

## Подготовка к матчу и индивидуальное питание

# Модуль 3: Экстремальные условия

### Блок 1: Влияние тепла на производительность

Тема 1: Терморегуляция

Тема 2: Влияние теплового стресса на производительность

Тема 3: потливость

Тема 4: Влияние обезвоживания на терморегуляцию

### Блок 2: Тепловой удар

Тема 1: Влияние обезвоживания на работоспособность

Тема 2: выпивка

Тема 3: Измерение потери потоотделения

Тема 4: Акклиматизация

Иногда в футбол играют в экстремальных условиях окружающей среды (холодных или жарких). Хорошо известно, что показатели выносливости снижаются в жарких условиях, но в коротких (спринтерских) дисциплинах они могут действительно выиграть. В футболе можно не повлиять на одиночный спринт, но усталость будет развиваться быстрее, а количество спринтов с высокой интенсивностью снизится. В этом разделе мы обсудим влияние тепла на показатели выносливости, причины его нарушения и стратегии по минимизации воздействия тепла на производительность.

Температура тела человека регулируется в узких пределах. Нормальная температура 37°C. Во время упражнений температура тела может подняться до 39,5 °C, но обычно 40 °C почти никогда не достигаются или превышаются. Самая низкая температура составляет около 36°C, поэтому нормальный диапазон составляет 36-39,5°C. Чтобы поддерживать внутреннюю температуру в таком узком диапазоне, сложная система терморегуляции обеспечивает рассеивание тепла для предотвращения перегрева и сохранение тепла тела для предотвращения переохлаждения. В следующем разделе мы обсудим механизмы притока и потери тепла, а также их центральную регуляцию через гипоталамус.

## 3.1 Влияние тепла на производительность

### 3.1.1 Терморегуляция

Во время упражнений в жарких условиях окружающей среды есть несколько способов, которыми игрок нагревается, и у игрока есть ряд механизмов для его рассеивания (Wendt, van Loon, & Lichtenbelt, 2007). И наоборот, в холодных условиях в организме есть механизмы, минимизирующие потери тепла. Это позволяет предотвратить повышение или понижение внутренней температуры до опасного уровня. Тепло может быть получено из окружающей среды и за счет сокращения мышц. Тепловой стресс



окружающей среды определяется температурой окружающей среды, относительной влажностью, скоростью ветра и солнечной радиацией (как непосредственно от солнца, так и отраженной от земли). Во время упражнений работающие мышцы выделяют тепло с высокой скоростью, и это основная причина повышения температуры тела.

Давайте сделаем быстрый расчет потенциального воздействия этого производства тепла. В следующем примере мы выполним расчеты для футболиста весом 75 кг с  $VO_{2max}$  4,3 л / мин и 15% жира. В футбол играют со средней интенсивностью 70%  $VO_{2max}$ , и, таким образом, этот игрок будет играть со средним  $VO_2$  3 л / мин. Расход энергии составляет примерно 5 ккал на литр кислорода, потребляемого в минуту. Примерно 20% из них используется для сокращения мышц; остальные 80% - тепло. Итак, выработка тепла составляет 12 ккал / мин или 720 ккал / час (или 837 Вт). Удельная теплоемкость для нежирных тканей составляет 0,83 ккал / кг / °C, а для жиров - 0,41 ккал / кг / °C. Итак, для нашего игрока с 15% жира это означает, что удельная теплоемкость тела составляет  $(0,85 \times 0,83) + (0,15 \times 0,41) = 0,77$  ккал / кг / °C. Таким образом, аккумулялирование тепла составит  $75 \text{ кг} \times 0,77 \text{ ккал / кг / °C} = 57,5 \text{ ккал / мин / °C}$ .

Это означает, что при 720 ккал производства тепла потребуется 12,5 минут для повышения температуры тела на 1 ° C и примерно 37 минут для достижения опасного уровня. Во время высокоинтенсивной физической активности выделение тепла за счет сверхмаксимальных усилий будет во много раз выше, а внутренняя температура может достичь критического уровня в течение 10-12 минут.

Поэтому решающее значение имеют механизмы отвода тепла. Если кожа горячее окружающей среды, тепло теряется через кожу в результате физической передачи (испарение пота, конвекция и теплопроводность) в окружающую среду. Если окружающая среда горячее, чем кожа, тепло получается за счет конвекции (конвекция - это теплообмен между твердой средой (например, телом человека) и движущейся средой (например, воздухом или водой) и теплопроводностью (прямая передача тепла) в окружающую среду, без движения). Проводимость обычно составляет лишь небольшой процент потери тепла (3%). Излучение (передача энергетических волн путем излучения одним объектом и поглощения другим) также играет роль. Все объекты, которые не являются абсолютно нулевой температурой излучают тепло. Наше тело излучает тепло, солнце излучает тепло. Излучение в термонейтральных условиях составляет примерно 60% общих тепловых потерь. Когда температура окружающей среды высока, а тепловое излучение от солнца высокое, излучение от тела незначительно. Когда нет облачного покрова или тени, получается больше радиационного тепла.

Потери тепла за счет испарения - это последний способ отвода тепла. Небольшая часть этого происходит за счет вентиляции и диффузии, для которых у нас нет механизмов контроля. Гораздо более важным является охлаждение испарением через потоотделение. В сухом воздухе может испариться значительное количество пота. Испарение 1 л воды с кожи отводит 573 ккал тепла от тела. Однако если окружающая среда насыщена водяным паром (т.е. относительная влажность = 100%), испарения пота не происходит, и тело не теряет тепло. Поэтому относительная влажность является важным фактором, поскольку высокая влажность серьезно снижает потери пота на



испарение, и пот должен испаряться с поверхности тела, чтобы оказывать охлаждающее действие. (Jeukendrup and Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>) Когда пот скатывается с кожи, он практически не имеет охлаждающего эффекта.

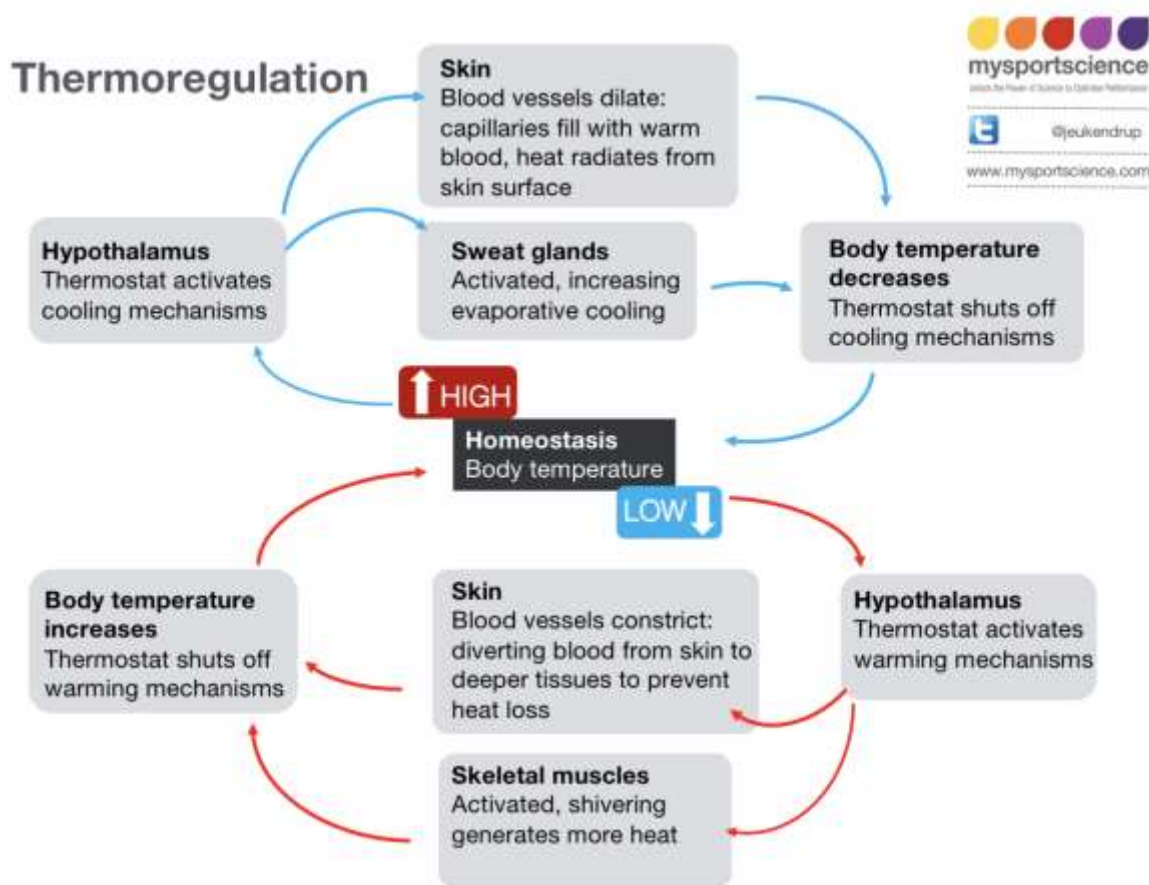
Скорость передачи тепла от ядра тела является продуктом кровотока в коже и разницы температур между ядром и кожей. Следовательно, первая реакция - увеличение кожной вазодилатации. Корректировка тонуса сосудов кожи будет влиять на кровоток в коже. Кровоток регулируется не только терморегуляторными, но и нетерморегулирующими реакциями. Например, сокращение мышц увеличит потребность в кровотоке и может привести к сужению сосудов. При выполнении упражнений в жарких условиях кожное кровообращение подвергается противоречивым требованиям: сужение сосудов для увеличения притока крови к мышцам и расширение сосудов для охлаждения (Kellogg, Johnson, & Kosiba, 1991).

