

Эффект временного охлаждения головы на аэробную производительность в жарких условиях

Peter Walters, Nathaniel Thom, Kai Libby, Shelby Edgren, Amanda Azadian, Daniel Tannous, Elisabeth Sorenson and Brian Hunt

Лаборатория Физиологии Упражнений, Факультет Прикладной Научной Медицины в колледже Wheaton College, Wheaton IL, США

Аннотация

Терморегуляция крайне важна для атлетов, особенно тех, кто должен работать при высоких температурах. Большинство стратегий, направленных на снижение стресса от нагревания, охлаждают спортсмена до или во время занятия спортом. Задача данного исследования выяснить сможет ли применение методики охлаждения головы в течение семи (7) минут, применяемое между периодами аэробных упражнений в жарких (35 ± 1.0 °C) и сухих ($14.68 \pm 4.29\%$ rh) условиях позитивно повлиять на пиковую выходную мощность (ВМ) при проведении сердечного стресс теста на максимальном уровне напряжения. Двадцать два спортивных и активных мужчины в возрасте от 18 до 23 ($19,8 \pm 1.6$ лет) закончили три теста на производительность в течение 21 дня. Во время первого тестирования участников ознакомили с процедурами, и они выполнили сердечный стресс тест на максимальном уровне напряжения на эргометрических велосипедах с целью выявить максимальные базовые показатели. Второе и третье тестирования, которые были взаимно-компенсирующими, заканчивались процедурами охлаждения (2) и плацебо (3). Во время обоих тестирований участники использовали велотренажер 40 минут на 65% от их максимального потребления кислорода (VO_2) в жарких (35 ± 1.0 °C) и сухих (17-20% rh) условиях. Сразу после начального периода физической активности, участникам давали семь (7) минут на восстановление во время которого производилось охлаждение - процедура охлаждения (2 тест) и не производилось охлаждения – процедура плацебо (3 тест). Участники затем снова выполняли сердечный стресс тест на максимальном уровне напряжения. Значительная разница ($p < 0.001$) в показателях пиковой выходной мощности (W) была зафиксирована при применении охлаждения по сравнению с показателями при плацебо ($304.23(W) \pm 26.19(W)$ охлаждение, $291.68(W) \pm 26.04(W)$ плацебо). Эти результаты свидетельствуют о том, что относительно непродолжительный период временного охлаждения может улучшить аэробные показатели.

Ключевые слова: Терморегуляция, тепловые нагрузки, тепловой удар, жаркие условия, выносливость.

Введение

Физиологическая потребность в терморегуляции во время интенсивных физических нагрузок очень существенна, особенно для атлетов, которые занимаются в гипертермических условиях. Несколько исследований подтверждают ухудшение в физической работоспособности при условиях с температурой воздуха выше 32°C (Howley et al., 1995; Midgley et al., 2007; Tyler et al., 2015). Человеческий организм особенно восприимчив к теплу, а именно, выдерживает уменьшение температуры (10° C) в два раза большее, чем ее повышение (5°C) (McArdle et al., 2010). В попытке облегчить эффекты теплового стресса, различные методики охлаждения были испробованы. На данный момент было проведено порядка 100 оригинальных исследований и 13 обзоров, которые проверяли эффективность охлаждения на двигательной работоспособности (Stevens et al., 2016). Результаты данных исследований показывают, что внешние методы охлаждения, в общем, позитивно влияют на производительность (Ruddock et al., 2016; Stevens et al., 2016; Tyler et al., 2015).

Со временем результаты исследований эффектов охлаждения стали предоставлять более точную информацию и понимание о том, когда следует применять охлаждение. При самых ранних исследованиях проводили охлаждение до физических нагрузок – предварительное охлаждение. Большинство этих исследований показывало благоприятный эффект на дальнейшую двигательную производительность (Stevens et al. 2016; Tyler et al. 2015). Более поздние исследования проверяли эффекты охлаждения во время тренировок – промежуточное охлаждение. Как и в случае предварительного охлаждения, были выявлены положительные результаты, кроме того, некоторые исследователи утверждали, что промежуточное охлаждение перевешивает предварительное по уровню эффективности (Tyler et al. 2015; Stevens et al. 2016).

Исследовательская статья

Промежуточное охлаждение можно разделить на продолжительное и периодическое. Продолжительное промежуточное охлаждение применяется на протяжении всей физической активности. Это сопровождается экипировкой участников охлаждающим оборудованием – жилетом, воротником, накладками на руки или обработка спреем, вентиляция (Tyler and Sunderland 2011; Minniti et al. 2011; Amorim et al. 2010; Kenny et al. 2011). Промежуточное периодическое охлаждение – это периодическое охлаждение во время двигательных нагрузок, а не продолжительное. Например выпивание холодного напитка или суспензии льда каждые 15 минут во время работы на велотренажере (Mundel et al. 2006; Siegel et al. 2010). И продолжительное и периодическое временное охлаждение показывают положительные результаты при применении на пациентах после тепловых нагрузок (González-Alonso et al. 1999; Ruddock et al. 2016; Stevens et al. 2016).

