Температура оказывает существенное влияние на протекание жизненных процессов в организме и на его физиологическую активность. Физико-химической основой этого влияния является изменение скорости протекания химических реакций, благодаря которым происходит энтропическое превращение всех видов энергии в тепловую.

Зависимость скорости химических реакций количественно выражается законом Вант-Гоффа – Аррениуса, согласно которому при изменении температуры окружающей среды на 10°с происходит, соответственно, повышение или понижение скорости химических процессов в 2–3 раза. Разница в 10°с стала стандартным диапазоном, по которому определяют температурную чувствительность биологических систем.

В соответствии с одним из следствий второго закона термодинамики, теплота как конечное превращение энергии способна переходить только из области более высокой температуры в область более низкой. Поэтому поток тепловой энергии от живого организма в окружающую среду не прекращается до тех пор, пока температура тела особи выше, чем температура среды. Температура тела определяется соотношением скорости метаболической теплопродукции клеточных структур и скорости рассеивания образующейся тепловой энергии в окружающую среду. Следовательно, теплообмен между организмом и средой является неотъемлемым условием существования теплокровных организмов. Нарушение соотношения этих процессов приводит к изменению температуры тела.

Человек издревле обитает в различных условиях нашей планеты, температурные различия между которыми превышают 100°с. Ежегодные и ежесуточные колебания могут быть очень велики. Следовательно, проблема защиты от внешних температурных воздействий и физиологической адаптации к ним всегда стояла перед человеком, а при выполнении мышечной работы в некоторых условиях внешней среды терморегуляция является одним из важных лимитирующих факторов.

При анализе температурного режима человеческого организма на протяжении долгого времени понятие о температуре тела как одной из важнейших физиологических констант при нормальном состоянии организма распространялось не только на состояние покоя, но и на активную мышечную деятельность. С этой позиции различная степень гипертермии при мышечной работе не могла расцениваться иначе, как показатель срыва или функциональной недостаточности терморегуляционной системы, в частности, аппарата физической терморегуляции.

Современный взгляд на терморегуляцию человека в процессе работы существенно изменился. Допускается и доказана прямая, хотя и не линейная зависимость, взаимосвязь между температурой ядра и уровнем метаболизма. Важно подчеркнуть, что степень повышения температуры ядра при работе в большей степени коррелирует с общим уровнем энергозатрат, чем с величиной теплопродукции. Поэтому знание физиологических основ терморегуляции человека в различных условиях деятельности, особенно при физических нагрузках, является необходимым.

Температура тела человека. Тепловой баланс

Возможность процессов жизнедеятельности ограничена узким диапазоном температуры внутренней среды, в котором могут происходить основные ферментативные реакции. Для человека снижение температуры тела ниже 25°с и её увеличение выше 43°с, как правило, смертельно. Особенно чувствительны к изменениям температуры нервные клетки. С точки зрения терморегуляции, тело человека можно представить состоящим из двух компонентов: внешнего, оболочки, и внутреннего, ядра. Ядро – это часть тела, которая имеет постоянную температуру, а оболочка – часть тела, в которой имеется температурный градиент. Через оболочку идёт теплообмен между ядром и окружающей средой. Температура разных участков ядра различна. Например, в печени – 37.8–38.0°с, в мозге – 36.9–37.8°. в целом же, температура ядра тела человека составляет 37.0°с.

Температура кожи человека на различных участках колеблется от 24.4 до 34.4°с. Самая низкая температура наблюдается на пальцах ног, самая низкая – в подмышечной впадине. Именно на основании измерения температуры в подмышечной впадине обычно судят о температуре тела в данный момент времени. По усреднённым данным, средняя температура кожи обнажённого человека в условиях комфортной температуры воздуха составляет 33–34°с.

Существуют циркадные – околосуточные – колебания температуры тела. Амплитуда колебаний может достигать 1°. Температура тела минимальна в предутренние часы (3–4 часа) и максимальна в дневное время (16–18 часов). Эти сдвиги вызваны колебаниями уровня регулирования, т.е. связаны с изменениями в деятельности ЦНС. В условиях перемещения, связанного с пересечением часовых меридианов, требуется 1–2 недели для того, чтобы температурный ритм пришёл в соответствие с новым местным временем. На суточный ритм могут накладываться ритмы с более длительными периодами. Наиболее отчётливо проявляется температурный ритм, синхронизированный с менструальным циклом.

