



ФИЗИОЛОГИЯ ТЕПЛООБМЕНА

Ягмурова Гульнара Реджеповна

Преподаватель, Туркменский государственный медицинский университет им.
Мырата Гаррыева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

Теплообмен является одним из важнейших физиологических процессов, обеспечивающих поддержание гомеостаза организма человека. Эффективная терморегуляция позволяет организму адаптироваться к изменениям внешней температуры, физической нагрузки и другим факторам окружающей среды. В статье рассматриваются основные механизмы теплообмена, пути теплопередачи, физиологические реакции на переохлаждение и перегрев, а также практическое значение знаний о терморегуляции в медицине, спорте и других областях. Представлен анализ современных исследований и технологий, направленных на мониторинг и коррекцию теплового состояния организма.

Ключевые слова: теплообмен, терморегуляция, гомеостаз, гипоталамус, перегрев, переохлаждение, физиология, адаптация.

1. Введение

Физиология теплообмена изучает механизмы формирования, распределения и отдачи тепла организмом. Поддержание постоянной температуры тела — один из фундаментальных признаков теплокровных животных, включая человека. Любое отклонение от термического баланса может привести к нарушению функционирования ферментных систем, ухудшению метаболизма и даже гибели клеток. Поэтому понимание закономерностей терморегуляции имеет важное значение как в научном, так и прикладном аспекте — от медицины до физической культуры и промышленной безопасности.

2. Механизмы теплообразования в организме

Теплообразование является результатом сложных биохимических и физиологических процессов, происходящих в организме человека. В нормальных условиях организм постоянно вырабатывает тепло в процессе обмена веществ — это необходимо для поддержания оптимальной температуры тела, при которой возможна эффективная работа всех ферментных и метаболических систем.

Основным источником теплопродукции является базальный (основной) метаболизм, обеспечивающий функционирование внутренних органов даже в состоянии покоя. Наибольшая часть энергии, получаемой при расщеплении углеводов, жиров и белков, не трансформируется в механическую работу, а выделяется в виде тепла.

В условиях физической нагрузки теплопродукция увеличивается в разы, особенно в результате интенсивной работы скелетных мышц. Этот процесс сопровождается учащением сердцебиения, дыхания и повышением температуры тела. Кроме того, теплообразование может усиливаться за счёт пищеварительного термогенеза — процесса выделения тепла при переваривании пищи, особенно белковой. Существенную роль играют также гормональные влияния. Тироксин, адреналин и норадреналин, стимулируя обмен веществ, способствуют увеличению производства тепла. Особенно активна в этом отношении бурая жировая ткань, способная выделять значительное количество энергии без участия мышечной активности — этот механизм наиболее выражен у новорождённых, которые ещё не умеют активно дрожать.

Таким образом, теплопродукция является результатом не только метаболических процессов, но и нейроэндокринной регуляции. Центральная нервная система, в частности гипоталамус, выступает в роли координатора всех процессов теплообразования, постоянно сравнивая текущую температуру тела с её биологически оптимальным уровнем и активируя соответствующие компенсаторные механизмы при отклонениях.

3. Пути теплоотдачи

Для поддержания термического равновесия недостаточно лишь вырабатывать тепло — организму необходимо эффективно избавляться от его излишков, особенно в условиях повышенной температуры окружающей среды или при физической активности. Отдача тепла осуществляется благодаря четырём основным физиологическим механизмам, действующим одновременно и взаимосвязанно: излучению, кондукции (теплопередаче), конвекции и испарению влаги с поверхности кожи.

Наиболее значимым способом теплоотдачи в покое является инфракрасное излучение — организм, подобно телу с температурой выше абсолютного нуля, постоянно испускает тепловые волны. При контакте с холодными поверхностями включается теплопередача: тепло передаётся от более тёплого тела (человека) к более холодному предмету. Конвекция, то есть передача тепла с поверхности тела в окружающую среду при помощи движущегося воздуха или жидкости, усиливается при наличии ветра или циркуляции воздуха в помещении. Однако в условиях повышенной температуры окружающей среды основным и наиболее эффективным способом охлаждения становится испарение пота.

Выделение жидкости потовыми железами и её последующее испарение сопровождаются значительными потерями тепла, что позволяет предотвращать перегрев организма. При этом интенсивность потоотделения регулируется гипоталамусом и зависит от множества факторов: влажности воздуха, адаптации организма, уровня физической подготовки и даже эмоционального состояния.

