**Перегрев и работа в жарких условиях: влияние на жизнь и здоровье работника**

Если человек функционирует в условиях теплой окружающей среды, то для поддержания нормальной температуры его тела включаются в работу физиологические механизмы, предотвращающие излишние потери тепла его организмом. Тепловые потоки между его телом и средой обитания зависят от разности температур между такими объектами, как окружающий воздух и стены, окна, небо и так далее, и температурой тела человека.

Температура тела человека регулируется такими физиологическими механизмами, как изменения в кровотоке, питающими кожный покров, и испарение пота, выделяемого потовыми железами. Человек может также переодеваться, чтобы изменять теплообмен со средой. Чем выше температура окружающей среды, тем меньше становится разница между температурой окружающей среды и температурой кожного покрова или защитной одежды. Это означает, что «обмен сухим жаром» с помощью конвекции или излучения в теплых условиях сокращается по сравнению с холодными условиями.

При температурах окружающей среды выше температуры тела, забор тепла осуществляется из природной среды. В данном случае это означает, что дополнительное тепло вместе с тем, что высвобождается в ходе метаболических процессов, должно быть выброшено в окружающую среду через механизм испарения пота, созданного природой для поддержания температуры тела. Таким образом, по мере увеличения температуры окружающей среды испарение пота становится все более критической величиной. Учитывая важность испарения пота, не удивительно, что скорость ветра и влажность воздуха (давление водяного пара) превратились в критические параметры окружающей среды в жарких условиях. Если влажность высока, потовыделение все еще продолжается, но испарение уменьшается. Пот, который не может испаряться, не оказывает никакого охлаждающего эффекта. С точки зрения терморегуляции, он не приносит никакой пользы.

Человеческое тело, примерно, на 60 % состоит из воды, что составляет от 35 до 40 литров у взрослого человека. Около одной трети воды в теле, внеклеточная жидкость, распределено между клетками организма и сосудистой системой (плазма крови). Остающиеся две трети воды в организме человека приходятся на внутриклеточную жидкость, которая локализована внутри клеток. Регуляция этой массы воды внутри организма, как по составу, так и количеству осуществляется на уровне гормональных и нейронных механизмов. Потовыделение из миллионов потовых желез инициируется на поверхности кожного покрова. Поднимается температура тела, которая включает в работу терморегулирующий центр. В поту содержится соль (хлористый натрий, NaCl) хотя и в меньшем количестве, чем внеклеточная жидкость. Таким образом, и вода, и соль утрачиваются человеческим организмом, и после потоотделения они должны им компенсироваться.

ВЛИЯНИЕ ПОТОВЫДЕЛЕНИЯ

Путем диффузии через кожный покров теряется незначительное количество воды даже в относительно благоприятных условиях окружающей среды. Однако, в ходе выполнения работ в тяжелых и жарких условиях активными потовыми железами могут выделяться большие количества пота, более 2 литров в час в течение нескольких часов. Значительное влияние на работоспособность человека может оказать потеря им собственного веса всего на 1% (приблизительно 600-700 мл). В результате увеличивается частота сердечных сокращений (HR) (примерно, на пять ударов в минуту на каждый процент потери воды в человеческом организме) и повышается температуры тела внутри организма. Если при этом продолжать работу, то постепенно повысится температура тела, которая может расти, примерно, до 40 градусов Цельсия; при этой температуре может возникнуть болезнь терморегуляции. Это происходит частично из-за потери жидкости в сосудистой системе.

Уменьшение содержания воды в плазме крови приводит к сокращению количества крови, которая наполняет живительной влагой центральную систему вен и артерий, а также сердце. Поэтому с каждым новым ударом сердца будет перекачиваться все меньшее количество крови. Как следствие этого процесса функциональное состояние сердца (количество крови, выбрасываемое им в минуту) начнет падать. Следовательно, чтобы поддержать кровообращение и кровяное давление на прежнем уровне, частота сердечных сокращений должна увеличиться.