Известно также явление асимметрии аксилярной температуры. Она наблюдается примерно в 54% случаев, причем температура в левой подмышечной впадине несколько выше, чем в правой. Возможна асимметрия и на других участках кожи, а выраженность асимметрии более чем в 0,5° свидетельствует о патологии. Постоянство температуры тела у человека может сохраняться лишь при равенстве процессов теплообразования и теплоотдачи всего организма. В термонейтральной (комфортной) зоне существует баланс между теплопродукцией и теплоотдачей. Ведущим фактором, определяющим уровень теплового баланса, является температура окружающей среды. При её отклонении от комфортной зоны в организме устанавливается новый уровень теплового баланса, обеспечивающий изотермию в новых условиях среды. Оптимальное соотношение теплопродукции и теплоотдачи обеспечивается совокупностью физиологических процессов, называемых терморегуляцией. Различают физическую (теплоотдача) и химическую (теплообразование) терморегуляцию.

Механизмы теплообразования и теплоотдачи (химическая и физическая терморегуляция)

Химическая терморегуляция – теплообразование – осуществляется за счёт изменения уровня обмена веществ, что приводит к изменению образования тепла в организме. Источником тепла в организме являются экзотермические реакции окисления белков, жиров, углеводов, а также гидролиз АТФ. При расщеплении питательных веществ часть освобождённой энергии аккумулируется в АТФ, часть рассеивается в виде тепла (первичная теплота – 65–70% энергии). При использовании макроэргических связей молекул АТФ часть энергии идёт на выполнение полезной работы, а часть рассеивается (вторичная теплота). Таким образом, два потока теплоты – первичной и вторичной – являются теплопродукцией.

При необходимости повысить теплопродукцию, помимо возможности получения тепла извне, в организме используются механизмы, увеличивающие производство тепловой энергии.

1. Сократительный термогенез.

При сокращении мышц возрастает гидролиз АТФ, поэтому возрастает поток вторичной теплоты, идущей на согревание тела.

Произвольная активность мышечного аппарата в основном возникает под влиянием коры больших полушарий. При этом повышение теплопродукции возможно в 3–5 раз по сравнению с величиной основного обмена.

При выполнении физической нагрузки разной мощности теплопродукция возрастает в 5–15 раз по сравнению с уровнем покоя. Температура ядра на протяжении первых 15–30 минут длительной работы довольно быстро повышается до относительно стационарного уровня, а затем сохраняется на этом уровне или продолжает медленно повышаться. Хотя при выполнении нагрузки срабатывают различные механизмы теплоотдачи, наблюдается рабочая гипертермия. Возможно, это связано со снижением гипоталамического уровня регуляции.

Обычно при снижении температуры среды и температуры крови первой реакцией является увеличение терморегуляционного тонуса. С точки зрения механики сокращения, данный тонус представляет собой микровибрацию и позволяет увеличить теплопродукцию на 25–40% от исходного уровня. Обычно в создании тонуса принимают участие мышцы головы и шеи.

При более значительном переохлаждении терморегуляционный тонус переходит в мышечную холодовую дрожь. Холодовая дрожь представляет собой непроизвольную ритмическую активность поверхностно расположенных мышц, в результате которой теплопродукция повышается. Считается, что теплопродукция при холодовой дрожи в 2,5 раз выше, чем при произвольной мышечной деятельности.

1. Несократительный термогенез.

Он осуществляется путём ускорения процессов окисления и снижения эффективности сопряжения окислительного фосфорилирования. За счёт этого вида термогенеза теплопродукция может вырасти в 3 раза.

В скелетных мышцах повышение скорости несократительного термогенеза связано с уменьшением окислительного фосфорилирования за счёт разобщения различных этапов данного процесса. В печени повышение теплопродукции связано с активацией гликогенолиза и последующим расщеплением глюкозы. Повышение теплопродукции возможно за счёт распада бурого жира. Бурый жир, богатый митохондриями и окончаниями симпатических нервов, расположен в затылочной области, между лопатками, в средостении по ходу крупных сосудов, в подмышечных впадинах. В условиях покоя до 10% тепла образуется в буром жире. При охлаждении интенсивность его распада заметно повышается. Кроме того, повышение уровня образования тепла наблюдается за счёт специфико-динамического действия пищи.

Регуляция процессов несократительного термогенеза осуществляется путём активации симпатической нервной системы, продукции гормонов щитовидной железы (разобщают окислительное фосфорилирование) и мозгового слоя надпочечников.