Цель данного исследования – выяснить сможет ли применение методики охлаждения головы в течение семи (7) минут, применяемое между периодами аэробных упражнений в жарких (35 ± 1.0 °C) и сухих ($14.68 \pm 4.29\%$ rh) условиях позитивно повлиять на аэробную производительность. Область данного исследования была выбрана по четырем причинам. Во-первых, периодическое охлаждение исследовано меньше всего по сравнению с остальными видами охлаждений. Недавний обзор исследований показал, что 80% всех исследований охлаждения были на тему предварительного охлаждения и только 80% исследовали промежуточное (Stevens et al. 2016). Кроме того, большинство исследований промежуточного охлаждения использовали продолжительную методику охлаждения, а не периодическую (Ruddock et al. 2016; Stevens et al. 2016). Во-вторых, применение периодического охлаждения во многих видах спорта, как например крикет, хоккей на траве, теннис, волейбол, бейсбол, гольф, баскетбол и футбол очень благоприятно. Каждый из них включает в себя периоды отдыха, в которые можно было бы применять охлаждение. В-третьих, периодическое охлаждение позволяет применение охлаждения в стратегически важные моменты, когда решается исход соревнования. В заключении, в своих работах по промежуточному охлаждению большинство исследователей рекомендуют изучить охлаждение головы (Stevens et al., 2016). Обоснованием для охлаждения головы являются: простота доступа, высокий уровень кровотока в этой части тела, возможность охлаждения без необходимости снижать температуру работающих мышц (Palmer et al., 2001). На данный момент нет исследований эффекта этого метода охлаждения головы на производительность.

Методы

Экспериментальный подход к проблеме

Рандомизированное перекрестное исследование было выбрано чтобы выявить сможет ли применение методики охлаждения головы в течение семи (7) минут, применяемое между периодами активности, ослабить ухудшение в производительности, которое обычно обусловлено необходимостью функционировать при тепловых нагрузках. Данный способ исследования был выбран с целью свести к минимуму эффекты межиндивидуальной вариабельности участников.

Каждый участник прошел по три тестирования. Первое тестирование состояло из подготовки участников к процедурам тестирования и сбор исходных показателей. Второе и третье тестирования - компенсирующие, состояли из процедур охлаждения (2) и плацебо (3) (см. таблицу1).

<p>ПРОЦЕДУРА ОХЛАЖДЕНИЯ</p> <p>40 минутная работа на велотренажере</p> <p>Нагрузка: 65% от их максимального потребления кислорода (VO_2)</p> <p>Температура окружающей среды - 35c</p>
<p>ПЛАЦЕБО</p> <p>40 минутная работа на велотренажере</p> <p>Нагрузка: 65% от их максимального потребления кислорода (VO_2)</p> <p>Температура окружающей среды - 35c</p>

Таблица 1: Модель исследования

Исследовательская статья

Независимая переменная данного исследования – охлаждение головы с помощью охлаждающей системы Welkins Sideline Cooling System (Downers Grove, IL). Этот аппарат состоит из трех главных компонентов: охлаждающего картриджа, теплообменника и присоединённого неопренового колпака (см. Рисунок 1). Теплообменник циркулирует 9oz охлаждающей жидкости через шланг и неопреновый колпак, который надежно закреплен на голове испытуемого. Во время максимального охлаждения, циркулирующая жидкость поддерживается на уровне между 5-10°C. Во время процедуры аппарат был использован на максимальном уровне охлаждения. Питание оборудования осуществляется с помощью внутренних батарей.



Рисунок 1. Охлаждающая система Welkins Sideline

Для того, чтобы достигнуть эффекта плацебо, участникам объявили, что цель данного исследования – сравнить эффекты двух моделей охлаждения на аэробную производительность: традиционную и инновационную. Традиционный метод охлаждения – охлаждение с помощью циркулирующей жидкости, при котором участники почувствуют ощущение холода в районе головы. Инновационный метод охлаждения (плацебо) – использование технологии магнитно-резонансного охлаждения, действующего на клетки терморцепторов в мозге для глубинного охлаждения мозга. Участников убедили, что несмотря на отсутствие ощущений холода в районе воздействия, происходило внутреннее охлаждение мозга. Данные объяснения были предоставлены с целью максимально уменьшить эффект сенсорного подкрепления.

Зависимая переменная - пиковая выходная мощность. Для измерения производительности использовался сердечный стресс тест.