Одного только высокого кровотока в коже может быть недостаточно для отвода тепла от тела во время упражнений в жарких и влажных условиях, когда температура кожи повышается из-за неспособности испарять пот. Эффективность этого пути потери тепла также во многом зависит от площади поверхности тела, доступной для теплообмена, и градиента температуры между поверхностью тела и окружающей атмосферой. Несоответствующая одежда затрудняет отвод тепла. Когда температура окружающей среды близка к температуре тела, потеря тепла через усиление кровотока через кожу минимальна. Тогда тело почти полностью зависит от испарительного охлаждения (потоотделения) (Jeukendrup and Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

Гипоталамус - это центральный термостат, который действует как обычный термостат, следя за тем, чтобы температура тела оставалась в относительно узких пределах (рис. 1). Гипоталамус имеет много чувствительных к теплу и холоду нейронов в его преоптических и передних ядрах. Помимо определения внутренней температуры, гипоталамус также получает афферентную информацию от терморцепторов по всему телу, включая спинной мозг, внутренние органы брюшной полости, большие вены и кожу. Когда температура тела повышается, это ощущается как самим гипоталамусом, так и этими периферическими терморцепторами, и, таким образом, гипоталамус активирует механизмы охлаждения. К ним относятся вазодилатация капилляров кожи. Кожа наполняется теплой кровью из сердцевин, и тепло может излучаться в окружающую среду. Одновременно активируются потовые железы для охлаждения испарением (рис. 1). В результате температура тела снизится, а это значит, что термостат снова отключится.



Рисунок 1: Регулирование температуры тела и роль гипоталамуса



Источник: Jeukendrup. www.mysportscience.com

Thermoregulation	Терморегуляция
Hypothalamus	Гипоталамус
Thermostat activates cooling mechanisms	Термостат активирует механизмы охлаждения
Body temperature increases	Повышается температура тела
Thermostat shuts off warming mechanism	Термостат отключает механизм подогрева
High	Высокий
Homeostasis	Гомеостаз
Body temperature	Температура тела
Low	Низкий
Skin	Кожа
Blood vessels dilated: capillaries fill with warm blood, heat radiates from skin surface	Расширены кровеносные сосуды: капилляры наполняются теплой кровью, тепло исходит от поверхности кожи.
Sweat glands	Сладкие железы



Activated, increasing, evaporative cooling	Активированное, увеличивающее, испарительное охлаждение
Blood vessels constrict diverting blood from skin to deeper tissues to prevent heat loss	Кровеносные сосуды сужают отвод крови от кожи к более глубоким тканям, чтобы предотвратить потерю тепла
Skeletal muscles	Скелетные мышцы
Activated, shivering generates more heat	Активирован, дрожь выделяет больше тепла
Body temperature decreases	Температура тела снижается
Thermostat shuts off cooling mechanisms	Термостат отключает механизмы охлаждения
Hypothalamus	Гипоталамус
Thermostat activates warming mechanisms	Термостат активирует механизмы подогрева

Когда температура низкая, это тоже ощущается, и гипоталамус активирует механизмы нагрева: кровеносные сосуды кожи сужаются, поэтому теряется меньше тепла и активируются скелетные мышцы. Сокращения мышц, особенно дрожь, увеличивают выделение тепла. Когда тело нагревается, гипоталамус отключает механизмы нагрева.

### 3.1.2 Влияние теплового стресса на производительность

Трудно измерить результаты футбола на соревнованиях и сравнить различные условия окружающей среды, но есть много данных по видам спорта на выносливость. Например, когда исследовалось время марафона при разных температурах ГВБ для данного времени марафона, выяснилось, что при увеличении теплового стресса производительность снижается. На более быстрых бегунов жара влияет меньше, чем на более медленных, но во всех случаях на производительность влияет температура. Самое быстрое время марафона обычно наблюдается при температуре 10-11°C. Оптимальная температура для футбола неизвестна, потому что в жару может снизиться выносливость, но можно улучшить результаты в спринте. Вполне вероятно, что он будет при более высокой температуре, чем марафонский бег, но не слишком жарко, так как выносливость может быть слишком скомпрометирована. Grantham et al. (2010) предположили, что игроки, играющие при температуре воздуха ниже 22 ° C, не подвергаются риску теплового стресса и его негативных последствий, в то время как риск невелик при температуре от 22 до 28 ° C и выше 28 ° C. Футбольные матчи, проведенные при температуре 43 ° C, продемонстрировали снижение общей игровой дистанции на 7%, а при беге с высокой интенсивностью (> 14 км / ч) на 26% в жарких условиях по сравнению с контрольными условиями (Mohr, Nybo, Grantham, & Racinais, 2012). Однако пиковая скорость спринта была на 4% выше в жарких условиях, при этом не было различий в количестве или длине спринтов (> 24 км / ч). Показатели успешности прохождения и скрещивания были на 8 и 9% выше в жарких условиях по сравнению с контрольными условиями (Mohr et al., 2012). Игра в жарких условиях привела к резкому повышению пиковой температуры ядра ( $T_{c}$ :  $39,5 \pm 0,1$  ° C) и мышц ( $T_{mu}$ :  $40,3 \pm 0,1$  ° C) (Mohr et al., 2012).



Одно исследование показало, что в футболе высокая интенсивность бега может не зависеть от тепла, а скорее может измениться темп и время восстановления может увеличиться (Coker, Wells, & Gerner, 2018).

Тем не менее анализ чемпионата мира по футболу в Бразилии в 2014 году в смешанных, иногда очень жарких, условиях показывает, что игроки высшего уровня, похоже, модулируют свою активность во время матчей в жаркой и влажной среде (т. е. Менее интенсивной, но более низкой. -интенсивность бега и успешные передачи), чтобы сохранить общие характеристики матча (т. е. одинаковое общее пройденное расстояние, аналогичное фактическое время игры, пиковая скорость бега и забитые голы). (Расина, С., Алонсо, Дж. М., Куттс, А. Дж., Флурис, А. Д., Жирар, О., Гонсалес-Алонсо, Дж., Хауссвирт, К., Джей, О., Ли, Дж. К., Митчелл, Н., Нассис, GP, Nybo, L., Pluim, BM, Roelands, B., Sawka, MN, Wingo, JE, Periard, JD 2015. <https://bit.ly/2ETri87>)

Долгое время существовала теория, что существует критический характер: как только эта температура будет достигнута, возникнет усталость в попытке предотвратить повреждение в результате продолжающегося повышения внутренней температуры. Эта теория была получена из ряда исследований, в которых усталость совпадала с температурой ядра около 40 ° C. Поразительно, что при акклиматизации к жаре у субъектов различная начальная внутренняя температура, но истощение всегда происходит при одной и той же температуре. Исследование акклиматизации, проведенное в течение 10 дней акклиматизации к жаре, показало, что, хотя ежедневные упражнения до истощения увеличивались, температура, при которой наступало истощение, оставалась прежней. Это означает, что скорость накопления тепла с каждым днем снижалась.

Другие исследования показали, что предварительное охлаждение тела может замедлить истощение, а предварительное нагревание - ускорить его. Если упражнение начинается с более низкой начальной температуры, до истощения потребуется больше времени, а если упражнение будет начато с более высокой температуры, оно займет меньше времени. Но внутренняя температура в конце всегда была одинаковой (около 40°C). Поэтому неудивительно, что был сделан вывод о критической внутренней температуре.

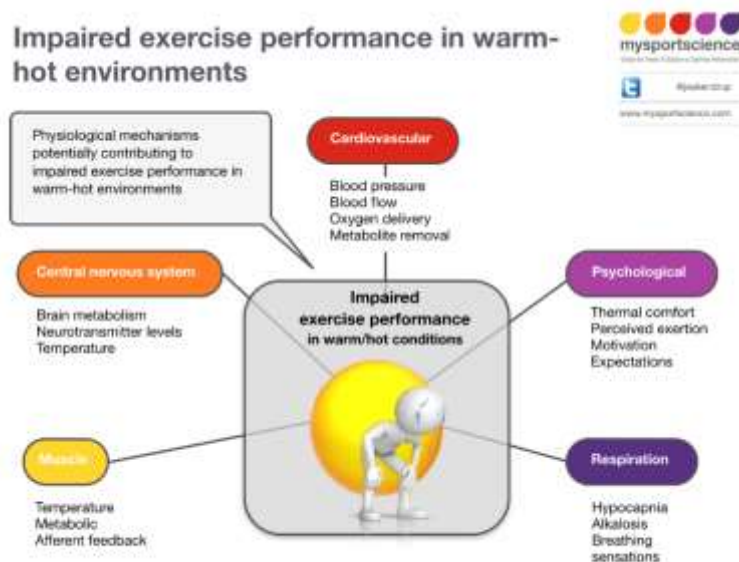
Однако единственная причина усталости от жары может показаться слишком упрощенной; он, вероятно, будет многофакторным (Nybo, Rasmussen, & Sawka, 2014). Например, сопутствующее развитие обезвоживания, которое усугубляет физиологическое напряжение, по-видимому, снижает допустимую внутреннюю температуру в конце изнурительной тренировки в жару. Повышение уровней синаптического дофамина (с использованием ингибиторов обратного захвата дофамина) увеличивает способность испытуемых к физической нагрузке в жару и приводит к повышению внутренней температуры в конце упражнения без побочных эффектов. Наконец, тренированные субъекты, по-видимому, лучше переносят более высокую внутреннюю температуру, чем неподготовленные, и поэтому концепция одной критической внутренней температуры в качестве единственного объяснения кажется слишком упрощенной.

