

Частное учреждение образования  
«Минский институт управления»

**Физиология поведения**

Курс лекций  
1-23.01.04 - ПСИХОЛОГИЯ  
4 издание переработанное и дополненное

Минск  
Изд-во МИУ  
2013

## Лекция 6

### Терморегуляция

Живой организм непрерывно расходует на поддержание основного обмена и на совершаемую работу определенное количество энергии. Единственным источником ее для человека служат питательные вещества, в процессе окисления которых потенциальная энергия белков, жиров и углеводов превращается в различные виды кинетической энергии — механическую, химическую, электрическую и тепловую. Постоянное потребление и преобразование энергии являются характерными свойствами всех живых организмов. Согласно первому закону термодинамики, или закону сохранения энергии, суммарное количество всех видов энергии образующихся в организме в процессе окисления питательных веществ, строго соответствует энергии, заключенной в них. И каким бы преобразованиям ни подвергалась энергия в организме, их конечным итогом является превращение ее в тепловую энергию. Таким образом, количество тепла, а, следовательно, и температура тела, являются показателями, определяющими интенсивность метаболизма в организме.

#### Реагирование организма на внешнюю температуру. Гомойотермия

Гомойотермия (от [др.-греч.](#) ὁμοιος — сходный, одинаковый и θερμη — тепло) — способность живого существа сохранять постоянную температуру тела, независимо от температуры окружающей среды. Различают два вида гомойотермии - истинная и инерциальная гомойотермия.

Истинная гомойотермия имеет место, когда живое существо обладает достаточным уровнем метаболизма, чтобы поддерживать температуру тела на постоянном уровне за счёт самостоятельного производства энергии из потребляемой пищи. Современные птицы и млекопитающие относятся к истинно гомойотермным существам. Помимо достаточных энергетических возможностей они имеют также различные механизмы, предназначенные для удержания тепла (перья, шерсть, подкожный слой жировой ткани) и для защиты от перегрева при высокой температуре окружающей среды (потоотделение).

Инерциальная гомойотермия — это поддержание постоянной температуры тела за счёт крупных размеров и большой массы тела (по расчётам, инерциальная гомойотермия возможна только для существ, тело которых имеет размер, приведённый к шару более одного метра).

Инерциально-гомойотермное существо в периоды повышения температуры медленно нагревается, а в периоды похолодания — медленно остывает, то есть за счёт большой теплоёмкости колебания температуры организма сглаживаются. Инерциальная гомойотермия была характерна, по современным представлениям, для некоторых видов динозавров. Недостатком инерциальной гомойотермии является то, что она возможна только при определённом типе климата — когда средняя температура окружающей среды

соответствует желаемой температуре тела и нет длительных периодов сильных похолоданий или потеплений.

Примером инерциальной гомойотермии является кожа крокодилов. Их кожа покрыта прямоугольными роговыми щитками, которые на спине и животе располагаются правильными рядами. Под спинными и реже под брюшными щитками развиваются остеодермы (костные пластины), образующие панцирь. Остеодермы в дневное время аккумулируют тепло, поступающее вместе с солнечным светом. Благодаря этому температура тела крокодила в течение суток колеблется в пределах всего одного градуса.

Гомойотермия является выгодным с точки зрения эволюции свойством организма, так как обеспечивает ему большую степень независимости от факторов внешней среды, позволяя сохранять активность в холодное время.

В процессе эволюции у высших животных и человека выработались механизмы, способные поддерживать температуру тела на постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды. Температура внутренних органов у них колеблется в пределах 36—38<sup>0</sup>С.

Постоянная температура необходима и для поддержания нормальных физико-химических показателей — вязкости крови, ее поверхностного натяжения, коллоидно-осмотического давления и др.

Температура влияет на процессы возбуждения, скорость и интенсивность сокращения мышц, процессы секреции, всасывания и защитные реакции клеток и тканей.

Оптимальная температура тела у человека составляет 37<sup>0</sup>С; верхняя летальная температура — 43,4<sup>0</sup>С. При более высокой температуре начинается внутриклеточная денатурация белка и необратимая гибель; нижняя летальная температура составляет 24<sup>0</sup>С.

Из всех животных самыми жароустойчивыми являются курица и воробей — их верхняя летальная температура 47<sup>0</sup>С, самыми «холодоустойчивыми» — кошка и морская свинка, нижняя летальная температура которых составляет 18<sup>0</sup>С.