Физиологическая система контроля, названная системой барорецепторного рефлекса, поддерживает функциональное состояние сердца и кровяное давление в параметрах близких к нормальным значениям при всех их функциональных состояниях. Рефлексные приемники включают в свой состав рецепторы, датчики внутри сердца и в артериальной системе (аорта и каротидные магистрали), которые контролируют степень эластичности сердца и уровень наполняемости его сосудов кровью. Исходящие от них импульсы, которые ведут к центральной нервной системе, от которой, в случае дегидратации, выдается команда на сужение кровеносных сосудов и подведение кровотока к висцеральным органам (печень, кишечник, почки) и кожному покрову. Таким образом, мы видим, как перераспределяется кровоток, чтобы обеспечить внутримышечное и внутримозговое кровообращение.

Неблагоприятная дегидратация может приводить к тепловому удару и сосудистой недостаточности; в этом случае человек не может поддерживать кровяное давление, и в результате наступает обморок. При тепловом ударе появляется физическая усталость, сопровождаемая часто головной болью, головокружением и тошнотой. Главная причина теплового удара заключается в блуждающем напряжении, вызванном утечкой воды из сосудистой системы. Уменьшение кровотока приводит к рефлексам, замедляющим кровообращение по направлению к кишкам и кожному покрову.

Сокращение поверхностного кровотока усугубляет положение дел, поскольку уменьшаются потери тепла с кожного покрова. Следовательно, температура организма изнутри продолжает расти. Пациент может упасть в обморок из-за падения кровяного давления и последующих затруднений в кровоснабжении мозга. Если, однако, при этом занять горизонтальное положение, то улучшится сердечное и мозговое кровоснабжение. Если после того еще остыть и выпить воды, то можно почти сразу же восстановить хорошее самочувствие.

Если процессы, вызывающие тепловой перегрев, не удается купировать, то развивается тепловой удар. «Постепенное сокращение кровообращения в кожном покрове приводит к все более значительному повышению температуры, и это, в свою очередь, ведет к сокращению и даже приостановке потовыделения и более резкому повышению температуры тела, что вызывает сосудистую недостаточность и может привести к смерти или непоправимому ущербу для мозга.

Показаниями для лечения пациентов, перенесших тепловой удар, являются наступившие изменения в составе крови (типа высокого осмотического давления, низкого кислотного числа pH, гипоксии, ячеистого прилипания эритроцитов, внутрисосудистой коагуляции) и повреждения нервной системы. Ограничение кровоснабжения кишок в ходе перегрева организма может вызвать повреждение тканей. В этой связи эндотоксины могут получить полную свободу действий, что непременно вызовет лихорадку в ответ на развитие теплового удара. Тепловой удар – это острая форма угрожающего жизни заболевания.

Вместе с водоотдачей, потоотделение приводит к потере электролитов, главным образом, ионов натрия (Na+) и хлора (Сl-), но также и, в меньшей степени, магния (Мg++), калия (К+), и так далее (см. таблицу 1). В потовыделениях содержится меньшее количество соли, чем в жидкостно-полостных отделах организма. Это приводит к еще более сильному накоплению солей на стадии потоотделения. Повышенная степень засоленности оказывает специфическое воздействие на кровообращение через сосудистую гладкую мышцу, которая отвечает за то, чтобы сосуды оставались в той или иной мере открытыми.

Однако, как показывают труды нескольких исследователей, чтобы заставить человека потеть, требуется более высокая температура тела для стимуляции потовых желез, а это приводит к тому, что чувствительность потовыделительных желез, в конце концов, становится ограниченной. Если потовыделения компенсировать только путем дополнительного потребления воды, то это может привести к ситуации с обессоливанием организма, когда тело содержит меньшее количество хлористого натрия, чем в нормальном (тиосернокислом натрий-осмотическом) состоянии. Это вызовет судороги из-за сбоев в прохождении нервных импульсов к мышцам. В прошлом такое состояние называлось «судороги шахтера» или «судороги кочегара». Оно может быть преодолено добавлением соли к пище (пить пиво в профилактических целях). Например, в Великобритании, это рекомендовалось уже в 20-ых годах!