Под физической терморегуляцией понимают совокупность физиологических процессов, ведущих к изменению уровня теплоотдачи. Различают несколько механизмов отдачи тепла в окружающую среду.

1. Излучение – отдача тепла в виде электромагнитных волн инфракрасного диапазона. За счёт излучения отдают энергию все предметы, температура которых выше абсолютного нуля. Электромагнитная радиация свободно проходит сквозь вакуум, атмосферный воздух для неё тоже можно считать «прозрачным». Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду излучением, пропорционально площади поверхности излучения (площади поверхности тела, не покрытой одеждой) и градиенту температуры. Интенсивность излучения зависит также от числа объектов во внешней среде, способных поглотить инфракрасные лучи. При температуре окружающей среды 20°с и относительной влажности воздуха 40–60% организм взрослого человека рассеивает путём излучения около 40–50% всего отдаваемого тепла.
2. Теплопроведение (кондукция) – способ отдачи тепла при непосредственном соприкосновении тела с другими физическими объектами. Количество тепла, отдаваемого в окружающую среду этим способом, пропорционально разнице средних температур контактирующих тел, площади соприкасающихся поверхностей, времени теплового контакта и теплопроводности. Сухой воздух и жировая ткань характеризуются низкой теплопроводностью и являются теплоизоляторами. Наоборот, насыщенный водяными парами воздух характеризуется высокой теплопроводностью. Влажная одежда теряет свои теплоизолирующие свойства.
3. Конвекция – теплоотдача, осуществляемая путём переноса тепла движущимися частицами воздуха (воды). Конвекционный теплообмен связан с обменом не только энергии, но и молекул. Вокруг любого предмета существует пограничный слой, толщина которого зависит от окружающих условий. Когда тело окружено неподвижным воздухом, от кожи отходят более тёплые слои воздуха, которые, переходя в окружающий воздух, переносят как энергию, так и молекулы (свободная конвекция). Если окружающий воздух движется, то толщина пограничного слоя снижается в зависимости от скорости движения воздуха. Теплообмен такого типа называется принудительной конвекцией. Количество переносимого тепла описывается по формуле:

**Ек = h(Тк –)**, где:

**Ек –** количество тепла, передаваемое путём конвекции,

**h –** коэффициент передачи тепла, зависящий от величины поверхности и скорости ветра,

**Тк –** температура кожи,

**Тв –**температура воздуха.

При температуре окружающей среды 20°с и относительной влажности воздуха 40–60% организм взрослого человека рассеивает в окружающую среду путём теплопроведения и конвекции около 25–30% тепла. Количество отдаваемого конвекцией тепла возрастает при увеличении скорости движения воздушных потоков.

Во всех вышеперечисленных механизмах важную роль играет кожный кровоток. Когда его интенсивность возрастает, отдача тепла значительно увеличивается. Этому также способствует увеличение объёма циркулирующей крови. На холоде происходят обратные процессы: снижение кожного кровотока, уменьшение ОЦК, изменяется поведенческая реакция.

1. Испарение – отдача тепловой энергии в окружающую среду за счёт испарения пота или влаги с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей. На испарение 1 мл. воды организм тратит 0,58 ккал (2,4 кДж) энергии. За счёт испарения организм в условиях комфортной температуры отдаёт около 20% всего рассеиваемого тепла. Испарение делится на 2 вида.
   1. Неощущаемая перспирация – испарение воды со слизистых дыхательных путей и воды, просачивающейся через эпителий кожного покрова. За сутки через дыхательные пути испаряется до 400 мл. воды, т.е. организм теряет до 232 ккал в сутки. При необходимости эта величина может быть увеличена за счёт тепловой одышки. Через эпидермис в среднем за сутки просачивается около 240 мл. воды. Следовательно, этим путём организм теряет до 139 ккал в сутки. Эта величина, как правило, не зависит от процессов регуляции и различных факторов среды.
   2. Ощущаемая перспирация – отдача тепла путём испарения пота. В среднем за сутки при комфортной температуре среды выделяется 400–500 мл. пота, следовательно, отдаётся до 300 ккал энергии. Однако при необходимости объём потоотделения может увеличиться до 12 л в сутки, т.е. путём потоотделения можно потерять до 7000 ккал в сутки.