В экстремальных условиях при резких изменениях окружающей температуры гомойотермные животные реагируют реакцией стресса (температурный тепловой или холодовой стресс). С помощью этих реакций такие животные поддерживают оптимальный уровень температуры тела. Гомойотермия у человека вырабатывается в течение жизни.

### **Пойкилотермия**

Пойкилотермия (от [греч.](#) ποικίλος — различный, переменчивый и θερμία — тепло; также эктотермность; ранее использовался термин холоднокровность) — эволюционная адаптация вида или (в медицине и физиологии) состояние организма, при котором температура тела живого существа меняется в широких пределах в зависимости от температуры внешней среды.

У беспозвоночных и низких позвоночных животных, а также у новорожденных детей отсутствуют совершенные механизмы поддержания температуры тела. В

значительной степени она определяется температурой внешней среды. Вместе с тем существуют механизмы, способные повышать температуру тела пойкилотермных организмов по сравнению с внешней температурой.

У рептилий важнейшее значение в температурной адаптации имеет поведение. Многие ящерицы и змеи, греясь на солнце, поглощают огромное количество его излучения, а также тепло от нагретых скал и песка. У ящериц, после пребывания на солнце температура тела может достигать  $26^{\circ}\text{C}$  при температуре воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$ .

В условиях пониженной температуры пойкилотермные животные впадают в особое состояние, называемое анабиозом, при котором резко снижается активность ферментов и на минимальном уровне находится интенсивность обменных процессов.

Некоторые микроорганизмы могут существовать в толще льдов при температуре от  $0$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ ; другие нормально развиваются при таких высоких температурах, которые для других животных губительны. К ним относятся организмы, живущие в горячих источниках при температуре от  $+50$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ , а также спорообразующие бактерии, которые выдерживают нагревание до  $120^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут.

Пойкилотермные животные в экстремальных температурах реагируют реакциями гипо- и анабиоза, в основе которых лежит снижение обмена веществ и энергозатрат. За счет этого пойкилотермные организмы переживают температурный стресс и другие экстремальные ситуации.

### **Гетеротермия**

Гетеротермия (от греч. heteros – другой и therme – тепло), способность организма произвольно регулировать температуру тела либо поддерживая её на физиологически нормальном высоком уровне, либо понижая до температуры внешней среды и впадая в оцепенение. В отличие от пойкилотермии, характерной для холоднокровных животных (например, амфибий), при гетеротермии животное может при необходимости произвольно выходить из оцепенения и повышать уровень метаболической активности до состояния, необходимого для нормальной жизнедеятельности. В пробуждении участвуют запасы бурого жира.

Гетеротермия – важное приспособление для переживания неблагоприятных климатических условий и бескормицы. Из млекопитающих способностью к гетеротермии обладают некоторые рукокрылые, сони и др.

Существует группа животных с переходными формами температурных реакций. В определенных условиях они проявляют свойства и пойкилотермии, так и гомойотермии. Например, для летучей мыши, находящейся в полете, характерна гомойотермия, а в вертикальном подвешенном состоянии во время спячки — пойкилотермия. К факультативным пойкилотермам относятся и зимне-спящие животные и грызуны, и некоторые мелкие птицы — колибри. Анабиотические механизмы защиты сохранились и у высших животных; они проявляются в определенных условиях, например, при гипобиозе.

## Системные механизмы регуляции температуры

Функциональная система, определяющая оптимальную для метаболизма температуру тела, объединяет две подсистемы: внутренней эндогенной саморегуляции и целенаправленного поведения. Эндогенные механизмы саморегуляции за счет процессов теплопродукции и тепловыделения определяют поддержание необходимой для метаболизма температуры тела. Когда этих механизмов становится недостаточно, тогда на основе первичных изменений внутри организма рождается мотивация и формируется поведение, направленное на восстановление температурного оптимума.

Для нормального течения метаболических процессов гомойотермные животные, в том числе и человек, вынуждены поддерживать температуру тела на постоянном уровне. Однако это постоянство условно. Температура тела подвержена колебаниям, границы которых зависят от времени суток, функционального состояния организма, теплоизоляционных свойств одежды и пр.

Еще И.П.Павлов говорил о существовании в одних частях или тканях организма процессов пойкилотермии, а в других — гомойотермии. Соединение этих двух принципов защиты против температурной агрессии внешней среды обеспечивает ее высокую надежность.

### Температурные «ядро» и «оболочка»

Организм человека состоит из внутреннего гомойотермного «ядра» и пойкилотермной «оболочки», относительно легко меняющей свою температуру в зависимости от условий внешней среды.

