



Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Белорусский государственный университет физической культуры
Центр координации научно-методической и инновационной деятельности
Информационно-аналитический отдел

Цикл научно-практических мероприятий
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПОДГОТОВКЕ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА
И СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА»

СОРЕВНОВАНИЯ И ПОДГОТОВКА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР: РИСКИ И ЗАЩИТА

Информационно-аналитические материалы

20 мая 2022 г.
Минск, БГУФК



Тепловая травма у спортсменов в процессе тренировочной и соревновательной деятельности: состояние проблемы, меры профилактики.....

Агафонова М.Е.

Актуальные проблемы терморегуляции в спорте: стратегии оптимизации разминочных и иных мероприятий, обеспечивающих температурную адаптацию к физическим упражнениям

Разуванов В.М.

Заметки об эффективности спортивной деятельности в экстремальных условиях

Быков Д.Ю.

Влияние высоких и низких температур на организм спортсменов в спортивных помещениях

Дарануца К.С.

Анализ зарубежной публикации «Физические упражнения в холодных погодных условиях: профилактика и лечение переохлаждения и обморожения»

ТЕПЛОВАЯ ТРАВМА У СПОРТСМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИРОВОЧНОЙ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: СО- СТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ

Агафонова Маргарита Евгеньевна, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук

Учитывая современную тенденцию увеличения количества рейтинговых соревнований (чемпионатов мира и Европы, этапов и финалов Кубка мира), проводимых на различных континентах, а также проведение летних Олимпийских игр в особых климатогеографических условиях (Пекин, Рио-де-Жанейро, Токио), систематизация результатов современных исследований по основным аспектам организации тренировочного процесса и соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов в условиях высоких показателей температуры воздуха и влажности является актуальной. По этой причине одним из приоритетных направлений медико-биологического обеспечения спортивной подготовки в рамках решения задачи профилактики травматизма и заболеваний является поиск и разработка методов профилактики тепловой травмы у спортсменов в процессе тренировочной и соревновательной деятельности.

Целью данного обзора является систематизация достижений современной спортивной науки в области профилактики тепловой травмы у спортсменов при выполнении тренировочной и соревновательной нагрузки в условиях высоких показателей температуры воздуха и влажности окружающей среды.

На основании изучения достижений современной спортивной науки, касающихся вопросов медико-биологического обеспечения спортивной подготовки и участия спортсменов в официальных международных соревнованиях и летних Олимпийских играх, одним из актуальных направлений исследовательской работы является определение факторов риска возникновения и профилактика травм и заболеваний у спортсменов при выезде на учебно-тренировочные сборы и соревнования в страны с жарким климатом [1–7, 9]. В соответствии с результатами научного обзора новейших публикаций отечественных и зарубежных спортивных научных центров установлено, что, несмотря на разнообразие географических особенностей отдельных стран, расположенных в зоне жаркого (субтропического и тропического) климата, такие климатические условия являются экстремальными для атлетов [3, 4, 8, 10]. В частности, в процессе тренировочной и соревновательной деятельности на организм бегунов на длинные дистанции действуют характерные общие факторы риска возникновения тепловой травмы:

- повышенная температура воздуха ($+26^{\circ}\text{C}$ и выше) и различных поверхностей ($+50^{\circ}\text{C}$ и выше);
- повышенная (85–99 %) влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- повышенная инсоляция (высокий уровень ультрафиолетового и инфракрасного излучения).

Многочисленные факторы риска возникновения тепловой травмы у бегунов на длинные дистанции в экстремальных условиях окружающей среды хорошо изучены и могут быть классифицированы следующим образом [1, 5, 11]:

- связанные с видом спорта и специфики соревновательной программы.

Объем и скорость формирования метаболической продукции тепла зависит от интенсивности и продолжительности выполняемой физической нагрузки, условий проведения и судейства соревнований. Возможность переноса времени проведения или отмены соревнований в случае внезапного установления экстремальных температур или не по сезону жаркой погоды; внесение изменений в условия проведения и судейства соревнований для обеспечения дополнительных перерывов или более длительных периодов восстановления атлетов являются эффективными способами управления рисками и предупреждения тепловых травм у спортсменов [8].

Спортивная одежда атлетов может как увеличивать, так и ограничивать терморегуляторные возможности тела. Следует учитывать, что спортивная экипировка и снаряжение в некоторых видах спорта могут закрывать большие участки тела и ограничивать потери тепла за счет испарения, конвекции, излучения или кондукции во время выполнения физической нагрузки. Однако теплоизолирующие, влагопроницаемые и отражающие солнечный свет свойства современных материалов экипировки могут эффективно снижать действие экстремальных факторов жаркого климата на организм спортсмена. Исходя из этого спортивная экипировка должна оцениваться и подбираться с учетом оптимального уровня защиты организма от перегрева и избыточной инсоляции [8–11];

- связанные с индивидуальными особенностями физического состояния атлета.

Принимая во внимание тот факт, что функциональная подготовленность – это интегральный показатель адаптации организма, который определяет эффективность морфофункциональных и метаболических сдвигов, экономичность работы систем и органов, скорость развертывания адаптационных реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем в ответ на выполняемую физическую и психоэмоциональную нагрузку, очевидно, что легкоатлеты-марафонцы с высоким уровнем функциональной подготовленности организма хорошо переносят большую нагрузку в условиях жары и быстрее акклиматизируются к жарким условиям, поскольку имеют более выраженное потоотделение и высокую субъективную переносимость физической нагрузки в условиях гипертермии [3, 6].

Наиболее легко регулируемым фактором риска развития тепловой травмы является уровень гидратации организма. Несмотря на то, что атлеты, выступающие в видах спорта на выносливость, на соревнованиях могут комфортно переносить потерю веса до 3–4 %, достоверно установлено, что состояние дегидратации с потерей веса на 2–3 % коррелирует с более высоким уровнем центральной температуры при выполнении физической нагрузки в условиях жары и способствует развитию перегрева организма [2].

Следует также учитывать, что обширные повреждения кожи (солнечные ожоги, дерматиты), наличие тепловой травмы в анамнезе, игнорирование первых признаков недомогания, вызванных температурным стрессом, повышают риск перегрева организма [10];

- связанные с климатогеографическими характеристиками и погодными условиями места проведения тренировочных занятий и соревнований по бегу на длинные дистанции.

При оценке риска тепловой травмы рекомендуется учитывать индекс тепловой нагрузки среды или температурный индекс (Wet Body Global Temperature, WBGT). Индекс WBGT – это эмпирический интегральный показатель (выраженный в °C), который отражает сочетанное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой. При определенных значениях индекса WBGT необходимо применять средства индивидуальной защиты и выполнять рекомендации по регидратации, активному охлаждению и ограничению (или даже полному прекращению) физической активности. Однако следует учитывать, что WBGT-индекс не отражает уровень теплового стресса организма, поэтому рекомендуется применять превентивные меры и оценивать условия выполнения физической нагрузки в каждом виде спорта с учетом интенсивности нагрузки и погодных условий места проведения учебно-тренировочных сборов и соревнований [7–9].

В настоящее время детально изучен механизм влияния теплового стресса на физическое состояние и работоспособность спортсменов. Известно, что при переезде в условия жаркого и влажного климата на фоне нарушения суточных биоритмов в системах организма происходят значительные функциональные сдвиги для адаптации организма к экстремальным условиям окружающей среды. При выполнении физических нагрузок в условиях высокой температуры резко возрастает теплопродукция, что приводит к увеличению внутренней температуры тела. Если тепло, вырабатываемое вследствие мышечной активности, накапливается быстрее, чем оно может рассеиваться путем увеличения кровотока в сосудах кожи и усиления потоотделения, то возникает нагрузочная гипертермия, которая индуцирует нарушения теплового и водно-солевого обмена. Как следствие, в результате значительных потерь воды и электролитов при повышенном потоотделении формируется состояние обезвоживания (дегидратации), которое негативно сказывается на физической работоспособности атлетов и приводит к напряжению функций сердечно-сосудистой системы. Установлено, что при потере спортсменом от 1 до 2,5 л жидкости для поддержания оптимального объема и состава циркулирующей крови требуется своевременное восполнение потерь. Состояние организма при дефиците 2,5–3,5 л жидкости является субкритическим – вызывает резкое угнетение работы центральной нервной системы, потерю ориентации в пространстве, судороги скелетной мускулатуры. При потере свыше 3,5 л жидкости устанавливают тяжелую степень обезвоживания. Данное состояние требует экстренной медицинской помощи для немедленного восстановления водно-солевого баланса и объема циркулирующей крови [6–10].

Очевидно, что состояние дегидратации вызывает резкое снижение физической работоспособности. При этом, прежде всего, нарушается сократительная функция мышц, которая обуславливает нарушение координации и снижение скоростно-силовой выносливости, повышает риск травматизма опорно-двигательного аппарата. Другим чрезвычайно опасным последствием дегидратации организма являются нарушения реологических свойств крови, которые проявляются

в виде снижения скорости кровотока, увеличения вязкости крови и появления «сладж»-феномена. «Сладж»-феномен (от англ. sludge – тина) – процесс агрегации форменных элементов и образования микростушков в кровяном русле вызывают выраженные гемодинамические изменения, которые формируют нарушения микроциркуляции, патологические изменения метаболизма и функций в активно действующих органах и системах [1, 3, 6, 10].

Значительное снижение кислородтранспортной функции крови оказывает негативное влияние на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, вызывая повышенную нагрузку на миокард, и, как следствие, обуславливает снижение выносливости и физической работоспособности спортсменов. Известно также, что адаптация организма к жаркому климату часто сопровождается нарушением сна, расстройствами пищеварения, головной болью, психоэмоциональным напряжением (перепады настроения, раздражительность, агрессивность) и повышенной восприимчивостью к простудным заболеваниям. Многочисленные научные исследования достоверно подтверждают, что в сложных условиях жаркого климата для спортсменов при выполнении физической нагрузки существует высокий риск возникновения тепловой травмы и опасных для жизни состояний (коллапс, обморок, внезапная остановка сердца). Например, результаты многолетнего анализа статистики несчастных случаев на соревнованиях по бегу на длинные дистанции убедительно подтверждают эту закономерность [5, 10]:

- частота развития коллапса среди участников соревнований по марафону составляет 1,13 % случаев среди общего количества стартовавших атлетов;
- частота внезапной остановки сердца возникает в среднем в 0,54 % случаев среди 100 000 марафонцев;
- в среднем у 27 % участников соревнований по бегу на сверхдлинные дистанции регистрируют тепловую травму различной степени тяжести. У атлетов наиболее часто возникают тепловые судороги, тепловой отек, обморок, тепловое истощение (перегревание) и тепловой удар.

Таким образом, особенности физической нагрузки в видах спорта на выносливость, а также климатогеографические и погодные условия жаркого климата места проведения соревнований, определяют данных спортсменов в группу риска возникновения тепловой травмы при выполнении тренировочной нагрузки и соревновательной программы.

В зависимости от продолжительности влияния теплового фактора и степени воздействия на организм тепловая травма может быть трех степеней тяжести:

- легкая (тепловые судороги, тепловой отек);
- средняя (тепловой обморок, тепловое истощение (перегревание));
- тяжелая (тепловой и солнечный удар).

Тепловые судороги (солевое истощение) – наименее серьезное расстройство, которое характеризуется появлением болезненных непроизвольных мышечных сокращений в активно работающих мышцах во время выполнения или сразу после физической нагрузки в жарких условиях. Мышечные спазмы возникают вследствие прогрессирующего обезвоживания организма и острого нарушения водно-солевого обмена. Дополнительными признаками этого вида теплового поражения, вызванного большой потерей микроэлементов и обезвоживанием в результате интенсивного потоотделения, являются сильные желудочные спазмы, рвота,

слабость, апатия. При этом характерно, что данное состояние протекает на фоне незначительной жажды. Перемещение в условия более низкой температуры и обильное питье подсоленной воды (5 г поваренной пищевой соли на 1 л воды) с добавлением сахара достаточны для достижения быстрого восстановительного эффекта.

Под воздействием высоких температур окружающей среды в результате увеличения проницаемости и расширения кровеносных сосудов кожи и нарушения водно-солевого обмена может происходить накопление жидкости в интерстициальном пространстве кожи, формируя **тепловой отек** дистальных отделов нижних и верхних конечностей. Для уменьшения степени проявления и устранения теплового отека конечностей рекомендуется переместить пострадавшего в прохладное помещение, ногам придать возвышенное положение, снять стесняющую одежду, провести охлаждающие гидропроцедуры (душ, ванны).

Термином **«тепловой обморок»** обозначают мультифакторный синдром, включающий в себя кратковременную потерю сознания в условиях повышенной температуры окружающей среды с быстрым восстановлением нормальных функций сознания при оказании первой помощи. Факторами, которые способствуют развитию теплового обморока, являются: длительное вертикальное положение тела, состояние дегидратации, переутомления и перенапряжения. Несмотря на то, что временная потеря сознания может сопровождать как более легкие, так и тяжелые формы тепловой травмы, под термином «тепловой обморок» в целом понимают легкое системное расстройство, которое должно проходить в течение 3 минут в условиях комфортной температуры окружающей среды, на фоне регидратации и отдыха.

Следующим видом тепловой травмы средней степени тяжести является **тепловое истощение (перегревание, гипертермия, тепловая перегрузка)**. Перегревание является опасным для жизни состоянием, которое возникает при быстром повышении внутренней температуры тела до 40 °С и характеризуется резко наступающим утомлением, внезапным головокружением, гипотензией, одышкой, слабым учащенным пульсом. Тепловое истощение организма возникает при выполнении продолжительной физической нагрузки или пассивном пребывании в условиях высоких температур окружающей среды и повышенной влажности воздуха. Достоверно известно, что гипертермия может стремительно прогрессировать в тепловой удар, если своевременно не распознаны характерные признаки перегревания и экстренно не приняты меры по срочному охлаждению организма (таблица) [9, 10].

Таблица – Динамика патологического состояния организма при перегревании

Внутренняя температура тела, °С	Признаки перегревания	Вид тепловой травмы, исход
Ниже 40,0	Озноб, появление «гусиной кожи», пульсирующее сдавливание в голове	Первые признаки перегревания
40,5–41,1	Мышечная слабость, потеря ориентации в пространстве, нарушение координации	Тепловое истощение
41,2–41,7	Учащенные пульс и дыхание, горячая и сухая кожа, спутанность сознания, коллапс, обморок	Тепловой удар
42,2 и выше	Потеря сознания более 4 минут, рвота, остановка сердца	Кома, клиническая смерть

Для снижения вероятности возникновения перегрева организма во время пребывания в странах с жарким и влажным климатом спортсменам рекомендуется [2, 7, 9–11]:

- контролировать интенсивность физической нагрузки в соответствии с погодными условиями и ультрафиолетовым индексом (УФ-индекс, уровень ультрафиолетового и инфракрасного излучение солнца). Учет данных показателей позволяет снизить объем поступления внешнего тепла, скорость теплопродукции при физической нагрузке и уровень инсоляции организма;
- учитывать свойства современных материалов спортивной экипировки для снижения вероятности перегрева организма;
- поддерживать оптимальный уровень гидратации организма;
- осознавать опасность и риск развития теплового истощения в условиях высоких показателей температуры воздуха и влажности окружающей среды;
- уметь распознавать первые характерные признаки перегрева (ощущение озноба и пульсирующее сдавливание в голове), знать приемы первой помощи при перегревании и владеть навыками охлаждения организма.

Для предотвращения несчастного случая со смертельным исходом при перегревании необходимо тотчас прекратить любую деятельность (физическая активность, психоэмоциональная нагрузка) и срочно начать охлаждение организма: находиться в условиях более низкой температуры, создать движение воздуха, быстро выпить холодную жидкость объемом до 500 мл (простую или минеральную воду, сок), начать обливание холодной водой, прикладывать лед, обязательно вызвать скорую медицинскую помощь.

Прогрессирующее перегревание организма формирует **тепловой удар** – чрезвычайно опасное для жизни состояние, которое требует оказания экстренной медицинской помощи. Обычно выделяют два вида теплового удара: классический (возникает в результате пассивного контакта с повышенной окружающей температурой) и нагрузочный (развивается во время интенсивных или продолжительных физических нагрузок в условиях высокой температуры окружающей среды). Тепловой удар – тяжелая степень тепловой травмы, характеризующаяся быстрым подъемом внутренней температуры тела выше 41,2 °С и функциональными нарушениями центральной нервной системы: зрительные галлюцинации, спутанность сознания, судороги, кома. Предвестниками теплового удара являются внезапно возникающая сильная головная боль, потемнение в глазах, сонливость, головокружение, тошнота. У пострадавшего регистрируют тахикардию, частое и поверхностное дыхание, кожные покровы сначала краснеют и покрываются потом, но быстро кожа становится бледной, сухой и горячей. В некоторых случаях тепловой удар развивается стремительно, сопровождаясь коллапсом и потерей сознания.

Учитывая, что в жарком климате одним из факторов риска тепловой травмы является повышенный уровень инсоляции организма, то необходимо учитывать вероятность возникновения солнечного удара при выполнении тренировочной и соревновательной нагрузки. **Солнечный удар** – разновидность теплового удара, при котором кроме повышенной внешней температуры, на организм человека воздействует дополнительно солнечная радиация (поток инфракрасного

и ультрафиолетового излучения). Данный вид тепловой травмы возникает у спортсменов, голова и туловище которых не защищены от воздействия прямых солнечных лучей при продолжительном выполнении физической нагрузки в условиях жаркого климата. Для состояния солнечного удара характерны учащенное дыхание, тахикардия, головная боль, шум в ушах, ощущение разбитости, тошнота, кожа лица краснеет, покрываясь обильным потом, в тяжелых случаях отмечается повышение температуры тела до 40 °С, возможны потеря сознания и судороги. Следует помнить, что солнечный удар может произойти как во время пребывания на солнце, так и через несколько часов. Для восстановления организма достаточно укрыться в тени, расстегнуть одежду, снять защитную экипировку, выпить холодной воды, положить холодный компресс или лед на голову, произвести обливание холодной водой. Для предотвращения возникновения солнечного удара при выполнении тренировочной и соревновательной нагрузки рекомендуется контролировать и активно снижать уровень инсоляции организма, выполняя следующие рекомендации [2, 7–10]:

- надевать головные уборы и спортивную форму, изготовленные из воздухопроницаемых тканей светлого цвета с коэффициентом защиты от ультрафиолета (UPF) не менее UPF 50+;
- на открытом воздухе в условиях избыточной яркости солнечного излучения и при показателе УФ-индекса выше 5 баллов носить солнцезащитные очки с категорией светопропускания от 3 до 4 единиц и степенью защиты от ультрафиолетового излучения (UV) UV400;
- использовать солнцезащитные кремы широкого спектра действия для защиты открытых частей тела от неблагоприятного влияния глубоко проникающего ультрафиолетового излучения типа А (UVA) и ультрафиолетового излучения типа Б (UVB), вызывающего поверхностные повреждения кожи. При выборе защитного крема отдавать предпочтение средствам с гелевой текстурой без содержания жиров, при этом коэффициент защиты от солнца (SPF) должен быть выше SPF 30.

