了工作的人士里，30 人有轻微的持续性头痛和疲劳，最终没有被允许当天恢复工作。无症状的工人中，47 人中的 46 例恢复了正常的工作，而有症状的 30 名工人中，有 22 例被限制在空调的环境下工作。所有的工人 3 天后都完全回归工作岗位元，无一案例需要进一步的治疗（52）。热衰竭案例中几乎没有发生严重的并发症。运动员在通过静脉点滴完成补水后，回到比赛通常会大汗淋漓，但这只是脱水过程，而并非是真的热衰竭表现。

运动性肌肉痉挛（运动型热痉挛）

病源

运动性肌肉痉挛（EAMC），也叫做热痉挛，是一种非常痛苦的骨骼肌痉挛，常常出现在长时间而剧烈的运动当中，并且经常出现在气温高的环境（95）。EAMC 尤其普遍发生在网球和美式足球项目中（26）。EAMC 也常常发生在长跑比赛，因为当中的运动强度和持续时间通常超过平时训练的要求。

在热环境下出现的痉挛被一些学者认为与 EAMC 有所区别（71），因为这种痉挛常常伴有大量的钠和水分的丢失，而热环境下的痉挛通常表现出不同的信号和症状（24, 25, 71, 88）。虽然中度至寒冷的环境下跑步、滑冰、滑雪到疲劳时，也会表现出以上的临床症状，在热环境下的 EAMC 通常没有先兆，发生的部位包括腿、手臂和腹部（25, 71, 92, 94, 95, 166）等处。网球运动员多次发生热痉挛时，通常可以预感到即将抽筋，并且可以通过休息和补水来避免痉挛的发生（24）。在 EAMC 过程中，很少进行过对电解质平衡状况的测量，但是有数据显示钠的含量不足（24, 25, 26, 88, 92, 166）。有些人士特别容易罹患 EAMC，这可能跟遗传或骨骼肌或脂肪代谢的异常有关。

倾向性因素

EAMC 一般具备以下三种因素：运动引起的肌肉疲劳、身体水分丢失、从汗液大量丢失钠离子（24, 26, 85）。EAMC 似乎常常发生在长时间、高强度的运动项目中，确实，某些特定时间的运动项目容易导致 EAMC 的发生。在连续几天的网球锦标赛中，运动员常常每天要进行不止一场比赛，每场间仅能休息 1 小时。这种比赛形式加深了肌肉的疲劳，延缓了赛间液体和电解质的吸收，最终导致 EAMC（24, 25）。同样的情形也发生在以下几种情况中：每天两次训练或比赛；连续几天的锦标赛。在这两种情况均会大量流失汗液。

病理生理学

利用低渗（Hypotonic）饮料来补充汗液中钠离子流失的做法，被认为是导致 EAMC 的主要原因（24、25、32、53、71、92、95、96、166）。发生 EAMC 的蔗糖收割工人被发现其尿液中钠离子水平较低（相对于健康个体），作者进一步推断这些工人可能存在全身的钠离子含量不足的状况（92, 95）。一位有过多 EAMC 经历的年轻网球运动员，通过增加饮食中的盐分，成功的缓解了功能紊乱的状况（24）。根据实际经验，钢铁工人在增加盐的摄取后有效的避免 EAMC 的发生（88, 166）。鉴于脑内的钙、镁和钾离子在运动过程中很少流失，所以热环境中发生痛苦的痉挛可能与这些物质浓度的改变没有关联（25）。

细胞膜两端的钠、氯和钾离子浓度会影响到神经和肌肉组织的静息电位。脑内液体的稀释或水分增加被认为是导致 EAMC 的一个原因（88, 95）。但是细胞间液和细胞膜外的水肿，一般不会引起 EAMC（88）。

发生率

EAMC 的发生率还没有在大规模的流行病学调查中报导过。在一项持续 12 年关于马拉松过程中发生的医疗总结中发现每 1000 名参与者中，有 1.2 个 EAMC 案例发生，而抽筋占有所有医疗因素中的 6.1%。