По химическому составу пот – это гипотонический раствор. Он содержит 0,3% хлористого натрия (в 3 раза меньше, чем в крови), мочевину, глюкозу, аминокислоты, малые количества лактата. РН пота в среднем равно 6, удельный вес варьирует от 1,001 до 1,006. при обильном потоотделении больше теряется воды, чем солей, и в крови может происходить повышение осмотического давления.

Эффективность испарения во многом зависит от среды: чем выше температура и ниже влажность, тем выше эффективность потоотделения как механизма отдачи тепла. При 100% влажности испарение невозможно.

К расстройствам потоотделения относят:

* Ангидроз – полное отсутствие потоотделения,
* Гипогидроз – частичное снижение потообразования,
* Гипергидроз – чрезмерное образование пота.

Основные принципы регуляции температурного гомеостаза

Терморегуляция – это совокупность физиологических процессов, деятельность которых направлена на поддержание относительного постоянства температуры ядра в условиях изменения температуры среды с помощью регуляции теплопродукции и теплоотдачи. Терморегуляция направлена на предупреждение нарушений теплового баланса организма или на его восстановление, если подобные нарушения уже произошли, и осуществляется нервно-гуморальным путём.

Система терморегуляции состоит из ряда элементов с взаимосвязанными функциями. Информация о температуре поступает от терморецепторов. Их функции выполняют специализированные клетки, которые разделяют на три группы: экстерорецепторы (расположены в коже), интерорецепторы (сосуды, внутренние органы) и центральные терморецепторы (ЦНС).

Наиболее изучены терморецепторы кожи. Кожные рецепторы бывают двух видов – холодовые и тепловые. Холодовые рецепторы располагаются на глубине 0,17 мм от поверхности кожи, их около 250 тысяч. Тепловые рецепторы расположены глубже – 0,3 мм от поверхности, их примерно 30 тыс.

При любой совместимой с жизнью температуре от периферических рецепторов в ЦНС поступает стационарная информация. Разряды тепловых рецепторов наблюдаются в диапазоне от 20 до 50°, а холодовых – от 10 до 41°с. При температуре ниже 10°с холодовые рецепторы и нервные волокна гомойотермных организмов блокируются, а при температуре в диапазоне от 45 до 50° могут вновь активироваться, что объясняет феномен парадоксального ощущения холода, наблюдаемый при сильном нагревании. При температуре 47–48° активируются болевые рецепторы.

Возбуждение рецепторов зависит как от абсолютных значений температуры кожи в месте её раздражения, так и от скорости её изменения. Одни рецепторы реагируют на перепад температуры в 0,1°, другие – в 1°, а третьи – при достижении разницы в 10°. Для холодовых рецепторов оптимум чувствительности (генерация импульсов максимальной частоты) лежит в пределах 25–30°, для тепловых – 38–43°с. В этих областях минимальные изменения температуры вызывают наибольшую реакцию рецепторов.

Информация от кожных рецепторов идёт по чувствительным нервным волокнам типа А-дельта (от холодовых рецепторов) и С, поэтому в ЦНС она доходит с разной скоростью. Афферентный поток нервных импульсов от терморецепторов поступает через задние корешки спинного мозга к вставочным нейронам задних рогов, по спиноталамическому тракту этот поток достигает передних ядер таламуса, откуда часть информации проводится в соматосенсорную кору больших полушарий, а часть – в гипоталамические центры регуляции.

Часть афферентного потока от терморецепторов кожи и внутренних органов поступает по более древним трактам, восходящим в ретикулярную формацию, неспецифические ядра таламуса, медиальную преоптическую область гипоталамуса и в ассоциативные зоны коры головного мозга.

Кора больших полушарий, участвуя в переработке температурной информации, обеспечивает условно-рефлекторную регуляцию теплопродукции и теплоотдачи, возникновение субъективных температурных ощущений, поведение, направленное на поиск более комфортной среды.

Основную роль в терморегуляции играет гипоталамус. Разрушение его центров или нарушение нервных связей ведёт к утрате способности регулировать температуру тела. В переднем гипоталамусе расположены нейроны, управляющие процессами теплоотдачи, а также клетки, задающие «установочную точку» терморегуляции – уровень регулируемой температуры тела. При разрушении нейронов переднего гипоталамуса организм плохо переносит высокие температуры, но физиологическая активность в условиях холода сохраняется. Нейроны заднего гипоталамуса управляют процессами теплопродукции. При их повреждении нарушается способность к усилению энергообмена, поэтому организм плохо переносит холод.