Участники

Двадцать два спортивных и активных мужчины в возрасте от 18 до 23 ($19,8 \pm 1.6$ лет) участвовали в исследовании. Средняя масса и рост участников - 1.82 ± 0.08 м и 78.4 ± 15.6 кг. Все участники подтвердили регулярные занятия различными физическими нагрузками среднего или высокого уровня в количестве не менее 90 минут в неделю на протяжении последних 6 месяцев. Каждый участник согласился не изменять свою деятельность и диетические привычки на время проведения исследования. У участников не наблюдалось никаких сердечно-сосудистых, нейронных или опорно-двигательных заболеваний, или травм, которые могли бы помешать завершению этапов тренировок. После ознакомления с процедурой и протоколом исследования и потенциальными рисками, участникам была предоставлена возможность спросить вопросы перед прочтением и подписанием формуляра информированного согласия, который был одобрен Советом по институциональному обзору (СИО). Каждый участник выполнивший оговоренные процедуры и условия был вознагражден финансово.

Процедуры теста

Первый этап был проведен в условиях гипертермии (повышенной температуры) и низкой влажности (35 ± 1.0 °C, $15\% \pm 3\%$ rh). Максимальное потребление кислорода и аэробной производительности участников измерялись с помощью ступенчатого теста на электронном велотренажере Velotron (Racermate, Seattle, WA). Участники крутили педали три (3) минуты на постоянной мощности в 100 Ватт. После разогрева, мощность увеличивалась со скоростью в 1 Ватт на каждые 2,5 секунды. Участники продолжали упражнение до потери сил. Потребление кислорода (VO_2) и дыхательного коэффициента (ДК) измерялись на протяжении всего процесса тренировки с помощью спирометра разомкнутого контура (TrueOne 2400

Исследовательская статья

metabolic cart, Parvo Medics, Sandy, UT). Частота сердечных сокращений (ЧСС) (FT1-Polar, Kempele, Finland) и ректальная температура (РТ) (RT-YSI 400 thermistor and 43TA tele-thermometer, YSI, Yellow Springs, OH) так же измерялись на протяжении всего процесса тренировки. Показатели усреднили по пятисекундным периодам. К моменту потери сил $\dot{V}O_2$, максимальная (пиковая) нагрузка, пиковая выходная мощность, ЧСС, субъективно воспринимаемая напряженность (СВН) (Borg, 1998), ректальная температура, уровень молочной кислоты (Lactate Plus, Nova Biomedical, Waltham, MA) и максимальный уровень мощности были запроотоколированы. Сердечный стресс тест считался проведенным успешно если результат участника соответствовал двум (2) из четырех (4) требований: СВН выше 18, ЧСС в рамках норм максимума для данной возрастной группы (Формула Карвонена), ДК > 1.10 и содержание молочной кислоты > 7 мм (Howley et al., 1995; Midgley et al., 2007). Участникам советовали употреблять достаточное количество воды до начала упражнения, так как никакой жидкости им не предоставлялось до завершения процедуры тестирования.

Второй и третий этапы были проведены в условиях гипертермии (повышенной температуры) и низкой влажности (35 ± 1.0 °C, $15\% \pm 3\%$ rh) и были взаимно-компенсирующими – половина участников получила процедуру охлаждения, а другая половина – процедуру плацебо вначале. Процедуры этих этапов были идентичны кроме одного фактора: охлаждающий колпак был включен на полную мощность во время процедуры охлаждения и выключен – по время процедуры плацебо. Во время обоих тестирований участники использовали велотренажер 40 минут на 65% от их максимального потребления кислорода ($\dot{V}O_2$). В этот период ЧСС, СВН, ДК, внутренняя температура и мощность протоколировались каждые пять минут. Используя данные измерения устанавливалась мощность на тренажере, чтобы поддерживать нагрузку на 65% от максимального потребления кислорода ($\dot{V}O_2$). После 40 минут, участники прекращали крутить педали и им давали семь (7) минут на восстановление. Во время промежутка, отведенного на отдых, голова участника обрабатывалась водой с помощью спрея (как указано в рекомендациях производителя оборудования) для улучшения термо-проводимости и затем охлаждающий колпак надежно закреплялся на голове испытуемого. Все участники оставались на велосипедах во время этого периода отдыха.

По завершению интервала отдыха, охлаждающий колпак снимался и сразу же начинался ступенчатый тест. Сердечный стресс тест был идентичен первому этапу, за исключением трехминутного разогрева. После достижения уровня потери сил $\dot{V}O_2$, максимальная (пиковая) нагрузка, пиковая выходная мощность, ЧСС, СВН, ректальная температура и уровень молочной кислоты были запроотоколированы

Участникам было необходимо завершить три этапа с промежутком в неделю между каждым этапом. Для каждого участника процедуры тестирования проводились в тот же день недели и то же время для того, чтобы свести к минимуму эффекты суточных колебаний. Кроме того, каждый участник обязывался соблюдать обычную активность и диету во время сбора данных. По завершению всех этапов тестирования участникам открыли всю информацию о процедуре плацебо.