诊断

在 EAMC 的过程中，肌肉或肌群的强直收缩所引起的疼痛有时候是非常痛苦的。发生 EAMC 的肌肉常常表现出随机性，一束肌纤维松弛后，临近的又开始收缩，给人感觉好像疼痛在不断徘徊(88)。痉挛首先发生在股四头肌，接着转移到其它肌群(25)。大多数痉挛持续约 1-3 分钟，但是一系列的痉挛要超过 6-8 小时(95)。胃肠抽筋(由胃肠胀气或腹泻引起)和胃肠感冒常常被误诊为腹部的 EAMC(71, 95)。

EAMC 容易与手足抽搐相混淆。后者的特征是掌指关节屈曲而足趾关节则绷直，这些是手足抽搐的典型表现。手足抽搐很少同时跟热痉挛发生，但是常常发生在以下情况：过度换气；使用利尿剂导致的低钠血症；和摔跤运动员透过脱水减体重的情况(95)。

治疗

休息、以最大幅度持续伸展肌群、通过饮食补充盐分(例如把 1/8 至 1/4 茶匙的食用盐添加到 300-500 毫升的液体或运动饮料中；或 1-2 片盐片添加到 300-500 毫升的液体、黄金汤或咸零食中)是很好的缓解 EAMC 的方法。某些情况下，静脉点滴 NS 可以迅速缓解严重的 EAMC(88, 95)。钙盐、碳酸氢钠、奎宁和葡萄糖在治疗 EAMC 的过程中作用不大(25, 95)。在治疗顽固性痉挛的过程中，静脉点滴安定(Benzpiazepines)，可以通过中央机制有效缓解肌肉痉挛。这些药品的使用需要进行严紧的监控，并且需要运动员尽量休息。发生低钠血症时，也常常伴有痉挛的现象，所以在没有脱水相伴下发生痉挛时，应当在进行静脉点滴 NS 前测量血钠浓度。

恢复训练或重返赛场

很多罹患 EAMC 的运动员通过休息和补液可是继续运动或训练，而其它的需要治疗至少休息 1 天以便更好的恢复。肌肉痉挛伴随有热衰竭和低钠血症时(71)，急于重返比赛可能会导致更严重的问题。

预防措施

在炎热环境下，可以通过保持体内液体和盐分的平衡来预防 EAMC。运动员如果汗液中有较高的钠含量和出汗率，或者曾经有过 EAMC 病史的，应当在饮食中增加盐分的摄入量，以便在长时间的运动中保持盐分平衡(25, 71, 137)，或当出汗量较大时，每日饮食应当增加含盐的摄取量至 5-10 克(95, 166)。尤其是在运动的热适应期，这一点特别重要。两名运动透过计算汗液中的盐分的丢失量，并在运动中、后进行补充盐分而成功避免了 EAMC 的发生，并且在热环境下取得了好成绩(24)。一项无对照组的研究中发现，美式足球和足球运动员，透过在运动前、中、后的饮食中增加盐含量而有效的预防了 EAMC 的发生。

运动员的安全和减少热病的发生

项目的安排应当避免在极热和潮湿的月份中进行，可以依照当地的历史数据来估计天气状况。在夏季，所有的项目、比赛和训练都应当安排在一天当中比较凉爽的时段内(如清晨)进行。在春天和秋天出现的反常高温天气将会增加罹患运动型热中暑的危险性，因为运动员通常会在这阶段仍未充分适应热气温。

热适应被公认为最有效的避免 EHS 和热衰竭的手段。热适应需要在热暴露的最初 10-14 天中，

逐渐的增加运动的持续时间和强度，其最大效应的发挥可能在第 12 周时（17）。在一项对死亡率的调查中，随着纬度的升高（如，北欧），中暑致死的最低温度会下降，在同一纬度上，致死的最低温度在夏季会升高（80）。因此，通过居住在特定的地理环境就可以达到热适应的目的，在热适应过程中，运动负荷的限制和改变应当考虑到当地的局部气候的特殊性。训练过程中，应当参照上述保护措施，特别是持续时间较长并接近最大强度的运动训练。在后天训练水平较高，且达到了热适应情况下，才可以进行长时间和高强度的训练和比赛（59, 122, 124, 152）。某些在热环境下的特殊运动项目，只要加强心肺功能和适当补充含电解质的饮料，就可以降低热衰竭（36）的发病率。

