

ОБМЕН ЭНЕРГИИ

- ▣ *Изучение энергетического обмена в организме животных стало возможным после открытия основных законов сохранения материи и энергии (М. В. Ломоносов, 1748). С обменом веществ тесно связан обмен энергии, так как они составляют единый биологический процесс. Животный организм из окружающей среды с кормом получает белки, углеводы, жиры, витамины, минеральные соли, воду, кислород, а выделяет в нее конечные продукты обмена веществ. В результате биохимических реакций, происходящих в организме, образуется большое количество химической энергии, которая используется для поддержания функций жизненно важных органов и может превращаться в другие виды энергии. Обмен веществ и энергии в организме служит интегральным показателем всех физиологических процессов. Все разнообразные формы жизнедеятельности организма животных тесно связаны с использованием энергии. Закономерности, лежащие в основе этих процессов, в совокупности называют **биоэнергетикой**. Живой организм представляет собой систему, в которую непрерывно поступает энергия из окружающей среды и из которой выделяется такое же ее количество. Благодаря этому в организме, как в саморегулирующейся системе, устанавливается динамическое равновесие. Различные стороны проявления жизни требуют затрат энергии, которая должна поступать извне.*

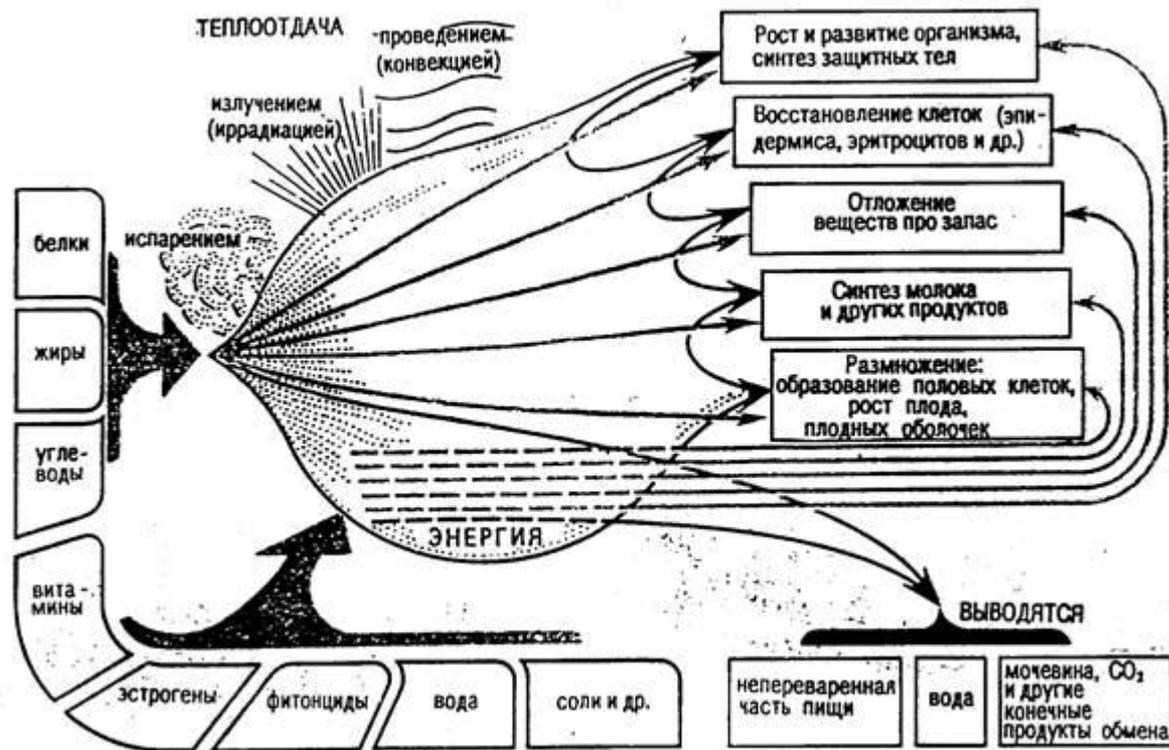


ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

- *Химическая, или потенциальная, энергия питательных веществ заключена в различных ковалентных связях между атомами в молекуле. Например, в глюкозе количество этой энергии, заключенной между атомами С, Н и О, составляет около 2871,2 кДж (686 ккал) на моль то есть на 180 г глюкозы). Эта энергия освобождается при окислении: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 2871,2 \text{ кДж}$. В живой клетке это огромное количество энергии освобождается не одновременно, а в ходе ступенчатого процесса, управляемого рядом окислительных ферментов, которые в конце концов превращают питательные вещества в CO_2 и H_2O .*



СХЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖИВОТНЫМИ



МАКРОЭРГИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

В обмене энергии важную роль играют макроэргические соединения, в химических связях которых сосредоточено большое количество энергии. К таким соединениям относят **АТФ, АДФ, креатинфосфат** и другие, при гидролизе которых освобождается значительное количество свободной энергии. В них аккумулируется потенциальная химическая энергия, заключенная **в углеводах, жирах и белках** при их распаде в клетках живого организма. При окислении одной грамм-молекулы глюкозы в анаэробных условиях образуются две