В осуществлении гуморальной реакции теплообмена участвуют железы внутренней секреции, главным образом щитовидная и надпочечники. Участие щитовидной железы в терморегуляции обусловлено тем, что влияние пониженной температуры приводит к усиленному выделению её гормонов, ускоряющих обмен веществ и, следовательно, теплообразование. Роль надпочечников связана с выделением ими в кровь катехоламинов, которые, усиливая окислительные процессы в тканях (например, мышечной), увеличивают теплопродукцию и сужают кожные сосуды, уменьшая уровень теплоотдачи.

Состояния гипотермии и гипертермии

При повреждении центральных и периферических аппаратов терморегуляции, а также после травматических перерывов проводящих путей отмечаются нарушения терморегуляции. Значительные отклонения температуры тела могут возникнуть и при чрезмерно сильных изменениях окружающей среды.

Если величина теплопродукции, несмотря на усиление обмена веществ, становится меньше величины теплоотдачи, развивается гипотермия. Переохлаждение развивается в три стадии. На первой стадии – компенсации – при снижении температуры среды обитания уменьшается теплоотдача и увеличивается теплопродукция, но этих механизмов недостаточно для сохранения нормальной температуры тела. Во время второй стадии – переходной – из-за рассогласования механизмов терморегуляции теплоотдача возрастает, и температура тела начинает быстро понижаться. В третьей стадии – декомпенсации – теплоотдача всё ещё возрастает, а теплопродукция снижается, вследствие чего организм становится пойкилотермным и принимает температуру окружающей среды. Снижается активность ЦНС, происходит угнетение кровообращения и дыхания, возникает сон.

Противоположное состояние организма, сопровождающееся повышением температуры тела – гипертермия – возникает, когда интенсивность теплопродукции превышает способность организма отдавать тепло. В этом случае организм стремится, прежде всего, сохранить водный гомеостаз, даже в ущерб терморегуляторным реакциям, поэтому отдача тепла за счёт потоотделения снижается, и температура тела устанавливается на более высоком уровне. Развивается чувство жажды, снижается диурез.

Гипертермия наиболее легко развивается при действии на организм внешней температуры, превышающей 37°с при 100% влажности воздуха, когда испарение становится невозможным. В случае продолжительной гипертермии может возникнуть «тепловой удар». В нём различают три стадии: 1) стадию компенсации, когда температура тела ещё не поднялась, но напряжение терморегуляционных механизмов уже существует; 2) стадию возбуждения: она характеризуется максимальным повышением теплоотдачи, повышением активности всех жизненно важных систем, значительным ростом дыхательных движений (это ведёт к гипокапнии, алкалозу, в конечном итоге, к снижению процессов торможения в ЦНС); 3) стадию параличей – стадию торможения – возникает паралич дыхательного центра, нарушается функция сосудодвигательного центра, происходит падение артериального давления, возникает острая почечная недостаточность, сгущение крови, снижение ОЦК.

В процессе *э*волюции выработана особая ответная реакция организма на действие экзогенных пирогенных факторов (полисахариды дрожжей, белки микробов, комплексы антиген-антитело, продукты распада собственных тканей). Попав в кровь, эти вещества активируют освобождение из лейкоцитов эндогенных пирогенов (интерлейкина, α-интерферона и др., что приводит к возникновению лихорадки (жара, горячки). Лихорадка – это состояние организма, при котором центр терморегуляции (центр переднего гипоталамуса) стимулирует повышение температуры тела. Это достигается перестраиванием механизма «установочной точки» на более высокую, чем в норме, температуру регуляции. Она является защитным механизмом, направленным против вирусов, микроорганизмов и чужеродных веществ. По степени подъёма температуры различают: субфебрильную лихорадку (повышение температуры до 38°), умеренную (38–39°), чрезмерную (выше 41°).

Хотя в начале человек ощущает озноб, на самом деле температура тела повышается. С этого момента начинается уравновешивание процессов выработки и отдачи тепла. Дрожь исчезает, расширяются поверхностные сосуды, возникает ощущение тепла.