Учитывая многочисленные факторы риска и высокую скорость развития патологических состояний, которые возникают под влиянием экстремальных факторов внешней среды в жарком климате, необходимо отметить, что при планировании учебно-тренировочной нагрузки и соревновательной деятельности в программу подготовки атлетов должны быть включены мероприятия по профилактике тепловой травмы.

Для профилактики тепловой травмы у спортсменов в различных видах спорта разработан обширный перечень мер и практических рекомендаций. Так, в соответствии со специальным заявлением медицинской комиссии МОК по вопросу терморегуляции и адаптации к высокогорью у спортсменов высокой квалификации, для предупреждения тепловых травм, вызываемых интенсивной физической нагрузкой в условиях высоких температур, рекомендовано следующее [8]:

- рационально планировать время проведения тренировки, продолжительность и интенсивность физической нагрузки в зависимости от величины и характера тепловой нагрузки;
- осуществлять мониторинг функционального состояния сердечно-сосудистой системы, внутренней температуры и температуры кожи;

- осуществлять постепенное подведение спортсменов к нагрузкам в условиях жары;
- контролировать уровень дегидратации организма и объем потребляемой жидкости с целью предупреждения развития обезвоживания и жизнеугрожающего состояния гипонатриемии (снижение уровня ионов натрия в крови в результате избыточного потребления воды и гипотонических жидкостей);
- обеспечить потребление изотонических напитков с 2–8 % содержанием легкоусвояемых углеводов (мальтодекстрин, фруктоза, сахароза) для поддержания водно-солевого баланса и энергетического баланса;
- использовать одежду и головные уборы, изготовленные из тканей светлого цвета, которые обеспечивают эффективную теплоотдачу, солнцезащитные очки, защитный крем для лица и тела с высоким коэффициентом защиты от солнца.

Решить задачи управления рисками возникновения тепловых поражений на соревнованиях в условиях жаркого климата у спортсменов можно, применяя программы подготовки организма спортсмена к влиянию высоких температур окружающей среды при выполнении соревновательной нагрузки [9]:

Программа **акклиматизации к жарким условиям окружающей среды** (heat acclimatization). Акклиматизация обычно происходит в естественных условиях окружающей среды, где спортсмены живут в течение 1–4-недельных мезоциклов перед соревнованиями и выполняют тренировочную нагрузку. Стимулами для адаптации организма к жаре будут высокие значения среднесуточной температуры (выше 25 °С) и ответные реакции организма (повышение температуры тела и кожи, высокий уровень потоотделения).

Программа **адаптации к жарким условиям окружающей среды** (heat acclimation). Адаптацию организма вызывают путем нахождения атлета в искусственно созданных средах. Повышенное температурное воздействие спортсмены получают активно – путем многократного выполнения тренировочной нагрузки в специальных климатических камерах или пассивно – в результате посещения саун или принятия теплых ванн после тренировки.

Многочисленные исследования о закономерностях и особенностях теплообмена и терморегуляции организма человека в условиях высоких температур окружающей среды подтверждают, что для лучшей организации спортивной подготовки и успешной адаптации спортсменов для участия в соревнованиях в жарком климате целесообразно соблюдать следующие принципы [3, 7, 9, 11]:

- предварительная адаптация к высоким температурам окружающей среды (heat acclimation) улучшает переносимость жары, позволяет повысить терморегуляцию и спортивную работоспособность;
- с учетом индивидуальных особенностей организма спортсмены могут успешно использовать различные программы по адаптации к жаре комплексно или выбрав только одну стратегию;
- атлетам следует готовиться к более сложным погодным условиям (в том числе к высокому уровню солнечной активности), чем прогнозируют для места и даты проведения соревнований;
- следует уделять больше внимания тепловой адаптации женщинам-спортсменкам и юным спортсменам;

- спортсменкам следует корректировать интенсивность нагрузки во время менструального цикла в условиях ожидаемого теплового стресса;
- после выполнения программы «heat acclimation» спортсмены должны восполнять потери жидкости, используя напитки с электролитами, углеводами и протеинами;
- для снижения внешнего температурного воздействия необходимо применять различные стратегии охлаждения перед началом тренировки и во время разминки; охлаждение в перерывах между выполнением нагрузки; охлаждение после нагрузки;
- все охлаждающие стратегии подбираются индивидуально и заблаговременно до начала соревнований.

Другим важным направлением профилактики тепловых поражений является контроль уровня гидратации организма. Однако, несмотря на то что степень обезвоживания организма является наиболее легко регулируемым фактором риска развития тепловой травмы, различные степени обезвоживания организма регистрируют у большинства участников соревнований в беге на длинные дистанции. Поэтому для обеспечения безопасной подготовки и высокой результативности соревновательной деятельности в беге на длинные дистанции для снижения воздействия жарких условий внешней среды следует учесть основные положения по гидратации для спортсменов [11]:

- перед тренировкой и соревнованиями в жару спортсмены должны пить из расчета 6 мл жидкости на 1 кг массы тела каждые 2–3 часа, чтобы выполнять физическую нагрузку в оптимальном функциональном состоянии;
- во время длительных интенсивных физических нагрузок регидратация организма должна проводиться без увеличения массы тела;
- при обильном потоотделении для обеспечения более высоких суточных потребностей организма в натрии, спортсмены должны употреблять достаточное количество поваренной соли в пищу или принимать пищевые добавки с натрием;
- осуществлять мониторинг уровня гидратации организма;
- проводить адекватную регидратацию организма после физической нагрузки путем обеспечения достаточным количеством жидкости во время еды. Для срочного восстановления водно-солевого баланса необходимо потребление жидкостей и электролитов для компенсации потерь массы тела.

Подводя итог вышеизложенному, можно отметить, что лучшее понимание механизма влияния теплового стресса на физическое состояние и работоспособность спортсменов, знание многочисленных факторов риска возникновения тепловой травмы и стратегий управления ими может иметь решающее значение для организации эффективной подготовки и участия в международных соревнованиях белорусских спортсменов в экстремальных климатогеографических условиях.

Результаты проведенного обзора научных исследований убедительно подтверждают, что различные виды тепловой травмы оказывают негативное влияние не только на эффективность тренировочного процесса и результативность соревновательной деятельности, но и на здоровье спортсменов. При планировании учебно-тренировочной нагрузки и программы соревновательной деятельности

особенно важно осознавать значимость своевременной адаптации и акклиматизации атлетов к предстоящим учебно-тренировочным сборам и международным соревнованиям в условиях высокой температуры окружающей среды, контролировать и своевременно предупреждать развитие теплового стресса, выполняя рекомендации по профилактике тепловой травмы у спортсменов.

Источники

1. Временная и климатическая адаптация организма к условиям проведения Олимпийских Игр в Пекине : метод. рекомендации / П. М. Прилуцкий [и др.]. – Минск, 2007 – 96 с.
2. Загородный, Г. М. Рекомендации по адаптации спортсменов к условиям проведения XXXI олимпийских игр в Бразилии / Г. М. Загородный, Н. Н. Иванчикова, Н. М. Шут // Прикладная спортивная наука. – 2016. – №1 (3). – С. 100–105.
3. Особенности адаптации организма спортсменов к климатогеографическим условиям Бразилии : практ. рекомендации / Г. М. Загородный [и др.]. – Минск : РНПЦ спорта, 2016. – 44 с.
4. Факторы, лимитирующие спортивную работоспособность во время проведения Олимпийских Игр-2008 в Пекине и меры противодействия : метод. рекомендации / Г. М. Загородный [и др.]. – Минск, 2008 – 16 с.
5. Физиолого-гигиеническое обоснование оптимизации процессов адаптации спортсменов к условиям Рио-де-Жанейро (обзор литературы) / С. М. Разинкин [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – №4 (54). – С. 22–32.
6. Физиолого-гигиеническая оценка теплового состояния спортсменов в условиях жаркого климата / С. М. Разинкин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – №9. – С. 896–899.
7. Heat alleviation strategies for athletic performance: A review and practitioner guidelines / O. R. Gibson [et al.] // Journal Temperature. Issue «Anticipating the Tokyo Olympic Games» [Electronic resource]. – 2021. – Mode of Access: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23328940.2019.1666624> – Date of Access 12.08.2021
8. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes / M. F. Bergeron [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2012. – Volume 46, №. 11. – P. 770–779.
9. Keeping Athletes Healthy at the 2020 Tokyo Summer Games: Considerations and Illness Prevention Strategies/ Mini Review / Lauren C. Keaney [et al.] // Frontiers in Physiology – 2019 – Volume 10 – №. 4. – P. 9.
10. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat-Related Illness: 2014 Update / G. S. Lipman [et al.] // Wilderness medical society practice guidelines. – 2014 – Vol. 25, № 4. – P. 55–65.
11. Consensus recommendations on training and competing in the heat / S. Racinais [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2015. – Vol. 49. – P. 1164–1173.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ В СПОРТЕ: СТРАТЕГИИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМИНОЧНЫХ И ИНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТЕМПЕРАТУРНУЮ АДАПТАЦИЮ К ФИЗИЧЕСКИМ УПРАЖНЕНИЯМ

Разуванов Владимир Михайлович, ведущий специалист информационно-аналитического отдела, старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

Большинство профессиональных спортсменов и спортсменов-любителей выполняют предварительные упражнения, служащие для подготовки организма к выполнению соревновательного упражнения, которые принято называть разминкой или «разогревом». Основная цель разминки — стимулировать как температурные, так и нетемпературные реакции организма для оптимизации производительности. Эти реакции включают повышение температуры мышц, инициирование метаболических и циркуляторных изменений, а также психологическую подготовку к предстоящей двигательной задаче. Однако разминка в жарких и/или влажных условиях окружающей среды повышает тепловое и циркуляторное напряжение, что может спровоцировать нервно-мышечные и сердечно-сосудистые нарушения, ограничивающие проявление выносливости и иных физических качеств. Подготовка к соревнованиям в условиях высоких температур должна включать режим акклиматизации, также спортсменам следует рассмотреть возможность применения охлаждающих средств, чтобы сократить приток тепла во время разминки и свести к минимуму обезвоживание. Действительно, несмотря на то что разминка составляет важную часть оперативной предсоревновательной подготовки при любых условиях окружающей среды, повышение температуры всего тела должно быть ограничено, особенно в условиях высоких температур окружающей среды. Сегодня следует констатировать, что несмотря на долгую историю исследований терморегуляции, частота тепловых ударов в спорте за последние десятилетия увеличилась, и жаркая погода является причиной большего количества смертей, чем все другие причины вместе взятые.

В данном обзоре освещаются основные физиологические, психологические, нейрофизиологические аспекты, связанные с терморегуляцией, воздействием высоких и низких температур на организм спортсмена, представлены рекомендации по построению эффективных стратегий терморегуляции, проведения разминки в соответствии с температурными требованиями соревнований.

Температура тела всегда считалась индикатором состояния здоровья, однако только в XX веке терморегуляция здорового и активного человека стала серьезной областью исследований. Этот интерес в основном был обусловлен потребностями горнодобывающей промышленности и вооруженных сил. Лавуазье (1743–1794) показал, что люди вырабатывают тепло в процессе окисления энергетических субстратов, что приводит к образованию двуокси углерода. Клод Бернар (1813–1878) показал, что кровь, поступающая в легкие, теплее, чем выходящая из легких, а

также что венозная кровь теплее артериальной в некоторых других органах, что предполагает, что эти ткани являются местом выработки тепла.

Производство и рассеивание мышечного тепла во время упражнений и их роль в повышении температуры тела были подробно описаны в 1960-х годах, также было доказано потенциальное ухудшение работоспособности и повышенный риск для здоровья спортсмена из-за чрезмерного повышения температуры тела и тканей. Из минимальной теплопродукции, связанной с основным обменом веществ, теплопродукция резко возрастает в начале мышечного сокращения, удваиваясь в первые минуты интенсивных динамических упражнений. В течение первых 45 с мышечной работы теплопродукция в основном вызывает значительное увеличение температуры мышц, что приводит к повышению общей температуры тела. Хотя точные абсолютные значения температуры мышц зависят от глубины измерения, измеряемой мышцы, условий окружающей среды и интенсивности сокращения, температура мышц составляет менее 35 °C в состоянии покоя и превышает температуру тела в течение 3–5 минут после начала нагрузки, оставаясь при этом на уровне 0,65–0,95 °C выше, чем температура тела. При этом начальное повышение температуры мышц создает предпосылки для роста производительности и спортивных результатов [1].

В зависимости от интенсивности упражнений и от климатических условий, компенсационная способность организма будет различной. Поддержание теплового аллостаза требует передачи метаболического тепла от ядра к коже, а затем в окружающую среду, что связано с повышением кожного кровообращения и потоотделения, однако рост потоотделения, необходимый для рассеивания тепла, может привести к прогрессирующему обезвоживанию, если потери жидкости не компенсируются адекватным ее потреблением. Прогрессирующее обезвоживание ускоряет каскад событий, включая уменьшение объема плазмы и увеличение осмоляльности плазмы, снижение скорости потоотделения и потери тепла при испарении, а также уменьшение наполнения сердца [2]. Жаркая и/или влажная среда представляет собой серьезный стресс для сердечно-сосудистой системы, ограничивающий работоспособность, поскольку поддержание аналогичной относительной интенсивности требует снижения абсолютной интенсивности (т. е. рабочей нагрузки).

Повышение температуры тела не обязательно вредно для здоровья и работоспособности спортсмена. Именно поэтому большинство профессиональных спортсменов и спортсменов-любителей выполняют предварительные разминочные упражнения, с тем чтобы, повысив температуру мышц, подготовиться к соревновательной задаче.

Термин «разминка» (разогрев) является подходящим представлением фундаментальной работы Asmussen & Vøje, посвященной исследованию влияния температуры тела на работоспособность. Они обнаружили, что как активное (мышечная работа), так и пассивное (погружение в горячую воду или радиодиатермия) нагревание повышало производительность высокой интенсивности в диапазоне от 15 с до приблизительно 4–5 мин [3]. Большинство эргогенных аспектов разминки, по-видимому, зависят от температуры, при этом как повышение температуры мышц, так и повышение температуры тела потенциально ведут к росту

мышечной силы и мощности, улучшению мышечного кровотока, росту мышечного гликогена и углеводов, их утилизации, ускоренной диссоциации оксигемоглобина, повышению скорости метаболизма и ферментативных реакций, а также изменению как механической эффективности, так и скорости проводимости мышечных волокон [4].

Регуляция мышц

Как упоминалось выше, мышечные сокращения производят тепло, при этом производство тепла ведет к росту температуры мышц в течение нескольких секунд до каких-либо видимых изменений температура тела. В то время как мышечные сокращения производят тепло, сама мышечная сократимость также зависит от температуры. В то время как снижение температуры мышц может замедлить химические реакции, задержать цикл «поперечного мостика» и уменьшить чувствительность актомиозина к кальцию, рост температуры мышц повышает скорость развития силы мышечного сокращения, вероятно, в связи с ростом активности миозин-аденозинтрифосфатазы (АТФазы) и секвестрации кальция саркоплазматическим ретикулумом [5], кроме того, максимальная тетаническая сила также может быть повышена за счет роста температуры мышц, возможно, за счет улучшения связывания сократительных белков.

Следует отметить, что медленные мышцы (например, камбаловидная мышца) кажутся более чувствительными к температуре, нежели быстрые мышцы (например, длинный разгибатель пальцев), особенно при более низких температурах (от 20 до 10 °C). Однако, несмотря на обратную зависимость между температурой мышц и временем до пикового напряжения и временем полурелаксации *in-vitro*, влияние температуры менее заметно по отношению к физиологическим температурам *in-vivo*. Действительно, повышение температуры мышц в пределах стандартного диапазона, наблюдаемого *ин-виво* (от 37 до 43°C) не наблюдалось в отношении абсолютной силы мышечного волокна [6]. Как следствие, рост температуры мышц не обязательно изменяет пиковую амплитуду сокращения в скелетных мышцах человека, следовательно, рост температуры мышц за счет разогрева может приносить меньше пользы для сократимости мышц *ин-виво*, чем предполагалось в исследованиях *ин-витро*, особенно в жарких условиях. Однако мышечные реакции не могут быть ограничены лишь свойствами мышечного волокна, поскольку они также включают несократительную ткань (например, связки), ведь, как известно, повышение температуры снижает вязкостное сопротивление мышц и суставов. Кроме того, повышение температуры будет влиять на мышечную среду, повышая местную вазодилатацию, нервные и сарколеммальные потенциалы действия [7]. Наконец, разминка оказывает, наряду с температурным, и нетермическое воздействие на мышцы.

Нетермические эффекты разминки на скелетные мышцы

Независимо от роста температуры мышц, разминка потенциально может повысить производительность за счет «предварительного кондиционирования» мышц. Это явление, называемое постактивационной потенциацией, обычно до-

стигается при выполнении максимального или близкого к максимальному усилия, поэтому было высказано предположение, что оно несет дополнительные преимущества по сравнению с традиционной разминкой (т. е. без максимального усилия) для роста производительности в отношении взрывной силы [8]. Первый предполагаемый механизм, объясняющий постактивационное потенцирование – фосфорилирование регуляторных легких цепей миозина, однако фосфорилирование не всегда наблюдается в течение нескольких минут после сокращения. Синаптическая передача может быть косвенно оценена с помощью Н-рефлекса, моносинаптического спинального рефлекса, представляющего электрически вызванный вариант рефлекса растяжения. В то время как гомосинаптическая постактивационная депрессия первоначально снижает Н-рефлекс в течение первой минуты после сокращения, независимо от температуры мышц, впоследствии Н-рефлекс может быть потенцирован на срок до 10 минут после максимальных сокращений [8]. Однако эффективность влияния постактивационного потенцирования на реальные спортивные результаты может все еще оставаться неубедительным, если рассматривать компромисс или даже сосуществование как утомляемости, так и потенцирующего действия на мышцу утомления, причем последнее, вероятно, является доминирующим фактором. Отдельно следует отметить, что в мышцах образуются актин-миозиновые поперечные мостики, в состоянии покоя, необходимые для поддержания мышечного тонуса и осанки. Эти поперечные мостики повышают ригидность мышц, однако мышечные сокращения во время разминки разрушают эти поперечные мостики, потенциально увеличивая скорость развития силы и мощности сокращений [9]. После завершения разминки мышечная ригидность быстро восстанавливается.