моли АТФ, а в аэробных условиях — 38 (в 19 раз больше). Необходимая энергия черпается из макроэргических связей АТФ, и поэтому именно АТФ принимает участие в большинстве синтетических процессов, происходящих в организме, начиная от построения белков и до синтеза конечного продукта азотистого обмена — мочевины. Таким образом, АТФ занимает ведущее положение в энергетике организма. Запасенная в ней энергия с помощью ферментов фосфотрансфераз переключается с одного процесса обмена веществ на другой, а под действием фермента аденозинтрифосфатазы молекула АТФ расщепляется. Освобождающаяся при этом энергия может преобразовываться в другие виды энергии: механическую, тепловую, электрическую и т. д. В результате различных превращений все виды энергии, кроме первичного тепла, превращаются в тепловую (вторичное тепло) и выделяются из организма. В связи с тем что АТФ постоянно расходуется, обязательным условием жизни является возобновление ее запасов в организме. Такое возобновление идет в виде ресинтеза АТФ, происходящего в реакциях различного типа, важнейшая из которых — реакция окислительного фосфорилирования. **Совокупность всех протекающих в клетках процессов распада питательных веществ, синтеза новых соединений и превращения энергии получила название метаболической мельницы.**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ.

- ▣ Величину потенциальной энергии в организме можно узнать по количеству питательных веществ, поступивших вместе с кормом. При сгорании пищевых веществ в организме до CO_2 и H_2O освобождается такое же количество энергии, что и при сжигании их вне организма. При определении теплоты сгорания основных пищевых веществ в калориметре получают следующие величины (кДж/г) : белки — 24,3; углеводы — 17,2; жиры — 38,9. В организме энергия жиров и углеводов используется полностью, а белков — частично. Физиологическая калорийная ценность белков равна 17,2 кДж/г . Следовательно, зная количество принятых с кормом белков, жиров и углеводов, можно подсчитать приход энергии. Общий расход энергии в организме наиболее точно можно определить по количеству освобожденного тепла, выраженного также в кДж. Количество тепла, выделенного организмом, служит точной мерой всего энергетического расхода организма., а **Энергию, заключенную в корме, называют валовой а энергию корма за вычетом энергии в кале — энергией переваримых питательных веществ или переваримой энергией.** Энергию, определяемую по разности между валовой энергией корма и потерями ее с калом, мочой, кишечными газами и др., называют физиологически полезной или обменной энергией. Последняя служит научно обоснованным критерием энергетической оценки питательности кормов.