Полевые и лабораторные исследования четко продемонстрировали, что аэробные упражнения ухудшаются в жару, и весьма вероятно, что причины этого многофакторны.



Физиологические механизмы, потенциально способствующие снижению работоспособности в жарких условиях, показаны на рисунке 2. Гипогидратация может усугубить эти эффекты. Если гипогидратация достаточно серьезна, все физиологические функции, вероятно, будут нарушены, хотя эффекты более избирательны на обычно встречающихся уровнях гипогидратации.

**Рисунок 2: Физиологические механизмы, потенциально способствующие утомлению во время упражнений в теплой / жаркой среде.**



Nybo et al Comp Physiol 4: 657-688, 2014

Источник: Nybo et al., 2014 г., <https://goo.gl/ae4Zrd>.

Impaired exercise performance in warm-hot environments	Нарушение работоспособности в жарких условиях
Physiological mechanisms potentially contributing to impaired exercise performance in warm-hot environments	Физиологические механизмы, потенциально способствующие снижению работоспособности в жарких условиях.
Central nervous system	Центральная нервная система
Brain metabolism	Метаболизм мозга
Neurotransmitter levels	Уровни нейротрансмиттеров
Temperature	Температура
Muscle	Мышцы
Metabolic	Метаболический
Afferent feedback	Афферентная обратная связь
Cardiovascular	Сердечно-сосудистые
Blood pressure	Артериальное давление
Blood flow	Кровоток
Oxygen delivery	Доставка кислорода
Metabolite removal	Удаление метаболитов
Psychological	Психологические

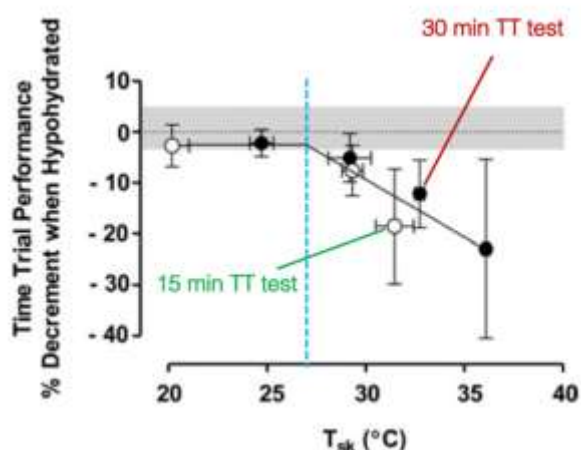


Thermal comfort	Тепловой комфорт
Perceived exertion	Воспринимаемое усилие
Motivation	Мотивация
Expectations	Ожидания
Respiration	Дыхание
Hypocapnia	Гипокапния
Alkalosis	Алкалоз
Breathing	Дыхание
Sensations	Ощущения
Impaired	Ослабленный
Exercise performance in warm/hot conditions	Выполнение упражнений в теплых / жарких условиях

Cheuvront, Kenefick, Montain и Sawka (2010) предположили, что ухудшение субмаксимальных аэробных показателей в жару может быть объяснено тем, что температура горячей кожи снижает  $VO_{2max}$ . Рисунок 3, который содержит данные серии исследований, в которых работоспособность измерялась с помощью 15 или 30 минутных тестов ТТ, показывает, что при температуре кожи выше 27 градусов работоспособность начинает снижаться, и при повышении температуры кожи на каждый 1 ° C работоспособность может снижаться. 1,3%. Таким образом, хотя внутренняя температура является важным фактором утомляемости, температура кожи, по-видимому, также играет важную роль.



Рисунок 3: Характеристики и температура в гонке на время.



Источник: Cheuvront et al., 2010, <https://bit.ly/2RtjmAg>.

Time trial performance	Выступление в гонке на время
% decrement when hypohydrated	% снижение при гипогидратации

При температуре кожи выше 27 °C работоспособность начинает снижаться, и на каждый 1 °C повышения температуры кожи работоспособность может снижаться на 1,3%. Таким образом, хотя внутренняя температура является важным фактором утомляемости, температура кожи, по-видимому, также играет важную роль (Cheuvront et al., 2010).

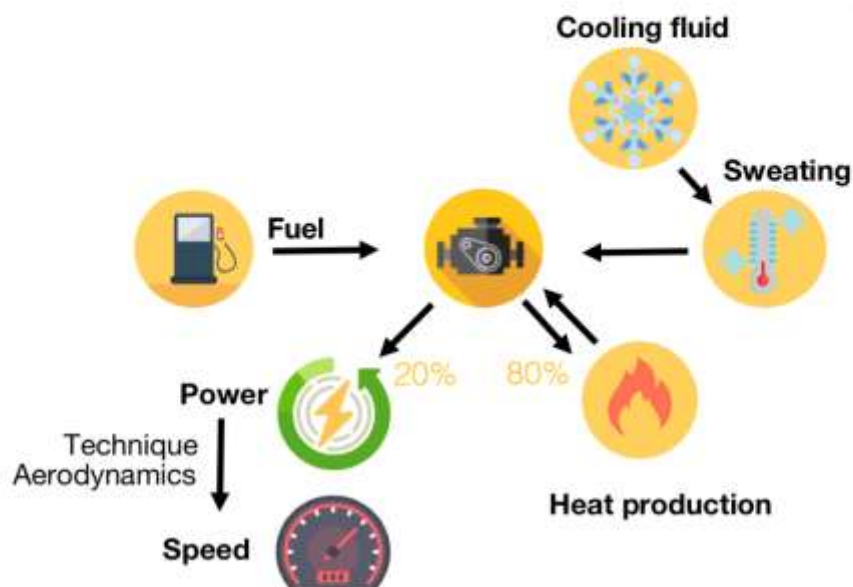
### 3.1.3 Потливость

Наш самый важный механизм отвода тепла в жаркую погоду - это потоотделение. Давайте воспользуемся аналогией с двигателем автомобиля (рисунок 4).



Рисунок 4: Производство тепла и охлаждение. Аналогия с автомобилем

## "The engine"



Источник: Jeukendrup, 2018. [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com).

The engine	Двигатель
Cooling fluid	Охлаждающая жидкость
Fuel	Топливо
Sweating	Потливость
Power	Мощность
Heat production	Производство тепла
Speed	Скорость
Technique aerodynamics	Техника аэродинамики

Двигатель автомобиля выделяет тепло. На каждую единицу энергии, генерируемой для движения, вырабатывается 4 единицы энергии в виде тепла (эффективность 20%). На каждый литр кислорода, потребляемого во время упражнений, таких как езда на велосипеде или бег, выделяется примерно 16 кДж (4 ккал) тепла и только около 4 кДж (1 ккал) используется для выполнения механической работы. Для спортсмена, потребляющего кислород со скоростью 4 л / мин во время тренировки, скорость производства тепла в организме составляет около 917 ккал / ч. Особенно в жаркой среде только небольшая часть тепла, производимого активными скелетными мышцами, теряется с вышележащей кожей. Скорее, большая часть тепла передается сердцевине тела за счет конвективного потока венозной крови, возвращающейся к сердцу. Было показано, что скорость повышения температуры живота группы четырехглавых мышц близка к 1 ° C / мин в начальные моменты езды на велосипеде высокой интенсивности. Такая скорость накопления тепла не может сохраняться, потому что сократительные белки и ферменты мышц будут инактивированы, и

вызванная теплом денатурация может произойти в течение 10 минут. Таким образом, большая часть тепла, выделяемого мышцами, передается сердцевине тела. (Jeukendrup and Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

Подобно системе охлаждения в автомобиле, в кузове есть несколько систем охлаждения, при этом потоотделение является наиболее важной в жаркую погоду. Поток крови от сердцевины к коже переносит теплую кровь, а испарение пота охлаждает кожу и кровь внутри нее. Когда объем крови уменьшается и кровоток через кожу ухудшается, это имеет тот же эффект, что и недостаток охлаждающей жидкости в автомобиле.