Регулировка нервных импульсов

В дополнение к влиянию на мышечную функцию, температура и разминка могут влиять на нервные импульсы, идущие к мышцам. Так, было последовательно продемонстрировано, что воздействие холода снижает скорость проводимости нервов и мышц. Кроме того, воздействие холода может усиливать совместное сокращение мышц-антагонистов, вероятно, в качестве защитного механизма для холодных мышц и суставов [9, 11]. Дрожание также может влиять на коактивацию агонистов и антагонистов. Таким образом, разминка, повышающая температуру тела, будет противодействовать этим явлениям и повышать производительность в холодных условиях, особенно во время быстрых движений. Однако преимущества роста температуры в отношении нервной системы падают по мере ее повышения и перекрываются другими негативными факторами. Действительно, амплитуда электрически вызванных М-волн и Н-рефлексов уменьшается при высоких температурах, что свидетельствует об изменении передачи периферических нервных импульсов, что ведет к уменьшению амплитуды, продолжительности и площади аксонного потенциала [12]. Это согласуется с отрицательной корреляцией между температурой кожи и амплитудой, продолжительностью, площадью и латентностью составного потенциала действия. Как следствие, рост температуры мышц до повышенных уровней, вероятно, не принесет пользы в

контексте передачи нервных импульсов. Если определение оптимальной температуры вызывает споры, поскольку она зависит от нескольких внутренних и внешних факторов, общепризнано, что при разминке в умеренной среде следует стремиться к тому, чтобы температура мышц была лишь немного выше температуры покоя.

Разминка также имеет психологическое воздействие, потенциально повышая когнитивную готовность. Например, разминка дает спортсмену время для того, чтобы сосредоточиться на событии и практиковать мысленные образы, тем самым создавая важные психологические эффекты, помимо периферических тепловых и метаболических изменений.

Сердечно-сосудистые и метаболические изменения

Воздействие холода может повысить мышечный гликолиз и накопление лактата, что свидетельствует о более низкой мышечной эффективности и/или эффекте более низкой перфузии в холодных мышцах. Напротив, увеличение локальной вазодилатации из-за повышения температуры может способствовать доставке субстрата и удалению метаболитов [13, 14], что говорит в пользу метаболических преимуществ разминки, по крайней мере, в холодных условиях. Более того, повышение температуры улучшает высвобождение кислорода из гемоглобина и миоглобина, однако повышение температуры мышц одновременно ведет к использованию АТФ с увеличением расщепления креатинфосфата и анаэробного гликолиза [14], что несет негативные последствия для упражнений на выносливость, поскольку ведет к повышению потребности в энергии. Аномальные электрокардиографические реакции, свидетельствующие об ишемии сердца, были зарегистрированы у 70 % участников (здоровых мужчин с нормальной ЭКГ), бегущих с высокой интенсивностью в течение 10–15 с без разминки. Это явление, вероятно, связано с неспособностью коронарного кровотока быстро адаптироваться к нагрузке, однако этот аномальный отклик ЭКГ минимизируется или даже полностью подавляется при проведении разминки [16].

Профилактика травм

Разминка обычно считается одним из основных инструментов снижения риска травм. Например, в нескольких качественных исследованиях сообщалось о снижении распространенности травм среди профессиональных спортсменов после включения профилактических физиотерапевтических программ, в том числе разминки под наблюдением, однако конкретная роль разминки в этих исследованиях не может быть различима, поскольку она сопровождалась другими вмешательствами, такими как тейпирование, восстановление, реабилитация или упражнения на стабильность позы [17]. В холодных условиях наблюдается усиление коактивации мышц-антагонистов/агонистов, что снижает скорость движения. Это замедление ухудшает работоспособность, но также может действовать как защитный механизм, профилирующий мышечные травмы. Разминка, повышающая температуру тела, нейтрализует эти эффекты и, следовательно, повышает производительность в холодных условиях, особенно при быстрых движениях. Разминка повышает гибкость в зимних видах спорта, выполняемых в холодных

условиях, таких как горные лыжи. Действительно, повышение температуры увеличивает растяжимость сухожилий и других соединительных тканей [17]. Таким образом, повышение температуры периферических тканей во время разминки может снизить риск травм. Исследования на животных показали, что предварительное кондиционирование мышцы электрически вызванными сокращениями увеличивает длину ее растяжения и силу, необходимую для разрыва мышцы. Хотя часть этого эффекта может быть связана с незначительным (т. е. на 1 °C) повышением температуры мышц, это исследование показало, что предварительные сокращения достоверно снижают риск травм [19]. Активная разминка также часто включает в себя упражнения на растягивание. Растяжка во время разминки традиционно была пассивной, но в последние десятилетия она сместилась в сторону более динамичных упражнений. Некоторые авторы предположили, что эта практика может снизить риск травм – действительно, как пассивное растяжение, так и электрическое сокращение мышцы уменьшают пассивное напряжение мышечно-сухожильной единицы. Более того, разогрев уменьшает величину отсроченной мышечной болезненности через 48 часов после тренировки с высоким эксцентрическим компонентом [21].

Физиология «разогрева»

Повышение температуры всего тела и, в частности, температуры мышц повышает взрывную производительность скелетных мышц (спринт, прыжки) за счет улучшения метаболической и сократительной функции, нервной проводимости и конформационных изменений, связанных с мышечным сокращением. При этом развитие теплового напряжения, повышение температуры тела, кожи и мышц связано с повышенным развитием утомления во время максимальных произвольных изометрических сокращений, что также ухудшает аэробную производительность [22]. Таким образом, хотя разминка, несомненно, полезна для сохранения здоровья, поскольку предотвращает ишемию сердца и снижает риск травм, она одновременно несет и риски, поскольку развитие гипертермии повышает риск теплового удара, который представляет серьезную опасность для здоровья спортсмена.

Нервно-мышечная функция

В отличие от положительного эффекта разогрева, развитие гипертермии всего тела ухудшает нервно-мышечную функцию с изменениями, происходящими как на центральном, так и на периферическом уровнях. С точки зрения ЦНС, повышенный тепловой стресс может привести к снижению произвольной мышечной активации и потере способности производить силовые, скоростные упражнения, поскольку время сокращения и расслабления уменьшается и изменяется соотношение сила/частота.

Bruck & Olschewski [23] были одними из первых, кто постулировал, что тепловой стресс может влиять на функцию мозга и физическую работоспособность. Авторы определили три фактора дискомфорта, которые могут противодействовать мотивации и постепенно снижать стремление к выполнению упражне-

ний во время гипертермии. Они предположили, что взаимодействие циркуляторного, температурного и мышечного дискомфорта определяет время выполнения упражнений на выносливость и скорость.

Nielsen с соавт. [24] впоследствии предположили, что гипертермия как таковая, а не недостаточность кровообращения является критическим фактором, вызывающим истощение во время физических упражнений в условиях теплового стресса. Кроме того, предполагалось, что достижение высокой температуры тела ($39,2\text{--}39,7^{\circ}\text{C}$) может влиять на ЦНС, снижая сознательное стремление (т. е. мотивацию) к двигательным функциям. Нарушение было связано с индуцированной гипертермией снижением произвольной активации. Авторы далее предположили, что температура тела был основным фактором, опосредующим усталость, вызванную гипертермией, поскольку быстрое охлаждение кожи и мышц не улучшало качество произвольных движений, несмотря на значительное снижение сердечно-сосудистой и психофизической нагрузки. Взятые вместе, эти наблюдения за изолированными мышечными сокращениями привели к предположению, что достижение внутренней температуры до 40°C может не только влиять на производительность в максимальных изометрических произвольных сокращениях из-за развития центрального утомления, но также может быть причиной утомления, вызванного гипертермией, которое, в свою очередь, развивается при длительном выполнении динамических упражнений в условиях высоких температур. Однако развитие утомления во время упражнений в жарких условиях является многофакторным и связано с взаимодействием нескольких физиологических и психологических процессов, а не вызвано одним единственным температурным фактором. Таким образом, использование термина «критическая температура тела» в редуционистской манере вводит в заблуждение при характеристике влияния гипертермии на развитие утомления во время физических упражнений в условиях теплового стресса. В совокупности эти исследования показывают, что потеря способности производить физическую работу возникает как из-за центральных, так и из-за периферических факторов утомления, при этом сочетание теплового стресса и предшествующей сократительной активности усугубляет скорость снижения производительности.

Чтобы отделить эффект гипертермии от эффекта физических упражнений, в нескольких исследованиях использовался метод пассивной гипертермии. Было показано, что в отсутствие физических упражнений пассивная гипертермия влияет на периферическую нервную систему, а также вызывает супраспинальную недостаточность при длительном воздействии [25], следовательно, гипертермия снижает произвольную активацию. Было отмечено, что в то время как высокая частота возбуждения двигательных единиц может временно достигаться во время коротких максимальных изометрических произвольных сокращений, она может не поддерживаться во время продолжительных сокращений. Повышение температуры тела участников с $37,1$ до $38,5^{\circ}\text{C}$ и до $39,4^{\circ}\text{C}$ продемонстрировало, что как активная, так и пассивная гипертермия увеличивает пиковую скорость расслабления мышц при выполнении коротких (5 с) и длительных (30 с) максимальных сокращений. Кроме того, увеличение пассивной гипертермии от умеренной ($38,5^{\circ}\text{C}$) до тяжелой ($39,5^{\circ}\text{C}$) еще более увеличило скорость релаксации, но без

усугубления потери силы или произвольной активации мышц и коры. Таким образом, был сделан вывод, что центрально-опосредованная скорость активации (т. е. возбуждение двигательных единиц) достаточна для преодоления, вызванного активной и пассивной гипертермией увеличения пиковой мышечной релаксации в физиологически значимых диапазонах. Скорее отказ от произвольной активации связан с изменениями в периферической передаче нервного импульса и супраспинальной генерации импульса при длительных сокращениях мышц [25]. Следует отметить, что периферические изменения не защищены тепловой акклиматизацией и произвольная активация остается подавленной, однако, супраспинальная недостаточность устраняется при акклиматизации, таким образом защищая от дополнительного снижения силы, вызванного гипертермией, когда сокращения удлиняются у акклиматизированных людей [26].

Высокие температура тела и мышц также влияют на функцию мышц и клеточный метаболизм. Действительно, упражнения в жарких условиях приводят к большей зависимости от мышечного гликогена и анаэробного метаболизма, и вызывают большее накопление аммиака, а также лактата в мышцах и крови после тренировки [27]. Повышенное производство лактата в мышцах связано с мышечной усталостью и снижением силы, наблюдаемое во время работы с высокой скоростью гликолиза, что также сильно коррелирует с высвобождением свободных ионов водорода, подавляющих силу. Температурные нарушения функции саркоплазматического ретикулума или структурные повреждения, нарушающие регуляцию ионов кальция в саркоплазматическом ретикулуме, также могут влиять на выработку силы скелетными мышцами [28]. Более того, хорошо известно, что изометрические упражнения включают частичную или полную окклюзию кровотока, дальнейшее увеличение температуры мышц и стимуляцию хеморефлексов и механорефлексов. Аfferентная часть этих рефлексов реагирует на химические, механические и термические раздражители, что повышает активность мышечной симпатической нервной системы [29]. В зависимости от интенсивности сокращения повышение активности мышечной симпатической нервной системы может изменять возбудимость двигательных единиц, модифицируя взаимосвязь между центральным нервным возбуждением, рекрутированием двигательных единиц и кодированием частоты возбуждения. Таким образом, нарушение нервно-мышечной функции может быть связано с нарушением периферической передачи нервного импульса на любом уровне, от активности коры до деполяризации сарколеммы [25]. Хотя гипертермия влияет на нервно-мышечную функцию, хроническое воздействие теплового стресса (т. е. акклиматизация к теплу) улучшает сократительные функции скелетных мышц.

Перцептивные и психические нарушения

Снижение произвольной активации, наблюдаемое при тепловом стрессе, вполне может представлять собой психофизиологический феномен, при котором центральная нервная система снижает активность за счет изменений нервно-мышечной функции и мотивации. Действительно, для поддержания максимального сокращения требуются значительные усилия, а также готовность выдерживать дискомфорт и боль. В начале сокращения обычно наблюдается легкое чувство

дискомфорта, которое в конечном итоге перерастает в сильную боль, которая изменяет восприятие ощущений в сокращающихся мышцах, снижает приверженность к продолжению выполнения задачи, может способствовать уменьшению произвольной активации. Сознательные сигналы, исходящие как от центральных, так и от периферических афферентных путей, могут опосредовать поведение и снижать мотивацию, чтобы свести к минимуму дискомфорт и приводить к полному отказу от выполнения задачи.

Во время динамических упражнений недавно было продемонстрировано, что способность к проявлению выносливости при 80 % МПК в жарких условиях (30°C) может снижаться как из-за пассивного роста температуры тела перед тренировкой, так и вследствие 90-минутной умственно утомляющей задачи. Исследования продемонстрировали, что ухудшение работоспособности усугублялось комбинацией этих вмешательств, которые действовали синергетически, влияя на выполнение упражнения. Floris и Schlader [30] предположили, что температурное восприятие влияет на оценку воспринимаемой нагрузки и, соответственно, на скорость работы в начале упражнения, когда повышена только температура кожи. Однако по мере увеличения теплового напряжения факторы, связанные с сердечно-сосудистым напряжением, с большей вероятностью опосредуют оценку воспринимаемой нагрузки и произвольное снижение скорости работы.

Когнитивные функции

Умеренное повышение температуры тела может первоначально улучшить когнитивную функцию, однако развитие гипертермии ухудшает ее [30, 32], причем нарушения зависят от типа задачи и ее сложности. Было высказано предположение, что выполнение когнитивных задач при тепловом стрессе ухудшается, когда общие когнитивные ресурсы недостаточны для поддержки как адекватного выполнения задачи, так и обработки теплового стресса, поскольку такого рода сложные задачи более чувствительны к гипертермии, чем простые. Важно отметить, что колебания температуры вызывают удовольствие или неудовольствие, если они благоприятствуют или нарушают гомеостаз соответственно. Таким образом, была разработана модель, связывающая ухудшение выполнения сложных задач с алистезиальными изменениями, сопровождающимися компенсаторными физиологическими реакциями на жаркие условия окружающей среды [33]. Было высказано предположение, что эта нагрузка может уменьшить доступные ресурсы для параллельных когнитивных задач, также гипертермия может повысить импульсивность. Интересно, что эта модель может объяснить, почему уменьшение теплового дискомфорта, например, путем охлаждения головы, может восстановить некоторые сложные когнитивные функции в жаркой среде. Акклиматизация к теплу увеличивает пиковую амплитуду сокращений как в нормотермическом, так и в гипертермическом состояниях.

Термическое и циркуляторное напряжение

Потребность в кровообращении, связанная с аэробными упражнениями в условиях теплового стресса, включает повышение кожного кровотока и поддержание церебральной и мышечной перфузии. Хотя в начале физической нагрузки

происходит временное снижение кожного кровотока, вызванное сосудосуживающими средствами, в конечном итоге кожные кровеносные сосуды расширяются, с тем чтобы способствовать рассеянию накопленного метаболического тепла. Порог температуры тела, при котором кожный кровоток начинает повышаться, напрямую связан с интенсивностью физической нагрузки, а задержка активной вазодилатации сдвигает этот порог вправо по сравнению с состоянием покоя – кровоток заметно снижается через 20–30 минут, когда температура тела приближается к 38 °С, достигая виртуального плато при 50 % от максимальной пропускной способности [34]. В этот момент перфузионные потребности тренирующихся мышц имеют приоритет над терморегуляторным контролем. Интересно, что связь между температурой кожи и кожным кровотоком минимально зависит от температуры тела, тем не менее, существует тесная связь между температурным градиентом от ядра к коже и кожным кровотоком. Например, увеличение температуры окружающей среды на 10 °С связано с уменьшением на 4,5 °С градиента внутренней температуры тела к коже.

Мышечный кровоток и доставка кислорода

При тренировке мышц потребности в кровотоке связаны с увеличением относительной интенсивности упражнений, при этом увеличение потребности в кислороде соответствует увеличению системной и мышечной доставки кислорода, а также перфузионного давления. Интересно, что недавние исследования показывают, что повышенная температура ткани/крови также вызывает повышение кровотока в скелетных мышцах в покое и во время физической нагрузки [35]. Механизмы, опосредующие это увеличение, могут включать взаимодействие метаболических и тепловых стимулов, вызывающих высвобождение эритроцитарного АТФ – мощного сосудорасширяющего средства [36]. В абсолютном выражении мышечный кровоток может увеличиться с 0,3 л/мин в состоянии покоя до 10 л/мин во время максимальной нагрузки менее чем за 10 с. Если скорость работы стабильна, стационарное состояние достигается в течение 30–90 с, а кровоток увеличивается лишь незначительно при увеличении интенсивности упражнений. Однако в условиях теплового стресса повышение теплового напряжения усугубляет сердечно-сосудистый ответ, поскольку метаболические и терморегуляторные процессы конкурируют за сердечный выброс, что представляет собой интегрированный баланс регуляторного контроля, при котором одно кровообращение приносит пользу, не оказывая существенного влияния на другое. Классическая гипотеза ограничения кровообращения при физических упражнениях в жарких условиях, предложенная Роуэллом [37], связана с перераспределением и периферическим скоплением крови, что уменьшает центральный объем крови и давление наполнения желудочков, конечно-диастолический и ударный объем. Более современная гипотеза предполагает, что снижение ударного объема, в первую очередь, связано с ростом собственной частоты сердечных сокращений, опосредованным прямым воздействием температуры на синоатриальный узел и/или барорефлекторной модуляцией симпатической и парасимпатической активности [38]. Таким образом, снижение ударного объема во время длительных упражнений средней интенсивности в жарких условиях, вероятно, происходит

как из-за уменьшения центрального объема крови, снижающего давление наполнения сердца, так и из-за более короткого времени диастолического наполнения, уменьшающего конечно-диастолический объем желудочков. Действительно, когда физические упражнения продолжаются, достижение максимальной или близкой к максимальной частоты сердечных сокращений является хорошо задокументированной реакцией, при этом одновременно снижается максимальный сердечный выброс, и сердечно-сосудистая система вынуждена работать на пределе своих возможностей при субмаксимальных нагрузках. Предполагается, что это снижение сердечно-сосудистого резерва является основным фактором, ограничивающим аэробные упражнения с постоянной скоростью [38]. Ранее подчеркивалось, что температура тела, переносимая при истощении, обратно пропорциональна потребности в кожном кровотоке всего тела, предполагая, что усталость во время упражнений в жару может соответствовать коррективке мышечной и мозговой перфузии, связанной с увеличением нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Gonzalez-Alonso отметил, что во время коротких, но интенсивных циклов на 80 % пиковой выходной мощности истощение было связано со снижением системного и мышечного кровотока, доставкой и поглощением кислорода. Это снижение усугублялось тепловым стрессом, который ускорял снижение среднего артериального давления и сердечный выброс, снижая МПК. Также было показано, что во время упражнений с максимальным приращением и постоянной скоростью, системная доставка кислорода притупляется из-за плато или снижения сердечного выброса при интенсивности ниже МПК [36]. При 50–90 % МПК системный и мышечный кровоток при физической нагрузке, наряду с доставкой кислорода, соответствуют повышению объема кислорода, однако после 90 % МПК происходит выравнивание, которое ослабляет скорость роста потребления кислорода, несмотря на максимальное увеличение артериовенозной разницы по кислороду и частоты сердечных сокращений. Это нарушение указывает на неспособность сердечно-сосудистой системы поддерживать линейное увеличение доставки кислорода к работающим мышцам. Таким образом, аэробная мощность и работоспособность падают из-за снижения сердечного выброса и доставки кислорода к тренируемой мускулатуре, частично из-за повышенной активности симпатической нервной системы, которая ослабляет кровоток в конечностях. При этом, хотя потребность в метаболической энергии выше при сверхмаксимальных упражнениях, плато сердечного выброса и мышечной сосудистой проводимости было отмечено при одинаковых уровнях доставки кислорода, но различных по уровню интенсивности нагрузках. Рассмотренные совместно, эти наблюдения бросают вызов постулату о том, что доставка кислорода в мышцы увеличивается линейно от покоя до МПК. Во время длительных субмаксимальных упражнений в жарких условиях, по-видимому, происходит подобное нарушение доставки кислорода, особенно когда частота сердечных сокращений приближается к максимальной. Нарушения при длительных упражнениях, возникающие в жарких условиях, также связывают с этим пагубным увеличением напряжения кровообращения/сердечно-сосудистой системы, снижением МПК и выходной мощности во время длительной (60 мин и более) нагрузки в жарких условиях. Несмотря на более значительное снижение аэробной способности и сопутствующей скорости работы, относительная интенсивность упражнений (% от МПК) в жарких условиях

поддерживается в довольно узком диапазоне температур, однако этот диапазон расширяется при тепловом стрессе, поскольку упражнения становятся продолжительными и развивается диссоциация между относительной интенсивностью упражнений, частотой сердечных сокращений и воспринимаемой нагрузкой [40].