Изменение температуры тела под влиянием физических нагрузок

Мышечная активность, больше чем увеличение всякой другой физиологической функции, сопровождается распадом и ресинтезом АТФ – это один из главных источников энергии сокращения в мышечной клетке. Но на осуществление внешней работы тратится малая часть потенциальной энергии макроэргов, остальная выделяется в виде тепла – от 80 до 90% – и «вымывается» из мышечных клеток венозной кровью. Следовательно, при всех видах мышечной активности резко увеличивается нагрузка на терморегуляционный аппарат. Если бы он оказался не в состоянии справиться с выделением большего, чем в покое, количества тепла, то температура тела человека повысилась бы за час тяжёлой работы примерно на 6°с.

Усиление теплоотдачи у человека обеспечивается при работе за счёт конвекции и излучения, вследствие увеличения температуры кожных покровов и усиления обмена прикожного слоя воздуха, благодаря движению тела. Но главным и наиболее эффективным путём теплоотдачи является активация потоотделения.

Некоторую, но совсем незначительную роль играет механизм полипноэ у человека в покое. Учащенное дыхание увеличивает теплоотдачу с поверхности дыхательных путей благодаря согреванию и увлажнению вдыхаемого воздуха. В комфортной температуре среды за счёт этого механизма теряется не более 10%, и эта цифра практически не изменяется по сравнению с общим уровнем теплообразования при мышечной работе.

В результате резкого увеличения теплообразования в работающих мышцах, через несколько минут повышается температура кожи над ними не только благодаря прямому переносу тепла по градиенту изнутри наружу, но и вследствие усиления кровотока через кожу. Активация симпатического отдела вегетативной нервной системы и выброс катехоламинов во время работы приводят к тахикардии и резкому увеличению МОК при сужении сосудистого русла во внутренних органах и расширению его в кожных покровах.

Усиленная активация аппарата потоотделения сопровождается выделением брадикинина клетками потовых желез, что оказывает сосудорасширяющее действие на близлежащие мышцы и противодействует системному сосудосуживающему эффекту адреналина.

Между потребностями в усиленном кровоснабжении мышц и кожи могут возникнуть конкурентные отношения. При работе в условиях нагревающего микроклимата кровоток через кожу может достигать 20% от МОК. Такой большой объём кровотока не служит никаким другим потребностям организма, кроме чисто терморегуляторных, так как собственные потребности кожной ткани в кислороде и питательных веществах очень малы. Это – один из примеров того, что, возникнув на последней стадии эволюции млекопитающих, функция терморегуляции занимает одно из самых высоких мест в иерархии физиологических регуляций.

Измерение температуры тела при работе в любых условиях, как правило, обнаруживает повышение температуры его ядра от нескольких десятых до двух и более градусов. Во время первых исследований предполагалось, что это повышение объясняется нарушением баланса между теплоотдачей и теплообразованием вследствие функциональной недостаточности аппарата физической терморегуляции. Однако в ходе дальнейших экспериментов было установлено, что повышение температуры тела при мышечной активности является физиологически регулируемым и не является следствием функциональной недостаточности терморегуляторного аппарата. В данном случае происходит функциональная перестройка центров теплообмена.

При работе умеренной мощности после первоначального подъёма температура тела стабилизируется на новом уровне, степень повышения прямо пропорциональна мощности выполняемой работы. Выраженность такого регулируемого подъёма температуры тела не зависит от колебаний температуры внешней среды.

Увеличение температуры тела выгодно при работе: повышаются возбудимость, проводимость, лабильность нервных центров, снижается вязкость мышц, в протекающей через них крови улучшаются условия отщепления кислорода от гемоглобина. Небольшое повышение температуры может быть отмечено даже в предстартовом состоянии и без разминки (оно возникает условно-рефлекторно).

Наряду с регулируемым подъёмом при мышечной работе может наблюдаться также дополнительный, вынужденный подъём температуры тела. Он происходит при чрезмерно высокой температуре и влажности воздуха, при излишней изоляции работающего. Это прогрессивное повышение способно привести к тепловому удару.

В вегетативных системах при выполнении физической работы осуществляется целый комплекс терморегуляторных реакций. Увеличиваются частота и глубина дыхания, за счёт чего возрастает лёгочная вентиляция. При этом увеличивается значение дыхательной системы в теплообмене дыхания со средой. Учащённое дыхание приобретает большее значение при работе в условиях низких температур.

При температуре среды около 40°с пульс человека в покое увеличивается в среднем на 30 уд/мин по сравнению с условиями комфорта. Но при выполнении работы умеренной интенсивности в тех же условиях ЧСС возрастает всего на 15 уд/мин по сравнению с такой же работой в комфортных условиях. Таким образом, работа сердца оказывается сравнительно более экономичной при выполнении физических нагрузок, чем в покое.