Кoeffициент полезного действия (КПД) был подсчитан в виде соотношения пикового уровня активности к потраченной энергии. Ватты были переведены в ккал/мин (0.004184 kcal/kJ) и $\dot{V}O_2$ было переведено в ккал/мин (5.047 kcal/LO 2) (Coyle et al. 1992).

Статистический анализ

Чтобы выяснить сможет ли применение методики охлаждения головы в течение семи (7) минут, применяемое между периодами аэробных упражнений ослабить ухудшение в производительности, изменение показателей было рассчитано для всех измеряемых этапов/процедур (охлаждение, плацебо – к первичным данным) и сравнивалось с помощью t-Критерия Стьюдента для в двух выборок (SPSS v.21, IBM). Снижение в значениях максимального $\dot{V}O_2$, пиковой выходной мощности к первичным данным сердечного стресс теста сравнивались между процедурой охлаждения и процедурой плацебо. Статистическая разница между средними величинами были зафиксированы на минимальном уровне $p \leq 0.05$.

Результаты

Температура в комнатах не отличалась друг от друга во время всех тестов (Первичные данные: $35.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$; Плацебо: $35.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$; $35.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$). Относительная влажность поддерживалась на низких уровнях в течение всех испытаний (Первичные данные: $12.82 \pm 4.79\% \text{ rh}$; Плацебо: $17.45 \pm 3.88\% \text{ rh}$; Периодическое охлаждение: $18.91 \pm 2.72\% \text{ rh}$). Температурная нагрузка, вызванная выполнением упражнений при высоких температурах, не отличалась, как показано на Диаграмме 2.

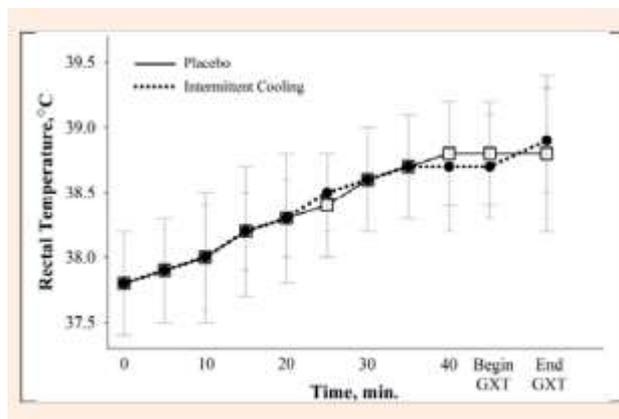


Диаграмма 2: Ректальные температуры во время плацебо и процедуры охлаждения¹

Усилия испытуемого были максимальны и на процедуре охлаждения, и на процедуре плацебо, так как не выявлено разницы в максимальной внутренней температуре, максимальной ЧСС, уровне содержания молочной кислоты и СВН. См. Таблицу 2.

	Placebo	Intermittent Cooling
Core temperature	38.8 (.1)	38.9 (.1)
VO ₂ (ml/kg/min)	51.8 (1.5)	52.5 (1.2)
HR (bpm)	190 (3)	191 (3)
RER	1.09 (.01)	1.09 (.01)
Lactate (mM/L)	12.0 (.7)	12.5 (.7)
RPE	19.2 (.2)	19.4 (.2)

Таблица 2: Максимальные значения к концу сердечного стресс теста. Данные – средние значения (\pm стандартное отклонение)²

Как показано в Диаграмме 3, пиковая выходная мощность была ниже и во время плацебо (291 ± 26.04 Ватт) и во время охлаждения (304 ± 26.19) по сравнению с показателями первичного сердечного стресс теста (316.72 ± 33.65). Однако, охлаждение существенно ослабило ухудшение в производительности ($p = 0.002$). Учитывая, что скорость повышения мощности при начальном сердечном стресс тесте была равна 1 Ватту на каждые 2,5 секунды, эта разница в уровнях максимальной выходной мощности равняется разнице в 31.4 ± 9.1 секунд. Хотя производительность уменьшилась, снижение в уровне потребления кислорода (VO₂) не отличалось во время процедуры плацебо и процедуры охлаждения (Диаграмма 3). Когда КПД был вычислен из показателей мощности и VO₂, не было обнаружено разницы ($p = 0.18$) между условиями плацебо ($21.16 \pm 0.45\%$) и охлаждением ($21.78 \pm 0.58\%$).