Мозговой кровоток

Развитие гипертермии связано с прогрессирующим снижением мозгового кровотока во время произвольных упражнений, что частично объясняется повышением кожного кровотока, снижением сердечного выброса и артериального давления, а также гипервентиляцией – индуцированной гипокапнией [41]. Интересно, что снижение мозгового кровотока и сопутствующая доставка кислорода к мозгу, как предполагалось, нарушают центральную нервную стимуляцию мышц во время напряженных упражнений в жарких условиях, однако развитие утомления во время таких упражнений связано с повышенным церебральным метаболизмом, проявляющимся в компенсаторном увеличении экстракции кислорода в головном мозге [42]. Более того, сопоставимые нарушения производительности наблюдались после самостоятельной езды на велосипеде (40 км) в жарких и холодных условиях, и было показано, что изнурительные дополнительные упражнения снижают произвольную активацию в той же степени в горячих и холодных условиях внешней среды. Таким образом, не представляется, что усугубление снижения мозгового кровотока при тепловом стрессе опосредует снижение работоспособности через центральное торможение. Тем не менее, развитие гипертермии влияет на способность генерировать мышечную силу. Тепловой стресс окружающей среды и физическая активность взаимодействуют, увеличивая риски. Этот риск представляет собой континуум медицинских состояний с потенциально серьезными последствиями, которые могут повлиять на физически активных людей как в жарких, так и в умеренных условиях. Тяжесть тепловой болезни может возрасти от относительно легких симптомов, таких как мышечные спазмы, до теплового истощения, теплового поражения и теплового удара, неспособности поддерживать сердечный выброс. Тепловая травма определяется как заболевание средней и тяжелой степени, характеризующееся поражением органов (например, печени и почек) и тканей (например, кишечника и мышц) с высокой температурой тела, обычно $>40^{\circ}\text{C}$ и характеризуется высокой температурой тела, выраженной дисфункцией центральной нервной системы (например, агрессивностью, делирием, судорогами и комой), а также поражением органов и тканей, и в своем крайнем проявлении может привести к летальному исходу. В отличие от классического теплового удара, который в первую очередь наблюдается у уязвимых групп населения с ослабленным иммунитетом во время сезонной жары, тепловой удар при физической нагрузке возникает у здоровых молодых людей, выполняющих интенсивную физическую нагрузку (например, занимающихся физическими упражнениями или профессиональной деятельностью).

Тем не менее, тепловой удар и другие подобные нарушения часто возникают при наличии определенных факторов риска, таких как экстремальные условия окружающей среды, употребление лекарств и наркотиков, ухудшение состояния здоровья, генетические заболевания, физическая активность в условиях теплового

стресса. Соответственно, трудно выявить лиц, которые могут быть подвержены риску тепловых травм. Хотя распространенность тепловой болезни растет во время упражнений, выполняемых в жарких условиях, спортсмены могут использовать различные стратегии для смягчения влияния температурной нагрузки на производительность, а также на риск тепловых заболеваний. Они включают в себя соблюдение индивидуального режима гидратации, использование стратегий охлаждения и, что наиболее важно, акклиматизацию к жарким условиям.

Типы разминки

Перед соревнованиями в распоряжении человека имеется множество методов предварительной подготовки, включая как физическую, так и психологическую. Стратегии психологической разминки (например, мысленные образы, мысленные репетиции) направлены на усиление когнитивной функции, функции, которая особенно важна в командных видах спорта, где принятие решений является одним из основных факторов, способствующих успеху. Обычная физическая разминка может состоять из прогрессивного наращивания интенсивности с рядом взрывных движений, использованием цикла упражнений на растягивание, а также с использованием стретчинга, направленного на снятие мышечного напряжения и оптимизацию амплитуды движений.

Структурирование разминки

Эффективная разминка может длиться более 30 минут и должна включать основной компонент общих упражнений (обычно специфических для вида спорта), а также специальные упражнения и упражнения на гибкость. Такой протокол обычно используется в полевых условиях и включает в себя 3 этапа: поднять, активировать и мобилизовать, потенцировать (RAMP) [43]. Эта модель, объединенная с соответствующими наборами упражнений, которые воспроизводят биомеханические и психологические требования выбранного соревновательного упражнения, должна предоставить необходимые инструменты для эффективного планирования разминки. При тепловом стрессе продолжительность каждой стадии может различаться из-за пагубного воздействия нагревания. Соответственно, рекомендуется внести некоторые коррективы в протокол разминки.

Первый этап (подъем) нацелен на терморегуляторную гомеостатическую систему организма за счет повышения кровенаполнения мышц и расширения внутренней температуры. Эта стадия также влияет на реакцию сердечного ритма, вязкость кровотока и вентиляцию. В начале нагрузки температура мышц быстро повышается, обычно в течение 3–5 мин. После 10–20 минут стационарных упражнений умеренной интенсивности (80–100 % лактатного порога) наблюдается плато температуры мышц (на 2–4 °C), что значительно повышает производительность наряду с изменениями пластичности в разогретых мышцах, что подготавливает спортсмена к последующим этапам разминки. При проведении разминки в жарких климатических условиях стадию подъема можно сократить применительно к продолжительным соревновательным упражнениям, с тем, чтобы избежать чрезмерного повышения температуры тела.

Второй этап разминки (активация и мобилизация) можно разбить на 2 части. Активация очень специфична не только для работающих групп мышц, но и для конкретных функций и моделей движений, которые рабочие мышцы выполняют во время соревнований. Как правило, «активация» может быть достигнута с помощью «преабилитационных» упражнений, определяемых как «подготовка человека к противостоянию стрессовому событию посредством повышения функциональных возможностей» [44]. На данном этапе часто используются легкие нагрузки, направленные на стимуляцию нервно-мышечных и проприоцептивных реакций на соревновательные упражнения посредством моделируемых движений, что является ключевым фактором, определяющим нейронную адаптацию. Продолжительность этого этапа будет зависеть от индивидуальных особенностей и требований соревнований. «Мобилизация» обычно включает в себя динамические движения, направленные на активацию ключевых групп мышц, участвующих в соревновательном движении, обуславливающим результат. Ранние исследования показали, что статическая растяжка и методы проприоцептивной нервно-мышечной фасилитации могут способствовать как предотвращению травм, так и повышению физической работоспособности. Динамическая растяжка и нагрузка, вероятно, остаются наиболее эффективным подходом, когда речь идет о максимизации спортивной готовности на этапе мобилизации.

Постактивационное потенцирование

До его начала должны иметь место вызванные разминкой функциональные изменения как температурно-зависимого, так и зависящего от нагрузки воздействия на мышечные и сухожильные ткани. Затем постактивационное потенцирование может включать упражнения, связанные с высокой скоростью изменения длины мышц, тем самым вовлекая мышцы, содержащие большое количество быстрых волокон. Эти типы мышечных волокон, в частности, могут быть более восприимчивы к травмам из-за их функциональных возможностей. Хотя повышение температуры мышц приводит к повышению скорости сокращения мышечных волокон, эти результаты не обязательно связаны с мышечной активностью. В отличие от тормозной реакции, которая возникает при снижении температуры мышц, увеличение скорости нервной проводимости не обязательно наблюдается при повышении температуры мышц.

Таким образом, постактивационное потенцирование обычно включает в себя выполнение интенсивных движений, специфичных для данного вида спорта, чтобы полностью имитировать требования к производительности, в свою очередь, стимулируя рабочие нервные пути. Феномен постактивационного потенцирования можно с пользой применять перед соревнованиями, требующими приложения больших сил и выходной мощности, особенно в условиях повышенной температуры мышц. Постактивационное потенцирование в видах спорта, основанных на силе, можно использовать в движениях с относительно высоким сопротивлением. Недавние исследования продемонстрировали значительное положительное влияние на показатели прыжка вверх, когда за 2–6 минут до тестирования было выполнено 1–3 повторения упражнений с отягощениями в диапазоне 80–93 % от ПМ. Рекомендуется использовать индивидуальную интенсивность и

режимы упражнений в соответствии с возможностями (максимальной силой) спортсмена. В зависимости от продолжительности и интенсивности соревновательного упражнения постактивационное потенцирование будет сильно различаться. Потенцирующее преимущество у спортсменов, занимающихся видами на выносливость, будет направлено на сохранение работоспособности при субмаксимальной интенсивности за счет изменения низкочастотной скорости и развития силы на уровне двигательной единицы. Теоретически это позволит спортсмену достичь более высокой силы при меньшей активации кальция, в то время как потенциация способна компенсировать низкую частоту возбуждения при субмаксимальных рабочих нагрузках.

Специфика протокола

«Оптимальная» стратегия разминки, вероятно, различается в зависимости от вида спорта, также она зависит от условий окружающей среды. Действительно, продолжительность разминки может быть уменьшена перед промежуточными или длительными упражнениями в жарких условиях. Разминка должна быть разработана таким образом, чтобы активировать ключевые энергетические системы, и в то же время стимулировать специфические для вида спорта модели движений, которые спортсмен, вероятно, будет реализовывать на протяжении всего соревновательного периода. Это соответствует рекомендациям о том, что нервная активация является одним из наиболее важных механизмов разминки. В то время как подъем, активация и мобилизация могут быть необходимы для большинства соревнующихся спортсменов, важность нервной активации выше для силовых или скоростно-силовых упражнений по сравнению со спортсменами, соревнующимися в видах спорта на выносливость. В равной степени, более длительные предшествующие аэробные упражнения могут оказывать пагубное влияние на максимальную мощность, особенно при интенсивности разминки $>60\%$ от МПК (максимальная выходная мощность на велосипеде была достигнута после выполнения разминочных подходов при МПК от 33 до 48 %) [45]. Поэтому спортсменам, занимающимся силовыми и скоростно-силовыми видами спорта, скорее целесообразно сосредоточиться на выполнении упражнений легкой интенсивности ($<50\%$ от МПК) на этапе подъема. После завершения разминки можно использовать одежду с подогревом с целью поддержания повышенной температуры мышц и тела перед силовыми или скоростно-силовыми упражнениями. Однако в таком нагреве нет необходимости в жарких условиях окружающей среды, и в определенных обстоятельствах его можно даже заменить некоторыми стратегиями охлаждения. Спортсмены в видах на выносливость, в зависимости от условий окружающей среды, могут предпочесть доминировать в выполнении этапов Подъема, Активации и Мобилизации. Требования к модальности и модели движения должны диктовать акцент на активацию и мобилизацию. Спортсмены в циклических видах на выносливость с одним преобладающим паттерном движения (например, езда на велосипеде), могут получить меньшую пользу от активации и мобилизации по сравнению с бегом на выносливость и, в особенности, спортсменом в командном виде спорта, который постоянно выполняет разнонаправленные движения в различных суставах, с различными углами и скоростями.

Взрывное потенцирование при высоких нагрузках перед соревнованиями может не понадобиться спортсменам, занимающимся в видах с преимущественным проявлением выносливости. 6-минутная разминка у велосипедистов, тренированных на выносливость, может ускорить кинетику фазы II потребления кислорода во время последующей тяжелой нагрузки (85 % МПК) как после умеренной (>52 % МПК), так и после высокой интенсивности (85 % МПК). Антагонистический характер повышенной температуры мышц по отношению к эффективности постактивационного потенцирования у спортсменов, занимающихся в видах на выносливость, может служить обоснованием для разработки разминки, направленной на эффективную подготовку аэробных энергетических систем, а не на сосредоточение внимания на высокоинтенсивных тренировочных нагрузках или повышении температуры мышц до оптимальных для улучшения спринтерских или силовых показателей – компромисс между подготовкой тела и ростом усталости имеет жизненно важное значение. Ограничивающие переменные производительности сильно контрастируют между задачами, основанными на силе спринтера, и проявлении выносливости (например, марафонским бегом или велогонками). Таким образом, разминка должна быть разработана после анализа потребностей каждого отдельного вида спорта.

Время между разминкой и соревнованием

Было замечено, что между разминкой и соревнованием температура мышц экспоненциально уменьшается после разминки и примерно 70 % вызванного разминкой повышения температуры тела может быть потеряно в течение 15-минутного переходного периода [46]. Было показано, что в условиях умеренного климата (19 °C) стратегии поддержания температуры мышц и тела либо с помощью локальных нагревательных элементов, либо с помощью теплых жилетов, оказались эффективными вмешательствами в контексте силовых упражнений. Действительно, применение внешних нагревательных элементов (к конечностям) может поддерживать температуру мышц. Тем не менее, применение таких нагревательных элементов к работающим мышцам во время самой разминки не дает дополнительных преимуществ и их использование должно быть ограничено между разминкой и соревнованием. Вопрос о сохранении пользы от разминки представляет особый интерес для пловцов, которые не могут плавать в течение 20 мин после выхода из разминочного бассейна перед соревнованием. В этих условиях поддержание температуры тела и мышц с помощью упражнений на суше может повысить производительность, а использование курток с подогревом в дополнение к выполнению специальных спортивных упражнений еще более повышает производительность. Предполагается, что рост температуры мышц на 1 °C на глубине 1–4 см может привести к росту выходной пиковой мощности на 4–10 %, а также отсрочит наступление утомления. Классическое исследование Sargeant & Dolan [47] показало снижение пиковой выходной мощности после 6-минутной разминки при 87% МПК, при этом исходные значения восстанавливались всего после 1 минуты отдыха, но максимальная выходная мощность (на 9,6 % выше исходного уровня) наблюдалась через 6 минут после восстановления. Это подтверждает рекомендации, согласно которым спортсмены, ориентированные на

проявления силы и скоростно-силовых способностей, должны планировать период восстановления 5–10 минут между завершением разминки и соревнованиями, во-первых, чтобы сохранить пользу от потенцирования кондиционной работы, а во-вторых, чтобы сохранить повышенную температуру тела и мышц, одновременно обеспечивая достаточный ресинтез фосфокреатина и анаэробной энергетической системы. Необходимо сосредоточиться на том, чтобы начинать соревнование, как только энергетическая система будет восполнена после соответствующих предварительных упражнений с целью избежать раннего утомления из-за механизмов, связанных с повышенной температурой.

Стратегии разминки и снижение теплового стресса

В то время как стратегии разминки должны быть направлены на повышение производительности ранее выделенных метаболических, костно-мышечных и сердечно-сосудистых систем путем манипулирования интенсивностью, продолжительностью и моделями движения, рассмотрение, во-первых, требований конкуренции, а во-вторых, факторов стресса окружающей среды должно диктовать конкретные предписания протокола разминки. В прохладных условиях спортсмены, занимающиеся силовыми и командными видами спорта, могут сосредоточиться на повышении температуры мышц и тела с помощью интенсивных упражнений, характерных для конкретных видов спорта, которые имитируют требования соревнований, что, в свою очередь, в достаточной степени стимулирует нейронную активацию после выполнения соответствующих моделей рекрутирования.

С учетом того, что в распоряжении спортсменов также имеется пассивное нагревание, использование средств поддержания температуры мышц для спортсменов в скоростно-силовых видах (с целью поддержания повышения температуры мышц на 2–4 °C), также может улучшить качество работы. Когда этими видами спорта занимаются в жарких условиях, пассивное поддержание тепла, вероятно, не нужно и может быть устранено. С другой стороны, спортсмены, ориентированные на выносливость (например, триатлонисты, марафонцы, велосипедисты), могут пожелать применить другой подход к своей предсоревновательной стратегии. Целью разминки в этих группах спорта является оптимизация физиологической готовности за счет активации основных энергетических систем и двигательных моделей без образования ненужного метаболического тепла, которое может тем больше ограничивать работоспособность, чем дольше длится мероприятие. Воздействие потенцирующей и повышающей температуру разминки перед соревнованием, вероятно, зависит от интенсивности, при этом наибольшие улучшения наблюдаются в силовых и скоростно-силовых видах.

Разогрев или охлаждение?

Выполнение необходимой механической работы, способной стимулировать описанные выше реакции, несомненно, приводит к тепловым гомеостатическим возмущениям, приводящим к увеличению как температуры мышц, так и температуры тела. В жарких и/или влажных условиях окружающей среды это повышение может усугубляться и переводить спортсмена из «разогретого» состояния в «перегретое». Ниже будут описаны методы сведения к минимуму тепловой нагрузки с использованием различных методов охлаждения как части процедуры

разминки. Протокол также включает рекомендации по гидратации во время разминки и соревнований, а также некоторые предложения относительно перерывов в командных видах спорта.