Что касается величины сосудистого тонуса, то при физической работе отмечаются конкурентные взаимоотношения не только между кровоснабжением мышц и кожных покровов, но и между ними обоими и внутренними органами. Сосудосуживающие влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы при работе особенно чётко проявляются в области желудочно-кишечного тракта. Результатом уменьшения кровотока является снижение сокоотделения и замедление пищеварительной деятельности во время выполнения интенсивной мышечной работы.

Необходимо отметить, что человек может начать выполнять даже тяжёлую работу при нормальной температуре тела, и лишь постепенно, значительно медленнее, чем и лёгочная вентиляция, температура ядра достигает величин, соответствующих уровню общего метаболизма. Таким образом, повышение температуры ядра тела является необходимым условием не для начала работы, а для её продолжения в течение более или менее длительного времени. Возможно, поэтому главное адаптивное значение этой реакции состоит в возобновлении работоспособности в ходе самой мышечной деятельности.

Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную (физическую) работоспособность

Значение разных путей отдачи телом тепла в окружающую среду неодинаково в условиях покоя и при мышечной деятельности и меняется в зависимости от физических факторов внешней среды.

В условиях повышения температуры и влажности воздуха усиление теплоотдачи осуществляется двумя основными путями: усилением кожного кровотока, что увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желез водой, и усилением потообразования и испарения.

Кожный кровоток у взрослого человека при комфортных условиях внешней среды составляет в покое около 0,16 л/кв. м./мин, а во время работы в условиях очень высокой внешней температуры может достигать 2,6 л/кв. м./мин. Это означает, что до 20% сердечного выброса может направляться в кожную сосудистую сеть для предотвращения перегревания тела. Мощность нагрузки практически не влияет на температуру кожи.

Температура кожи линейно связана с величиной кожного кровотока. Усиленный кровоток в коже повышает её температуру, и если температура окружающей среды ниже, чем температура кожи, то повышаются теплопотери проведением, конвекцией и радиацией. Дополнительное движение воздуха при работе способствует уменьшению гипертермии. Повышение кожной температуры уменьшает также влияние внешней радиации на тело.

Скорость потообразования и потоотделения зависит от целого ряда факторов, главными из которых являются скорость энергопродукции и физические условия окружающей среды. При этом скорость потоотделения зависит как от температуры ядра, так и от температуры оболочки тела.

При интенсивной спортивной деятельности скорость потоотделения велика. Необходимо также учитывать, что при прочих равных условиях увеличение скорости движения воздуха ускоряет процесс испарения пота. Высокая влажность воздуха даже при относительно невысокой его температуре затрудняет испарение пота. Это приводит к снижению скорости потообразования и дополнительному повышению температуры тела.

Одним из самых тяжёлых последствий усиленного потоотделения при мышечной работе, выполняемой в условиях повышенной температуры воздуха, является нарушение водно-солевого баланса организма из-за развития острой дегидратации. Дегидратация сопровождается уменьшением объёма плазмы крови, гемоконцентрацией, уменьшением объёма межклеточной и внутриклеточной жидкости. При рабочей дегидратации особенно заметно снижение физической работоспособности. Необходимо отметить, что значительная рабочая дегидратация развивается лишь при длительных (более 30 мин) и достаточно интенсивных упражнениях. При тяжёлой, но кратковременной работе даже в условиях повышенных температуры и влажности воздуха сколько-нибудь значительная дегидратация не успевает развиться.

Непрерывное или повторное пребывание в условиях повышенных температуры и влажности воздуха вызывает постепенное приспособление к этим специфическим условиям внешней среды, в результате чего наступает состояние тепловой адаптации, эффект от которой сохраняется на протяжении нескольких недель. Тепловая адаптация обусловлена совокупностью специфических физиологических изменений, главными из которых являются усиление потоотделения, снижение температуры ядра и оболочки тела в условиях покоя, их изменение в процессе мышечной работы, а также уменьшение ЧСС в покое и при нагрузке в условиях повышенной температуры. Снижение ЧСС сопровождается увеличением систолического объёма (посредством увеличения венозного возврата). На протяжении периода тепловой адаптации отмечается также повышение ОЦК в покое, снижение тонической активности симпатического отдела вегетативной нервной системы и повышение механической интенсивности выполняемой физической работы.