所有运动员都应被严密监控是否存在热衰竭的信号和症状，特别是处于热适应阶段和突然炎热的环境状况下，因为早期的诊断不但能减少问题的严重性，而且可以减少处理过程中不必要的时间。运动员通过充分的休息、营养、补水和热适应，可以降低热衰竭发生的危险性（67）。如果运动员反复罹患热衰竭，则应小心监视有关液体补充、饮食、全身的矿物质平衡、休息时间和热适应等各种状况（36）。运动员应当有监督液体补充的计划（8, 9），保证体重维持在不少于 2%（比赛或训练前的初始体重）的液体补充（30）。

表 2 对于健康成年人用作修订或取消运动或比赛的 WBGT 水平^{a,f}。

| WBGT ^b | | 继续活动或比赛 | 训练和间断性的活动 | |
|-------------------|-----------|--|-----------------------------|--|
| 华氏 | 摄氏 | | 不适应的高危个体 ^c | 适应的低危个体 ^{c,d} |
| ≤50.0 | ≤10.0 | 大体上安全；个别参加者可能发生 EHS | 正常活动 | 正常活动 |
| 50.1-65.0 | 10.1-18.3 | 大体上安全；会发生 EHS | 正常活动 | 正常活动 |
| 65.1-72.0 | 18.4-22.2 | EHS 和其它热病发生的危险性开始增加；应当给予高危的参加者监控，或退出比赛 | 增加休息/运动的比例。监控补液情况 | 正常活动 |
| 72.1-78.0 | 22.3-25.6 | 所有参赛者的危险性增加 | 增加休息/运动的比例，减少运动时间 | 正常活动。监控补液 |
| 78.1-82.0 | 25.7-27.8 | 未有适应和体能差的参赛者处于高危 | 增加休息/运动比例至 1:1，减少运动强度和ación | 正常活动。监控补液 |
| 82.1-86.0 | 27.9-30.0 | 达至 EHS 的危险警戒线，应当取消活动或比赛 | 限制高强度的运动。重点监控高危的参加者 | 谨慎计划长时间、高强度的运动 ^f ；监控高危的参加者。 |
| 86.1-90.0 | 30.1-32.2 | | 取消或终止活动和比赛 | 限制大强度运动 ^f 和暴露在湿热环境下的时间；监控早期信号和症状 |
| ≥90.1 | ≥32.3 | | 取消活动 | 对于所有存在不可补偿的热应激 ^e 的运动员 ^f ，应取消活动 |

a 修改自文献（38）。

b 湿球温度。

c 当穿着短裤、T 恤、短袜和运动鞋时。

d 在热环境中适应性训练至少 3 周。

e 体内产热超过热量的散失，核心问题持续升高，但没有高原的出现。

f 不同的平地气温和个人对温度的适应状况可能容许活动的水平超过表中所列的水平，但是运动员和教练应该咨询运动医学工作人员的意见，并且留意当超过表中水上限时身体的反应。

表 3 对于儿童运动员如何调整运动计划

| WBGT ^b | | 活动上的限制 |
|-------------------|-----------|---|
| 华氏 | 摄氏 | |
| <75.0 | <24.0 | 可以进行所有活动，但在长时间的运动中，应当警惕跟热相关的疾病的早期症状 |
| 75.0-78.5 | 24.0-25.9 | 延长凉爽环境下休息的时间，强制性每 15 分钟补液 |
| 79.0-84.0 | 26.0-29.0 | 对于未适应热环境和高危的参加者应该停止运动；限制其它所有人的活动 (禁止长距离赛跑，减少其它活动的时间) |
| >85.0 | >29.0 | 取消所有比赛活动 |

注意：

1. 来源：文献 (7)。
2. 以上指导原则并未考虑到衣着影响。虽然服装和护具（如，美式足球）对年轻运动员的排汗和身体温度影响依旧未知，但服装的影响应当考虑在内。
3. 应该进行 8-10 次的热适应训练（每次 30-45 分钟；每天或者每隔一天进行一次）。
4. 不同的平地气温和个人对温度的适应状况可能容许活动的水平超过表中所列的水平，但是运动员和教练应该咨询运动医学工作人员的意见，并且留意当超过表中水上限时身体的反应。

