

4-831
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА



КУЧКАРОВА Л.С., БАТЯН А.Н., КРАВЧЕНКО В.А.,
ЛЕМЕСШЕВСКИЙ В.О., ПУХТЕЕВА В.И., СЫСА А.Г.,
КАХАРОВ Б.А., ЯХЬЯЕВА М.Х.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

612
4-831
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.Д. САХАРОВА
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

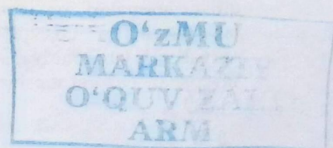
КУЧКАРОВА Л.С., БАТЯН А.Н., КРАВЧЕНКО В.А.,
ЛЕМЕСНЕВСКИЙ В.О., ПУХТЕЕВА В.И., СЫСА А.Г.,
КАХАРОВ Б.А., ЯХЬЯЕВА М.Х.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

(Обмен веществ и энергии. Питание. Терморегуляция)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Ташкент
"Ma'rifat"
2024



УДК: 612(075.8)
ББК: 28.7я7
Н 83

Кучкарова Л.С., Батян А.Н., Кравченко В.А., Лемешевский В.О.,
Пухтеева В.И., Сыса А.Г., Кахаров Б.А., Яхьяева М.Х.
Нормальная физиология. Учебное пособие. –Т: “Ma’rifat”, 2024.
144 стр.

Учебное пособие включает основные понятия по разделу “Обмен веществ и энергии. Терморегуляция” курса “Нормальная физиология. Питание. Терморегуляция” для студентов специальности 1-80-02-01 – Медико-биологическое дело. В пособии теоретически освещены сущность обмена веществ и энергии, энергетическая роль обмена веществ, методы определения энерготрат, дыхательный коэффициент, калорическая ценность различных питательных веществ, калорический эквивалент кислорода, основной обмен, величина и факторы его определяющие, энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности, пластическая роль обмена веществ, незаменимые для организма вещества, нормы суточного потребления белков, жиров и углеводов и их физиологическое обоснование, принципы рационального питания.

Материал иллюстрирован рисунками, таблицами, приводятся рекомендации к оформлению результатов лабораторных работ, контрольные задания и вопросы для самоконтроля, а также глоссарий.

O'quv qo'llanma 1-80-02-01 – Biotibbiyot ixtisosligi talabalari uchun “Normal fiziologiyasi” kursining “Moddalar va va energiya almashivi. Ovqatlanish. Termoregulyasiya” bo'limidagi asosiy tushunchalarini o'z ichiga olgan. Qo'llanmada moddalar va energiya almashinuvining mohiyati, metabolizmning energetik roli, energiya sarfini aniqlash usullari, nafas olish koeffitsienti, turli xil oziq moddalarning kaloriya qiymati, kislorodning kaloriya ekvivalenti, asosiy almashinuv qiymati va uni belgilovchi omillar, har xil turdagi mehnat faoliyatida organizmning energiya sarfi, metabolizmning plastik roli, da almashib bo'lmaydigan moddalar, oqsillar, yog'lar va uglevodlarni kunlik iste'mol qilish normalari va ularning fiziologik asoslari, ratsional ovqatlanish tamoyillari va boshqa ma'lumotlar yoritilgan. Material chizmalar, jadvallar, laboratoriya ishlari natijalarini rasmiylashtirish bo'yicha tavsiyalar, nazorat topshiriqlari va o'z-o'zini nazorat qilish uchun savollar,

shuningdek glossariy bilan tasvirlangan.

The textbook includes the basic concepts of the section "Metabolism Nutrition and thermoregulation" of the course "Normal physiology" for students of the specialty 1-80-02-01 – Biomedical Affairs. The manual theoretically highlights the essence of nutrients and energy metabolism, the energetic role of metabolism, methods for determining energy expenditure, respiratory coefficient, caloric value of various nutrients, caloric equivalent of oxygen, basal metabolism, value and factors determining it, body energy consumption in various types of labor activity, the plastic role of metabolism, irreplaceable nutrients, norms of daily intake of proteins, fats and carbohydrates and their physiological justification, principles of rational nutrition, etc. The material is illustrated with figures, tables, recommendations for the laboratory work results design, control tasks and questions for self-control, as well as a glossary.