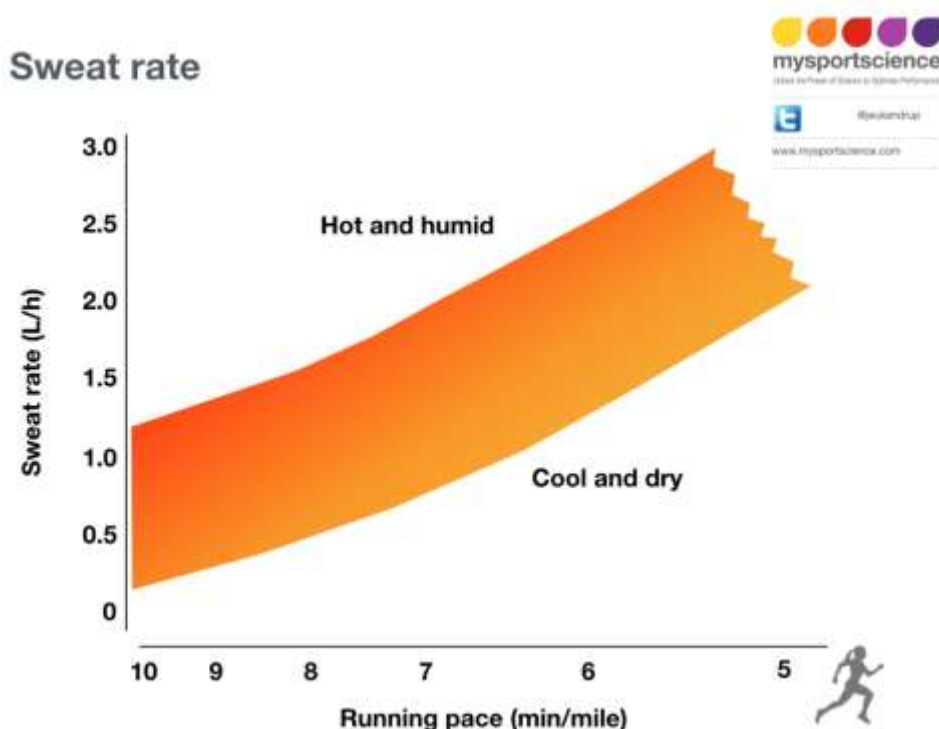
У людей 2-4 миллиона потовых желез, но могут быть большие индивидуальные различия в количестве желез и способах их активации. Это может быть объяснением того, почему одни люди потеют больше, чем другие. Активация эккринных потовых желез вызывает выделение пота на поверхность кожи, что способствует потере тепла при испарении воды, содержащейся в поте. Эти железы можно найти по всему телу с более высокой плотностью в одних областях, чем в других. Железы иннервируются симпатическими нервами. Нервная стимуляция потовых желез вызывает секрецию пота, который напоминает плазму крови, но без белков. Таким образом, пот также содержит некоторые электролиты, из которых наиболее распространен натрий.

Пот является гипотоническим по сравнению с плазмой, и это ограничивает потери натрия и других электролитов. Концентрация электролитов в поте будет снижаться по мере тренировок и акклиматизации.

Скорость потоотделения обычно составляет от 0,5 до 2 л / ч, но в крайних случаях может достигать 3 л / ч. На рисунке 5 вы можете увидеть, как скорость потоотделения увеличивается с темпом бега и как на нее влияют прохладные и сухие или жаркие и влажные условия. Например, бег в определенном темпе будет означать скорость потоотделения ниже 1 л / ч в прохладных и сухих условиях и более 1,5 л / ч в жарких и влажных условиях. При периодических упражнениях с перерывами важна именно средняя интенсивность с учетом периодов отдыха.



Рисунок 5: Интенсивность потоотделения: зависимость от темпа (интенсивности) бега и условий окружающей среды



Источник: Jeukendrup. [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)

Sweat rate	Скорость потоотделения
Hot and humid	Горячий и влажный
Sweat rate (L/h)	Скорость потоотделения (л / ч)
Cool and dry	Прохладный и сухой
Running pace (min/mile)	Темп бега (мин / миля)

Понятно, что потеря потоотделения будет зависеть от ряда факторов: к ним относятся:

1. интенсивность упражнений
2. продолжительность упражнения
3. количество потовых желез
4. акклиматизация
5. погодные условия
6. одежда

Информация обо всех этих факторах может помочь спрогнозировать потерю потоотделения у спортсменов. Как можно спрогнозировать потерю потоотделения, будет обсуждаться в одном из следующих разделов.



### 3.1.4 Обезвоживание и влияние на терморегуляцию

Когда потоотделение становится основным способом отвода тепла, потеря пота должна сопровождаться приемом жидкости, чтобы избежать обезвоживания. Хотя небольшие уровни обезвоживания могут быть приемлемыми, большие потери могут повлиять на физиологическую функцию. По мере того как организм становится все более обезвоженным, объем крови будет уменьшаться, и это повлияет как на кровоток в коже, так и на производство пота. Это, в свою очередь, приведет к снижению кровотока в коже и, следовательно, к снижению потоотделения. Это может затем привести к повышению или более быстрому повышению внутренней температуры, что приведет к усталости и возможному тепловому повреждению тканей тела.

Обезвоживание также снижает внутреннюю температуру, которую человек может терпеть, потому что внутренняя температура при истощении обычно примерно на 0,4 ° C (0,7 ° F) ниже в обезвоженном состоянии. Основные причины, по которым обезвоживание отрицательно сказывается на выполнении упражнений, включают:

- уменьшение объема крови
- снижение кровотока в коже
- снижение потоотделения
- уменьшенное тепловыделение
- повышенная внутренняя температура
- повышенная скорость использования мышечного гликогена

Снижение максимального сердечного выброса является наиболее вероятным физиологическим механизмом, при котором обезвоживание снижает работоспособность человека. Обезвоживание вызывает уменьшение объема плазмы, а уменьшение объема крови увеличивает вязкость крови (густоту), снижает центральное венозное давление и уменьшает венозный возврат крови к сердцу. Во время максимальной нагрузки эти изменения могут уменьшить наполнение сердца во время диастолы (фаза сердечного цикла, когда сердце расслаблено и наполняется кровью перед следующим сокращением), тем самым уменьшая ударный объем и сердечный выброс. Во время упражнений в жаркой среде вазодилатация кожи снижает долю сердечного выброса, доступного работающим мышцам.

Более сильное повышение внутренней температуры во время упражнений в обезвоженном состоянии связано с усилением катехоламиновой реакции. Это, в свою очередь, может привести к увеличению скорости распада гликогена в тренирующейся мышце, что может способствовать более раннему началу утомления при длительных упражнениях.

Гипогидратация также снижает силу, мощность и выносливость при высоких нагрузках примерно на 2%, 3% и 10% соответственно, что свидетельствует о том, что изменения общего содержания воды в организме влияют на некоторые аспекты генерации силы. Хотя механизмы недостаточно изучены, физиологические потребности в силе, мощности и выносливости высокой интенсивности предполагают, что изменения сердечно-сосудистой, метаболической или буферной функции ответственны за ухудшение работоспособности, связанное с гипогидратацией (Jeukendrup & Gleeson, 2018). Было также высказано предположение, что гипогидратация может напрямую



влиять на некоторые компоненты нервно-мышечной системы, но это еще не исследовано. (Jeukendrup and Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

Помимо воздействия обезвоживания на сердечно-сосудистую систему и мышцы, обезвоживание также связано со снижением скорости опорожнения желудка от проглоченной жидкости во время физических упражнений в жару. Например, в одном исследовании сообщалось о сокращении опорожнения желудка на 20-25%, когда субъекты обезвоживались на 5% от массы тела (Neufer, Young, & Sawka, 1989). Уменьшение опорожнения желудка повлияет на доставку углеводов и жидкости во время матча или тренировки и, вероятно, вызовет больший желудочно-кишечный дискомфорт.

Обезвоживание представляет серьезный риск для здоровья, поскольку увеличивает риск судорог, теплового истощения и опасного для жизни теплового удара. Чтобы судить о риске теплового заболевания, вызванного физическими упражнениями, важно иметь меру теплового стресса. Температура окружающей среды - лишь часть этого теплового стресса. Тепловой индекс также учитывает влажность и поэтому является лучшим индикатором теплового стресса, чем температура. Однако показатель тепла по-прежнему не учитывает все факторы, и, например, радиационное тепло игнорируется. Таким образом, индекс тепла может быть подходящим для условий тени и слабого ветра, но не для условий более открытой местности. Температурный шар влажной лампы (WBGT) - более точное измерение для ситуаций с прямым солнечным светом. WBGT учитывает такие факторы, как солнечное излучение, а также температуру и влажность. Для измерения WBGT нужен измеритель WBGT.



### **Перегрев**

Тепловой стресс может быть серьезной проблемой для сердечно-сосудистой системы, а в крайних случаях может быть опасен для жизни. Различают несколько тепловых болезней с различными тепловыми спазмами, тепловым истощением и тепловым ударом.

**Тепловые судороги:** мышечные судороги, вызванные физической нагрузкой, которые, кажется, чаще возникают в жарких условиях. Однако нет никакой связи с внутренней температурой.

**Тепловой обморок:** Обезвоживание, усталость, туннельное зрение, бледность или потливость кожи, снижение частоты сердечных сокращений, головокружение, головное давление, обмороки.

**Выделение тепла:** Нормальная или повышенная температура тела (37-40 °C), обезвоживание, головокружение, головное давление, головная боль, диарея, снижение диуреза, стойкие мышечные судороги, бледность, обильное потоотделение, озноб, холодная липкая кожа, кишечные спазмы, позывы к дефекации, слабость, гипервентиляция

**Тепловой удар при физической нагрузке:** Температура тела (> 40 °C), сонливость, головокружение, изменения поведения, спутанность сознания, дезориентация, головокружение, головная боль, диарея, рвота, обезвоживание, горячая кожа, гипотензия, слабость, гипервентиляция

### **Лечение / немедленные действия**

#### **Тепловой обморок**

Исключить из тренировок или соревнований

Дайте игроку отдохнуть в тени, обмахивайте его и распыляйте воду

Ослабьте или снимите одежду

Пейте воду глотками

Следите за температурой и проверяйте, не возникает ли спутанность сознания

#### **Тепловое истощение или тепловой удар**

Немедленно вызвать скорую или скорую помощь

Положите игрока в тени с поднятыми ногами Undress

Помимо воздействия на работоспособность, тепло может влиять на здоровье. Часто сообщается о тепловых судорогах (непроизвольные спазмы мышц, которые чаще возникают в жаркое время). Самая распространенная тепловая болезнь - тепловое истощение. Сердечно-сосудистая система регулируется, но этих регулировок недостаточно для правильного регулирования температуры, часто падает центральный объем крови, падает возврат венозной крови, падает кровяное давление. Другие симптомы включают головную боль, тошноту, головокружение, мурашки по коже и общую слабость.