Уменьшение кровообращения в кожном покрове и функционирование потовыделительной железы влияют на терморегуляцию и тепловые потери таким образом, что температура тела повышается больше, чем в полностью гидратированном состоянии. Во многих различных отраслях промышленности, например, в сталеплавильных цехах, стекловарении, бумагоделательном производстве, судебных архивах, пекарнях, горнодобывающих отраслях, — рабочие постоянно подвергаются внешнему термическому перегреву. Внешнему перегреву часто подвергаются также и трубочисты, и пожарные. Люди, которые работают в закрытых помещениях на транспорте, кораблях и самолетах, также могут страдать от перегрева.

Вместе с тем, необходимо отметить, что люди, работающие в защитных костюмах или выполняющие тяжелые работы в водонепроницаемых костюмах, могут стать жертвами теплового удара даже в условиях умеренного или прохладного климата. С неблагоприятными последствиями термического перегрева сталкиваются только там и тогда, где температура тела поднимается выше обычных значений, а уровень потоотделения высок.

ПОВТОРНАЯ ГИДРАТАЦИЯ

Если увеличить потребление воды, то последствия от обезвоживания организма из-за чрезмерного потоотделения могут быть скомпенсированы, что обычно происходит в свободное от работы время. Однако, если речь идет о работе в жарких условиях в течение длительного периода времени, то улучшение самочувствия достигается тем, что увеличивается потребление воды в рабочее время. Поэтому в данной ситуации действует один общий совет — пить воду необходимо тогда, когда возникает жажда. Данный совет затрагивает некоторые очень важные проблемы. Во-первых, проблема состоит в том, что питьевая жажда не бывает достаточно сильной, чтобы полностью скомпенсировать предшествующую потерю водного баланса. Во-вторых, необходимо очень много времени, чтобы компенсировать большой дефицит воды в организме, более 12 часов. Наконец, имеется физический предел скорости, с которой вода может проходить от желудка к кишечному тракту, где она и всасывается в организм. Эта скорость ниже темпов потоотделения, которое происходит при работе организма в жарких условиях. Чтобы научиться управлять водным, электролитическим и углеводным балансом спортсменов во время их усиленных тренировок, было проведено большое количество исследований с различными напитками. Главные результаты следующие:

— Количество жидкости, которая может использоваться организмом — то есть перекачиваться от желудка к кишечному тракту, — ограничено «скоростью полного освобождения желудка»; ее максимальное значение не может превышать 1.000 мл\час.

— Если жидкость «гиперосмотическая» (т.е. содержит ионы / молекулы в более высоких концентрациях, чем кровь), то скорость ее прокачки замедлена. С другой стороны, «изоосмотические жидкости» (содержащие воду, ионы или молекулы в той же самой концентрации, что и кровь, и имеющие одинаковые с ней показатели осмотического давления) перекачиваются с той же скоростью, как и питьевая вода.

— Добавление в питьевой рацион в небольших количествах соли и сахара увеличивает скорость всасывания воды кишечным трактом.

Основываясь на этих знаниях, Вы можете или сами приготовить «жидкость для повторной гидратации», или выбрать ее из множества продуктов. Обычно водно-электролитический баланс восстанавливается лучше, если воду потребляют во время еды. Рабочие или спортсмены с обильным потоотделением должны пить больше, чем им хочется. В одном литре пота содержится, приблизительно, от 1 до 3 г. поваренной соли NaCl . Это означает, что потовыделения на уровне выше упомянутых 5 литров в день могут вызывать в организме недостаток в хлористом натрии, если диета не сбалансирована соответствующим образом.