高危险性环境下的运动调整

造成 EHS、热衰竭和 EAMC 的高危项目，总离不开具有高强度的运动和炎热和湿度高的环境。运动员可能没有足够的经验来避免热病的来临，并且常常以为既然安排了比赛或者训练，则环境就一定是安全无害的。运动员的求胜动机，无论在任何环境下，都会增加 EHS 发生危险性，特别是在高危环境下进行训练时，一定要受到教练和医务人员的关注。

一个运动员出现了热病相关的症状，则预示着更多的危险可能要发生 (75, 97)。当时的天气情况极容易导致危险时，医疗工作人员、赛事组织者、教练和运动员本身，应当遵照预先规定的项目安全守则考虑延期、重新安排时间、变更、取消赛事等决定。家长、同辈、教练和管理人员所施加的压力可能会鼓励原本患病、疲劳或者处于脱水状况的运动员在不安全的环境下参加比赛。

培养运动员的热适应、训练和比赛中应该有充分的液体提供，且应当适当延长休息时间以增加热量的散失，或减短训练时间以减少热量的产生，当环境存在中等或高度危险性时，应延后训练时间（表 2）。当调整训练时间和比赛赛程时，应考虑到以下情况，包括：环境状况、热适应程度、体适能、年龄、训练的强度和持续时间、当天的训练时段、衣着、补液频率、运动场地的热反射和辐射（如，草地或沥青地面）(157)。在热环境下，应当解除装备和衣物来减少不必要的热积累。每段训练课或者比赛之间，应当有最低 3 小时，最好 6 小时的恢复和补充液体的时间。

研究证据陈述

训练和比赛中应当依照环境的温度、湿度、日晒、热适应情况、年龄和装备来决定如何减少运动的时间和强度或减穿衣物。研究证据类别 C。

环境监督

在训练和比赛前、中，赛事组织者应当监控环境状况。最好是测量比赛场地周边精确的气象学数据数据，如热应激。导致热损伤的危险因素包括：周围环境温度、相对湿度、风速和太阳辐射产

生的热量；当调整运动时，至低限度应把干球温度和相对湿度考虑在内。WBGT 应用于运动员、军队和工厂（49, 76, 162, 174）来估计热危险度，因为它可以综合考虑热辐射（Tbg）和空气中的水蒸汽含量（Twb）。WBGT 的计算公式如下（174）：

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

Twb 表示自然湿球温度，Tbg 为黑球温度，Tdb 为干球温度（49）。Twb 的测量方法为使用未被遮蔽而外包湿纱布的温度计测量环境温度。中空、不反光、黑色金属球，中央插入温度计，所得即为 Tbg。这二者，可以直接在日照环境下测量。在这个公式中，Twb 对 WBGT 的贡献率为 70%。

便携式监控仪测量 WBGT 对估计场地的热应激是非常有效的（49, 77, 162, 174），但是昂贵的价格限制了它的使用。测量温度、相对湿度和自然湿球温度的仪器，总体花费不足 75 美元。这些指标的测量，可以通过免费的共享软件转化为 WBGT（177）。当没有条件测量 WBGT 时，场地周围环境温度、相对湿度数据，就可用来估计罹患热病的危险度。

罹患 EHS 和运动型热衰竭（着短裤、短袜、鞋和 T 恤），与环境压力相关的危险性，可以分成 3 个层次，如表 2 所示；这包括了持续性的活动和比赛，或训练和非持续性的活动。大型的告示版或者标识，应当放置在运动员场地或沿跑道处，来描述热衰竭和 EHS 的危险性。如果 WBGT 的温度超过了 28°C，就应当考虑是否可以取消或重新安排比赛时间，直到环境状况有所好转（117）。表 3 是考虑到儿童的特殊因素而对于上述内容有所调整（7）。虽然过去的观点都认为儿童的热耐受性较差，但是最近的一些从儿童身上得出的研究数据显示这种观念不一定正确（78, 148）。然而，既然没有进一步的研究可以证实，那么将儿童列为高危人群也是谨慎的做法。调整训练通常由教练实施，他们应当有这样的意识，就是根据环境条件来调整训练和比赛，以保证基本的安全。