Тренировочные и соревновательные нагрузки в видах спорта, требующих проявления выносливости, вызывают существенное повышение температуры ядра – до 40°с даже в нейтральных условиях среды. Систематические тренировочные занятия, направленные на тренировку выносливости, приводят к совершенствованию терморегуляции: снижается теплопродукция, улучшается способность к теплопотерям за счёт повышенного теплообразования. Соответственно, у спортсменов во время работы при обычной или высокой температуре воздуха внутренняя и кожная температура ниже, чем у нетренированных людей, выполняющих такую же по объёму нагрузку. Содержание солей в поте у спортсменов также ниже.

В процессе тренировки в нейтральных условиях увеличивается ОЦК, совершенствуются реакции перераспределения кровотока с уменьшением его в сосудах кожи. Поэтому хорошо тренированные на выносливость спортсмены обычно лучше приспосабливаются, по крайней мере, к выполнению работы разной мощности в условиях жары. Вместе с тем, сама по себе спортивная тренировка в нейтральных условиях внешней среды не может полностью заменить специфическую тепловую адаптацию.

При снижении температуры внешней среды увеличивается разность между нею и температурой поверхности тела, что приводит к усилению потерь тепла. Основные механизмы защиты тела от теплопотерь в холодных условиях – сужение периферических сосудов и усиление теплопродукции.

В результате сужения кожных сосудов уменьшается конвекционный перенос тепла от ядра тела к его поверхности. Вазоконстрикция может увеличить теплоизолирующую способность оболочки тела в 6 раз. Однако это может привести к постепенному снижению кожной температуры. Наиболее выраженная вазоконстрикция наблюдается в конечностях, температура тканей дистальных отделов конечностей может снижаться до температуры окружающей среды.

Помимо кожной вазоконстрикции важную роль в уменьшении внутренней проводимости внутренней проводимости тепла в теле играет то, что в холодных условиях кровь течёт в основном по глубоким венам. Между артериями и венами происходит теплообмен: возвращающаяся к ядру тела венозная кровь нагревается за счёт артериальной.

Другим важным механизмом адаптации к условиям холода является усиление теплопродукции за счёт холодовой дрожи и за счёт повышения уровня метаболических процессов. Во время работы в холодных условиях теплоизоляция тела существенно снижается, и усиливаются потери тепла (проведением и конвекцией). Соответственно, для поддержания теплового баланса необходимо большее теплообразование, чем в условиях покоя.

Повышенные энергетические расходы (более высокая скорость потребления кислорода) при работе относительно небольшой мощности в холодных условиях связаны с холодовой дрожью, которая исчезает с увеличением нагрузок до значительных, и тем самым стабилизируется регуляция рабочей температуры тела.

Гипотермия приводит к снижению МПК, в основе которого лежит уменьшение сердечного выброса за счёт снижения максимальной ЧСС. Выносливость человека снижается, падают также результаты упражнений, требующих большой динамической силы.

Несмотря на то, что во многих видах спорта тренировочные занятия и соревнования проходят в условиях низких температур, проблемы терморегуляции возникают в основном лишь в начале пребывания на холоде или при выполнении повторной нагрузки с чередованием периодов высокой активности и отдыха. В исключительных случаях количество теряемого тепла может превышать продуцируемое при мышечной деятельности.

Длительное проживание в холодных условиях в некоторой степени повышает способность человека противостоять холоду, т.е. поддерживать необходимую температуру ядра при пониженной температуре среды. В основе акклиматизации лежат два основных механизма. Во-первых, это – снижение потерь тепла, во-вторых – усиление теплового обмена. У акклиматизированных к холоду людей уменьшается сужение сосудов кожи, что предотвращает холодовые повреждения периферических частей тела и позволяет осуществлять координированные движения конечностей в условиях низких температур.

В процессе холодовой акклиматизации растёт теплопродукция тела, происходят эндокринные и внутриклеточные метаболические перестройки. Вместе с тем многие исследователи не обнаружили акклиматизацию человека к холоду, в особенности в отношении мышечной деятельности в холодных условиях. Однако физически подготовленные люди лучше переносят холодные условия, чем нетренированные. Физическая тренировка вызывает эффекты, сходные в некоторых отношениях с холодовой акклиматизацией: тренированные люди отвечают на холодовую экспозицию большим усилением теплопродукции и меньшим снижением кожной температуры, чем нетренированные.