КАЛОРИМЕТРИЯ

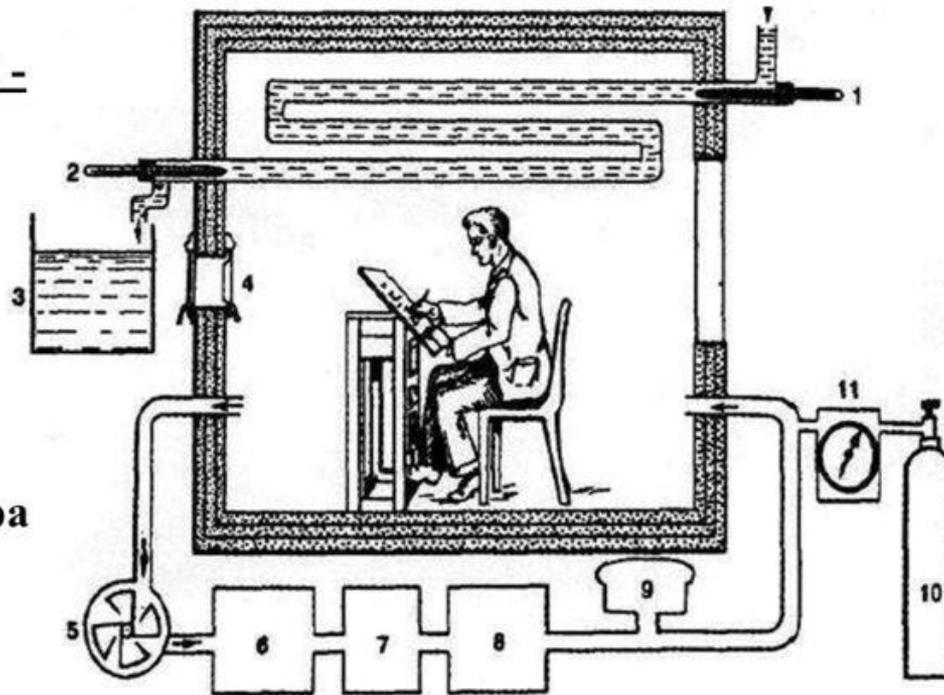
- В процессе обмена веществ в организме постоянно происходит обмен газов. Жизненные проявления организма обуславливаются постоянным и значительным обменом вдыхаемых и выдыхаемых газов. Поэтому изучение газового обмена у животных имеет большое практическое значение для определения уровня и направления обмена веществ и энергии. Основная задача при изучении газового обмена заключается в как можно более точном определении количества выделяемой двуокиси углерода (CO_2) и потребляемого животными кислорода (O_2) за определенный промежуток времени. Освобождение и расходование энергии в организме животного, исчисляемые в килоджоулях (килокалориях), могут быть измерены непосредственно калориметрически или косвенно — методом газового обмена. Поэтому для определения количества тепла, образующегося в организме, существуют два метода — **прямая и непрямая калориметрия**.



ПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ

**Прямая
калориметрия -**
непосредственное
измерение
количества тепла,
выделенного
организмом

Схема
биокалориметра



(1,2) - термометры для измерения температуры H_2O , протекающей по трубкам в камере; (3) - бак для воды; (4) - окно для подачи пищи; (5) - насос для удаления воздуха из камеры; (6,8) баки с серной кислотой для поглощения воды; (7) баки с известью для поглощения CO_2 ; (9) - сосуд для поддержания постоянного давления в камере; (10) - баллон для подачи O_2 в камеру; (11) - газ. часы.



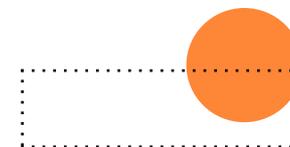
ПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ

- **Прямая калориметрия** . Это **непосредственное измерение тепла, выделяемого организмом**. Для этого используют специальные калориметрические камеры с теплонепроницаемыми стенками. Тепло, выделяемое животным, поглощается водой, которая протекает по трубке, проходящей по камере.
- Разница температуры воды определяется двумя термометрами, показывающими сотые и тысячные доли градуса. По разнице температуры воды вычисляют количество освобожденного тепла (Дж) . Метод прямой калориметрии более точен, чем косвенное вычисление тепла, но по технике он сложен и связан с большой затратой времени.



КАЛОРИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КИСЛОРОДА И ДВУОКСИ УГЛЕРОДА ПРИ ОКИСЛЕНИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ

| Питательные вещества | Количество джоулей, выделенных в организме на 1 г вещества | Поглощено O ₂ на 1 г вещества, л | Выделено CO ₂ на 1 г вещества, л | Дыхательный коэффициент | Калорический коэффициент, Дж | |
|----------------------|--|---|---|-------------------------|------------------------------|-----------------|
| | | | | | O ₂ | CO ₂ |
| протеины | 18,5 | 0,9661 | 0,7817 | 0,809 | 19,2 | 23,8 |
| жиры | 40,0 | 2,0192 | 1,4273 | 0,708 | 19,6 | 27,7 |
| углеводы | 17,5 | 0,8288 | 0,8288 | 1,000 | | 21,1 |



НЕПРЯМА Я КАЛОРИМЕТРИЯ

- ▣ **Непряма я калориметрия** . Наиболее широко применяется на практике. Это метод измерения обмена энергии по выделению двуокиси углерода и потреблению кислорода. Используют специальные герметические респирационные камеры. Однако они по своей конструкции очень сложны, поэтому газообмен изучают масочным методом (рис. 40). Потребление одного литра кислорода или выделение одного литра двуокиси углерода соответствует образованию определенного количества тепла, что называют калорическим коэффициентом O_2 или CO_2 . Уровень обмена веществ можно определить по дыхательному коэффициенту. Дыхательным коэффициентом называют объемное соотношение выделенного CO_2 к поглощенному O_2 за тот же промежуток времени: $RQ = CO_2 / O_2$. Причем величина дыхательного коэффициента при окислении белков, жиров и углеводов различна в зависимости от того, какие вещества в организме окисляются во время измерения. Так, при окислении глюкозы дыхательный коэффициент равен 1; жиров — 0,7; белков — 0,8. Величина его зависит от многих факторов. Газообмен служит интегральным показателем уровня окислительно- восстановительных процессов, так как дыхательный коэффициент дает возможность судить о качественной стороне, характере обмена веществ. Калорические коэффициенты O_2 при окислении белков, жиров, углеводов различны, они неодинаковы и при разных дыхательных коэффициентах. Поэтому определенному коэффициенту будет соответствовать определенное количество тепловой энергии. Следовательно, по калорической ценности кислорода можно рассчитать общую теплопродукцию в организме животного

ОСНОВНОЙ ОБМЕН.

Важным показателем энергетических превращений в организме является **основной обмен**, характеризующий интенсивность окислительных процессов при стандартных условиях покоя. **Под основным обменом понимают выработку энергии в организме в го лодном состоянии (натошак) и при полном мышечном покое, то есть то минимальное количество энергии, которое расходуется на функционирование жизненно важных систем (кровообращение, дыхание, пищеварение, деятельность мышц и желез внутренней и внешней секреции, централь ной нервной системы и т.д.) . Энергию, затрачиваемую организмом животного для образования различных видов продукции, называют продуктивным обменом.** Таким образом, общая энергетическая потребность организма складывается из энергии, затрачиваемой на поддержание жизнедеятельности, и энергии, необходимой для продуктивности и выполнения работы. **Основной обмен изучают методами прямой и непрямой калориметрии при определенных условиях (постоянная окружающая температура, натошак, полный мышечный покой) спустя 48 ч голодной диеты.** На уровень основного обмена влияют: порода, вид, возраст, пол, живая я масса, продуктивность, физическое состояние животного, время года и ряд других внешних и внутренних факторов. Уровень энергетического обмена у разных видов животных отличается ,чем крупнее животное, тем меньше расходуется энергии на единицу массы тела. Такой способ расчета затрат энергии дает только приблизительное представление об истинном уровне энергетических потребностей. При этом энергетические затраты на 1 м² поверхности мало зависят от размеров животного.