УДК: 612(075.8)

ББК: 28.7я7

Н 83

Рецензенты:

Шахмурова Г.А. – доктор биологических наук, профессор

Зафранская М.М. – доктор медицинских наук, доцент

ISBN: 978-9910-765-47-6

© Издательство "Ma'rifat", Ташкент, 2024г.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава I. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ПИТАНИЕ.....	7
1.1. Сущность обмена веществ	7
1.2. Энергетическая роль обмена веществ.....	10
1.3. Энергетический баланс организма.....	14
1.4. Энерготраты организма Методы определения энергозатрат организма (прямая и непрямая калориметрия).....	14
1.5. Дыхательный коэффициент.....	17
1.6. Калорический эквивалент кислорода.....	18
1.7. Калорическая ценность различных питательных веществ.....	18
1.8. Основной обмен, величина и факторы его определяющие	19
1.9. Энергозатраты организма в условиях основного обмена.....	20
1.10. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности	21
1.11. Пластическая роль обмена веществ. Незаменимые для организма вещества	23
1.12. Белки, их природа и физиологическое значение	24
1.13. Белковый минимум и азотистое равновесие	30
1.14. Липиды, их энергетическое и пластическое значение в организме ..	30
1.15. Углеводы, их значение для организма.....	34
1.16. Нормы суточного потребления белков, жиров и углеводов и их физиологическое обоснование.....	39
1.17. Витамины	43
1.18. Номенклатура и классификация витаминов.....	44
1.19. Водорастворимые витамины.....	47
1.20. Жирорастворимые витамины.....	54
1.21. Витаминоподобные соединения	60
1.22. Антивитамины	66
1.23. Характеристика авитаминозов. Симптомы авитаминоза	67
1.24. Минеральные компоненты питания и их физиологическое значение ..	68
1.25. Водный обмен. Водный баланс	71
1.26. Принципы здорового питания	73
1.27. Общие принципы регуляции обмена веществ в организме человека	74
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	77
ЗАДАЧИ.....	86
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.....	101
ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	102
Глава II. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ	103
2.1. Значение постоянства температуры внутренней среды организма для нормального протекания процессов жизнедеятельности.	103

2.2. Понятие о гомойотермии, пойкилотермии и гетеротермии	103
2.3. Температура тела человека и её суточные колебания. Термометрия.	104
2.4. Источники теплопродукции в организме	106
2.5. Теплоотдача организма.....	107
2.6. Регуляция процессов теплопродукции и теплоотдачи. нервные и гуморальные механизмы терморегуляции	108
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	110
ЗАДАЧИ.....	114
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ.....	116
ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	117
ГЛОССАРИЙ.....	119
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	122
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	123

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие «Нормальная физиологии» предназначено для усвоения разделов «Обмен веществ и энергии. Питание. Терморегуляция» студентами, обучающихся по специальности медико-биологическое дело, а также для бакалавров, магистрантов, аспирантов, докторантов и преподавателей высших учебных заведений медико-биологического направления.

Целью учебного пособия является оказание помощи студентам в овладении и закреплении теоретических знаний по обмену веществ и энергии, физиологии питания и терморегуляции, а также практических навыков работы в определении показателей обмена веществ и энергии, основного обмена, суточных затрат энергии и приобретение навыков составления рациона питания в зависимости от пола, физической активности возраста и рода профессиональной деятельности, с учетом индивидуальных особенностей организма человека.

Учебное пособие составлено соответственно разделам «Обмен веществ и энергии. Питание. Терморегуляция», типовой программы по нормальной физиологии для студентов, обучающихся по специальности 1-31 01 01 – Медико-биологическое дело.

В начале пособия приводятся обширные теоретические сведения, затем дано описание лабораторных работ, приводятся ситуационные задачи. Для закрепления материала студентами предусмотрены вопросы для самоподготовки, тесты для самоконтроля. В конце пособия приложен глоссарий.

Учебное пособие включает 11 таблиц, 25 рисунков и 25 библиографических источников.