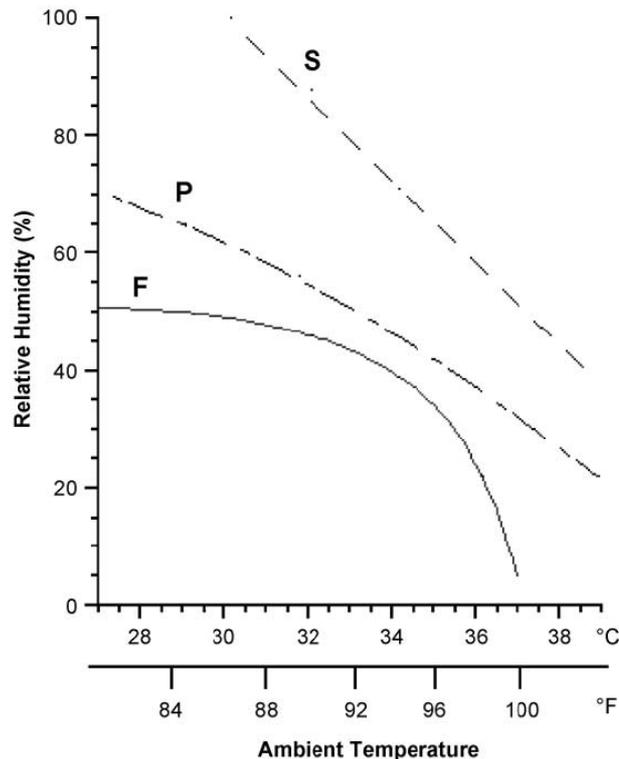


图 2-环境状况的不同决定了美式足球运动员所穿着的服装不同[S 指穿着短裤、短袜和运动鞋；P（练习服装）指穿着头盔、内衣、肩垫、号码衫、短裤、袜和运动鞋；F（全套比赛服装）指穿着头盔、内衣、肩垫、运动衫、短裤、袜、运动鞋、比赛长裤、大腿垫和护膝]。（F, P, S）曲线上面和右边的区域表示不可补偿的热压力下身体核心温度在运动进行时升高[在允许下把文献（87）

作出修改；说明在 35%的最大摄氧量强度下运动；不可补偿的热压力的定义见表 2，下标 f]。曲线下面和左边的区域表示可补偿的热压力和可能达到热平衡的范围。

服装

在运动员完成热适应之前，服装对于热量的储存，是非常明显的，特别是在美式足球项目中，头盔、保护垫、外衣会锁着热量，减小热量的散失。运动导致代谢过程中热量的产生，增加身体核心温度，如果高温持续，很容易就触发无法抵偿的热应激。运动员应当尽可能移除保护装备来增加热量的散失，减小体温过高所带来的危险，尤其是当处于适应阶段。图 2 说明了不同热环境下的无法抵偿的热应激；这可以指导教练和队员在什么温度范围内选择练习服装。

全美大学运动员联盟（NCAA），规范了大学的美式足球运动如何介绍和使用防护装备来适应热的环境（107，108）。最近的规则允许运动员在训练的最初 2 天里，使用头盔，3-4 天时使用头盔和肩垫，第 5 天后使用全套的防护装备。规则同样规定了在夏季训练的最初 5 天里，减少训练课的时间和数量至每天 1 次，或者是每隔一天进行一天 2 次的训练课。虽然 NCAA 的热适应措施是针对美国大学美式足球运动员，但这模式作为最低标准而用于年轻的运动员。针对其它年龄组群体和运动的安全建议则需要透过特别的设计才能达到。