¹ Placebo – Плацебо

Intermittent cooling – периодическое охлаждение

Rectal temperature – ректальная температура

² Core temperature – внутренняя температура

VO₂ – Потребление кислорода

HR – Частота сердечных сокращений (ЧСС)

RER – Дыхательный коэффициент (ДК)

Lactate – содержание молочной кислоты

RPE – субъективно воспринимаемая напряженность (СВН)

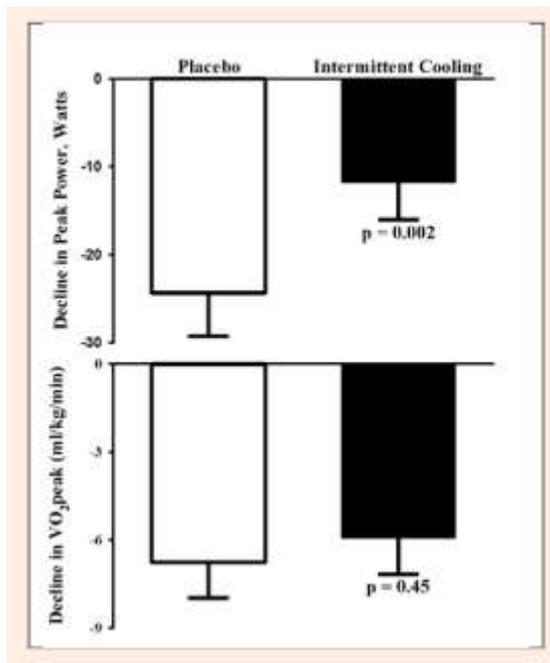


Диаграмма 3: Снижение в уровне VO_2 и максимальной выходной мощности

Обсуждение

Данные результаты могут значить, что периодическое охлаждение – эффективный метод улучшать аэробную производительность, но не объемы тренировок. Эти результаты соответствуют более ранним исследованиями, когда применялось предварительное или продолжительное охлаждение (Ruddock et al., 2016; Stevens et al., 2016; Tyler et al., 2015). Конечно, требуется больше доказательств для того, чтобы делать выводы о пользе охлаждения, однако, есть ряд аспектов данного исследования достойных внимания и, возможно, полезных.

Во-первых, периодическое охлаждение головы смягчает критику методики охлаждения, по сравнению с другими видами охлаждения (предварительное и продолжительное охлаждения). Один из критикуемых аспектов предварительного охлаждения, например, заключается в том, что метод работает в противодействие процессам разогрева. Исследования, которые проводились чтобы выяснить эффект разогрева на дальнейшую физическую производительность подтверждают предположение, что процедуры разогрева увеличивают скорость и силу мышечных сокращений, снижают сопротивление вязкой среды в мышцах и суставах и увеличивают кровоток к активным мышцам (Bergh and Ekblom, 1979; Fradkin et al., 2010). Учитывая, что практика разогрева признана повсеместно, существует беспокойство, что предварительное охлаждение может работать ей во вред. Другой аспект критики – охлаждение определенных частей тела может привести к снижению скорости и силы мышечных сокращений в областях охлаждения (Bergh and Ekblom, 1979). Кроме того, во время продолжительного охлаждения пользователям необходимо поддерживать приспособление охлаждения на протяжении всей двигательной деятельности. Хотя методы поддержки устройств эволюционируют, беспокойство по поводу дополнительного сопротивления, и нагрузки, а также сковывания движения пользователя, что может свести на «нет» любой позитивный эффект, остается актуальным (Ansley et al., 2008; Stevens et al., 2016; Tyler et al., 2015).

Данная критика может быть сведена к минимуму при использовании периодического охлаждения, а именно периодического охлаждения головы. Если охлаждение применено после определенного периода физической активности, тогда можно избежать смешивания эффектов разогрева и охлаждения, которое свойственно при продолжительном охлаждении. Кроме того, охлаждение головы, по сравнению с другими местами на теле, содержащими большое количество мышечной ткани, может снизить главные причины усталости, при этом не влияя на локальную температуру мышечной ткани (Fradkin et al., 2010).

Более того, периодическое охлаждение может применяться во время приостановки физической активности, что свойственно многим видам спорта, что исключает необходимость быть привязанным к охлаждающему аппарату на протяжении всего времени физической активности, как происходить при продолжительном охлаждении.

Хотя периодическое охлаждение снижает критику, которая характерна для предварительного и продолжительного охлаждений, у данного исследования есть ряд ограничений, которые стоит раскрыть в последующих работах. Во-первых, участники данного исследования – мужчины. Женщин исключили из данного исследования из-за возможного влияния колебания менструальных циклов на температуру и теплового барьера, который может быть следствием более обильной растительности на голове (Marsh and Jenkins, 2012). Кроме того, участники тестирования занимаются спортом на любительском уровне, в отличие от спортсменов высоких достижений. Вероятно, разница в производительности снизилась бы с возрастанием их физических возможностей.