Ниже приведены некоторые рекомендации для организаторов гонок или, в данном случае, для футбольных тренеров. Это рекомендации от US Soccer (Рисунок 6). В-первых, WBGT следует рассчитывать на основе данных, полученных из прогноза погоды.



Эта таблица может быть использована для рекомендаций о том, как планировать тренировки. В США есть два региона, южные регионы, где игроки будут более адаптированы к жаре, могут выдерживать немного более высокие температуры (CAT3), но северные регионы должны действовать при немного более низких температурах. Совет: делайте больше перерывов, сокращайте продолжительность практики или перенесите тренировки на более прохладное время дня.

Рисунок 6: Рекомендации US Soccer для тренировок по футболу

CAT I	ALERT LEVEL	WGBT BY REGION (°F)			EVENT CONDITIONS	RECOMMENDED WORK TO REST RATIOS (ACTIONS & BREAKS)
		CAT 1	CAT 2	CAT 3		
>31°C	<b>BLACK</b>	>86.2°	>89.8°	>92.0°	Extreme Conditions	No Outdoor Training, delay training until cooler, or Cancel Training.
29-30°C	<b>RED</b>	84.2-86.1°	87.8-89.7°	90.1-91.9°	High Risk for Heat Related Illness	Maximum of 1 hour of training with 4 by 4 minute breaks within the hour. No additional conditioning allowed.
27-29°C	<b>ORANGE</b>	81.1-84.1°	84.7-87.7°	87.1-90.0°	Moderate Risk for Heat Related Illness	Maximum of 2 hours of training with 4 by 4 minute breaks each hour, OR a 10 minute break every 30 minutes of training.
25-27°C	<b>YELLOW</b>	76.3-81.0°	79.9-84.6°	82.2-87.0°	Less than Ideal Conditions	3 Separate 4 minute breaks each hour, OR a 12 minute break every 40 minutes of training
<25°C	<b>GREEN</b>	<76.1°	<79.8°	<82.1°	Good Conditions	Normal Activities, 3 Separate 3 minute breaks each hour of training, OR a 10 minute break every 40 minutes



US Soccer Recognize to Recover: Heat guidelines

Источник: U.S. Soccer, 2018. <https://bit.ly/2Q9UiK5>.

Cat I	Кат I
°C	°C
Alert level	Уровень предупреждения
Black	черный
Red	красный
Orange	оранжевый
Yellow	желтый
Green	зеленый
West by region (°F)	Запад по регионам (°F)
Cat 1	Кат I
Cat 2	Кат 2
Cat 3	Кат 3
Event conditions	Условия проведения мероприятия



Recommended work to rest ratios (actions & breaks)	Рекомендуемое соотношение работы и отдыха (действия и перерывы)
Extreme conditions	Экстремальные условия
High risk for heat related illness	Высокий риск заболеваний, связанных с жарой
Moderate risk for heat related illness	Умеренный риск заболеваний, связанных с жарой
Less than ideal condition	Не в идеальном состоянии
Good conditions	Хорошие условия
No outdoor training, delay training until cooler, or cancel training.	Никаких тренировок на свежем воздухе, отложите тренировку до охлаждения или отмените тренировку.
Maximum of 1 hour of training with 4 by 4-minute breaks within the hour. No additional conditioning allowed.	Максимум 1 час тренировки с 4-х или 4-х минутными перерывами в течение часа. Дополнительное кондиционирование не допускается.
Maximum of 2 hours of training with 4 by 4 minute breaks each hour, OR a 10 minute break every 30 minutes of training.	Максимум 2 часа тренировки с перерывом 4 на 4 минуты каждый, OR 10-минутный перерыв каждые 30 минут тренировки.
3 separate 4 minute breaks each hour, OR a 12 minute break every 40 minutes of training	3 отдельных 4-минутных перерыва каждый час, OR 12-минутный перерыв каждые 40 минут тренировки
Normal activities. 3 separate 3 minute breaks each hour of training, OR a 10 minute break every 40 minutes.	Нормальная деятельность. 3 отдельных 3-минутных перерыва каждый час тренировки, OR 10-минутный перерыв каждые 40 минут
US Soccer Recognize to recover: Heat guidelines	Американский футбол: признание выздоровления: рекомендации по жаре

## 3.2 Тепловой удар

### 3.2.1 Влияние обезвоживания на производительность



### **Определения**

**Эвгидратация** относится к поддержанию «нормального» исходного уровня содержания воды в организме, в то время как термины «гипогидратация» и «гипергидратация» относятся к дефициту и избытку воды в организме за пределами эвгидратации, соответственно.

**Обезвоживание** определяется как процесс динамической потери воды в организме или перехода от эвгидратации к гипогидратации.

Как мы видели ранее, упражнения в жару могут повлиять на работоспособность, но также могут привести к тепловым заболеваниям (судороги, тепловое истощение и тепловой удар). Потеря потоотделения и недостаточное потребление жидкости приведут к обезвоживанию, а обезвоживание усугубит эффект физических упражнений в жару. Это снизит работоспособность и увеличит риск развития судорог, теплового истощения и теплового удара.



Рисунок 7: Опасности упражнений в жару

## Dangers of exercise in the heat



Источник: Jeukendrup. [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)

Dangers of exercise in the heat	Опасности упражнений в жару
Heat and exercise	Тепло и упражнения
Heat cramps	Тепловые судороги
Involuntary muscle spasms	Непроизвольные мышечные спазмы
Heat exhaustion	Выделение тепла
Most common heat illness	Наиболее частые недомогания
CV adjustments are ineffective, central blood volume drops, venous return drops, low blood pressure, headache, nausea, dizziness, goose bumps, general weakness	Коррекция Cv неэффективна, падает центральный объем крови, падает венозный возврат, низкое кровяное давление, головная боль, тошнота, головокружение, мурашки по коже, общая слабость
Heat stroke	Тепловой удар



Serious, requires immediate medical attention.	Серьезный, требует немедленной медицинской помощи.
Elevated core temp, no sweat, skin hot and dry collapse	Повышенная внутренняя температура, отсутствие пота, сухость кожи и коллапс
Organ failure death	Смерть от отказа органа

На рисунке 7 вы можете увидеть приблизительное представление о развитии проблем, связанных с жарой и обезвоживанием. В пределах 2% массы тела потеря результатов не должна ухудшаться при условии, что спортсмен начал с обезвоженного состояния. Когда спортсмен теряет 3% веса тела или более, его выносливость может быть снижена, а также повышается риск проблем с желудочно-кишечным трактом во время длительных упражнений. Когда спортсмены теряют 4-6%, они рискуют потерять мышечную силу, почти наверняка снижается выносливость и могут возникнуть тепловые судороги. При 6% или более повышается риск теплового истощения и даже теплового удара, комы и, в конечном итоге, смерти. Поэтому важно предотвратить сильное обезвоживание. Как мы обсудим позже, лучше всего это сделать, применив стратегию гидратации, которая учитывает прогнозируемые потери потоотделения. Следует также отметить, что такие большие потери жидкости маловероятны в футболе даже в экстремальных условиях.

Cheuvront, Carter, Castellani и Sawka (2005) «проверили влияние гипогидратации на аэробную производительность, используя 30-минутную предварительную нагрузку при  $\sim 50\% \text{VO}_{2\text{max}}$ , а затем 30-минутную ТТ в умеренных и холодных условиях. Гипогидратация на 3% массы тела снижает работоспособность на 8% в умеренном климате ( $T_{\text{sk}} \sim 29^\circ \text{C}$ ), но не в холодных условиях ( $T_{\text{sk}} \sim 20^\circ \text{C}$ )».

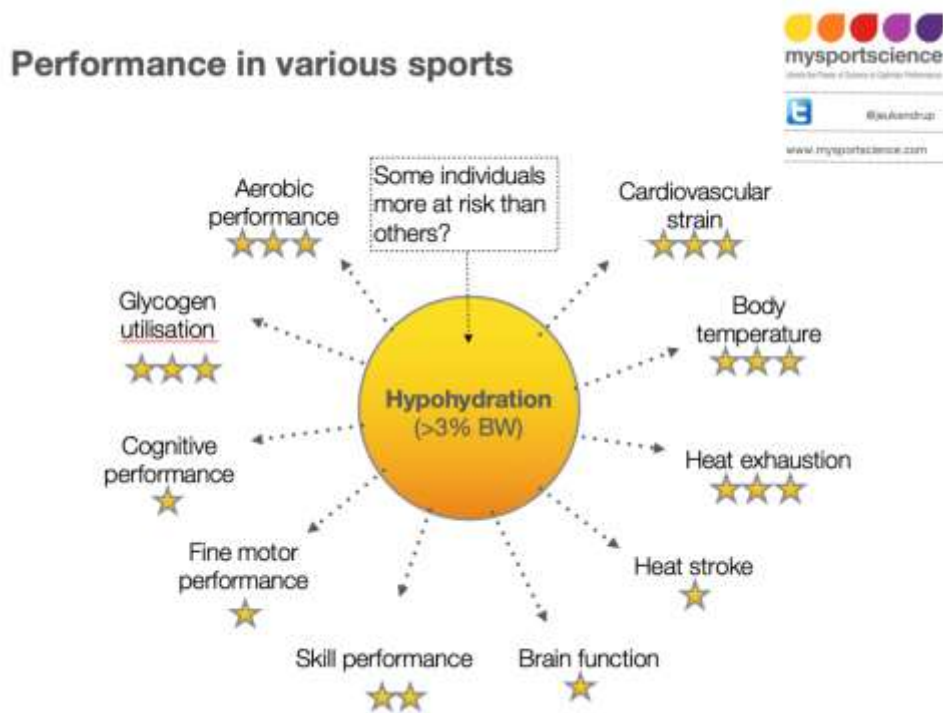
Было много споров о влиянии обезвоживания на работоспособность. И хотя никто не игнорирует тот факт, что обезвоживание может повлиять на производительность, дискуссия ведется о том, какой уровень обезвоживания приведет к снижению производительности. В обзорной статье были представлены отдельные исследования, разделенные на тесты на время до истощения и тесты на время. Утверждалось, что гонки на время, которые больше подходят для реальных соревнований, обычно показывают очень небольшие эффекты или вообще не показывают эффектов. Хотя это правда, и хотя некоторые исследования могли преувеличивать влияние обезвоживания, выбирая экстремальную температуру, слабое охлаждение ветром и т. Д., Большинство исследований все же показывают влияние на производительность. Некоторые люди могут переносить более высокий уровень обезвоживания лучше, чем другие, но в жарких условиях обезвоживание до 3% BW или более может повлиять на физиологию и работоспособность.