Охлаждение во время разминки

Охлаждение кожи может снизить нагрузку на сердечно-сосудистую систему во время упражнений в жарких условиях, в то время как охлаждение всего тела может снизить температуру органов и скелетных мышц. Несколько исследований, проведенных в контролируемых лабораторных условиях (например, при некомпенсируемом тепловом стрессе), с использованием вентилятора или без него во время упражнений, показали, что предварительное охлаждение может повысить выносливость и производительность при высокоинтенсивных упражнениях. Тем не менее, преимущества предварительного охлаждения при интервальных или повторных спринтерских упражнениях различаются: в ряде исследований наблюдалось как повышение производительности, так и отсутствие изменений [48]. Охлаждение всего тела, учитывая его влияние на снижение температуры мышц, по-видимому, вредно для производительности во время одного спринта или первых нескольких повторений, однако его эффективность в условиях жаркой погоды, по-видимому, будет возрастать. Следовательно, влияние охлаждения в условиях соревнований остается сомнительным, и в настоящее время рекомендации ограничиваются длительными тренировками в жарких условиях окружающей среды или условиях с ограниченным потоком воздуха.

Погружение в холодную воду

Доступен ряд протоколов погружения в холодную воду для оптимизации физиологической готовности к соревнованиям, тем не менее, наиболее распространенные методы эффективного снижения температуры тела включают погружение в воду всего тела, обычно в течение 30 минут при температуре воды от 22 до 30°C, или погружение части тела (например, ног) при более низких температурах (10–18°C)[49]. Более экстремальные протоколы внешнего охлаждения приводят к более быстрому снижению температуры мышц, что, в свою очередь, окажет вредное воздействие на важные первичные механизмы, такие как скорость нервной проводимости и скорость мышечных сокращений. Следовательно, спортсменам, использующим эти более «агрессивные» стратегии, может потребоваться планирование активного повторного разогревания при подготовке к соревнованиям до начала мероприятия. Агрессивное охлаждение двигательных мышц, несомненно, уменьшит начальное развитие термического и сердечно-сосудистого напряжения, однако может затруднить выполнение упражнений на ранних стадиях. Таким образом, различные новые виды экипировки, такие как охлаждающая одежда, специально разработанная для охлаждения туловища, при снижении температуры тела (или ограничения ее увеличения), существенно не влияет на температуру мышц.

Охлаждающая одежда

Первоначальное использование ледяных полотенец для обеспечения охлаждения привело к разработке нескольких охлаждающих курток для спортсменов до или во время тренировок в жаркую погоду. Погружение в воду вызывает большее снижение температура тела по сравнению с применением охлаждающих жилетов, однако охлаждающие жилеты могут эффективно снижать температуру кожи, что, в свою очередь, положительно влияет как на сердечно-сосудистую систему, так и на накопление тепла, не снижая температуру мышц. Охлаждение с помощью охлаждающей одежды имеет более высокую ценность, поскольку спортсменам легче использовать эту одежду во время разминки или перерывов для восстановления, в зависимости от требований окружающей среды и соревнований.

Смешанные методы охлаждения

Предполагается, что комбинированное использование внутренних (например, холодные напитки) и внешних (например, погружение в воду) стратегий охлаждения может привести к большей охлаждающей способности по сравнению с использованием тех же методов по отдельности. Доказано, что это весьма эффективно для игровых видах спорта во время выступлений в тропических условиях (футбол, лакросс и др.), в велоспорте (в лабораторных условиях). Допустимые смешанные методы охлаждения могут включать использование напитков со льдом, охлаждающих жилетов и обдува вентилятором во время или после разогрева.

Гидратация во время разминки

Рекомендуется прием жидкости из расчета 5–6 мл воды на кг массы тела с периодичностью каждые 2–3 часа, а также за 2–3 часа до тренировки или соревнований. Как и в случае с другими стратегиями, этот протокол гидратации следует практиковать до его применения во время соревнований, так как он увеличивает диурез. В то время как прием холодной жидкости перед тренировкой может потенциально улучшить работоспособность, считается, что вызванная жидкостью активация терморецепторов, вероятно, расположенных в области живота, может вызвать снижение потоотделения, понижая потенциал охлаждения испарением в условиях сухого тепла. Таким образом, при приеме холодных жидкостей во время тренировки, по-видимому, благоприятных результатов не наблюдается. Эта практика, тем не менее, может быть полезной во время разминки для поддержки охлаждения и сохранения жидкости перед тренировкой. Напитки со льдом могут быть более эффективной стратегией охлаждения спортсменов, основанной на теории энтальпии. Льду требуется значительно больше тепловой энергии (334 Дж/г), чтобы вызвать фазовый переход из твердого состояния в жидкое (при 0 °C), по сравнению с энергией, необходимой для повышения температуры воды (4,2 Дж/г/°C). Несколько отчетов недавно подтвердили эффективность потребления напитков со льдом до или во время упражнений. Чтобы наблюдать преимущества в упражнениях на выносливость или интервальном спринте, может быть рекомендован 1 литр измельченного льда при температуре 4°C. Однако практичность и доказательства использования ледяной суспензии требуют дополнительного изучения. В то же время, что касается холодных напитков, ледяная суспензия, вероятно, больше подходит для разминки, нежели соревнований.

Стратегии в перерыве между таймами

Хотя перерывы между таймами могут предоставить спортсменам, занимающимся командными видами спорта, возможности для восстановления, предыдущие наблюдения показывают, что футболисты преодолевают меньшее расстояние или прилагают меньше усилий при беге средней интенсивности (11,1–19 км/ч) во второй половине матча по сравнению с результатами первого тайма. Это наблюдаемое снижение может быть связано с различными (терморегуляторными и метаболическими) факторами. Как упоминалось ранее, снижение температуры мышц коррелирует со снижением способности к спринтерскому бегу. После первой половины 15-минутного перерыва наблюдается естественное снижение температуры мышц на 2°C (с 39,7 до 37,7 °C) в контрольной группе. Когда стратегия активного согревания (умеренной интенсивности) была введена за 7 минут до окончания перерыва между таймами, естественное снижение температуры мышц сократилось всего до 0,5°C (с 39,7 до 39,2 °C), что привело к сходной начальной температуре мышц по сравнению с температурой перед игрой (39,2 °C против 39 °C соответственно). Впоследствии показатели второй половины сохранялись в группе активной повторной разминки. Когда тепловой стресс окружающей среды добавляется к соревновательной среде, происходит усиление гликолиза, приводящее к более быстрому истощению мышечного гликогена по сравнению с тренировкой в прохладных условиях. Риск гипертермии, вызванной физическими нагрузками, растет с повышением температуры окружающего воздуха, таким образом, применение в течение перерыва методов охлаждения, а не вмешательства, направленного на поддержание повышенной температуры мышц, может помочь продлить переносимость физической нагрузки и избежать раннего наступления утомления в жарких условиях окружающей среды. Первая половина футбольных матчей может привести к значительному истощению мышечного гликогена и оказать пагубное влияние на работоспособность в условиях умеренного климата. Эти результаты подтверждаются исследованиями, показывая, что регулярное питание углеводами во время интервалов отдыха улучшает как периферические функции, так и функцию ЦНС между 45 и 60 минутами командных спортивных занятий по сравнению с питанием плацебо [50]. Кроме того, как внешний тепловой стресс, так и более высокая температура мышц приводят к увеличению скорости окисления углеводов при заданной рабочей нагрузке. Таким образом, соответствующее повторное питание в течение этого периода времени может способствовать повышению производительности во втором тайме (45–90 минут) как в умеренных, так и в жарких условиях.

Охлаждение

Влияние внешнего охлаждения на снижение кожного кровотока и усиление центрального кровообращения наряду с улучшением перцептивной реакции на тепловой стресс может в конечном итоге дать толчок для повышения работоспособности. Стратегия предварительного охлаждения с использованием погружения в воду в течение 5–12 минут в воде с температурой 14°C в течение 15-минутного периода между подходами может потенциально повысить результаты высо-

коинтенсивных упражнений в жарких условиях, однако холодная вода или ледяная суспензия не обязательно приводят к повышению результативности. В совокупности, исследования охлаждения тела (внутреннего или внешнего) показывают, что охлаждение может способствовать восстановлению после интенсивных упражнений при некомпенсируемом тепловом стрессе в лабораториях и, в некоторых случаях, может улучшить работоспособность в последующих интенсивных тренировках. Эффекты агрессивного охлаждения по сравнению с пассивным отдыхом в преобладающих жарких условиях окружающей среды или в более прохладных условиях еще предстоит проверить в условиях соревнований (например, перерывов в командных видах спорта).

Иные рекомендации по предотвращению перегрева

Развитие гипертермии во время упражнений в условиях жаркой окружающей среды связано с увеличением потоотделения, что может привести к прогрессирующему обезвоживанию. Состояние гипогидратации, вызванное физической нагрузкой, связано с уменьшением объема плазмы и повышением осмоляльности плазмы, которые пропорциональны снижению общего содержания воды в организме могут привести к последующей гиперосмоляльности и гиповолемии [51]. Кроме того, обезвоживание снижает наполнение сердца и затрудняет регуляцию артериального давления. Таким образом, скорость накопления тепла и нагрузка на сердечно-сосудистую систему усугубляются, а способность переносить физические нагрузки в жару снижается. Однако гидратация зависит от нескольких факторов, в том числе от наличия жидкости и специфики соревнований. Таким образом, гидратация легче во время разминки, чем на соревнованиях. Следует отметить, что хотя соревнующимся спортсменам рекомендуется свести к минимуму потерю массы тела, спортсменам-любителям, занимающимся длительными физическими упражнениями, следует соблюдать осторожность и не допускать чрезмерного потребления жидкости во время упражнений. Спортсмены с повышенным потоотделением, могут намеренно увеличить потребление натрия перед тренировкой или соревнованием в жарких условиях. Увеличение потребления натрия (например, 3,0 г поваренной соли, добавленное к 0,5 л углеводно-электролитного напитка) может помочь поддерживать баланс натрия в плазме у людей, страдающих тяжелым потоотделением, поскольку основным электролитом, теряемым с потом, является натрий (20–70 мг-экв/л). Спортсменам, испытывающим мышечные спазмы, рекомендуется увеличить потребление натрия до 1,5 г/л жидкости. Спортсмены также должны стремиться включать 30–60 г/ч углеводов в свой режим гидратации для упражнений, продолжительностью более 1 часа, и до 90 г/ч для мероприятий, длящихся более 2,5 часов. Это может быть достигнуто путем сочетания жидкости и твердой пищи.

Акклиматизация к жарким условиям

Надлежащая подготовка к тренировкам в жарких условиях начинается задолго до разминки. Повторные тренировки в условиях высоких температур, повышающие температуру тела, потоотделение и кожный кровоток, вызывают аккли-

матизацию к теплу. К ним относятся повышенное потоотделение и реакции кожного кровотока, лучшее согласование водно-электролитного баланса, увеличение объема плазмы, впоследствии улучшающее способность поддерживать артериальное давление и сердечный выброс. Большинство адаптаций происходит в течение первой недели тренировок в жарких условиях и продолжают меняться более медленными темпами в течение следующих двух недель [52]. Однако для достижения почти полной сердечно-сосудистой и судомоторной адаптации может потребоваться до двух недель тренировок. Спортсмены, у которых нет возможности путешествовать в естественно жарких условиях окружающей среды, могут тренироваться в искусственно созданном жарком помещении. Кроме того, стоит упомянуть, что в некоторых исследованиях сообщалось об увеличении переносимости физической нагрузки в ответ на «тепловую акклиматизацию» и в прохладных условиях. Это перекрестное преимущество в настоящее время обсуждается, но, похоже, подтверждается многими наблюдениями. Например, в ходе полевых исследований наблюдалось улучшение производительности в условиях умеренного климата после введения сезонных тренировочных сборов в жарком климате [53]. Во всяком случае, нет никаких доказательств того, что акклиматизация к жаркому климату ухудшает характеристики выступлений в условиях прохладной погоды. Таким образом, акклиматизация к теплу должна быть реализована по умолчанию перед соревнованиями с неопределенными условиями окружающей среды, которые потенциально могут измениться с умеренных на жаркие.

Приведенные в настоящем обзоре физиологические механизмы терморегуляции в различных условиях и стратегии разминочных и иных мероприятий, направленных на оптимизацию термального состояния спортсменов, не являются исчерпывающими. Научно-практические исследования в данной области остаются актуальными, однако основные выявленные закономерности по данным аспектам уже являются консенсусом в научной среде и могут быть с успехом использованы в спортивной практике.

Источники

1. Saltin, B.J. Gagge, A.P. Stolwijk, J.A. Muscle temperature during submaximal exercise in man // *Journal of applied physiology*. – 1968. – № 25(6). – P. 679–688.
2. Gonzalez-Alonso, J, Mora-Rodriguez, R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise // *Journal of Applied Physiology*. – 1995. – № 79 (5). – P. 1487–1496.
3. Asmussen E, BØJe OV. Body temperature and capacity for work // *Acta Physiologica Scandinavica*. – 1945. – № 10 (1). – P. 1–22.
4. Gray SR, De Vito G, Nimmo MA, Farina D, Ferguson RA. Skeletal muscle ATP turnover and muscle fiber conduction velocity are elevated at higher muscle temperatures during maximal power output development in humans // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. – 2006. – №290(2). – P.376–382.
5. Barany M. ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening // *The Journal of general physiology*. – 1967. – №50 (6). – P. 197–218.
6. Place N, Yamada T, Zhang SJ, Westerblad H, Bruton JD. High temperature does not alter fatigability in intact mouse skeletal muscle fibres // *The Journal of physiology*. – 2009. – № 587 (19). – P. 4717–4724.
7. Ward BM, Thesleff S. The temperature dependence of action potentials in rat skeletal muscle fibres // *Acta Physiologica Scandinavica*. – 1974. – № 91(4). – P.574–576.

8. Güllich, A. and Schmidtbleicher, D., MVC-induced short-term potentiation of explosive force // *New studies in athletics*. – 1996. – № 11. – P.67–84.
9. Proske, U. David, L. Morgan, and J. Edmund Gregory. Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: a review // *Progress in neurobiology*. – 1993. – №41.6. – P. 705–721.
10. Bigland-Ritchie, B., E. F. Donovan, and C. S. Roussos. Conduction velocity and EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts // *Journal of applied physiology*. – 1981. – №51. – P. 1300–1305.
11. Oksa, J., H. Rintamäki, T. Mäkinen, J. Hass, and H. Rusko. Cooling-induced changes in muscular performance and EMG activity of agonist // *Aviat. Space Environ Med*. – 1995. – № 66. – P. 26–31.
12. Rutkove, S. B., Kothari, M. J., & Shefner, J. M. Nerve, muscle, and neuromuscular junction electrophysiology at high temperature // *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. – 1997. – № 20(4). – P.431–436.
13. Karvonen, J. Warming up and its physiological effects // *Pharmacology and Physiology*. – 1978. – № 6. – P.31–39.
14. Blomstrand, E., U. Bergh, B. Essén-Gustavsson, and B. Ekblom. Influence of low muscle temperature on muscle metabolism during intense dynamic exercise // *Acta physiologica scandinavica*. – 1984. – № 2. – P. 229–236.
15. Febbraio, Mark A., et al. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation // *Journal of Applied Physiology*. – 1994. – №76.2. – P. 589–597.
16. Barnard, R. J., et al. Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise--heart rate, blood pressure, and ECG // *Journal of Applied Physiology*. – 1973. – №34.6. – P. 833–837.
17. Ekstrand, J., Gillquist, J. and Liljedahl, S.O. Prevention of soccer injuries: supervision by doctor and physiotherapist // *The American Journal of Sports Medicine*. – 1983. – №11 (3). – P.116–120.
18. Sapega AA, Quedenfeld TC, Moyer RA, Butler RA. Biophysical factors in range-of-motion exercise // *The Physician and Sportsmedicine*. – 1981. – №9 (12). – P.57–65.
19. Safran, Marc R., et al. The role of warmup in muscular injury prevention // *The American journal of sports medicine*. – 1988. – №16.2. – P.123–129.
20. Behm, David G., Anthony J. Blazevich, Anthony D. Kay, and Malachy McHugh Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review // *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. – 2016. – №41.1. – P. 1–11.
21. Taylor, D.C., Brooks, D.E. and Ryan, J.B., Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions // *Medicine and science in sports and exercise*. – 1997. – №29. – P. 1619–1624.
22. 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(3). – P. 1032–1039.
23. Bruck K, Olschewski H. Body temperature related factors diminishing the drive to exercise. // *Can J Physiol Pharmacol*. –1987. – № 65 – P. 1274-1280.
24. Nielsen B, Savard G, Richter EA, Hargreaves M, Saltin B. Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress // *J. Appl. Physiol*. – 1990/ – № 69. – P. 1040-1046.
25. Racinais S, Gaoua N, Grantham J. Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission // *J. Physiol*. – 2008. – №586. – P. 4751–4762.
26. Racinais S, Wilson MG, Gaoua N, Periard J. Heat acclimation has a protective effect on the central but not peripheral nervous system // *J. Appl. Physiol*. – 2017. № 4. – P. 816–824.
27. Febbraio MA, Snow RJ, Hargreaves M, Stathis CG, Martin IK, Carey MF. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: Effect of acclimation // *J. Appl. Physiol*. – 1994. – №76. – P. 589–597.
28. Schertzer JD, Green HJ, Tupling AR. Thermal instability of rat muscle sarcoplasmic reticulum Ca(2C)-ATPase function // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. – 2002. – №283. – P. 722–728.
29. Seals D, Victor R. Regulation of muscle sympathetic nerve activity during exercise in humans // *Exerc. Sport. Sci. Rev*. – 1991. – №19. – P. 313–49.
30. Flouris AD, Schlader ZJ. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat // *Scand J Med Sci Sports*. – 2015. – №25. Suppl 1. – P. 52–64.
31. Schmit C, Hausswirth C, Le Meur Y, Duffield R. Cognitive functioning and heat strain: Performance responses and protective strategies // *Sports Med*. – 2017. – №47. – P.1289-1302.