表 4 基于研究证据的陈述,其评定是建构与支持科学证据的力度。准则（第二栏）的介定在总结部份交代。

| | 论据 | 文献 |
|---|----|--|
| 脱水降低人体的有氧运动能力，缩短达至力竭的时间，增加热储存 | A | 11, 12, 16, 41, 57, 141 |
| EHS 定义介定为力竭时直肠温度高于 40°C，伴有中枢神经系统的改变。 | B | 37, 39, 56, 71, 150, 156, 175 |
| 以下会增加罹患 EHS 和运动性热衰竭的危险性：肥胖、体能较差、缺乏热适应、脱水、EHS 病史、睡眠不足、排汗功能紊乱、日晒、病毒性疾病、腹泻或需服食特定的药物。 | B | 14, 22, 45, 55, 60, 66, 69, 85, 99, 149, 150, 164, 173 |
| 体育锻炼和心肺功能较强会减少罹患 EHS 的危险。 | C | 17, 29, 59, 122, 124, 152 |
| 冷水浸入式疗法可以提供最快的全身降温效率，降低罹患 EHS 的发病率和死亡率。 | A | 2, 13, 14, 43, 44, 47, 48, 49, 63, 68, 72, 82, 83, 85, 111, 125, 134, 149, 175 |
| 当冷水疗法不可行时，可利用冰毛巾和冰袋敷在头部、躯干和四肢进行降温，其降温速度稍慢与全身降温但效果仍佳。 | C | |
| 脱水和较高的体重指数会增加热衰竭发生的危险性。 | B | 17, 29, 59, 122, 124, 152 |
| 10-14 天在热环境中的运动训练会改善热适应降低 EHS 发生的危险性。 | B | 14, 17, 85, 175 |
| 10-14 天在热环境中的运动训练会改善热适应和降低运动型热衰竭发生的机会。 | B | 14, 17, 85, 175 |
| 当热耐受力回复正常后，EHS 患者可以重返训练和比赛。 | B | 14, 38, 55, 56, 81, 103, 138 |
| 耳（如，听觉的）、口腔、皮肤和腋下温度的测量，不能用于诊断和区别 EHS 和热衰竭。 | B | 18, 36, 39, 134, 135 |
| EHS 的早期症状包括动作迟缓、障碍、头痛、恶心、目眩、冷漠、混乱和知觉损害。 | B | 71, 85, 149, 161 |
| 训练和比赛的时间应当根据环境温度、相对湿度、日晒、热适应程度、年龄和设备来调整运动的时间和强度，以及衣着。 | C | 38, 49, 108, 157, 174 |
| 在高危环境下，训练应该与同伴一同进行，每个人都应对其同伴的状态进行监控和负责。 | C | 49, 128, 157 |

对运动员进行连续的监控

运动员在高温、高湿环境下进行多日和/或多节数的训练或比赛，应当监控其热病发生的信号和症状，以及脱水的累积效应（3，12，41，57，141）。连续的测量体重（40）和检验尿液颜色，可以用于评估是否存在严重脱水和热病发生风险。在下一节训练课前应完成补液（40）。无线的身体深部温度传感器可以测量胃肠的温度（145），用于监控有过 EHS 病史的高危运动员，或用于预示哪个运动员可能存在危险而需要实施 MRI 诊断，但这不一定适用于大多数运动员。

教育

对运动员、教练员、管理人员、医护人员（特别是现场的人事和联络急救的快速反应小组）进行教育，有助于减少热病的发生及其治疗时间。在补充液体、合理饮食、多休息和热适应的重要性方面，应给予运动员辅导。运动员之间可以互相监控，彼此观察对方在训练和行为中最细微的改变和信号。

研究证据陈述

在高危环境中，运动员可以与伙伴一起训练，每个人对他的同伴保持的良好状态都应负上职责。研究证据类别 C。

结论

热环境下训练所带来的问题是很难获得全面的掌握，因为每个运动员对热环境下高强度运动的反应都有所不同。热病中最严重的 EHS，无法进行实验室的研究，因为体温过热对人体所带来的高风险是伦理上所不能接受的。所以，我们的论述只能依据运动员在运动达到正常的生理极限下所表现出的状况。运动员能否解除 EHS 的威胁取决与是否可以迅速诊断和采用最有效的降温手段（如，冰水浴或者快速循环降温的冰毛巾和冰袋）来缓解体温过高的症状。这方面的研究证据总结在表 4 内。

参考文献(略)