Обезвоживание может повлиять не только на выносливость, но и на другие аспекты работоспособности. На рисунке 8 мы можем видеть различные аспекты производительности, которые могут быть затронуты, и, в зависимости от вида спорта,



они могут быть более или менее важными для общей производительности. Звездочки указывают на уровень доказательности. Обратите внимание, что это наши личные интерпретации литературы: они не основаны на тщательно проведенном метаанализе или согласованном документе.

Рисунок 8: Влияние обезвоживания на различные аспекты производительности



Источник: Jeukendrup. [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)

Performance in various sports	Выступления в различных видах спорта
Aerobic performance	Аэробная производительность
Some individuals more at risk than others?	Некоторые люди подвержены большему риску, чем другие?
Cardiovascular strain	Сердечно-сосудистое напряжение
Glycogen utilisation	Утилизация гликогена
Body temperature	Температура тела
Cognitive performance	Когнитивной деятельности
Fine motor performance	Отличные моторные характеристики



Skill performance	Производительность навыков
Brainf function	Функция Brainf
Heat stroke	Тепловой удар
Heat exhaustion	Выделение тепла
Hypohydration (>3% BW)	Гипогидратация (> 3% BW)

Звездочки указывают на силу доказательств. Одна звезда очень мало доказательств, 2 звезды увеличивают доказательство, 3 звезды убедительные доказательства.

Имеются убедительные доказательства того, что обезвоживание (> 3%) может влиять на аэробные показатели и увеличивать использование гликогена, напряжение сердечно-сосудистой системы, температуру тела и риск теплового истощения. Меньше доказательств того, что такой уровень обезвоживания является фактором риска теплового удара; вам, вероятно, нужно больше обезвоживаться.

Гипогидратация также может оказывать пагубное влияние на когнитивные функции (кратковременную память, внимание и зрительно-моторное отслеживание) и оценки умственной усталости и настроения, особенно когда дефицит воды в организме сочетается с тепловым стрессом окружающей среды (Cian, Barraud, Melin, И Raphel, 2001). Как правило, гипогидратация > 2% потери массы тела, обычно вызванная физическими упражнениями и / или тепловым стрессом, ухудшает когнитивные функции. Некоторые даже предполагают, что даже более умеренные уровни гипогидратации могут отрицательно повлиять на некоторые аспекты настроения и когнитивных функций (Baker & Jeukendrup, 2014). Например, Ganio et al. (2011) обнаружили, что 1,6% гипогидратации ухудшают зрительную бдительность и зрительную рабочую память, а также повышают показатели усталости и напряжения / тревоги у здоровых молодых мужчин. Кроме того, есть некоторые свидетельства того, что когнитивные способности ухудшаются дозозависимым образом с градуированными уровнями гипогидратации (Lieberman, 2007). Эти эффекты могут отрицательно повлиять на способность выполнять работу, требующую умственных усилий или требующую выполнения квалифицированных задач, в повседневной жизни, а также на работе, в армии и в спорте.

Бейкер и др. (Baker, Dougherty, Chow, & Kenney, 2007) продемонстрировали, что прогрессирующее обезвоживание приводит к ухудшению навыков. Игроки выполняли серию непрерывных тренировок по баскетболу, имитирующих динамичную игру. Измерения навыков во время 80-минутной игры включали (1) общее время для выполнения упражнений на конкретные баскетбольные движения (спринт, защитные скольжения, комбинацию беговых и защитных слайдов и повторяющиеся упражнения на прыжки) и (2) общее количество ударов (броски с линии фолла и базовой линии в



прыжке, простыни, трехочковый, 15-футовые, штрафные броски), выполняемые за игру. Производительность снижалась еще больше по мере того, как обезвоживание прогрессировало с 1 до 4%. Порог, или% обезвоживания, при котором снижение производительности достигало статистической значимости, составляло 2% для комбинированных тренировок на время и стрельбы.

В заключение

- Важно избегать слишком высокой внутренней температуры, но температура кожи также играет роль.
- Обезвоживание может повлиять на многие аспекты работоспособности, включая беговые качества, когнитивные функции (принятие решений) и выполнение навыков.
- До сих пор ведутся споры о точном допустимом уровне обезвоживания, и этот уровень может варьироваться от 2% в очень жарких условиях до несколько более высоких уровней в более прохладных условиях.
- Скорость потоотделения очень индивидуальна, и потери могут достигать 3 л / ч.
- Электролиты теряются с потом, но очень маловероятно, что можно понести значительные потери за 90 минут матча.

### 3.2.2 Питье

Взгляды на потребление жидкости резко изменились. При езде на велосипеде по дороге к употреблению алкоголя относились неодобрительно, и считалось, что это ухудшит работоспособность. Эта точка зрения изменилась, поскольку все больше исследований продемонстрировали эффекты обезвоживания. В 1953 году на марафонах было две станции помощи. Их количество увеличилось до четырех в 1967 году, а затем до минимума 8 в 1977 году. В настоящее время на марафонах должно быть не менее 9 пунктов помощи, а на большинстве крупных марафонов будет намного больше. Также очевидно, что местоположение медпункта было перенесено, и теперь вы можете ожидать как минимум один медпункт на первых 5 км. Были разработаны руководящие принципы - позиция ACSM по замене жидкости, опубликованная в 2007 году (American College of Sports et al., 2007). Недавно было опубликовано новое руководство по питанию и выполнению упражнений, но рекомендации по потреблению жидкости существенно не изменились (Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Предлагаем вам внимательно прочитать это руководство.

В футболе есть правила ФИФА о питье. Как правило, перерывов на напитки не так много, но судья может добавить перерывы, если это необходимо в жарких условиях. Обычно игрокам приходится уходить на боковую линию, когда игра прерывается. Напитки можно раздавать только из блиндажа, поэтому игроки на дальней стороне поля с меньшей вероятностью получают такую возможность. В любом случае запланировать эти перерывы на напитки невозможно, но к ним можно подготовиться.

Пить до жажды, вероятно, является подходящей стратегией для многих игроков, хотя это сложно по очевидным причинам, когда доступ ограничен. Этот подход может сработать, особенно если интенсивность невысока и легко доступна жидкость (например, некоторая тренировка). Однако пить до жажды - это не «стратегия», и ее



сложно спланировать. Напитки могут быть недоступны, когда вы их захотите. Лучше до некоторой степени предотвратить жажду, определив, сколько жидкости вам нужно, и начните пить раньше. Отложив начало употребления алкоголя (до того момента, когда вы почувствуете жажду), вы можете пропустить ценную часть гонки или соревнования, когда желудочно-кишечный тракт работает очень хорошо и может без проблем поглощать жидкости и углеводы. Во время последней части матча объем крови может перераспределяться в сторону от кишечника, что иногда затрудняет всасывание, а также в это время возникает дискомфорт в желудке. Кроме того, жажда не всегда точно отражает уровень обезвоживания. Для многих жажда - это тоже выученная реакция; это не просто физиологическая реакция на обезвоживание. Преимущества и недостатки питья до жажды обсуждались в недавнем обзоре Kenefick (2018).

Чтобы дать хороший совет о том, сколько нужно пить, важно с разумной точностью знать, сколько человек собирается потеть. Только когда мы имеем представление о скорости потоотделения, мы можем принимать обоснованные решения.

Можно следовать некоторым общим рекомендациям, подобным тем, которые иногда используются (например, выпивать 400-800 мл жидкости в час), но, к сожалению, при этом не принимаются во внимание индивидуальные различия, которые могут существовать. Вы можете увидеть, как интенсивность потоотделения увеличивается с интенсивностью упражнений и повышением температуры, но для более точных прогнозов важно проводить измерения в условиях, аналогичных условиям матча.

Итак, вот несколько рекомендаций, которым нужно следовать:

- Определите игроков, которые подвержены риску, измеряя уровень потоотделения во время тренировки (и, если возможно, на соревнованиях).
- Выполняйте измерения скорости потоотделения в различных условиях (интенсивность и погодные условия).
- Оцените уровень потоотделения людей и позвольте 2% потерять вес в конце матча.
- Если возможно дополнительное время, учтите и это.
- Рассчитайте объем питья, чтобы предотвратить потерю веса на 2% при прогнозируемой скорости потоотделения.
- Приготовьте напиток, который также содержит углеводы и немного натрия (или доставляйте компоненты углеводов, натрия, воду) в различных формах (например, гель плюс вода).
- Когда производительность или качество тренировки менее важны, или когда интенсивность низкая, достаточно воды.