Эти представления основаны на том, что постоянная температура ( $37^{\circ}\text{C}$ ), свойственная глубоким тканям тела человека, сохраняется лишь на глубине 2,5 см. Температура поверхностного слоя туловища человека, в отличие от внутреннего слоя, легко меняется под влиянием внутренних и внешних причин.

Температура тела днем выше, чем ночью, и в течение суток колеблется в пределах  $0,5\text{—}3^{\circ}\text{C}$ , снижаясь до минимального уровня в 3—4 часа утра и достигая максимума к 16—18 часам вечера.

Суточный ритм температурной кривой поддерживается без каких-либо регулирующих факторов; он присущ самому организму и представляет собой истинно эндогенный ритм.

У женщин имеются циклические колебания температуры во время овуляции, когда базальная (ректальная) температура возрастает до  $37,2^{\circ}\text{C}$ .

Температура тела колеблется не только в течение суток, она зависит от времени года, при адаптации к холоду, при переходе к новому распорядку жизни, зависит от внешней температуры и от функционального состояния организма. Температура повышается после приема пищи, при мышечной работе, нервном напряжении, особенно при эмоциональном стрессе, а также у беременных и во время родов.

С медицинской точки зрения значение имеет понятие температурной схемы тела, которая определяется различным уровнем обмена веществ в разных органах.

Температура тела в подмышечной впадине  $-36,8^{\circ}\text{C}$ , на ладонных поверхностях руки  $25-34^{\circ}\text{C}$ , в прямой кишке  $-37,2-37,5^{\circ}\text{C}$ , в ротовой полости  $-36,9^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая температура отмечается в пальцах стоп, самая высокая в печени. В печени температура равна  $37,8-38^{\circ}\text{C}$ , а в мозге  $-36,9-37,8^{\circ}\text{C}$ . Пребывание человека в ванне при температуре воды  $40^{\circ}\text{C}$  вызывает у него повышение температуры головного мозга на  $2^{\circ}\text{C}$ ; в прямой кишке — на  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Интенсивная мышечная работа приводит к повышению температуры мозга на  $0,4-6^{\circ}\text{C}$ , а температуры мышц на  $7^{\circ}\text{C}$ . При купании в холодной воде температура стоп падает до  $16^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, температура ядра проецируется на поверхность кожи, а ее распределение специфично отражает температуру внутренних органов.

Индивидуальные особенности температурной схемы тела:

- 1) здоровый человек имеет относительно постоянную температурную схему тела;
- 2) особенности температурной схемы тела генетически детерминированы индивидуальным для вида метаболизмом;
- 3) индивидуальные особенности температурной схемы тела определяются влияниями гуморальных факторов и тонусом вегетативной нервной системы;
- 4) температурная схема тела совершенствуется в процессе воспитания, определяется образом жизни и особенно закаливанием.

### **Температура крови**

Истинной температурой тела, т.е. температурой, отклонение которой от нормы приводит к включению сложных механизмов саморегуляции, считают температуру крови правой половины сердца; она колеблется в пределах  $37-38^{\circ}\text{C}$ .

### **Рецепция результата, локализация и свойства терморецепторов**

Выделяют три группы терморецепторов:

- 1) поверхностные терморецепторы кожи;
- 2) терморецепторы кровеносных сосудов;
- 3) терморецепторы ЦНС, расположенные в гипоталамусе, мозжечке, ретикулярной формации ствола мозга и в спинном мозге.

Кожные терморецепторы бывают холодные, расположенные в толще кожи на глубине  $0,17\text{ мм}$  и тепловые, на глубине  $0,3\text{ мм}$ . Число рецепторов, воспринимающих холод значительно больше.

Сенсорная информация от терморецепторов распространяется по нервным волокнам типа А-дельта в таламус, гипоталамус и кору головного мозга.

Изменение температуры крови в различных областях кровяного русла в сторону, как снижения, так и повышения воспринимается терморецепторами сосудистой стенки и окружающих тканей.

Поддержание температуры тела на оптимальном для метаболизма уровне осуществляется за счет регулирующего влияния ЦНС.

Центры теплоотдачи — располагаются в гипоталамусе. Центры теплообразования — располагаются также в гипоталамусе, в заднебоковых отделах. Между ними существуют специфические взаимоотношения. При усилении активности центров теплопродукции тормозится деятельность центров теплоотдачи и наоборот.

При повышении температуры внутренней среды, в том числе крови, активируются терморепторы тканей и переднего гипоталамуса. Это приводит к активации механизмов теплоотдачи с помощью физической теплоотдачи и торможения теплопродукции, в результате температура тела снижается.