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ 1 л КИСЛОРОДА, ПРИ РАЗНЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТАХ

| дыхательный коэффициент | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Дж | 19,6 | 19,8 | 20,1 | 20,3 | 20,6 | 20,9 | 21,1 |



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН У ЖИВОТНЫХ РАЗНЫХ ВИДОВ (по А. Д. СЛОНИМУ)

| Вид животных | Масса тела | Теплопродукция, кДж в сутки | |
|--------------|------------|-----------------------------|--|
| | | на 1 кг массы тела | на 1 м ² поверхность и тела |
| Лошадь | 441 | 43,7 | 3967,8 |
| Свинья | 128 | 79,9 | 4512,0 |
| Собака | 15,2 | 215,6 | 4348,7 |
| Кролик | 2,3 | 314,3 | 3247,9 |
| Курица | 2,0 | 297,2 | 3946,9 |

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ

- Энергетические потребности у разных пород животных неодинаковы и зависят также от пола и возраста. Обычно у самцов основной обмен выше, чем у самок. У растущих животных потребность в энергии больше, чем у взрослых. Основной обмен меняется в зависимости от сезона года и в течение суток: летом и весной он выше, чем осенью и зимой, днем выше, чем ночью. Интенсивность обмена веществ и энергии зависит от разного уровня парциального давления кислорода. Горный климат оказывает многообразное влияние на организм овец. У животных наблюдают определенные колебания основного обмена при различных физиологических состояниях: лактации, беременности, мышечной деятельности и т. д. Основной обмен у лактирующих коров на 30 % выше, чем у сухостойных. **Основной обмен меняется в зависимости от сезона года и в течение суток:** летом и весной он выше, чем осенью и зимой, днем выше, чем ночью. Интенсивность обмена веществ и энергии зависит от разного уровня парциального давления. Горный климат оказывает многообразное влияние на организм овец. У животных наблюдают определенные колебания основного обмена при различных физиологических состояниях: лактации, беременности, мышечной деятельности и т. д. Основной обмен у лактирующих коров на 30 % выше, чем у сухостойных. На энергетический обмен в большой степени влияет прием корма. Этот процесс вызывает повышение обмена веществ в организме животного в среднем на 30 %. Такое усиливающее влияние приема корма получило название **динамического действия корма**. Причем сильнее действует прием белкового корма, тогда как влияние углеводов и жиров менее значительно.



РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ

- С обменом веществ тесно связан обмен энергии в организме. Эта взаимосвязь обуславливается регулирующей деятельностью центральной нервной системы. Ведущая роль в регуляции обмена энергии принадлежит коре больших полушарий. Кроме того, в этом принимают участие центры вегетативной нервной системы, расположенные в промежуточном мозге. Большое значение в регуляции уровня энергетического обмена имеют рефлексы, возникающие при раздражении различных интеро- и экстеро-рецепторов. На интенсивность энергетического обмена оказывает влияние гипоталамус. Важную функцию в регуляции биоэнергетики выполняют гормоны. Из желез внутренней секреции, оказывающих влияние на обмен энергии, наиболее изучены гипофиз, щитовидная, поджелудочная железы и надпочечники



ТЕПЛООБМЕН И РЕГУЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА

- Постоянство температуры тела животного — необходимое условие для обмена веществ и ведущий фактор, обеспечивающий нормальный уровень тканевых процессов в целом организме. В то же время уровень обмена веществ и энергии определяет постоянство температуры животного. Тепловой баланс находится в прямой зависимости от равновесия между продукцией энергии, образующейся в результате жизнедеятельности организма, и отдачей ее в окружающую среду. Поддержание термического гомеостаза в организме высших животных осуществляется благодаря деятельности сложного физиологического механизма, регулирующего теплопродукцию и теплоотдачу. Теплопродукция — процесс химический, а теплоотдача — физический