### **3.2.3 Итак, как нам измерить уровень потоотделения?**

Самый простой способ оценить уровень потоотделения - измерить массу тела. Хотя этот метод не лишен ограничений (во время длительных упражнений вы также можете потерять вес углеводов и жира, а не только жидкости, и на самом деле он не дает вам некоторой степени гидратации, поскольку жидкости могут находиться в мочевом пузыре или кишечнике). В целом, однако, этот метод является отличным ориентиром для тех, кто любит персонализировать потребление жидкости. Просто измерьте вес тела перед тренировкой и после тренировки и выразите ее в процентах от веса до



тренировки. Это процентное соотношение потери веса вашего тела. Тогда цель состоит в том, чтобы попытаться предотвратить потерю потоотделения более чем на 2-3%.

Конечно, когда спортсмен пьет жидкость или ест, это нужно учитывать. На рисунке 9 модель потери веса скорректирована с учетом потребляемого объема и может быть оценена скорость потоотделения. Также необходимо учитывать потери с мочой и во время продолжительных упражнений оценивать потребление углеводов и жиров.

Рисунок 9: Расчет скорости потоотделения

**How to calculate sweat rate**

Make sure everything is expressed in kg or liters.  
Urine loss, if not measured, may be estimated at 0.3L

**A** - **B** = **C** / **D**

Weight before - Weight after = Weight loss / Duration of exercise (in h)

**X** - **Y** + **Z** - **U**

Bottle weight before - After + Volume consumed - Urine loss

**Sweat rate (Liters per hour)** =  $\frac{\text{C} + \text{Z} - \text{U}}{\text{D}}$

Источник: Jeukendrup. [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)

How to calculate sweat rate	Как рассчитать скорость потоотделения
Make sure everything is expressed in kg or liters. Urine loss, if not measured, may be estimated at 0.3L	Убедитесь, что все указано в килограммах или литрах. Потери мочи, если их не измерить, можно оценить в 0,3 л.
A Weight before	A Вес до
B Weight after	B Вес после
C	C



Weight loss	Потеря веса
D Duration of exercise ( in h)	D Продолжительность упражнения (в часах)
X Bottle weight before	Икс Вес бутылки до
Y After	У После
Z Volume consumed	Z Потребляемый объем
U Urine loss	U Потеря мочи
Sweat rate (liters per hour)	Скорость потоотделения (литров в час)

### Оценка вашего потоотделения

1. Опорожните мочевой пузырь и запишите свой вес (в идеале без одежды или в минимальной одежде). (A)
2. Выполните тренировку (или матч) и запишите / запомните, сколько именно выпито (объем напитка). Взвесьте баллон до (X) и после (Y) и рассчитайте разницу (1 грамм = 1 миллилитр) (Z). (B)
3. После тренировки: вытрите полотенце, опорожните мочевой пузырь и затем запишите массу тела (без одежды (предпочтительно) или в нижнем белье). (B)

Измерьте или оцените потери мочи, если это необходимо (U)

Теперь вычтите вес после тренировки из веса до тренировки, чтобы получить вес, который вы потеряли во время тренировки. Поправьте на выпивку и потерю мочи.

Это даст чистую потерю веса за все время. Разделите чистую потерю веса на продолжительность занятия в минутах и умножьте на 60, чтобы получить почасовую скорость потоотделения.

Как упоминалось выше, важно отметить, что небольшая часть потери массы тела во время активности происходит из-за окисления субстрата, то есть неводной массы. Следовательно, оценки потери воды, основанные на изменении массы тела, должны быть скорректированы с учетом потери массы, не связанной с водой, во время упражнений продолжительностью несколько часов (например, > 3 ч) (American College of Sports et al., 2007). Читателя отсылают к статьям, в которых тема оценки гидратации обсуждается более подробно (Armstrong, 2007; Maughan, Shirreffs, & Leiper, 2007).



Конечно, мы предполагаем, что спортсмен начинает тренировку обезвоженной. Чтобы оценить базальное состояние гидратации, у нас есть ряд доступных методов. Некоторые из них, например, общая вода в организме (TBW), не всегда практичны, но измерение удельного веса или осмоляльности мочи становится более управляемым в практических условиях. Просто взглянуть на цвет мочи - еще одно практическое руководство, которое спортсмены часто могут выполнять сами. Пороговые значения эвгидратации для различных биомаркеров статуса гидратации показаны в таблице 1.

**Таблица 1: Биомаркеры статуса гидратации**

**Table 1** Biomarkers of Hydration Status

	Practicality	Validity	Euhydration cut-off
Total body water	Low	Acute and chronic	<2%
Plasma osmolality	Medium	Acute and chronic	<290 mOsm/kg
Urine specific gravity	High	Chronic	<1.020 g/mL
Urine osmolality	High	Chronic	<700 mOsm/kg
Body weight	High	Acute and chronic*	<1%

Источник: на основе данных Baker & Jeukendrup, 2014 г.)

Total body water	Общая вода в организме
Plasma osmolality	Осмоляльность плазмы
Urine specific gravity	Удельный вес мочи
Urine osmolality	Осмоляльность мочи
Body weight	Масса тела
Practicality	Практичность
Low	Низкий
Medium	Середина
High	Высоко
Validity	Срок действия
Acute and chronic	Острый и хронический
Chronic	Хронический



Euhydration cut-off	Отключение эвгидратации
---------------------	-------------------------

До сих пор мы обсуждали только роль гидратации во время упражнений в жару. Существуют также различия в использовании субстрата. Существует тенденция к большему окислению углеводов и меньшему окислению жиров в жару. Несколько исследований показали, что использование гликогена выше в жару (примерно на 25% выше) (Jentjens, Wagenmakers, & Jeukendrup, 2002). В одном исследовании (Jentjens et al., 2002) субъекты получали углеводный напиток во время упражнений, и измерялось экзогенное окисление углеводов. Несмотря на то, что жара потребляла больше углеводов, использовалось меньше экзогенных углеводов. Вероятно, это связано с тем, что во время физических упражнений в жару происходит перераспределение кровотока, когда кровь движется из желудочно-кишечного тракта к мышцам и коже, и это может нарушить всасывание углеводов в кишечнике. Это также предполагает, что в кишечном тракте остается больше углеводов, и это было связано с увеличением желудочно-кишечных проблем. Из многих исследований мы знаем, что проблемы с желудочно-кишечным трактом чаще встречаются в жарких условиях, особенно в соревнованиях на длительную выносливость, и это может быть одной из причин.

В очень жарких условиях, возможно, стоит подумать об использовании слякоти. Помимо обеспечения жидкости, кашицы могут помочь снизить внутреннюю температуру или тепловые ощущения. Кроме того, ментол использовался как средство для улучшения теплового комфорта. Несколько исследований также показывают улучшение производительности с помощью этих методов охлаждения.

### 3.2.4 Акклиматизация

Возможно, наиболее эффективный способ борьбы с воздействием тепла и отрицательным влиянием тепла на работоспособность - это акклиматизация или акклиматизация. В идеальном мире спортсмен должен готовиться, живя в том же климате, что и соревнования. Это так называемая акклиматизация. Если это невозможно, можно смоделировать условия, тренируясь в климатической камере. В таких камерах можно моделировать точные условия: температуру, влажность, а в некоторых камерах даже радиацию и скорость ветра. Если это невозможно, спортсмен может достаточно хорошо смоделировать домашние условия с помощью обогревателя и увлажнителя воздуха. Наконец, было также показано, что пассивное отопление, например, в сауне или даже горячей ванне, также может иметь некоторые положительные эффекты. Итак, есть много способов, которыми спортсмен может подготовиться к соревнованиям в жарких условиях.

От пяти до десяти дней акклиматизации к жаре заметно влияет на физиологию и восприятие усилий. Ниже мы обсудим некоторые физиологические эффекты, которые можно наблюдать при акклиматизации.

Недавно был опубликован консенсусный документ (Racinais et al., 2015). В этом документе представлены некоторые предпосылки и рекомендации по акклиматизации



к жаре. Различные адаптации могут происходить с разной скоростью, но через десять дней почти все эти адаптации почти завершены, и всего через пять дней акклиматизации к жаре большая часть эффекта уже достигается.

Даже совсем недавно в обзор были добавлены еще несколько практических соображений (Daanen, Racinais, & Periard, 2018). Хотя акклиматизация может быть завершена всего за 5 дней, каждый день без теплового воздействия приводил к распаду 2,5% этих адаптаций. Увеличивая продолжительность ежедневного теплового воздействия, можно улучшить адаптацию внутренней температуры. Для поддержания адаптации скорости потоотделения более длительные периоды акклиматизации дают лучшие результаты. Другими словами, адаптация реакции потоотделения сохраняется дольше.