32. Cian C, Barraud PA, Melin B, Raphel C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration // *Int. J. Psychophysiol.* – 2001. – № 42. – P. 243-251.
33. Gaoua N, Grantham J, Racinais S, Massiou EI F. Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat // *J. Environ. Psycho.* – 2012. – №32. – P.158–163.
34. Johnson JM, Rowell LB, Brengelmann GL. Modification of the skin blood flow-body temperature relationship by upright exercise // *J. Appl. Physiol.* – 1974. – №37. – P. 880–886.
35. Chiesa ST, Trangmar SJ, Kalsi KK, Rakobowchuk M, Banker DS, Lotlikar MD, Ali L, Gonzalez-Alonso J. Local temperature-sensitive mechanisms are important mediators of limb tissue hyperemia in the heat-stressed human at rest and during small muscle mass exercise // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* – 2015. – №309. – P. 369–380.
36. Gonzalez-Alonso J, Calbet JAL, Boushel R, Helge JW, Søndergaard H, Munch-Andersen T, van Hall G, Mortensen SP, Secher NH. Blood temperature and perfusion to exercising and non-exercising human limbs // *Exp. Physiol.* – 2015. – №100. – P. 1118–1131.
37. Rowell LB. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress // *Physiol. Rev.* – 1974. – №54. – P.75–159.
38. Wilson TE, Crandall CG. Effect of thermal stress on cardiac function // *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 2011. – №39. – P.12–17.
39. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration // *J. Appl. Physiol.* – 2010. – №109. – P.1989–1995.
40. Periard JD, Racinais S. Self-paced exercise in hot and cool conditions is associated with the maintenance of % VO₂peak within a narrow range // *J. Appl. Physiol.* – 2015. – №118 – P.1258–1265.
41. Rasmussen P, Nybo L, Volianitis S, Møller K, Secher NH, Gjedde A. Cerebral oxygenation is reduced during hyperthermic exercise in humans // *Acta Physiol (Oxf)*. – 2010. – №199. – P.63–70.
42. Trangmar SJ, Chiesa ST, Stock CG, Kalsi KK, Secher NH, Gonzalez-Alonso J. Dehydration affects cerebral blood flow but not its metabolic rate for oxygen during maximal exercise in trained humans // *J. Physiol.* – 2014. – №592. – P.3143–3160.
43. Racinais, S., Cocking, S. and Périard, J.D., Sports and environmental temperature: from warming-up to heating-up // *Temperature*. 2017. – №4 (3). – P. 227–257.
44. Shaarani SR, O'Hare C, Quinn A, Moyna N, Moran R, O'Byrne JM. Effect of prehabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction // *Am. J. Sports Med.* – 2013. №41. – P. 2117–2127.
45. Sargeant AJ, Dolan P. Effect of prior exercise on maximal short-term power output in humans // *J. Appl. Physiol.* – 1987. – №63. – P.1475–1480.
46. Kilduff LP, West DJ, Williams N, Cook CJ. The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players // *J. Sci. Med. Sport.* – 2013. – №16. – P. 482–486.
47. Sargeant AJ, Dolan P. Effect of prior exercise on maximal short-term power output in humans // *J. Appl. Physiol.* – 1987. – №63. – P.1475–1480.
48. Brade C, Dawson B, Wallman K. Effect of precooling and acclimation on repeat-sprint performance in heat // *J. Sports Sci.* – 2013. – №31. – P.779–786.
49. Ross M, Abbiss C, Laursen P, Martin D, Burke L. Precooling methods and their effects on athletic performance: A systematic review and practical applications // *Sports Med.* – 2013. – №43. – P. 207–225.
50. Winnick JJ, Davis JM, Welsh RS. Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function // *Med Sci Sports Exerc.* – 2015. – №37(2). – P. 306–315.
51. Nadel ER, Fortney SM, Wenger CB. Effect of hydration state of circulatory and thermal regulations // *J. Appl. Physiol.* – 1980. – №49. – P.715–721.
52. Robinson S, Turrell ES, Belding HS, Horvath SM. Rapid acclimatization to work in hot climates // *Am. J. Physiol.* – 1943. – №140. – P. 168–176.
53. Buchheit M, Voss SC, Nybo L, Mohr M, Racinais S. Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: Associations with heart rate and heart rate variability // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2011. – №21. – P. 477–485.

ЗАМЕТКИ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Быков Дмитрий Юрьевич, ведущий специалист информационно-аналитического отдела БГУФК

Спортсмены, занимающиеся зимними видами спорта, тренируются и соревнуются в крайне сложных условиях, обусловленных особенностями окружающей среды. К ним относится довольно низкая температура и неконтролируемая влажность, которая присуща открытым площадкам [1–3]. Так, Олимпийские игры в Пекине, состоявшиеся в феврале 2022 года, проходили в крайне суровых погодных условиях. Организаторы ожидали, что температура в Северном центре Синьхуа будет в диапазоне от -12 до -6 °C. Однако на тренировках биатлонистов 31 января 2022 года условия были близки к критичным. Эффективная температура может быть намного ниже из-за охлаждения ветром, особенно если его скорость высока. Так, -19 °C на термометре с учетом ветра вовсе ощущались на -29 °C. В таком случае еще более остро стоит вопрос о том, что же ограничивает спортивные результаты в экстремальных условиях. Однако он очень сложен из-за множества молекулярных, клеточных, тканевых и органных систем, взаимодействующих и участвующих в процессах, которые лежат в основе утомления. Тем не менее, различные исследовательские школы подчеркивают особую важность функциональных изменений, которые происходят в сердечно-сосудистой системе, мозге и скелетных мышцах, функционирующих во время изнурительной работы. При этом также важна роль, которую может играть температура в процессах утомления [4, 5]. Реакции этих систем и отдельных органов во время выполнения субмаксимальных и максимальных аэробных упражнений в условиях экстремального холода и экстремально высокой температуры различны, но им присущи и некоторые общие черты. Подобные условия вызывают существенные изменения внутренней температуры тела, приводящие к гипотермии и гипертермии соответственно, а также функциональные изменения во многих других физиологических системах.

К настоящему времени имеются убедительные доказательства того, что тяжелая гипер- и гипотермия ограничивают физиологические функции и физическую работоспособность в экстремальных условиях [1, 2, 6–8]. Это подтверждается в том числе и в исследовании, в котором представлены данные о работе изолированных скелетных мышечных волокон, демонстрирующие значительное снижение максимальной силы, когда температура мышц опускается ниже 33 °C или повышается выше 43 °C [9, 10]. Было также продемонстрировано, что охлаждение нижних конечностей вызывает заметное снижение пиковой выходной мощности во время максимальной работы в упражнениях продолжительностью 20 с, в то время как повышение температуры ног улучшает спринтерские характеристики [11]. В результате гипертермии всего тела результаты повторных 30-секундных тестов Вингейта также ухудшаются [12]. Актуальное для зимних видов спорта исследование, результаты которого опубликованы в 1996 году, убедительно демонстрирует, что низкие температуры и влажность, воздействующие на

организм и приводящие к переохлаждению (температура тела ≤ 35 °C), резко ухудшают физическую работоспособность [13].

В ряде исследований были продемонстрированы последствия снижения поступления кислорода, необходимого для обеспечения функционирования аэробного метаболизма у спортсменов во время напряженной работы в условиях умеренного холодового и теплового стресса [4, 14–17]. Доказательства указывают на то, что сердце, мозг и скелетные мышцы испытывают определенные ограничения кровотока и снабжения кислородом во время выполнения упражнений в зоне максимальной аэробной мощности. При этом его последствия более выражены в активных скелетных мышцах, чем в мозге и сердце, что связано с уменьшающимся функциональным резервом извлечения кислорода при значительном утомлении [4, 16]. При этом хотелось бы отметить, что аналогичные данные, касающиеся физиологической стороны вопроса в условиях, вызывающих гипотермию, в настоящее время в научной литературе отсутствуют.

Тем не менее уже имеющаяся информация однозначно свидетельствует о том, что как гипотермия, так и гипертермия ускоряют процессы утомления. В связи с этим важно уделять внимание предотвращению резких изменений внутренней температуры тела с целью оптимизации физической работоспособности в экстремальных условиях. Влияние термоодежды на физиологические функции и физическую работоспособность все еще является перспективной областью для дальнейших исследований и инноваций, что в очередной раз было подтверждено на Олимпийских играх 2022 года в Пекине.

Еще один крайне важный момент связан с респираторными осложнениями, о которых обычно сообщают спортсмены, занимающиеся зимними видами спорта [18]. Астма и состояния с ней связанные, вызванные физической нагрузкой в холодных условиях, широко распространены среди спортсменов, у которых значительное количество еженедельных тренировочных часов связано с большими объемами вдыхаемого холодного воздуха. При этом их лечение может быть крайне сложным [19]. Бронхоспазм, возникающий под воздействием физической нагрузки, характеризуется респираторными симптомами, включающими гиперреактивность дыхательных путей, сужение бронхиол, кашель, «свистящее» дыхание, секрецию слизи и одышку. Если не заниматься лечением, это может вызывать ограничения потока вдыхаемого воздуха и значительно увеличить нагрузку на дыхательные мышцы, что, в свою очередь, скажется на оценке воспринимаемой спортсменом нагрузки [20]. Таким образом совершенно не следует пренебрегать респираторным тестированием спортсменов, специализирующихся на зимних видах спорта. Несколько своевременных действий могут не только помочь вылечить астму, но и предотвратить ее.

Важно также помнить, что при необходимости лечения спортсменов и врач команды должны быть осведомлены об антидопинговых правилах, касающихся веществ, используемых для лечения астмы, так как некоторые противоастматические соединения требуют разрешения на терапевтическое использование.

Также хочется отметить, что все еще необходимо выяснить, являются ли определенные виды тренировок (например, интервальные тренировки высокой интенсивности) в определенных экстремальных условиях окружающей среды факторами риска развития респираторных заболеваний.

Источники

1. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes / M. F. Bergeron [et al.] // *British journal of sports medicine*. – 2012. – Т. 46. – № 11. – С. 770–779.
2. Castellani, J. W. Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance / J. W. Castellani, M. J. Tipton // *Compr. Physiol.* – 2015. – Т. 6. – № 1. – С. 443–469.
3. Holmberg, H. C. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2015. – Т. 25. – С. 100–109.
4. Trangmar, S. J. New insights into the impact of dehydration on blood flow and metabolism during exercise / S. J. Trangmar, J. González-Alonso // *Exercise and sport sciences reviews*. – 2017. – Т. 45. – № 3. – С. 146–153.
5. Trangmar, S. J. Heat, hydration and the human brain, heart and skeletal muscles / S. J. Trangmar, J. González-Alonso // *Sports Medicine*. – 2019. – Т. 49. – № 1. – С. 69–85.
6. Sawka, M. N. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. – 2011.
7. Effect of cold conditions on double poling sprint performance of well-trained male cross-country skiers / Ø. N. Wiggen [et al.] // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2013. – Т. 27. – № 12. – С. 3377–3383.
8. The effects of cold environments on double-poling performance and economy in male cross-country skiers wearing a standard racing suit / Ø. N. Wiggen [et al.] // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2016. – Т. 11. – № 6. – С. 776–782.
9. Ranatunga, K. W. Force and power generating mechanism (s) in active muscle as revealed from temperature perturbation studies // *The Journal of physiology*. – 2010. – Т. 588. – № 19. – С. 3657–3670.
10. Ranatunga, K. W. Thermal stress and Ca-independent contractile activation in mammalian skeletal muscle fibers at high temperatures // *Biophysical journal*. – 1994. – Т. 66. – № 5. – С. 1531–1541.
11. Sargeant, A. J. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans // *European journal of applied physiology and occupational physiology*. – 1987. – Т. 56. – № 6. – С. 693–698.
12. Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance / D. Drust [et al.] // *Acta Physiologica Scandinavica*. – 2005. – Т. 183. – № 2. – С. 181–190.
13. Thompson, R. L. Wet-cold exposure and hypothermia: thermal and metabolic responses to prolonged exercise in rain / R. L. Thompson, J. S Hayward // *Journal of Applied Physiology*. – 1996. – Т. 81. – № 3. – С. 1128–1137.
14. González-Alonso, J. Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans / J. González-Alonso, J. A. L. Calbet // *Circulation*. – 2003. – Т. 107. – № 6. – С. 824–830.
15. Brain and central haemodynamics and oxygenation during maximal exercise in humans / J. González-Alonso [et al.] // *The Journal of physiology*. – 2004. – Т. 557. – № 1. – С. 331–342.
16. Dehydration affects cerebral blood flow but not its metabolic rate for oxygen during maximal exercise in trained humans / S. J. Trangmar [et al.] // *The Journal of physiology*. – 2014. – Т. 592. – № 14. – С. 3143–3160.
17. Dehydration accelerates reductions in cerebral blood flow during prolonged exercise in the heat without compromising brain metabolism / S. J. Trangmar [et al.] // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. – 2015. – Т. 309. – № 9. – С. H1598–H1607.
18. Training-related and competition-related risk factors for respiratory tract and gastrointestinal infections in elite cross-country skiers / I. S. Svendsen [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Т. 50. – № 13. – С. 809–815.
19. Prevalence of asthma in young cross-country skiers in central Scandinavia: differences between Norway and Sweden / M. Sue-Chu [et al.] // *Respiratory medicine*. – 1996. – Т. 90. – № 2. – С. 99–105.
20. The impact of exercise-induced bronchoconstriction on athletic performance: a systematic review / O. J. Price [et al.] // *Sports Medicine*. – 2014. – Т. 44. – № 12. – С. 1749–1761.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНОВ В СПОРТИВНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Дарануца Кристина Сергеевна, ведущий специалист Центра координации научно-методической и инновационной деятельности

В настоящее время вопрос подготовки спортсменов в условиях высоких и низких температур, несмотря на многочисленные исследования, по-прежнему остается актуальным. Например, при проведении чемпионата мира по легкой атлетике в Дохе (Катар), где днем температура держалась в пределах 37 °С, а ночью до 33 °С. Высокая температура сопровождалась высокой влажностью до 70 %, что привело не только к ухудшению спортивных результатов, но и значительно сказывалось на здоровье спортсменов [1].

В спортивной деятельности микроклимат спортивных залов имеет огромное значение во время проведения тренировочных занятий и соревновательных мероприятий. Воздействие высоких и низких температур внешней среды при определенных обстоятельствах может вызывать нарушение теплообмена и привести к перегреву или переохлаждению организма, что вызывает адаптационную перестройку процесса терморегуляции – теплообразование или теплоотдача. Теплообразование в организме осуществляется химическим путем, а теплоотдача происходит физическим путем (проведением тепла и испарением). Оптимальными условиями внешней среды при выполнении физических нагрузок для человека являются температура воздуха 18–30 °С при относительной влажности 40–60 % [2]. Известно, что при выполнении физических упражнений организм человека реагирует на малейшие изменения окружающей среды, поэтому следует учитывать, что неправильное обеспечение вентиляции и отопления помещений могут повлиять не только на спортивную работоспособность, но и на здоровье занимающегося. Поэтому для обеспечения безопасного и эффективного выполнения физических нагрузок разработаны Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (СанПиН) и Строительные нормы и правила (СНиП) температурного режима, отопления и вентиляции, соблюдение которых обеспечивает оптимальные условия для проведения учебно-тренировочных занятий и соревнований.

В соответствии с СанПиН Республики Беларусь определены допустимые температуры воздуха в различных спортивных помещениях (таблица) [3].

Температурный режим в тренажерных и спортивных залах также зависит от вида физической нагрузки занимающегося и площади помещения. Например, в йоге человек выполняет движения, которые развивают гибкость. Температура помещения, для данных тренировок необходима такая, чтобы мышцы оставались в эластичном состоянии как можно дольше. Для таких тренировок необходимая температура помещения составляет 24–27 °С. Для проведения кардиотренировок оптимальной температурой является 20–22 °С. В этом случае исключается риск обезвоживания спортсмена, происходит расширение объема легких. Для видов спорта, в которых развивают скоростно-силовые и координационные физические качества, например, боевые единоборства, основные требования к залу для заня-

тий: температура воздуха 16–20 °С, достаточное освещение, хорошая вентиляция. При этом количество занимающихся должно соответствовать как педагогическим нормам, так и гигиеническим (до 30 человек) [4].

Таблица – Температура воздуха в помещениях спортивных сооружений

Наименование помещений	Температура воздуха, °С
Спортивный зал:	
1. Без мест для зрителей.	15
2. С количеством мест для зрителей менее 800 чел.:	
– холодный период;	18
– теплый период.	21
3. С количеством мест для зрителей более 800 чел.:	
– холодный период;	18
– теплый период	25
Крытый плавательный бассейн:	
– зал с бассейном;	28
– зал подготовительных занятий	18
Крытый каток:	
– без мест для зрителей;	14
– с местами для зрителей	18
Крытый тир	18
Легкоатлетический манеж	19–21
Зал борьбы	17–19
Физкультурно-оздоровительные учреждения	18
Вестибюль-грелка катков и лыжных баз	16
Раздевалки, душевые, санузлы	25

При нарушении СанПин могут возникать следующие риски:

1. Тренировка в условиях высокой температуры приводит к перегреванию организма. Появляется обильное потоотделение, сухость во рту, тошнота, что вызывает повышенную нагрузку на деятельность сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, ослабляет внимание, ухудшает координацию движений, возникает головная боль, головокружение, слабость, происходит искажение цветового восприятия. В данном случае эффективность тренировки снижается примерно на 50 % и может провоцировать развитие негативных последствий для здоровья: тепловой удар, обезвоживание [2].

2. Проведение занятий в условиях низких температур увеличивает риск гипотермии, что может привести к переохлаждению организма, вследствие чего происходит спазм сосудов, сокращение мышц, непроизвольное дрожание, замедление кровотока, повышение обмена веществ, подвижность мышц и суставов снижается. Тело спортсмена недостаточно разогрето для получения нагрузок, поэтому возникает большая вероятность травматизма [5].

3. Помимо физического воздействия низкие или высокие температуры могут также нанести моральный вред. В помещениях, где температура отклоняется от нормы, ухудшается психоэмоциональное состояние, снижается мотивация и как результат спортсмен выдает низкие показатели соревновательной деятельности [4].

Известно, что существует множество причин для возникновения травм в том или ином виде спорта. Ученые разделяют эти причины на группы и подгруппы, которые могут как непосредственно зависеть от спортсмена, так и не зависеть. Одной из причин, не зависящих от спортсмена, является проведение тренировок и соревнований в неблагоприятных санитарных условиях и микроклимате, которое приводит к 2–6 % всех спортивных травм [6].

Для обеспечения оптимального микроклимата для спортивного зала или здания является обеспечение системы кондиционирования и вентиляции (рисунок).