Рабочим и атлетам также рекомендуется управлять своим водным балансом путем проведения регулярных взвешиваний — например, утром (в то же время и при тех же условиях, что и обычно) — для поддержания постоянного веса. Однако, изменения в весе тела не обязательно отражают степень гипогидратации. Вода химически привязана к гликогенам, накапливающих углеводы в мышцах и высвобождается только тогда, когда гликогены потребляются организмом в ходе работы или при нагрузках. В зависимости от содержания гликогенов в организме могут происходить изменения в весе тела до 1 кг. Если взвешиваться «каждое утро», то можно выявить также «биологические вариации» в содержании воды — например, у женщин в связи с менструальным циклом может накапливаться от 1 до 2 кг воды в период предменструальной фазы («предменструальный синдром»).

ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Объемы воды в организме — то есть, внеклеточные и внутриклеточные объемы жидкости — и их электролитические концентрации поддерживаются организмом в строго заданных пределах через регулируемое равновесие между всасыванием и потерей жидкости и ее содержимого.

Содержание воды в организме нарастает благодаря всасыванию пищевых продуктов и жидкости, причем некоторая ее часть высвобождается в ходе метаболических процессов, в том числе благодаря сжиганию пищевых жиров и углеводов. Обезвоживание организма происходит и через легкие в процессе дыхания, где вдыхаемый воздух поглощает воду в легких, адсорбируя ее с влажных мест в дыхательных путях прежде, чем выйти наружу. В небольших количествах вода выводится из организма также через кожный покров: происходит это обычно в комфортных условиях во время отдыха. Однако, во время многочасового потоотделения потеря воды может составлять более от 1-2 литров в час. Содержание воды в организме регулируется. Если количество воды уменьшается за счет потоотделения, то возникающий дефицит водного баланса компенсируется путем дополнительного потребления питьевой воды и сокращения функции мочеиспускания. Избыточная вода выводится из организма благодаря усиленному мочеиспусканию.

Такая регуляция циклов: как всасывания, так и вывода жидкостей из организма, — осуществляется благодаря функционированию автономной нервной системы и гормонов. Жажда увеличивает водопотребление, а водоотдача регулируется почками; регулируются также объем и электролитический состав мочи. Датчики механизма регуляции расположены в сердце, отвечая за «наполняемость» сосудистой системы. Если наполнение сердца сокращается — например, после уменьшения потоотделения, — рецепторы сообщат об этом в мозговой центр, ответственный за ощущение жажды, и задействуют те области, которые стимулируют освобождение вазопрессина (ADH) от задней доли гипофиза. Действие этого гормона направлено на то, чтобы сократить объем выделяемой мочи.

Точно так же, действуя через процессы в почках, физиологические механизмы регулируют электролитический состав жидкостей в организме. Пищевой продукт содержит питательные вещества, минеральные вещества, витамины и электролиты. В данном контексте, всасывание хлористого натрия представляет важную проблему. Диетическое потребление натрия изменяется с пищевыми привычками, составляя суточные нормы приема от 10-20 г до 30 г в день. Это намного больше, чем обычно необходимо, так что избыток выделяется почками, под воздействием комплексных гормональных препаратов (ангиотензина, альдостерона, ANF, и т.д.), которые управляются импульсами от осморецепторов в мозгу и почках, реагируя на осмотическое давление прежде всего натрия (Na+) и хлора (Cl-) в крови и почечной жидкости, соответственно.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ И ЭТНИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ

Реакция на жару со стороны мужского и женского населения, младшего и старшего поколений различна. Отличия касаются тех характеристик, которые могли бы повлиять на теплопередачу (площадь поверхности, соотношение высоты и веса, толщина изолирующих жировых прослоек на кожном покрове), и физическую способность производить работу или вырабатывать теплоту (аэробная способность максимальная норма потребления кислорода). По имеющимся сведениям, люди старшего возраста хуже переносят жару. Они начинают потеть позднее, чем молодые люди, а при контакте с ИК-лучами — у них наблюдается более значительный кровоток, питающий кожный покров.