Притом, что не было зафиксировано разницы в показателях внутренней температуры, было бы полезным понаблюдать есть ли разница температуры мозга при охлаждении и процедуре плацебо. Во время предварительных тестирований данные с тимпанической температурой участников были получены, однако из-за недостаточной надежности оборудования с помощью которого проводились измерения эти данные не были использованы. Это подтверждается научной литературой (Ganio et al., 2009). Другие способы получения показателей температуры мозга более точны и надежны, а именно: микроволновой радиометр, магнитно-резонансный термометр, ультразвуковой термометр, однако, такие инструменты не были доступны в нашей лаборатории (Corbett et al., 1997; Maruyama et al., 2000). Вдобавок, хотя процедура плацебо использовалась в данном исследовании, сила плацебо не обладала всеми сопровождающими ее сенсорными ощущениями, которые наблюдались во время предварительных тестирований.

Хотя результаты этого исследования подтверждают гипотезу о том, что охлаждение может благоприятно воздействовать на физическую производительность, физиологические механизмы данного эффекта поняты не полностью. Повышение в показателях аэробной производительности и максимального VO_2 предполагают, что эффективность во время нагрузок улучшилась благодаря периодическому охлаждению. Механическая эффективность не измерялась, однако маловероятно, что нагревание или охлаждение могли повлиять на биомеханику. Поэтому можно предположить улучшение эффективности метаболизма. В то время как исследования показывают, что повышение температуры мышечных тканей сопряжено с повышением эффективности метаболизма (Olschewski and Bruck, 1988; Marino et al., 2004), наши данные указывают на то, что ректальная температура не изменялась несмотря на периодическое охлаждение головы. Следовательно, маловероятно, что краткосрочное периодическое охлаждение повлияло на эффективность метаболизма. Другая вероятная причина – в промежуток активного нагревания (40 минут работы на велотренажере с нагрузкой 65% от максимального потребления кислорода) вызвал определенный уровень «прострации» (Hettinga et al., 2007), и периодическое охлаждение головы помогло снизить уровень усталости и получить улучшенную производительность. Требуется дополнительные исследования в будущем, чтобы прояснить периферические и центральные механизмы на которые напрямую или косвенно влияет периодическое охлаждение головы.

Применение

Кроме отсутствия ограничений, которые являлись неотъемлемой частью предварительного и продолжительного охлаждения, периодическое охлаждение может применяться среди большого спектра атлетов, которые участвуют в видах спорта с частыми перерывами. Во время Национальной Футбольной Лиги мяч в игре находится только 11 минут из 2,5 часов игрового времени (Biderman 2010). Среднее время на льду у топовых игроков Национальной Хоккейной Лиги – 19 минут в течение 60ти минутной игры (NHL Website, 2014). Во время игры бейсбол мяч в трехчасовой игре находится в игре только 18 минут (Moyer, 2013). Следовательно, во многих видах спорта есть масса возможностей применять периодическое охлаждение чтобы оптимизировать производительность.

Исследовательская статья

Благодаря простоте применения на голове и относительно недолгому периоду процедуры охлаждения периодическое охлаждение подходит для применения в изменяющихся (динамических) условиях, при колебаниях температуры окружающей среды во время спортивного мероприятия или в связи с перемещениями. В 2007г. Беговой Марафон в Чикаго начался при температуре 70 (F) и через 3,5 часа был прерван из-за того, что температура поднялась выше 90 (F) (Snyder, 2007). В нашем исследовании у футболистов, привыкших работать при достаточно прохладных температурах (12°C) наблюдалось ухудшение производительности на 6% если приходилось участвовать в матче там, где климат с умеренной температурной нагрузкой (30°C) (Mohr and Krustrup, 2013).

Наконец, уровень повышения производительности, достигнутый благодаря периодическому охлаждению поразителен. Охлаждение и процедура плацебо продолжались 7-9 минут. Мощность во время сердечного стресс теста увеличивалась на 1 Ватт каждые 2,5 секунды. В среднем было зафиксировано улучшение скорости на 31 секунду после применения периодического охлаждения, по сравнению с его отсутствием (охлаждение 510 сек., плацебо 479 сек.) Можно напрямую сравнивать аэробную нагрузку и сердечный стресс тест на велотренажере. Спортивные мероприятия подобные Тур де Франс прологу (отборочный тур), двухмильному забегу, 800 метровому заплыву являются аэробными нагрузками и длятся примерно одинаково – 7-9 минут. В соревнованиях Тур де Франс пролог 2012 года 31 секунда была разницей между 1 и 164 местом (VeloNews, 2014). Согласно данным соревнований Лучший бегун всех времен среди мужчин (Men's All-time Best) на 2 мили – между лучшим результатом и 31 секундой после - более 300 участников (Larsson, 2016). В заплыве на 800 м среди мужчин в 2015 году в Чемпионате мира по водным видам спорта 31 секунда была разницей между первым и 37 местом (FINA, 2015).