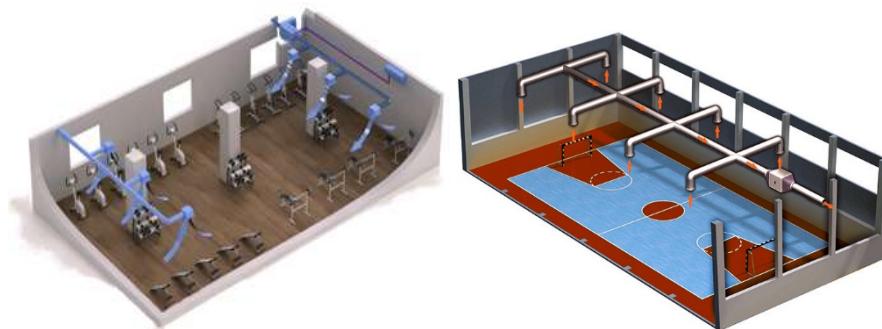


Рисунок – Обеспечение вентиляции спортивного и тренажерного зала

Вентиляция спортивного и тренажерного зала должна убирать воздух, насыщенный углекислым газом и парами, заменять его свежим воздухом с улицы, регулировать влажность воздуха и не допускать в тренажерном зале сквозняков. Норма воздухообмена составляет 6–8 полных смен воздуха в помещении за час (зависит от площади и количества посетителей в тренажерном зале). Современная вентиляция спортивного зала, помимо очистки приточного воздуха, также способствует его нагреву [7].

Любой спортивный зал должен удовлетворять гигиеническим требованиям: спортивный инвентарь надо систематически просушивать и дезинфицировать после каждого пользования, обеспечить влажность воздуха около 40 %, для дезинфекции зала используют кварцевание два-три раза в неделю по 8–10 минут. Кварцевое облучение способствует профилактике инфекционных заболеваний и используется в борьбе с острыми и хроническими заболеваниями верхних дыхательных путей, болезнями кожи и суставов. [8].

Таким образом, очевидно, что температурный режим в спортивных помещениях значительно влияет на результат спортивной деятельности спортсменов. Учитывая особенности вида спорта, необходимо соблюдать все нормы и требования в обеспечении благоприятных условий для тренировки, что в дальнейшем приведет к улучшению физических показателей и результатов на соревнованиях.

Источники

1. Чемпионат мира по легкой атлетике в Дохе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sportrg.ru/2019/09/29/v-katare-startoval-chempionat-mira-po-legkoj-atletike.html>. – Дата доступа: 15.10.2019.
2. Действие высоких температур на человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://34.rospotrebnadzor.ru/content/193/5764/>. – Дата доступа: 09.09.2011.

3. Санитарно-эпидемиологические требования к оказанию услуг детям в сфере физической культуры и спорта: санитарно-эпидемиологические правила и нормы: утвержденные постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.10.2011 № 1446. – Минск, 2011.
4. Температура воздуха в спортивных и тренажёрных залах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alvin-almazov.ru/boxing/kakoj-dolzha-byt-temperatura-vozduxa-v-sportivnom-ili-trenazhernom-zale/>. – Дата доступа: 27.03.2020.
5. Влияние высоких и низких температур на организм человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medpodgotovka.ru/blog/vliyanie_vysokich_i_nizkich_temperatur. – Дата доступа: 13.05.2021.
6. Миронова, З. С. Спортивная травматология / З. С. Миронов, Е. М. Мороз. – М.: ФиС, 1976. – 152 с.
7. Вентиляция спортивных залов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nevaclimat.com/ventilyaciya-v-trenazhernom-zale--ventilyaciya-sportivnogo-zala>. – Дата доступа: 07.11.2020.
8. Контроль гигиены спортивных залов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mipt.ru/education/chair/sport/sections/boxing/papers/romanenko/glava10.php>. – Дата доступа: 26.01.2021.

ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ В ХОЛОДНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ: ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ И ОБМОРОЖЕНИЯ

Jessie Fudge, MD, Sports and Exercise Medicine Department, Group Health Cooperative, Everett, Washington

Джесси Фудж, доктор медицины, Департамент медицины спорта и физической культуры, группа здоровья Эверетта, Эверетт, шт. Вашингтон

Fudge, J. Exercise in the Cold: Preventing and Managing Hypothermia and Frostbite Injury / J. Fudge // Sports Health. – 2016. – №8 (2). – P. 133–139.

Резюме

Тема исследования: переохлаждение и обморожение, возникающие при проведении спортивных мероприятий в холодное время года.

Поиск информации: электронно-поисковая система PubMed применялась для поиска оригинальных научных и обзорных статей, связанных с низкой температурой окружающей среды, обморожением и переохлаждением. Выбор статей основывался на их значении для профилактики и лечения холодовых травм в спорте и при проведении оздоровительных мероприятий на открытом воздухе. Рассматривались статьи, опубликованные после 2010 года.

Метод исследования: литературный обзор.

Уровень доказательности: 5-й уровень.

Результаты. Обморожение и переохлаждение – это хорошо изученные темы с разработанными стратегиями профилактики и рекомендациями по доврачебному лечению, которые мало изменились со временем. Лучший способ предотвратить холодовые травмы – это своевременно реагировать на изменения погоды и использовать многослойность одежды. Каждый спортсмен, участвующий в спортивных мероприятиях в холодную погоду, по-разному реагирует на холод в зависимости от антропометрических показателей и основных медицинских факторов риска. Принимая во внимание ветро-холодовой индекс температуры, уровень влажности и прогноз погоды, спортсмены и координаторы соревнований имеют возможность адекватно реагировать на меняющиеся погодные условия. При первых признаках холодовой травмы необходимо обеспечить пострадавших теплой, сухой одеждой и направить в закрытое помещение.

Заключение. Холодовые травмы можно предотвратить, а спортивные мероприятия в холодное время года безопасны при правильном обучении, подготовке и своевременном реагировании на меняющиеся погодные условия или полученные травмы.

Ключевые слова: обморожение; переохлаждение; спортивные мероприятия; медицинская помощь; профилактика травм.

Спортсмены, участвующие в мероприятиях или соревнованиях в холодных погодных условиях, включая лыжные гонки, горнолыжный спуск, бег в холодную погоду, триатлон, гонки на собачьих упряжках и высокогорный альпинизм,

подвержены риску обморожения и переохлаждения [8, 9, 11, 25]. Например, частота случаев обморожения и переохлаждения в лыжных гонках может достигать 20 % [25]. Во время гонок на собачьих упряжках Iditarod-2010 обморожение было наиболее распространенной травмой (у 31 % респондентов опроса), а также является наиболее распространенной холодовой травмой, наблюдаемой в Вооруженных силах США [8]. Случаи обморожений у альпинистов составили 366 случаев на 1000 человек в год, менее серьезные повреждения были наиболее распространенными. По мнению альпинистов, самыми распространенными причинами обморожений были неподходящая одежда, неправильное оборудование и отсутствие знаний о том, как противостоять воздействию холода [11]. Исследование с участием альпинистов подчеркивает необходимость продолжения обучения спортсменов правильному поведению в условиях низких температур.

Обморожение и переохлаждение – это холодовые травмы, которые хорошо изучены и имеют разработанные стратегии профилактики и рекомендации по доклиническому лечению. Физическая активность в холодную погоду может быть безопасной при достаточных знаниях, соответствующей подготовке и правильной реакции на меняющиеся погодные условия.

Обморожение

Обморожение – это непосредственная холодовая травма периферических тканей, которая возникает при снижении температуры кожи до $-0,5^{\circ}\text{C}$ [13]. Чаще всего это происходит при воздействии холода на открытые части тела с меньшим кровотоком вследствие анатомического строения сосудов или сужения периферических кровеносных сосудов [3, 18]. Наиболее распространенные области включают нос, уши, пальцы рук и ног, которые находятся дальше от температурного ядра тела и в большей степени подвержены сужению сосудов. Контактное обморожение возможно при воздействии на кожу вещества с температурой ниже температуры замерзания кожи (металл, бензин, пакеты со льдом или спирт) [7, 18]. Бензин и другие нефтепродукты представляют особый риск, поскольку имеют чрезвычайно низкие точки замерзания (до -50°C), а быстрое испарение потенциально увеличивает риск обморожения тканей. Спортсмены испытывают чувство охлаждения при температуре кожи 28°C , боль – при температуре около 20°C и онемение, когда температура кожи опускается ниже 10°C [3].

В научной литературе представлено большое количество схем классификации обморожений. Большинство из них следуют классификации ожоговых травм и основаны на первоначальном представлении и последующей визуализации после согревания. Этой классификацией сложно пользоваться на спортивных площадках или в естественных природных условиях; поэтому **более простая двухуровневая схема классификации обморожений** была представлена в форме практического клинического руководства медицинской организацией Wilderness Medical Society (WMS), занимающейся вопросами оказания помощи в местах, удаленных от цивилизации – в горах, в лесу, в пустыне и пр. [17]. Тяжесть обморожения пропорциональна температуре окружающей среды, продолжительности воздействия, объему и глубине поврежденной ткани. Важно распознать изменения кожи, предшествующие истинному обморожению.

Поверхностное обморожение представляет собой неглубокое незамерзающее повреждение открытого участка кожи. Спортсмены могут чувствовать онемение кожи, а кожа может быть бледной или покрасневшей (эритематозной). На поверхности кожи могут образовываться кристаллы льда. Необходимо отметить, что эти симптомы быстро купируются, если укрыть поврежденное место или внести коррективы в поведение, что поможет избежать более сильного повреждения [17]. Соответствующая поведенческая реакция на обморожение и понимание факторов, приводящих к холодовым травмам кожи, помогут предотвратить более значительные повреждения.

Поверхностное обморожение соответствует травме первой или второй степени с ожидаемой минимальной потерей тканей. **При обморожениях первой степени** у пациентов наблюдается онемение, эритема, белый или желтый налет и отсутствие видимой потери тканей. **Обморожение второй степени** приводит к поверхностным прозрачным или молочного цвета волдырям в окружении эритемы и отека [17]. **Глубокое обморожение** соответствует травме третьей или четвертой степени с ожидаемой потерей тканей. **При обморожениях третьей степени** у пациентов развиваются геморрагические волдыри, что свидетельствует о более глубоком повреждении тканей. Первоначально эта травма может показаться похожей на обморожение второй степени, но геморрагические волдыри появляются в течение 24 часов. **При обморожениях четвертой** степени происходит некроз мышц и костей [17].

Точный механизм обморожения еще не полностью изучен. Повреждение клеток и ишемия являются результатом прямых и косвенных воздействий низких температур. Первоначально, когда кожа остывает, происходит сужение сосудов и ишемия тканей, что вызывает боль, онемение и отек. При этом кристаллы льда могут образовываться во внутри- или внеклеточных пространствах, вызывая изменения в структуре клеток. Это приводит к нарушению водно-электролитного обмена, следствием которого является клеточное обезвоживание. Лизис и гибель клеточной мембраны могут возникать по мере того, как клеточная вода расширяется и сжимается в цикле замораживания-оттаивания. По мере согревания тканей внеклеточные кристаллы льда плавятся и усиливают отек и воспаление тканей. Происходит чередование вазодилатации (расширения) и сужения сосудов, приводящее к повышению проницаемости сосудов или повышению свертываемости крови. За этим следуют прогрессирующая ишемия и инфаркт тканей в результате воспаления, сужения сосудов и нарушения микроциркуляции вследствие образования тромба. Исследования показывают, что этот каскад событий усугубляется, если повторное обморожение следует за оттаиванием (согреванием) тканей [17, 18].

Гипотермия (переохлаждение)

Гипотермия – это температура тела ниже 35 °C (95 °F), возникающая, когда общая теплоотдача тела превышает физиологическую продукцию тепла [1–3, 18]. Гипотермия характеризуется как легкая, умеренная или тяжелая в зависимости от температуры тела и симптомов. **При легкой степени гипотермии** внутренняя температура тела находится в пределах 32–35 °C (89,6–95 °F) и сопровождается

такими симптомами как повышенная дрожь, социальная абстиненция и другими изменениями в поведении [3, 18]. Если воздействие холода продолжается, а внутренняя температура тела спортсмена снижается до показателей 28–32 °C (82,4–89,6 °F), развивается **средняя степень гипотермии** [3, 18]. При этой температуре зрачки расширяются и возможно развитие сердечной аритмии. Спортсмены перестают дрожать, усиливается спутанность мыслей и в конечном счете теряют сознание. **При тяжелой степени переохлаждения**, с внутренней температурой тела ниже 28 °C (86 °F), наиболее вероятными симптомами являются тяжелая брадикардия и фибрилляция желудочков наряду с потерей глубоких сухожильных рефлексов и произвольных движений [3]. **Риск остановки сердца** возрастает по мере снижения внутренней температуры тела ниже 32 °C, с еще большей вероятностью – при температуре ниже 28 °C [2]. Несмотря на ухудшение симптомов при более низких внутренних температурах, самая низкая выживаемость при случайном переохлаждении зарегистрирована при температуре тела 13,7 °C [3]. Симптомы переохлаждения варьируются от человека к человеку, и ранняя постановка диагноза имеет важное значение для прогноза выживания и возможности восстановления [3]. **Важно полностью отогреть гипотермических пациентов, прежде чем объявлять о смертельном исходе.** При отсутствии термометра, но при наличии определенных условий медицинские работники должны поставить предварительный диагноз «переохлаждение» и проводить лечебные мероприятия с учетом имеющихся симптомов. До начала процесса согревания желательно транспортировать пострадавшего в лечебное учреждение, если местная среда небезопасна для дальнейшего пребывания или возможности для успешного согревания на месте отсутствуют.

Реакция тела на холод

Первой реакцией организма на воздействие холода является **сужение периферических сосудов для сохранения внутренней температуры тела**. При более централизованной локализации крови тепловые потери в окружающую среду уменьшаются. Это эффективно в отношении коротких периодов времени, поскольку внешняя поверхность тела действует как изоляция для внутренней температуры тела [3, 18]. Сужение периферических сосудов возникает при показателях средней поверхностной температуры кожи ниже 34–35 °C [3, 23]. Поскольку воздействие холода продолжается при этих или более низких температурах, то у спортсмена не только снижается работоспособность, но и повышается риск возникновения холодовой травмы и повреждения опорно-двигательного аппарата, так как нарушается координация движений. По мере дальнейшего снижения внутренней температуры реакция сосудов (дилатация) снижается, а риск обморожения возрастает [3].

Увеличение выработки метаболического тепла также помогает поддерживать температуру тела за счет непроизвольной дрожи, повышенной физической активности и других изменений в поведении. **Дрожь** – это непроизвольный ответ на низкие температуры, который выражается в мышечных сокращениях, начинающихся в области туловища (кора) и распространяющихся на конечности.

Интенсивность дрожи зависит от уровня воздействия холода и антропометрических характеристик. Пиковая реакция в виде дрожи возникает при температуре кожи от 17 до 20 °С и внутренней температуре тела от 32 до 35 °С [6]. При значительном снижении внутренней температуры способность организма поддерживать реакцию дрожания снижается, а внутренняя температура тела падает еще больше. Максимальная реакция дрожания зависит от индивидуума и коррелирует с более низким индексом массы тела, предполагая, что увеличение жира в организме снижает интенсивность дрожания [6]. Дрожание может повысить скорость метаболизма в 5–6 раз, поэтому для поддержания такой реакции требуются достаточные запасы глюкозы и гликогена [3, 6].

Факторы риска получения холодовой травмы

Повышенный риск холодовой травмы обусловлен сочетанием погодных условий, подготовленности и базового состояния здоровья спортсмена. Баланс между тепловыделением и теплопотерями необходим для поддержания нормальной внутренней температуры тела и защиты конечностей от обморожения. Потери тепла могут происходить в результате испарения, конвекции и проводимости. Изменение температурного баланса из-за выбора неподходящей одежды, нарушение терморегуляции вследствие базового состояния здоровья, погружение в холодную воду и ранее перенесенные холодовые травмы повышают риск переохлаждения и обморожения.

Погодное **сочетание низкой температуры окружающей среды, повышенной влажности воздуха и ветра** является фактором, способствующим получению холодовой травмы спортсменом. Поэтому только температурные показатели не позволяют определить риск получения холодовой травмы. Это показано в **ветро-холодовом индексе** температуры, который отражает скорость конвективных теплопотерь (рисунок 1) [22]. Конвекция приводит к потере тепла в результате прямой передачи тепла от тела к движущимся потокам, таким как ветер или вода [18].

|| Справочно. Ветро-холодовой индекс – способ измерения жесткости погоды, т. е. субъективного ощущения человека при одновременном воздействии на него мороза и ветра.

Ветро-холодовой индекс оценивает температуру, ощущаемую среднестатистически на лице человека, которая соответствует скорости теплопотерь в условиях спокойного ветра [24]. При скорости ветра 20 миль/ч обморожение может произойти после 30 минут воздействия при температуре окружающей среды 0 °F (–17,8 °С), через 10 минут – при температурах ниже –15 °F (–26,1 °С) и через 5 минут – при температурах ниже –35 °F (–37,2 °С) [22]. Время до обморожения сокращается по мере увеличения скорости ветра. Риск обморожения составляет менее 5 % при температуре окружающей среды выше –15 °С (5 °F) [3].

Современные модели терморегуляции всего тела предполагают, что обычно используемый ветро-холодовой индекс температуры воздуха может предсказывать более высокие температуры кожи лица, чем на самом деле наблюдаются при этой температуре, предполагая, что обморожение может происходить при более высоких температурах, чем прогнозировалось. Ветер действительно

снижает эффективность теплоизоляции одежды при отсутствии паронепроницаемого барьера [3].



Рисунок – Ветро-холодовой индекс температуры с соответствующим ожидаемым временем наступления обморожения

Погружение в воду и внешнее воздействие (дождь) приводит к большей конвективной теплопередаче, чем воздух. Поэтому пловцы и спортсмены, находящиеся под воздействием дождя, подвергаются риску больших **теплопотерь** при более высоких температурах, чем спортсмены, выступающие в сухую погоду [3]. В консенсусном заявлении Американского колледжа спортивной медицины о профилактике травм в холодную погоду определено, что температура окружающей среды, используемая при оценке эквивалентных ветро-холодовых температур для оценки риска обморожения, должна быть на 10 °C ниже фактической температуры окружающей среды, когда кожа влажная и подвержена воздействию ветра [3]. Более низкие температуры воды увеличивают теплопотери тела в окружающую среду как через конвекцию, так и теплопроводность. **Теплопроводность** – это прямая передача тепла тела твердому объекту, такому как земля или одежда [18]. Теплопотеря пропорциональна площади влажной поверхности тел или погруженной в воду. Каждый спортсмен индивидуален в своей способности переносить различные температуры воды и поддерживать адекватные внутренние температуры тела.