## Резюме

- Производительность снижается в жарких, холодных и высокогорных условиях (здесь мы сосредоточились только на жарких условиях).
- Есть несколько способов выразить тепловой стресс (тепловой индекс, WBGT), и эти измерения должны определять интенсивность, продолжительность и время тренировки.
- Посоветуйте индивидуальное обучение в зависимости от жары (изменяя интервалы между работой и отдыхом, время суток и т. Д.).
- Тепловое воздействие приводит к заметным изменениям физиологических реакций.
- Физические упражнения в жару повышают риск теплового заболевания, а обезвоживание может усугубить этот эффект.
- Влияние обезвоживания на производительность зависит от температуры окружающей среды.
- В некоторых случаях пить от жажды может сработать, но во многих других лучше прогнозировать уровень потоотделения и иметь стратегию.
- Акклиматизация к жаре - эффективная стратегия подготовки к тренировкам в жару.
- Следите за гидратацией перед тренировкой и предотвращайте обезвоживание перед началом тренировки или соревнований.
- Измеряйте реакцию потоотделения и уметь прогнозировать потерю потоотделения с разумной точностью.
- Разработайте стратегию гидратации, которая предотвращает как недостаточное, так и чрезмерное увлажнение.
- Разработайте стратегию, чтобы предотвратить или хотя бы отсрочить истощение гликогена.
- Спортсмены, планирующие соревнования в жарких условиях окружающей среды, должны акклиматизироваться к жаре (т. Е. Повторные тренировки в жару), чтобы получить биологическую адаптацию, снижающую физиологическое напряжение и улучшающую способность выполнять упражнения в жару.
- Сеансы тепловой акклиматизации должны длиться не менее 60 минут в день и вызывать повышение температуры тела и кожи, а также стимулировать потоотделение.
- Спортсмены должны тренироваться в той же среде, что и место проведения соревнований, или, если это невозможно, тренироваться в помещении в жарком помещении.



- Ранняя адаптация достигается в течение первых нескольких дней, но основные физиологические адаптации не завершаются до ~ 1 недели. В идеале период акклиматизации к жаре должен длиться 2 недели, чтобы получить максимальную пользу. (Расина, С., Алонсо, Дж. М., Куттс, А. Дж., Флурис, А. Д., Жирар, О., Гонсалес-Алонсо, Дж., Хауссвирт, К., Джей, О., Ли, Дж. К., Митчелл, Н., Нассис, GP, Nybo, L., Pluim, BM, Roelands, B., Sawka, MN, Wingo, JE, Periard, JD 2015. <https://bit.ly/2ETri87>)

- Соблюдайте правила гидратации.

- Рассмотрите стратегии предварительного охлаждения (например, применение замороженной одежды, полотенца, погружение в воду или обмахивание веером) и внутренние (например, проглатывание холодных жидкостей или ледяной суспензии) методы. Во время охлаждения тела важно убедиться, что температура мышц оптимальна. В противном случае охлаждение может отрицательно сказаться на производительности.



## Ссылки

Американский спортивный колледж, Савка, М. Н., Берк, Л. М., Эйхнер, Э. Р., Моган, Р. Дж., Монтейн, С. Дж., И Стахенфельд, Н. С. (февраль 2007 г.). Позиционный стенд Американского колледжа спортивной медицины. Физические упражнения и восполнение жидкости. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 39 (2), 377-390. DOI: 10.1249 / mss.0b013e31802ca597

Армстронг, Л. Э. (октябрь 2007 г.). Оценка состояния гидратации: неуловимый золотой стандарт. Журнал Американского колледжа питания, 26 (5 доп.), 575S-584S.

Бейкер, Л. Б., Догерти, К. А., Чоу, М., и Кенни, В. Л. (июль 2007 г.). Прогрессирующее обезвоживание вызывает постепенное снижение навыков баскетбола. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 39 (7), 1114-1123. DOI: 10.1249 / mss.0b013e3180574b02

Бейкер, Л. Б., и Джеукендроп, А. Э. (апрель 2014 г.). Оптимальный состав жидкостных напитков. Комплексная физиология, 4 (2), 575-620. DOI: 10.1002 / cphy.c130014

Шевронт, С. Н., Картер, Р., Кастеллани, Дж. У., и Савка, М. Н. (ноябрь 2005 г.). Гипогидратация ухудшает выполнение упражнений на выносливость в умеренном, но не холодном воздухе. Журнал прикладной физиологии (1985), 99 (5), 1972–1976. DOI: 10.1152 / jappphysiol.00329.2005

Шевронт, С. Н., Кенефик, Р. В., Монтейн, С. Дж., И Савка, М. Н. (декабрь 2010 г.). Механизмы снижения аэробной работоспособности при тепловом стрессе и обезвоживании. Журнал прикладной физиологии (1985), 109 (6), 1989–1995. DOI: 10.1152 / jappphysiol.00367.2010

Циан, К., Барро, П. А., Мелин, Б., и Рафел, К. (ноябрь 2001 г.). Влияние приема жидкости на когнитивные функции после теплового стресса или обезвоживания, вызванного физической нагрузкой. Международный журнал психофизиологии, 42 (3), 243-251.

Кокер, Н. А., Уэллс, А. Дж., И Гепнер, Ю. (январь 2018 г.). Влияние теплового стресса на показатели беговой производительности и реакции сердечного ритма во время соревновательного сезона у мужчин-футболистов. Журнал исследований силы и кондиционирования [Ериб до печати]. DOI: 10.1519 / JSC.0000000000002441

Даанен, Х.А.М., Расинай, С., и Периард, Дж. Д. (февраль 2018 г.). Затухание акклиматизации тепла и реиндукция: систематический обзор и метаанализ. Спортивная медицина, 48 (2), 409-430. DOI: 10.1007 / s40279-017-0808-x

Ганио, М.С., Армстронг, Л.Е., Каса, Дж., Макдермотт, Б.П., Ли, ЕС, Ямамото, Л.М., Марцано, С., Лопес, Р.М., Хименес, Л., Ле Беллего, Л., Шевиллот, Э., Либерман, НР (ноябрь 2011 г.). Легкое обезвоживание ухудшает умственную деятельность и



настроение мужчин. Британский журнал питания, 106 (10), 1535-1543. DOI: 10.1017 / S0007114511002005

Грэнтам, Дж., Чунг, С.С., Коннес, П., Феббрайо, М.А., Гауа, Н., Гонсалес-Алонсо, Дж., Хьюэ, О., Джонсон, Дж. М., Моган, Р. Дж., Миусен, Р., Найбо, Л., Расинас, С., Ширреффс, С.М., Дворак, Дж. (2010). Текущие знания об игре в футбол в жарких условиях. Скандинавский журнал медицины и науки в спорте, 20 (Приложение 3), 161–167. DOI: 10.1111 / j.1600-0838.2010.01216.x

Джентенс, Р. Л., Вагенмакерс, А. Дж., И Джекендруп, А. Э. (апрель 2002 г.). Тепловой стресс увеличивает использование гликогена в мышцах, но снижает окисление углеводов во время тренировки. Журнал прикладной физиологии, 92 (4), 1562-1572.

Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M. (2018). Спортивное питание (3-е издание). Шампейн, США: кинетика человека.

Келлог, Д. Л., младший, Джонсон, Дж. М., и Косиба, В. А. (декабрь 1991 г.). Контроль порога внутренней температуры для активной кожной вазодилатации с помощью динамических упражнений. Журнал прикладной физиологии (1985), 71 (6), 2476-2482. DOI: 10.1152 / jap.1991.71.6.2476

Кенефик, Р. У. (март 2018 г.). Стратегии употребления алкоголя: запланированное употребление алкоголя или питье до жажды. Спортивная медицина, 48 (Приложение 1), 31-37. DOI: 10.1007 / s40279-017-0844-6

Либерман, Х. Р. (октябрь 2007 г.). Гидратация и познание: критический обзор и рекомендации для будущих исследований. Журнал Американского колледжа питания, 26 (5 доп.), 555S-561S.

Моган, Р. Дж., Ширреффс, С. М., и Лейпер, Дж. Б. (май 2007 г.). Ошибки в оценке статуса гидратации по изменению массы тела. Журнал спортивных наук, 25 (7), 797-804. DOI: 10.1080 / 02640410600875143

Мор, М., Нибо, Л., Грантам, Дж., И Расинай, С. (2012). Физиологические реакции и физическая работоспособность во время футбола в жару. PLoS One, 7 (6), e39202. DOI: 10.1371 / journal.pone.0039202

Нойфер, П. Д., Янг, А. Дж., И Савка, М. Н. (1989). Опорожнение желудка во время упражнений: последствия теплового стресса и гипогидратации. Европейский журнал прикладной физиологии, 58 (4), 433-439.

Ньюбо, Л., Расмуссен, П., и Савка, М. Н. (апрель 2014 г.). Эффективность теплофизиологических факторов, важных для утомления, вызванного гипертермией. Комплексная физиология, 4 (2), 657-689. DOI: 10.1002 / cphy.c130012

Расинас, С., Алонсо, Дж. М., Куттс, А. Дж., Флурис, А. Д., Жирар, О., Гонсалес-Алонсо, Дж., Хауссвирт, К., Джей, О., Ли, Дж. К., Митчелл, Н., Нассис, Г.П., Ньюбо, Л., Плум, Б.М., Руландс, Б., Савка, Миннесота, Уинго, Дж. Э., Периард, Дж. Д. (июль, 2015 г.).



Консенсусные рекомендации по тренировкам и соревнованиям в разгаре. Спортивная медицина, 45 (7), 925-938. DOI: 10.1007 / s40279-015-0343-6

Томас, Д. Т., Эрдман, К. А., и Берк, Л. М. (март, 2016 г.). Заявление о совместной позиции Американского колледжа спортивной медицины. Питание и спортивные результаты. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 48 (3), 543-568. DOI: 10.1249 / MSS.0000000000000852  
Wendt, D., van Loon, L. J., & Lichtenbelt, W. D. (2007). Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Medicine*, 37(8), 669-682.