Механизмы терморегуляции

- Физиологические механизмы, обеспечивающие тепловой гомеостаз организма (его “ядра”), подразделяются на две функциональные группы: механизмы химической и физической терморегуляции.
- Химическая терморегуляция представляет собой регуляцию теплопродукции организма. Тепло постоянно вырабатывается в организме в процессе окислительно-восстановительных реакций метаболизма.
- При этом часть его отдается во внешнюю среду тем больше, чем больше разница температуры тела и среды.
- Поэтому поддержание устойчивой температуры тела при снижении температуры среды требует соответствующего усиления процессов метаболизма и сопровождающего их теплообразования, что компенсирует теплотери и приводит к сохранению общего теплового баланса организма и поддержанию постоянства внутренней температуры.

Один из наиболее обычных механизмов специфического терморегуляторного теплообразования в мышцах — так называемый **терморегуляционный тонус**.

Он выражен **микросокращениями фибрилл**, регистрируемыми в виде повышения электрической активности внешне неподвижной мышцы при ее охлаждении. Терморегуляционный тонус повышает потребление кислорода мышцей подчас более чем на 150%.

По температуре тела животных делят на две большие группы

- **К одной принадлежат так называемые пойкилотермные (холоднокровные) животные.** Температура их тела пассивно изменяется вслед за колебаниями температуры внешней среды. К ним относятся рептилии, земноводные, насекомые и некоторые другие.
- **Другую группу составляют гомойотермные (теплокровные) животные** — птицы и млекопитающие. Они способны поддерживать стабильную температуру внутренних частей тела на определенном уровне. Такое постоянство температуры тела называют изотермией. Для каждого вида гомойотермного животного характерна определенная температурная граница



ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА У РАЗЛИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

| Вид животных | Температура | Вид животных | Температура |
|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Лошадь | 37,5 --38, 5 | Свинья | 38,0—40,0 |
| Корова | 37,5 - -39, 0 | Курица | 40,5—42,0 |
| Буйвол | 37,0--38, 5 | Индейка | 40,0—41,5 |
| Олень | 38,0--38, 5 | Утка | 41,0—43,0 |
| Овца | 38,5 - -40, 0 | Кролик | 38,5—39,5 |
| Коза | 38,5 - -40, 0 | Собака | 37,5—39,5 |

ТЕМПЕРАТУРА

- Низкая температура тела вызывает в организме ряд очень важных физиологических изменений. Самое существенное из них — это уменьшение потребности в кислороде. Данным обстоятельством пользуются хирурги при труднейших операциях на сердце, мозге и других важных органах в условиях, приближающихся к искусственной зимней спячке (**гибернация**). Если температура тела у разных видов животных относительно постоянна, то температура поверхности тела (кожи) подвержена значительным колебаниям. Это зависит как от величины нагревания кожи притекающей кровью, так и от охлаждения ее окружающей средой. Поэтому организм теплокровных животных делят на две части: внутреннюю, или сердцевину (внутренние органы, скелетная мускулатура), и поверхностную оболочку тела (кожа, конечности). Примерно **50—60 %** химической энергии корма, освобождаемой в организме, переходит в химические связи особых органических соединений — макроэргов. Остальная энергия в процессе этих превращений выделяется в виде тепла, которое рассеивается в тканях и нагревает их. Температурный гомеостаз в основном поддерживается за счет сердцевины тела. Постоянство температуры тела животного, с одной стороны, осуществляется химической, с другой — **физической терморегуляцией**.



ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ.