Хотя время потери сил и полное время физической активности не параллельны, а профессиональные спортсмены высоких достижений отличаются от просто физически активных людей, результат данного исследования подтверждает, что периодическое охлаждение улучшает аэробную производительность. Эти выводы, которые соответствуют более ранним исследованиям могут являться инструментом для тренеров, инструкторов и практикующих врачей дополнительным инструментом для снижения негативных последствий от температурных нагрузок.

Заключение

Результаты показывают, что относительно краткий период периодического охлаждения может улучшить последующую аэробную производительность во время физических нагрузок в жарких (35 ± 1.0 °C) условиях. Применение этого многообещающе для широкого спектра атлетов, занимающихся видами спорта с большим количеством перерывов/промежутков.

Список использованной литературы

Amorim, F.T., Yamada, P.M., Robergs, R.A. and Schneider, S.M. (2010) Palm cooling does not reduce heat strain during exercise in a hot, dry environment. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 35, 480-489.

Ansley, L., Marvin, G., Sharma, A., Kendall, M.J., Jones, D.A. and Bridge, M.W. (2008) The Effects of Head Cooling on Endurance and Neuroendocrine Responses to Exercise in Warm Conditions. *Physiological Research* 57, 863-872.

Bergh, H. and Ekblom, B. (1979) Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica* 107, 33-37.

Biderman, D. (2010). 11 Minutes of Action. *Wall Street Journal* [Online]. Available form URL: <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052748704281204575002852055561406> [Accessed: 14 August 2014].

Borg, G. (1998) *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Corbett, R., Lupton, A. and Weatherall, P. (1997) Noninvasive measurements of human brain temperature using volume-localized proton magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 17, 363-369.

Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Horowitz, J.F. and Beltz, J.D. (1992) Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24, 782-788.

FINA. (2015) 16th FINA World Championship: 800 M Swim [Online]. Available from URL: <http://omegatiming.com/File/Download?id=00010F02000000400FFFFFFFFF02> [Accessed: 1 February 2016].

Fradkin, A., Zazryn, T. and Smoliga, J. (2010) Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research* 24, 140-148.

Ganio, M.S., Brown, C.M., Casa, D.J., Becker, S.M., Yeargin, S.W., McDermott, B.P., Boots, L.M., Boyd, P.W., Armstrong, L.E., and Maresh, C.M. (2009). Validity and Reliability of Devices That Assess Body Temperature During Indoor Exercise in the Heat. *Journal of Athletic Training* 44, 124-135.

González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L., Jensen, F.B., Hyldig, T. and Nielsen, B. (1999) Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology* 86, 1032-1039.

Hettinga, F.J., De Koning, J.J., de Vrijer, A., Wust, R.C.I., Daanen, H.A.M. and Foster, C. (2007) The effect of ambient temperature on gross-efficiency in cycling. *European Journal of Applied Physiology* 101, 465-471.

Howley, E.T., Bassett, D.R. and Welch, H.G. (1995) Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27, 1292-1301.

Kenny, G.P., Schissler, A.R., Stapleton, J., Piamonte, M., Binder, K., Lynn, A., Lan, C.Q. and Hardcastle, S.G. (2011) Ice Cooling Vest on Tolerance for Exercise under Uncompensable Heat Stress. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 8, 484-491.

Larsson, P. (2016) Men's 2 Miles [Online]. Available from URL: http://www.alltime-athletics.com/m_2miok.htm [Accessed: 1 February 2016].

Marino, F.E., Lambert, M.I. and Noakes, T.D. (2004) Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *Journal of Applied Physiology* 96, 1241-1250.

Marsh, S.A. and Jenkins, D.G. (2012) Physiological Responses to the Menstrual Cycle. *Sports Medicine* 32, 601-614.

Maruyama, K., Mizushima, S., Sugiura, T., Van Leeuwen, G.M.J., Hand, J.W., Marrocco, G., Bardati, F., Edwards, A.D., Azzopardi, D. and Land, D. (2000). Feasibility of noninvasive measurement of deep brain temperature in newborn infants by multifrequency microwave radiometry. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 48, 2141-2147

McArdle, W.D., Katch, F.I. and Katch, V. (2010) *Exercise Physiology*. 7th ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Midgley, A.W., McNaughton, L.R., Polman, R. and Marchant, D. (2007) Criteria for Determination of Maximal Oxygen Uptake: A Brief Critique and Recommendations for Future Research. *Sports Medicine* 37, 1019-1028.

Minniti, A., Tyler, C.J. and Sunderland, C. (2011) Effects of a cooling collar on affect, ratings of perceived exertion, and running performance in the heat. *European Journal of Sport Science* 11, 419-429.

Mohr, M. and Krustrup, P. (2013) Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *Journal of Strength & Conditioning Research* 27, 683-689.