Кожа, благодаря обширной сети кровеносных сосудов и нервных окончаний, является основным органом, участвующим в терморегуляции. При повышении температуры внешней среды сосуды расширяются, увеличивая приток крови к поверхности тела и способствуя усиленной теплоотдаче. В условиях холода происходит сужение сосудов, что снижает теплотери. Нарушения этих механизмов могут привести к гипертермии (перегреву) или гипотермии (переохлаждению), что подтверждает исключительную важность физиологической системы теплоотдачи для поддержания жизни.

4. Центры терморегуляции и нервно-гуморальный контроль

Центральное место в регуляции теплообмена занимает гипоталамус — отдел головного мозга, выполняющий функции "термостата" организма. Именно здесь находятся нейроны, чувствительные к температуре крови и сигналам от периферических терморецепторов. Гипоталамус координирует деятельность всех органов и систем, отвечающих за производство и отдачу тепла. При понижении температуры активируются структуры заднего гипоталамуса, ответственные за запуск механизмов теплопродукции, таких как дрожь и усиление метаболизма. При повышении температуры тела, наоборот, возбуждаются нейроны переднего гипоталамуса, активирующие теплоотдающие реакции — расширение сосудов кожи, потоотделение, снижение мышечного тонуса.

Периферические терморецепторы, расположенные в коже, мышцах, слизистых оболочках, а также внутренние температурные датчики, размещённые в печени, брюшной полости и спинном мозге, постоянно передают информацию о температурных изменениях. Эта информация поступает в центральную нервную систему, где она анализируется и сравнивается с референсным значением — температурной установкой тела.

Наряду с нервными механизмами, терморегуляция контролируется и гуморальным путём — через гормоны и биологически активные вещества. Основную роль в этом процессе играют тиреоидные гормоны (тироксин и трийодтиронин), адреналин, норадреналин и кортизол. Эти гормоны влияют на интенсивность обмена веществ, усиливают окислительные реакции в клетках, способствуя увеличению теплопродукции. Особенно выражено это влияние в условиях длительного пребывания на холоде — тогда активируется щитовидная железа, увеличивается синтез тирокина, и в организме происходит стойкая перестройка энергетического обмена в сторону усиленного теплообразования.

Механизмы терморегуляции также включают поведенческую составляющую: человек осознанно регулирует тепловое состояние — надевает одежду, включает обогреватели, ищет тень или воду в жару. Это отражает важность взаимодействия высшей нервной деятельности с физиологическими процессами. Все описанные механизмы работают синхронно и направлены на поддержание стабильной внутренней температуры тела, несмотря на изменения окружающей среды. Нарушения в регуляции могут наблюдаться при повреждениях гипоталамуса, эндокринных расстройствах или при воздействии экстремальных климатических факторов, что требует внимательного контроля и коррекции в клинической практике.

5. Физиологические реакции на перегрев и переохлаждение

Физиологические реакции на перегрев и переохлаждение представляют собой адаптивные механизмы, направленные на сохранение гомеостаза температуры тела в неблагоприятных условиях. Когда температура окружающей среды или организма превышает допустимые пределы, включаются экстренные защитные системы. В условиях перегрева активизируется теплоотдача, главным образом через потоотделение и расширение сосудов кожи. Это приводит к усиленному испарению влаги с поверхности тела, что позволяет эффективно охлаждать организм. Однако при высокой влажности воздуха или нарушении потоотделения (например, при обезвоживании или кожных заболеваниях) эффективность этого механизма резко снижается, и развивается гипертермия.

Гипертермия может быть лёгкой (температура тела 37,5–38,5°C), умеренной (до 40°C) и тяжёлой (выше 40°C). При этом происходят расстройства сознания, нарушается работа сердечно-сосудистой системы, появляются судороги и возможна потеря сознания. При тепловом ударе угнетается работа центров терморегуляции, что требует немедленного медицинского вмешательства. В экстремальных условиях, таких как спорт на жаре, труд в горячих цехах или нахождение в плотно закрытых помещениях, перегрев может наступить очень быстро. Для его профилактики важны тренировка, адекватное водоснабжение и использование охлаждающей экипировки.