- ▣ **Под химической терморегуляцией** понимают совокупность физиологических процессов, обеспечивающих обмен веществ и образование тепла в организме животных при воздействии различных температур и других факторов внешней среды. Она является сложным рефлекторным актом, имеющим довольно постоянный видовой признак, характеризующий отношение разных животных к условиям внешней среды. Как известно, тепло образуется при окислительных процессах в митохондриях клеток. Мышцы и железы, составляя большую часть живых тканей, служат основными участками теплопродукции. Более 80 % тепла организма образуется в скелетных мышцах во время работы. Второе место по выработке тепла занимает печень. Поэтому ведущая роль в осуществлении химической терморегуляции принадлежит скелетным мышцам и печени. На обмен веществ и энергии влияет температура окружающей среды. При понижении внешней температуры обмен веществ повышается, и наоборот, при повышении — понижается, чтобы не допустить перегревания организма. Температура среды, при которой теплоудерживающие механизмы не могут больше поддерживать постоянную температуру тела и теплопродукция должна возрасти, **называют критической**. Причем для разных видов животных эта температура различна. Среди сельскохозяйственных животных крупный рогатый скот и овцы имеют самую низкую критическую температуру и поэтому могут лучше противостоять холоду. У упитанного скота она ниже, чем у неупитанного, поэтому первые лучше переносят низкие внешние температуры





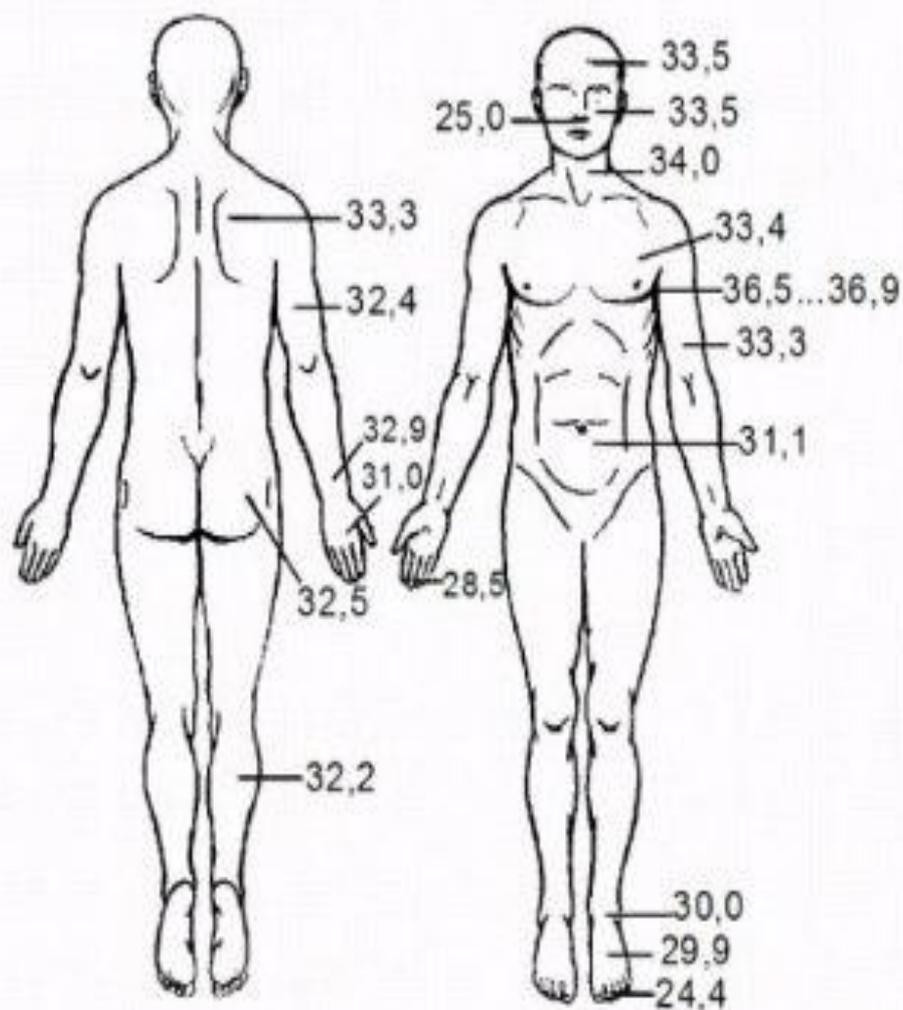
ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