При сравнительном анализе по половому признаку наблюдаются закономерности, связанные с тем, что женщины лучше, чем мужчины переносят влажный воздух. В такой среде испарение пота сокращается, поэтому чуть большая площадь поверхности кожного покрова или масса их тела скорее дают им преимущество в этом отношении. Аэробная способность, однако, является важным фактором, который нужно всегда учитывать при сравнении индивидуальных характеристик человека, взаимодействующего с ИК-излучением. В лабораторных условиях физиологические реакции на жару у различных групп населения проявляются одинаково, если испытуемые с одинаковой физической трудоспособностью (т.е. с «максимальным поглощением кислорода» — VO2max) подбираются в группы по одному и тому же принципу — например, более молодые и старшие мужчины, или мужчины и женщины (Pandolf и другие, 1988). В этом случае определенная физическая нагрузка (например, езда на велосипедном эргометре) приведет к такой же нагрузке на кровеносную систему — то есть, вызовет одну и ту же частоту сердечных сокращений и повысит температуру тела на одну и ту же величину — независимо от возраста и пола.

Аналогичные соображения положены в основу проведения сравнительного анализа на этнической основе. После того, как приняты во внимание количественные и аэробные различия, отпадает какая-либо необходимость учитывать существенные различия в анализе на этнической основе. Но в своей повседневной жизни люди старшего поколения имеют, в среднем, более низкий, чем у молодых людей, показатель максимального потребления кислорода — VO2max; а женщины — более низкий, чем у мужчин в той же самой возрастной группе, показатель максимального потребления кислорода — VO2max. При выполнении определенной работы (мощность которой измеряется, например, в ваттах) человек с более низкой аэробной способностью получит более высокую частоту сердечных сокращений и будет иметь повышенную температуру тела, и, по сравнению с тем, у кого более высокий уровень максимального потребления кислорода — VO2max, ему будет труднее справляться с дополнительной нагрузкой жаркой внешней среды. Для повышения профессионального здоровья и укрепления мер по охране труда разработан целый ряд показателей, характеризующих функционирование организма в жарких условиях. В них выявлены и учтены как индивидуальные характеристики в реагировании на тепловой перегрев и работу с повышенной физической нагрузкой, так и определенные условия, характеризующие само понятие жаркого климата, ради которого, собственно, и был разработан данный показатель.

Люди, неоднократно подвергавшиеся тепловому перегреву, переносят жару значительно лучше спустя даже несколько дней. Они акклиматизируются. У них наблюдается повышенный уровень потоотделения, а возникающее в этой связи более интенсивное охлаждение кожного покрова обусловливает более низкую температуру тела и приводит к снижению частоты сердечных сокращений при работе в одних и тех же условиях. Вот почему искусственная акклиматизация персонала, который может быть задействован в чрезвычайно жарких условиях (пожарники, служба спасения, военнослужащие), будет, вероятно, иметь положительные последствия.

В заключение, необходимо отметить, что чем больше тепла человек производит, тем больше он должен его выбрасывать в окружающую среду. В условиях жаркого климата испарение пота — ограничивающий фактор для отвода тепла. Индивидуальные различия в способности потоотделения значительны. Несмотря на то, что у некоторых людей вообще отсутствуют потовые железы, в большинстве случаев после соответствующей физической подготовки и неоднократного теплового воздействия уровень потоотделения у них даже при обычной тепловой нагрузке увеличивается. Тепловой перегрев приводит к увеличению частоты сердечных сокращений и повышению температуры тела. Максимальная частота сердечных сокращений и\или температура тела около 40 градусов Цельсия являются абсолютным физиологическим пределом для работы в условиях жаркого климата.