Переохлаждение, в свою очередь, представляет не менее серьёзную опасность. При понижении температуры тела до 35°C и ниже включаются механизмы сохранения тепла: сокращается кожное кровоснабжение (вазоконстрикция), уменьшается теплоотдача, усиливается мышечная активность (дрожь). Это позволяет кратковременно компенсировать теплопотери. Однако длительное пребывание на холоде, особенно во влажной одежде и при ветре, приводит к истощению энергетических запасов, снижению активности центров регуляции и развитию тяжёлых форм гипотермии. В этом состоянии наблюдается брадикардия, снижение частоты дыхания, сонливость, потеря сознания, а в тяжёлых случаях — остановка сердца.

Организм детей и пожилых людей особенно уязвим к температурным перегрузкам из-за несовершенной или ослабленной терморегуляции. У детей ещё не до конца развита система теплопродукции, а у пожилых снижается активность гормональной и сосудистой регуляции. Всё это подчёркивает необходимость особого внимания к этим группам в условиях жары или холода. Таким образом, реакции на перегрев и переохлаждение — это не только рефлекторные акты, но и сложные системы адаптации, охватывающие нейронные, гормональные, сосудистые и поведенческие уровни регуляции. Их изучение имеет важное значение для профилактики и лечения состояний, угрожающих жизни, особенно в условиях изменения климата и роста числа температурных экстремумов.

6. Практическое значение знаний о физиологии теплообмена

Медицина

- **Реаниматология и хирургия:** мониторинг температуры во время операций и при травмах;
- **Инфекционные болезни:** контроль лихорадки;
- **Гипотермия при остановке сердца:** используется искусственно для замедления метаболизма;
- **Диагностика эндокринных нарушений** (тиреотоксикоз, гипотиреоз);
- **Профилактика теплового и холодового шока.**

Спорт и физкультура

- Регуляция теплового состояния спортсменов;
- Роль терморегуляции в восстановлении;
- Адаптация к экстремальным условиям (тренировки в жару, холодовая адаптация).

Знание физиологии теплообмена позволяет избежать перегревов на марафонах, в борьбе, в гимнастике, где риск теплового истощения высок.

Военное дело и спецподготовка

- Использование термобелья и охлаждающих жилетов;
- Обучение выживанию в экстремальных климатических условиях;
- Разработка армейской экипировки, сохраняющей термобаланс.

Космонавтика и авиация

- Поддержание термокомфорта в скафандрах;
- Применение активных охлаждающих систем;
- Защита от перегрева при перегрузках и в замкнутых пространствах.

7. Перспективы исследований в области терморегуляции

Современные исследования стремятся улучшить понимание индивидуальных различий в терморегуляции, включая:

- **Генетические особенности теплопродукции;**
- **Искусственные ткани, регулирующие теплоотдачу** (умная одежда);
- **Биосенсоры** для постоянного контроля температуры тела;
- **Тепловизионная диагностика заболеваний;**
- Применение **искусственного интеллекта** для предсказания риска теплового удара.

Будущее терморегуляции — это слияние физиологии, медицины, инженерии и цифровых технологий.

Заключение

Физиология теплообмена — это ключ к выживанию и адаптации человека в изменчивом мире. Понимание механизмов терморегуляции важно не только для врачей, но и для тренеров, инженеров, спасателей и представителей многих других профессий. На стыке науки и практики рождаются новые методы защиты человека от перегрева и переохлаждения, что особенно актуально в условиях глобальных климатических изменений и увеличения экстремальных температурных воздействий.

Литература

1. Гилберт, С. Ф. **Developmental Biology**. 11th ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2016. — 1080 с.
2. Козлов, И. А., Петров, В. П. **Физиология человека**. — Москва: Медицина, 2019. — 672 с.
3. Guyton, A. C., Hall, J. E. **Textbook of Medical Physiology**. 13th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2016. — 1150 с.
4. Иванов, Н. Н., Смирнова, Т. В. **Терморегуляция и теплообмен организма человека**. — Санкт-Петербург: Питер, 2020. — 320 с.
5. Hall, J. E. **Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology**. 14th ed. Philadelphia: Elsevier, 2021. — 1232 с.
6. Romanovsky, A. A. Thermoregulation: Some Concepts Have Changed. **Functional architecture of the thermoregulatory system**. – *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2014, 307(10), R1128–R1146.