При снижении температуры внутренней среды активируются механизмы теплопродукции и тормозятся механизмы теплоотдачи, и температура тела повышается.

В деятельность функциональной системы включается и внешнее поведенческое звено. Человек поддерживает постоянство температуры тела за счет одежды, жилища, обогрева.

### **Теплообразование**

Теплообразование обусловлено увеличением интенсивности метаболизма в тканях. Это становится возможным благодаря ряду факторов:

- 1) генетические особенности объекта: рост, масса тела, пол, эндокринная система;
- 2) характер питания;
- 3) интенсивность мышечной работы;
- 4) окружающая температура;
- 5) эмоциональное состояние субъекта;
- 6) кислородное обеспечение организма (недостаток кислорода увеличивает теплообразование);
- 7) интенсивность видимого света — в темноте теплообразование снижается;
- 8) уровень солнечной активности.

### **Теплоотдача и теплопродукция**

Теплоотдачу определяют следующие физические процессы:

- 1) перемещение теплого воздуха с поверхности кожи путем конвекции;
- 2) теплоизлучение;
- 3) испарение жидкости с поверхности кожи и верхних дыхательных путей;
- 4) выделение мочи и кала.

Конвекции, теплоизлучение и испарение тепла прямо пропорциональны теплоемкости окружающей среды. Теплоотдача зависит от площади поверхности тела. Известно, что многие животные на холоде сворачиваются в клубок, занимая меньший объем.

При действии высокой температуры сосуды расширяются, при действии низкой — сужаются.

Наиболее существенным механизмом теплоотдачи является потоотделение. С 1 г пара организм теряет около 600 ккал тепла. В горячих цехах при температуре 50<sup>0</sup>С человек теряет в сутки до 12 л пота и выделяет 8 тыс. ккал. Установлено, что не все люди в равной степени обладают способностью к усиленному потоотделению в условиях повышенной температуры.

Разные отделы тела, например мошонка, обладают локальной саморегуляцией температуры. При низкой температуре мошонка укорачивается за счет сокращения соответствующих мышц, при высокой температуре — расслабляется. Такой механизм предохраняет яички от перегрева и охлаждения, оберегая сперматогенез. Локальной температурной саморегуляцией обладает также сосудистый аппарат кожи.

В процессах теплопродукции принимают участие гормоны гипофиза, щитовидной железы и надпочечников.

В процессах саморегуляции температуры тела при низкой окружающей температуре снижается секреция тиреотропного гормона гипофиза. В этом случае адреналин расширяет артериолы кожи.

У человека и приматов серотонин является доминирующим медиатором, регулирующим механизмы терморегуляции на холоде. Норадреналин усиливает теплоотдачу, серотонин — теплопродукцию при охлаждении организма.

Теплообразование регулируется симпатической нервной системой. Процессы теплоотдачи определяются изменением тонуса кожных сосудов. При возбуждении симпатической нервной системы на холоде повышается продукция мозгового вещества надпочечников — адреналина и норадреналина, которые повышают продукцию тепла в печени, скелетных мышцах и буром жире.

Соматическая нервная система регулирует процессы сократительного термогенеза скелетных мышц.

Поскольку рецепторная функция температуры тела широко представлена по разным отделам ЦНС, каждый отдел мозга выполняет свои задачи. Лимбические структуры мозга определяют теплоощущение. Кора большого мозга, с помощью механизмов условных рефлексов обуславливает заблаговременную (опережающую) терморегуляцию. Например, у человека, собирающегося выйти на улицу зимой в холод или летом в жару, соответственно еще в помещении возрастает или, наоборот, снижается теплопродукция.

### **Условно-рефлекторная терморегуляция**

Терморегуляция определяется условно-рефлекторными процессами. Отмечено, что у людей, работающих в условиях горячих цехов или в холодильниках, одна лишь обстановка может условно рефлекторно изменить терморегуляцию.

Терморегуляция — динамический процесс, постоянное взаимодействие процессов теплопродукции и теплоотдачи в зависимости от состояния человека и окружающей его температуры.



Оптимальный уровень температуры тела у человека в одежде поддерживается механизмами саморегуляции при температуре в пределах 18—20<sup>0</sup>С, а для обнаженного человека 28<sup>0</sup>С. Такая температура окружающей среды получила название оптимальной температуры, или зоны комфорта.

Температурные воздействия приводят к сопряженным изменениям дыхания и сердечной деятельности. При повышении температуры тела дыхание и сердцебиение учащаются.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