Moyer, S. (2013) In America's Pastime, Baseball Players Pass A Lot of Time [Online]. Available from URL: <http://on.wsj.com/1PM8Mbk> [Accessed: 1 February 2016].

Исследовательская статья

Mundel, T., King, J., Collacott, E. and Jones, D.A. (2006) Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Experimental Physiology* 91, 925-933.

NHL Website. (2014) NHL Player Stats [Online]. Available from URL: <http://www.nhl.com/ice/playerstats.htm?fetchKey=20142ALLSASAll&viewName=summary&sort=points&pg=4> [Accessed: 14 August 2014].

Olschewski, H. and Bruck, K. (1988) Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *Journal of Applied Physiology* 64, 803-811.

Palmer, C.D., Sleivert, G.G. and Cotter, J.D. (2001) The effects of head and neck cooling on thermoregulation, pace selection, and performance. In: *Proceedings of Australian Physiological and Pharmacological Society*. Accessed 13 Dec 2012. [Online]. Available URL: [http://aups.org.au/Proceedings/32\(2\)Suppl.1/122P/122P.pdf](http://aups.org.au/Proceedings/32(2)Suppl.1/122P/122P.pdf)

Ruddock, A., Robbins, B., Tew, G., Bourke, L. and Purvis, A. (2016) Practical Cooling Strategies During Continuous Exercise in Hot Environments: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1–16. Epub ahead of print.

Siegel, R., Maté, J., Brearley, M.B., Watson, G., Nosaka, K. and Laursen, P.B. (2010) Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42, 717-725.

Snyder, J. (2007). When a Marathon Goes Wrong [Online]. Available from URL: <http://content.time.com/time/nation/article/0,8599,1669408,00.html>.

Stevens, C.J., Taylor, L. and Dascombe, B.J. (2016) Cooling During Exercise: An Overlooked Strategy for Enhancing Endurance Performance in the Heat. *Sports Medicine*, 1-13. Epub ahead of print.

Tyler, C.J. and Sunderland, C. (2011) Neck Cooling and Running Performance in the Heat: Single versus Repeated Application. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43, 2388-2395.

Tyler, C.J., Sunderland, C. and Cheung, S.S. (2015) The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 49, 7-13.

VeloNews (2014). Tour de France 2012 prologue results. *VeloNews.com* [Online]. Available from URL: http://velonews.competitor.com/2012/06/tour-de-france/tourde-france-2012-prologue-results_226619 [Accessed: 14 August 2014].

Ключевые моменты

- Терморегуляция – важная переменная для физической производительности
- Методы предварительного и промежуточного охлаждения показывали позитивный эффект на аэробную и анаэробную производительность
- К настоящему моменту промежуточное периодическое охлаждение не исследовалось
- Данное исследование демонстрирует, что семиминутного периодического охлаждения головы было достаточно, чтобы позитивно повлиять на аэробную производительность.

Авторы



Peter WALTERS

Employment

Professor in the Applied Health Science Department at Wheaton College.

Degree

PhD

Research interests

Strength training, sleep, and thermoregulation.

E-mail: Peter.Walters@Wheaton.edu



Nathaniel THOM

Employment

Ass. Prof., Biology Science Center, Wheaton College.

Degree

PhD

Research interests

Promoting brain health via non-pharmacological interventions such as exercise, nutrition, and meditation.

E-mail: nate.thom@wheaton.edu



Kai LIBBY

Employment

A graduate student at the University of Edinburgh.

Degree

BSc

Research interests

Management of bioeconomy, innovation and governance.

E-mail: mylaxacademy@gmail.com



Shelby EDGREN

Employment

Rush University

Degree

BSc

Research interests

Maternal child nursing and breastfeeding education.

E-mail: Shelbyedgren@gmail.com



Amanda AZADIAN

Degree

BSc

Research interests

Currently runs the events at a community of healthcare entrepreneurs, researchers, and industry leaders who are seeking to build heroic businesses that change healthcare provision through technology innovation.

E-mail: amanda.azadian@gmail.com

Исследовательская статья



Daniel TANNOUS

Employment

A first year student at Loma Linda University School of Medicine.

Degree

BSc

Research interests

Sleep, diabetes, and obesity prevention in adolescent populations.

E-mail: danielmtannous@gmail.com



Elisabeth SORENSON

Employment

A first year medical student at Stony Brook University.

Degree

BSc

Research interests

Research training

E-mail: elisa-

beth.sorenson@stonybrookmedicine.edu



BRIAN HUNT

Employment

Assoc. Prof. in the Department of Applied Health Science at Wheaton College.

Degree

PhD

Research interests

Cardiovascular physiology with specific interests in nutrition and vascular function.

E-mail: brian.hunt@wheaton.edu

✉ **Peter Walters, PhD**

Department of Applied Health Science, Wheaton College, 501 College Avenue, Wheaton, IL. 60187, USA