Введение

Физиология обмена веществ и энергии изучает основные пути превращения энергии и веществ в организме, являющихся основой его жизнедеятельности, в зависимости от условий окружающей среды. Обмен веществ и энергии или **метаболизм** представляет собой, с одной стороны, обмен веществами и энергией между отдельным организмом и окружающей его средой, а с другой стороны, совокупность процессов превращения веществ и изменения энергии, происходящих непосредственно в самих живых организмах. В этом процессе, регулируемом нервными и гуморальными механизмами, участвует множество ферментных каскадов, обеспечивающих соответствие химических реакций во времени и пространстве. Большинство биохимических реакций в организме генетически запрограммированы и протекают последовательно в строго определенных зонах клеток. Поступившие в организм питательные продукты в процессе обмена веществ и энергии превращаются в специфические вещества для тканей и клеток, а конечные продукты, выводятся из организма с мочой потом и т.д. (рис.1).

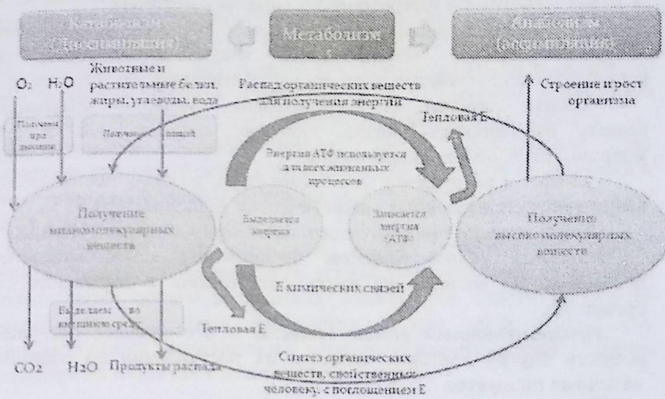


Рис. 1. Общая схема метаболизма

В целом совокупность реакций обмена веществ с поглощением и/или выделением энергии, протекающих в организме называется

метаболизм. Процессы синтеза специфических собственных веществ из более простых называются **анаболизмом** (ассимиляция или пластический обмен). В результате анаболизма образуются ферменты, компоненты клеточных структур и т.п. Анаболизм, как правило, сопровождается большим потреблением энергии. Процессы распада органических веществ называются **катаболизмом** (диссимиляция или энергетический обмен), который обычно сопровождается выделением энергии.

Метаболизм обеспечивает живым организмам постоянный контакт и обмен с окружающей средой, их жизнедеятельность, рост и развитие, самовоспроизведение. При нормальной жизнедеятельности живых организмов и их клеток катаболические и анаболические процессы находятся в сбалансированном динамическом стационарном состоянии. Метаболизм выполняет в живых организмах четыре функции:

- снабжение клеток химической энергией, которая образуется путем преобразования улавливаемой энергии солнечного света – этот процесс имеет место в автотрофных клетках растений и некоторых микроорганизмов или путем расщепления богатых энергией органических веществ, поступающих в организм от автотрофных организмов. Этот процесс совершается в гетеротрофных клетках (клетках животных и гетеротрофных микроорганизмов);

- превращение молекул питательных веществ в относительно низкомолекулярные «строительные вещества», которые далее используются клеткой для построения собственных макромолекул;

- сборка (синтез) из «строительных веществ» макромолекул белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов и других макромолекул, необходимых клетке;

- синтез и разрушение тех биомолекул, которые необходимы для выполнения определенных специфических функций клетки.

Обмен веществ принято делить на внешний и промежуточный.

Внешний обмен веществ представляет собой внеклеточное переваривание веществ на путях поступления и выделения их из организма.

Промежуточный обмен веществ – это процесс превращения веществ внутри клеток с момента их поступления до образования конечных продуктов.

Проникнув внутрь клетки, питательное вещество претерпевает целый ряд химических изменений с участием каскадных ферментных реакций. Последовательность таких химических изменений называется

метаболическим путем, а образующиеся при этом промежуточные продукты – **метаболитами**.

Большинство метаболических путей **линейны**, т.е. в результате последовательных ферментативных реакций предшественник **A** превращается а промежуточные продукты **B → D → C → ... → конечный продукт**, а продукт одной ферментативной реакции служит субстратом для следующей:

Кроме линейных имеются **циклические метаболические пути**, которые разветвляются и в которых некоторые продукты реакций выходят из цепи реакций определенного метаболического пути или, напротив, вливаются в нее.