Испарение воды непосредственно из организма увеличивает скорость теплопотерь из-за потери энергии, необходимой для преобразования воды в пар [18]. При температуре воздуха 5°C влажная одежда может удвоить потери тепла по сравнению с сухими условиями, подчеркивая важность выбора соответствующей одежды [3]. Физические упражнения в холодной воде и во время дождя увеличивают снижение внутренней температуры тела по сравнению с отсутствием физи-

ческой нагрузки в этих же условиях [3]. Это частично связано с потерей изолирующего эффекта мышц и увеличением кровотока из области туловища в периферические мышцы конечностей, а частично – с увеличением конвективных потерь потока жидкости на поверхности кожи.

Влажные, ветреные условия также повышают риск обморожения. Влажная кожа остывает быстрее, охлаждается до более низкой температуры и замерзает при более высоких пороговых температурах, чем сухая кожа [3, 13, 20]. Температура кожи предплечья, погруженного в холодную воду, была обратно пропорциональна окружности предплечья индивидуума, что позволяет предположить, что большая толщина жировой прослойки или мышечной ткани могут выполнять защитную роль [5].

Для каждого спортсмена характерна разная степень риска получения холодовой травмы в одних и тех же погодных условиях. Более высокий процент жира в организме обеспечивает более высокую степень защиты. Спортсмены с более высоким процентом жира в организме, увеличенной толщиной подкожного жира и с более высокой мышечной массой поддерживают внутреннюю температуру тела лучше, чем индивидуумы с меньшей мышечной массой и жира [3]. Документально подтверждается повышенный риск холодовой травмы у женщин по сравнению с мужчинами [4]. Вероятно, это связано с различиями в антропометрических данных, включая большую площадь поверхности тела и меньшую общую массу тела у женщин по сравнению с мужчинами [3]. Также достоверно подтвержден повышенный риск холодовой травмы в возрастной группе менее 20 лет, что может быть связано с отсутствием предшествующего опыта работы в холодную погоду [4]. На основании результатов других исследований установлено, что возраст >60 лет является фактором риска получения холодовой травмы из-за снижения способности организма к сужению сосудов (вазоконстрикции) и сохранению тепла, а также снижения уровня физической подготовленности [3]. Дети младшего возраста также могут подвергаться риску переохлаждения, особенно при плавании в холодной воде, как следствие более тонкого слоя подкожного жира [3]. Физическая подготовленность и уровень тренированности сами по себе не оказывают влияния на риск получения холодовой травмы. Реакция на воздействие холода, вероятно, обусловлена антропометрическими различиями. Кроме того, физически здоровый человек способен поддерживать более высокую скорость метаболизма в течение длительных периодов времени, сохранять нормальную внутреннюю температуру тела [3].

Некоторые патологические состояния организма, которые препятствуют общему теплообразованию тела или терморегуляции, также предрасполагают к холодовой травме. Например, гипогликемия, различные эндокринные нарушения и низкое потребление калорий снижают реакцию дрожания и выработку тепла [3, 7]. Увеличение общей теплопотери тела может происходить при хронических заболеваниях кожи, гипергидрозе, термических и солнечных ожогах. Нервная и сердечно-сосудистая системы имеют решающее значение в терморегуляции, а способы лечения, модифицирующие эти системы, сокращая время реакции пациента (бензодиазепины) или увеличивая сокращение сосудов (бета-блокаторы) могут повысить риск получения холодовой травмы [7]. Было показано, что синдром

Рейно нарушает механизмы терморегуляции, что приводит к снижению кровотока до показателей, характерных для воздействия холода и длительного разогрева, что повышает риск обморожения [10].

Справочно. Синдром Рейно – спазм сосудов кистей в ответ на воздействие холода или эмоционального напряжения, вызывающий обратимый дискомфорт и изменение цвета кожи (бледность, цианоз, эритема или их комбинация) в одном или более пальцах, иногда страдают и другие дистальные органы (например, нос, язык). В целом встречаемость составляет от 3 до 5%; заболевание поражает чаще женщин, чем мужчин, и молодые люди страдают от заболевания чаще, чем пожилые. Синдром Рейно, вероятно, обусловлен повышенной альфа-2-адренергической активностью, которая провоцирует вазоспазм; механизм не установлен.

Ранее полученное обморожение может быть фактором риска получения очередной травмы. Достоверно установлено, что лица, имевшие опыт холодовой травмы, получали повторную травму в 1,68 раза чаще по сравнению с не имевшими ранее подобных травм [26]. Однако недавние исследования альпинистов, имевших и не имевших ранее опыта обморожений, показывают отсутствие различий в температуре кожи пальцев рук или ног у лиц с предшествующими обморожениями и в контрольной группе во время погружения в холодную воду [21]. Также не было различий в температуре кожи между ранее поврежденными и неповрежденными пальцами ног одного и того же индивидуума [21]. Это говорит о том, что предшествующая холодовая травма может не влиять на функцию сосудов и не увеличивать риск повторного обморожения, как считалось ранее. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить причину наблюдаемого повышенного риска, связанного с предшествующими холодовыми травмами.

Профилактика холодовых травм

Понимание патофизиологии и факторов риска обморожения и переохлаждения имеет решающее значение при обсуждении стратегий профилактики холодовых травм. Повреждение возникает, когда теплопотеря ткани превышает способность местной перфузии предотвращать замораживание мягких тканей и падение внутренней температуры тела. Понимание погодных условий, температуры воздуха, ветро-холодового индекса, температуры воды и запланированной физической нагрузки поможет определить риск получения холодовой травмы участником и безопасность участия в спортивном мероприятии. Важным условием является реагирование и оповещение других участников соревнований об изменениях погодных условий [3]. Координаторы спортивных мероприятий могут реагировать на изменение погодных условий, корректируя время начала соревнований и отменяя соревнование при определенных температурных показателях.

Лига средней школы штата Миннесота разработала руководство по проведению соревнований по лыжным гонкам, которые включают отмену соревнований или внесение изменений в программу тренировки при температуре ниже -20°C (-4°F), а также отмену практических или тренировочных мероприятий при температуре окружающей среды -23°C (-10°F) или при показателях ветро-холодового индекса -40°C (-40°F) [19].

Международная федерация лыжного спорта установила температуру -20°C (-4°F) в качестве показателя для отмены старта и позволяет судьям гонок отменять старты при более высокой температуре при сильном ветре или сильном снегопаде [12]. В 2013 году федерация триатлона США обновила свои рекомендации для спортсменов и руководителей соревнований, касающиеся температуры воды на соревнованиях по плаванию. Например, в соревнованиях по плаванию на дистанциях свыше 1500 метров рекомендовано сокращать дистанцию заплыва при температурах воды от 53 до 56°F ($11,7$ – $13,3^{\circ}\text{C}$) и отменять соревнования при температурах воды менее 53°F ($11,7^{\circ}\text{C}$) [27]. С целью снижения риска обморожений и переохлаждения у спортсменов координаторы и медицинские представители соревнований должны руководствоваться рекомендациями, касающимися температуры окружающей среды и ветро-холодового индекса для плавания в холодную погоду и проведения спортивных мероприятий.

Подготовка к воздействию окружающей среды – это самое главное, что спортсмен и команда могут сделать для профилактики обморожения и переохлаждения. В исследовании, проведенном на основе опроса альпинистов, были установлены три основные причины обморожений: несоответствующая одежда, отсутствие или неправильное использование оборудования, а также отсутствие достаточных знаний о подготовке к поведению в холодной среде [11].

Правильная многослойность одежды и быстрая реакция на изменения погодных условий способствуют поддержанию адекватной внутренней температуры тела и снижению теплопотери в холодную погоду. Каждому конкретному человеку требуются различные слои одежды в зависимости от особенностей его теплообразования и погодных условий. У спортсменов следует формировать индивидуальный подход к подбору многослойной одежды, опираясь на прошлый опыт поведения и тренировок в холодной среде [3]. Не менее важным для поддержания тепла тела является ограничение потения, которое повышает влажность и риск получения холодовой травмы. Самый внутренний слой, находящийся в непосредственном контакте с кожей, должен отводить влагу от тела, чтобы поддерживать изолирующий воздушный слой с кожей и переносить воду во внешние слои одежды [3, 7, 18]. Исключением является шерсть, сохраняющая тепло даже во влажном состоянии. Хорошие базовые слои могут включать материалы из полипропилена, полиэфира и синтетической шерсти. Следует избегать хлопковых слоев, удерживающих влагу. Средний и наружный слои предназначены главным образом для изоляции и должны быть изготовлены из такого материала, как флис или шерсть. Количество слоев определяется температурой и уровнем нагрузки. По мере увеличения интенсивности упражнений уменьшается количество изолирующих слоев одежды, необходимых для поддержания тепла тела при данной температуре. Наружный слой одежды должен обеспечивать испарение влаги, вентиляцию и защиту от ветра и дождя [3, 7, 18]. Варежки защищают руки от обморожения лучше, чем перчатки [11].

Часто рекомендуется не выполнять физические упражнения в водонепроницаемой одежде, если только не влажно или ветрено. Такую одежду лучше использовать только при резких изменениях погодных условий или в периоды от-

дыха. При выполнении физических упражнений рекомендуется использовать паропроницаемую одежду, чтобы предотвратить перегрев и увлажнение внутренних слоев одежды [3, 7]. Риск переохлаждения и обморожения увеличивается во влажных условиях, что делает наличие сухой одежды важным условием предупреждения холодовых травм. Спортсменам важно понимать, что большинство водонепроницаемой одежды рекламируется как дышащая, но уровень потовыделения при физических упражнениях значительно превышает воздухопроницаемость многих водонепроницаемых или водостойких материалов. Эти внешние слои могут стать барьером для испарения влаги с поверхности тел спортсменов [7].

Обморожение возникает, когда теплотери тела слишком велики для сохранения местного кровотока в тканях. **Минимизация сокращения кровотока** помогает поддерживать периферический кровоток и температурные показатели. Это требует наличия соответствующей одежды, обуви и варежек, а также принятия во внимание воздействие погодных условий и лекарственных препаратов, ограничивающих кровоток [7]. Слишком тесная одежда или обувь ограничивают периферический кровоток и увеличивают риск получения обморожения [3]. Если требуется более одной пары носков, спортсмен должен использовать обувь на 1 размер больше, иначе дополнительная пара носков хотя и способствует лучшей температурной изоляции, но фактически ограничивает кровоток и уменьшает перфузию стопы.

Химические средства для разогрева рук и ног могут использоваться для поддержания периферического тепла, но не должны нарушать кровообращение. Использование смягчающих средств, защищающих кожу, повышает риск обморожения и не должно иметь место [14, 15]. У лиц, применявших смягчающие средства для кожи лица, частота обморожений в области их применения была в два раза больше [14]. Это связано с субъективно воспринимаемой температурой кожи, ложным чувством защиты и пренебрежением другими защитными мерами [13, 14]. Защитная одежда, поддерживающая температуру туловища и больших зон теплоотдачи (например, головы, шеи, подмышек), также предотвращает сужение периферических сосудов дистальной конечности, сохраняя руки и ноги теплыми.

Отказ от алкоголя, кофеина и лекарств, повышающих сужение сосудов, а также адекватный учет основных медицинских факторов риска характерных для каждого спортсмена, важны с целью снижения риска получения холодовой травмы.

Потребление калорий также важно для предотвращения холодовых травм. Дрожь, тяжелая одежда, снаряжение и большая нагрузка, связанная с передвижением по снегу, могут увеличить расход энергии от 10 до 40 % в холодной среде, если внутренняя температура тела не поддерживается выше показателей в покое [3]. Если ожидается увеличение расхода энергии выше базового уровня, большее количество калорий можно получить частыми перекусами в течение дня. В данной ситуации рекомендуются продукты богатые углеводами [3]. Под-

держание достаточного уровня гидратации важно для обеспечения хорошей работоспособности, однако легкое или умеренное обезвоживание само по себе не повышает риск холодовой травмы [3].

Физические упражнения повышают температуру тела. Адекватная физическая подготовка к соревнованию в холодную погоду имеет решающее значение, обеспечивая его успешное завершение в теплой, сухой и безопасной среде. Острая сосудистая недостаточность в результате тяжелой физической нагрузки при низкой температуре окружающей среды может значительно повысить риск переохлаждения и обморожения. Физические упражнения – эффективная стратегия профилактики обморожения в сухих условиях в безветренную погоду, однако во влажных и/или ветреных условиях повышенная выработка метаболического тепла при выполнении физических упражнений недостаточна для повышения температуры открытых или закрытых частей тела [3].

Все спортсмены могут адекватно реагировать на изменение температуры окружающей среды, используя при этом многослойную одежду и поддерживая адекватный уровень питания и гидратации. Раннее распознавание признаков и симптомов обморожения или переохлаждения может предотвратить ухудшение состояния за счет внесения изменений в одежду, поведение или за счет увеличения потребления калорий. Частый контроль холодной среды, дружеская поддержка и взаимный контроль членов команды важны для распознавания ранних изменений кожи и/или в поведении спортсмена. Чем раньше выявляется травма, тем эффективнее лечение.

Лечение

Спортсмены с подозрением на обморожение должны снять мокрую одежду, защитить место обморожения сухой и теплой одеждой, переместиться в теплое и сухое помещение. Следует избегать переносить тяжелый вес, чтобы предотвратить возникновение травм опорно-двигательного аппарата различной степени тяжести [17, 18]. Растирать обмороженную часть тела для разогрева пораженной области категорически запрещено. Исследования показывают, что разогрев-замораживание приводят к более тяжелой травме. Поврежденную ткань не следует согревать до тех пор, пока спортсмен не окажется в среде с минимальным риском нового обморожения. Первоначальное согревание может быть сделано с использованием собственного тепла тела спортсмена [17, 18]. В идеале обморожение следует лечить в лечебном учреждении, где можно быстро провести разогрев, дальнейшую оценку тяжести травмы и начать лечение. Быстрое согревание должно производиться в ванне с теплой водой при температуре от 37 до 39 °C (98,6–102,2 °F) [16, 17]. Допускается самопроизвольное оттаивание кожных тканей, если быстрое согревание невозможно. Избегайте использования открытого огня или плит для разогрева поврежденных зон, чтобы предотвратить ожоговые травмы [17]. Согревание поврежденной ткани следует продолжать до тех пор, пока кожа не примет красный или багровый цвет и не станет мягкой на ощупь [17]. Согревание может быть болезненным и возможно потребуются применение лекарственных средств. Волдыри нельзя вскрывать, можно покрыть су-

хими неплотными повязками. Следует избегать тугих круговых повязок, учитывая возможный отек поврежденной ткани [17]. Пострадавшего необходимо как можно быстрее доставить для квалифицированной медицинской помощи в лечебное учреждение. Лечение переохлаждения также включает перемещение спортсмена в теплую и сухую среду как можно быстрее и аккуратней. Влажную одежду следует заменить на сухую или укрыть одеялами, чтобы обеспечить возможность пассивного внешнего согревания, а что касается дрожи в теле, то никакие меры для ее прекращения не предпринимаются. Пассивное согревание – это метод лечения спортсменов со сниженными показателями насосной функции сердца (перфузионный сердечный ритм) и легкой степенью переохлаждения (32–35 °C) [1, 18]. При умеренной степени переохлаждения с температурой от 28 до 32 °C и перфузионным сердечным ритмом активное внешнее согревание может начинаться с использования грелок, теплых одеял, теплого воздуха, пропускаемого через согревающее одеяло. [1, 18]. Ряд спасателей обеспокоены таким явлением «afterdrop» – особое функциональное состояние организма, при котором отмечается дальнейшее снижение внутренней температуры тела пациента на начальных стадиях внешнего согревания в результате возврата холодной периферической крови в кровеносное русло вследствие расширения периферических сосудов (вазодилатации). Это явление было зафиксировано при проведении экспериментов по искусственному охлаждению и может объяснить разницу между ректальной и истинной внутренней температурой тела [2]. Исследования с проведением активного согревания во время непрерывных измерений температуры пищевода показывают, что активное внешнее согревание следует считать безопасным и эффективным без документально подтвержденной реакции «afterdrop» [1, 2]. Лечение не следует откладывать в связи с продолжающимся процессом снижения внутренней температуры тела. В тяжелых случаях переохлаждения с температурой <28 °C требуется активное внутреннее согревание в медицинском учреждении, располагающем лучшими техническими возможностями [1, 18]. Все спортсмены с умеренной и тяжелой степенью переохлаждения должны перемещаться с осторожностью, так как движение может вызвать фибрилляцию желудочков [1, 18].

В случае остановки сердца проводится сердечно-легочная реанимация (СЛР), которую начинают немедленно независимо от температуры, в дополнение к внутреннему согреванию. Пульс и дыхание при гипотермии замедляются, поэтому может потребоваться более продолжительный контроль пульса и дыхания для подтверждения нормальных показателей насосной функции сердца. Не следует откладывать проведение сердечно-легочной реанимации на спортивной площадке [1, 2]. Необходимо предпринять попытку дефибрилляции, а внутривенные инъекции лекарственных средств должны проводиться с большими интервалами, чем при проведении обычной сердечно-легочной реанимации [1]. Если первая попытка дефибрилляции оказалась неэффективной, дальнейшие попытки дефибрилляции следует отложить до тех пор, пока температура тела не повысится до 30–32 °C [1]. Активные методы согревания могут быть невыполнимы в полевых условиях поэтому транспортировка в лечебное учреждение для оказания более квалифицированной помощи имеет критическое значение. Лица, отвечающие за безопасность спортивного мероприятия и оказание первой медицинской помощи,

должны позаботиться о том, чтобы избежать телесных повреждений в данных условиях. Гипотермия может оказывать защитное действие на мозг и другие органы поэтому транспортировка в медицинское учреждение с более квалифицированной медицинской помощью является верным решением, если это безопасно для пострадавшего спортсмена.

Заключение

Обморожения и переохлаждение характерны для зимних видов спорта. Однако существуют определенные условия, позволяющие избежать холодовой травмы, и спортсмены должны иметь возможность безопасно участвовать в спортивных мероприятиях в холодное время года. Комплексная профилактика является наиболее действенным способом защиты организма от холодовых повреждений, при этом первая помощь при обморожении и переохлаждении особенно эффективна при раннем обнаружении. Информация о ветро-холодовом индексе температуры окружающей среды, влажности и прогнозе погоды позволяет спортсменам и координаторам мероприятий должным образом реагировать на меняющиеся погодные условия. Многослойная одежда – лучший способ адекватно реагировать на погодные изменения и предупреждать холодовые травмы. При первых признаках обморожения необходимо обеспечить теплую, сухую одежду и переместиться в защищенную среду. Правильно подобранная одежда и необходимые знания способны предотвратить обморожение и переохлаждение.

Статья содержит 27 источников литературы, с которыми можно ознакомиться по адресу: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1941738116630542>.

Перевод с английского **Л.И.Кипчакбаевой**
Научная редакция **М.Е.Агафоновой**