Под физической терморегуляцией понимают совокупность физиологических процессов, регулирующих отдачу тепла из организма и тем самым обеспечивающих постоянство температуры тела животного. Организм выводит тепловую энергию следующими способами: 1) радиацией и конвекцией; 2) с испаряющейся водой через кожу и дыхательные пути; 3) с калом и мочой. Первые два способа более важны для выделения тепла по сравнению с третьим. Эффективность данных способов во многом зависит от достаточного запаса воды в организме. Количество тепла, потерянного телом при испарении 1 г воды, составляет примерно 2,4 кДж. Кожа играет важную роль в терморегуляции, так как около 60 % общей потери тепла при испарении происходит через нее. Этому способствуют потовые железы. Хорошо развиты потовые железы у лошадей, крупного рогатого скота и овец. В зависимости от уровня химической терморегуляции, выполнения мышечной работы и температуры окружающей среды выделяется различное количество пота. У собак из-за слабого развития потовых желез вода испаряется в основном через дыхательные пути. Благодаря совместному действию механизмов, регулирующих интенсивность обмена веществ и энергии (химическая терморегуляция), и механизмов, регулирующих кровоснабжение кожи и потоотделение, то есть теплоотдачу (**физическая терморегуляция**), температура тела животного всегда находится на постоянном уровне, но имеет суточную ритмику. **Утром она обычно ниже, чем вечером (циркадианный ритм).**

РЕГУЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА.

- ▣ **Основной центр, регулирующий температуру тела животного,— это гипоталамус** . В его передней части рас положен центр теплоотдачи, а в зад ней — центр теплообразования . Благодаря наличию в коже тепловых и Холодовых рецепторов сигналы об изменениях температуры поступают в центр терморегуляции, который передает соответствующие импульсы сосудистым, дыхательным, двигательным и другим центрам, участвующим в терморегуляции. Центральный механизм терморегуляции приводится в действие двумя путями. **Первый определяется температурой циркулирующей крови, омывающей гипоталамус**. В зависимости от ее температуры возбуждается соответствующий центр, влияющий на теплопродукцию или теплоотдачу. **Второй путь — рефлекторный и условно- рефлекторный**. В осуществлении условнорефлекторных механизмов, поддерживающих постоянство температуры тела, огромное значение имеет кора больших полушарий, координирующая функцию гипоталамуса, гипофиза и других желез внутренней секреции: надпочечников, щитовидной железы. Таким образом, регуляция температуры тела животных осуществляется подкорковыми центрами под общим регулирующим влиянием коры больших полушарий головного мозга. Процессы терморегуляции у разных животных имеют свою специфику. Поэтому у них и различна я степень приспособленности к условиям внешней среды.

ТЕМПЕРАТУРА КОЖНЫХ ПОКРОВОВ 01



Температура печени +38 ... +38,5 град.С

Температура в прямой кишке,
ректальная +37 ... +37,5 град. С

Температура в подмышечной впадине
у здорового человека +36 ... +37 град.С

Понижение температуры тела,
при которой возникает озноб,
не представляет опасности, до + 32 град.С

Понижение температуры тела,
при которой наступает кома,
нарушение сердечной деятельности
и дыхания, до + 27 град. С

Критическая температура тела
ниже + 25 град.С

Данные взяты из справочников
Доверяй, но проверяй
Continuation follows

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛА СТУДЕНТКА 2 КУРСА

□ Логинова Ксения (6 ГР)