Таким путем, например, происходит окисление ацетильных групп до воды и углекислого газа в известном цикле лимонной кислоты (цикле Кребса).

Все метаболические пути подразделяют на центральные (первичные) и специальные (вторичные).

Центральные метаболические пути – пути превращения основных пищевых веществ в клетке (углеводов, белков, липидов и нуклеиновых кислот). На этих путях потоки метаболитов довольно внушительны. Например, в организме взрослого человека ежедневно окисляется несколько сотен грамм глюкозы до CO_2 и воды. Последовательности химических превращений на каждом из центральных метаболических путей, в принципе, у всех живых форм едины. Так, например, расщепление D-глюкозы протекает практически у всех живых организмов одинаково, т. е. с участием идентичных реакций и с образованием одних и тех же промежуточных веществ.

Специальные метаболические пути представляют так называемый вторичный метаболизм, значение которого заключается в синтезе различных специализированных веществ, которые нужны клеткам в небольших количествах.

К вторичным метаболическим путям относятся, например, биосинтез гормонов и коферментов, так как эти соединения образуются и используются только в следовых количествах. Сотни различных высокоспециализированных биомолекул, в том числе нуклеотиды, пигменты, токсины, антибиотики и алкалоиды, синтезируются у разных форм жизни на вторичных метаболических путях.

1.1. Энергетическая роль обмена веществ

Обмену веществ всегда сопутствует обмен энергией. Поступающие в клетку органические вещества, используются как для биосинтеза клеточных макромолекул, так и как источники энергии.

Все процессы, происходящие в организме, можно разбить на **пластические, энергетические и информационные**.

В организме существует тесная взаимосвязь между процессами выделения и потребления энергии. Основная часть потенциальной энергии химических связей органических соединений, выделяется при катаболизме. Однако выделяемая энергия сразу непосредственно на потребности клетки, органа или организма в целом не используется. Она предварительно превращается в доступную форму. Большая часть энергии, высвобождаемой при расщеплении питательных веществ (белков, жиров, углеводов), используется на поддержание жизненных процессов в клетке. В клетке энергия переходит из одной формы в другую, а каждая форма энергии используется для осуществления определенных функций: механической работы, биосинтеза, клеточного деления, активного транспорта, осмоса и т.д.

Более всего в живой клетке востребована химическая энергия, так как она быстро передаётся из одной части клетки в другую, или от клетки к клетке. Химическая энергия расходуется рационально – строгими порциями и только там и тогда, где и когда это востребовано.

Использование химической энергии в организме называют **энергетическим обменом**.

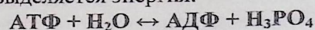
В процессе обмена веществ постоянно происходит превращение энергии: потенциальная энергия сложных органических соединений, поступивших с пищей, превращается в тепловую, механическую и электрическую.

За счет освобождающейся в организме энергии поддерживается определенная температура тела и совершается механическая работа. Больше всего энергии затрачивается на движения скелетных мышц, а также дыхание, сердцебиение, моторику кишечника.

Универсальной органической молекулой – донором и акцептором (носителем) энергии является АТФ – аденозинтрифосфат. Каждая клетка организма нуждается в определенном количестве энергии, которая необходима для поддержания структуры клеток, органелл и т.д. (15% – АТФ), степени функциональной готовности (50% – АТФ) и активности (10% – АТФ), а так же для выполнения специфических функций (25% – АТФ).

Энергия, выделяемая при окислении органических соединений, передается на молекулу АТФ, которая содержит макроэргические связи, обозначаемые значком «~». При синтезе или распаде этих связей изменения свободной энергии составляет более 20 кДж/моль.

АТФ – постоянно обновляющийся источник энергии для клетки. Это соединение может доставлять химическую энергию в любой участок клетки. АТФ служит звеном, объединяющим между собой процессы, протекающие как с выделением, так и с потреблением энергии. АТФ образуется из аденозиндифосфата (АДФ) и фосфорной кислоты с поглощением энергии. При распаде АТФ образуются исходные вещества и выделяется энергия.

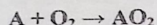


Процесс образования АТФ из АДФ и неорганического фосфата с поглощением энергии, высвобождающейся при окислении органических веществ, называют **окислительным фосфорилированием**.

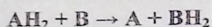
Таким образом, энергия, выделяемая при окислении органических соединений, накапливается в макроэргических связях АТФ.

В клетках происходят окислительные реакции трех типов:

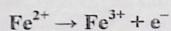
1. Непосредственное окисление соединения (А) молекулярным кислородом:



2. Окисление какого-либо соединения (А) за счет другого соединения (В):



3. Перенос электронов, например, окисление одной ионной формы железа (Fe^{2+}) в другую (Fe^{3+}):



Эти три вида окисления встречаются в комплексе реакций, составляющих процесс аэробного дыхания.

Процесс обмена веществ и энергии в живой природе является частным случаем общего закона сохранения материи и энергии. Как указывалось выше, часть заключенной в питательных веществах химической энергии превращается в другие биологически полезные формы – электрическую, осмотическую, механическую. Основная же часть энергии выделяется в виде тепла.

В основе процессов обмена энергии лежат законы термодинамики – взаимных превращений различных видов энергии при переходах ее от одних тел к другим в форме теплоты или работы. С точки зрения

термодинамики живые организмы относятся к открытым стационарным неравновесным системам. Это означает, что:

- во-первых, живые системы обмениваются с окружающей средой веществом и энергией;
- во-вторых, живые системы могут в течение определенного времени удерживать свои основные параметры, но вместе с тем под влиянием внешней среды переходить из одного стационарного состояния в другое в пределах изменений жизненно важных констант, возможных для сохранения жизни;
- в-третьих, из-за наличия в организме множества градиентов (диффузионные, температурные) и потенциалов (химические, электрические), а также возникающих вследствие их активности потоков (тепловые, диффузионные, метаболические, энергетические) образуются условия для неравновесного распределения вещества и энергии между живыми системами и окружающей средой.

Принцип устойчивого неравновесия живых систем гласит:

«Живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии», в том числе законов термодинамики.

Первый закон термодинамики – закон сохранения и превращения энергии: энергия не исчезает и не создается вновь, а только переходит из одной формы в другую. Механическая работа, кинетическая энергия и теплота могут превращаться друг в друга. Согласно первому закону термодинамики количество теплоты, полученное системой, затрачивается на повышение ее внутренней энергии и на работу, совершаемую против действия внешних сил.

Второй закон термодинамики – если любой вид энергии можно трансформировать в эквивалентное количество тепла, то в случае обратного превращения полная трансформация невозможна.

Свободная энергия способна к превращениям и к совершению полезной работы. Связанная потенциальная энергия является «непроизводительной». Она не переходит в другие формы и рассеивается в виде тепла, определяя меру термодинамической неупорядоченности системы, называемую **энтропией**.

Для описания функций системы, определяющих ее теплосодержание, пользуются понятием – **энтальпией**. Все химические реакции (экзотермические реакции и эндотермические) в организме сопровождаются изменением **энтальпии**, т.е. энергии, которая

доступна для преобразования в теплоту при определенных температуре и давлении.

Теплообразование в организме имеет двухфазный характер. При окислении органических субстратов (белка, жира, углеводов) одна часть энергии используется для синтеза АТФ, другая часть энергии превращается в теплоту – это **первичная теплота**.

Первичная теплота всегда высвобождается в течение клеточного метаболизма при окислении веществ независимо от того, совершается внешняя работа или нет. Ее количество является индикатором интенсивности основного обмена, обеспечивающего клеточный метаболизм и функционирование жизненно важных органов. В нормальных условиях энергия главным образом образуется путем окислительного (аэробного) распада питательных веществ. Так, при окислении углеводов 22,7% энергии расходуется на синтез АТФ, а 77,3% энергии в форме первичной теплоты рассеивается в тканях.

Энергия, которая выделяется при распаде АТФ – это **вторичная теплота**. Вторичная теплота выделяется при выполнении организмом любой работы за счет потенциальной энергии АТФ, образующейся в результате метаболических реакций питательных веществ.

В физиологических условиях первичная и вторичная теплота находятся в относительном равновесии. Первичная теплота непрерывно рассеивается в окружающую среду, даже при высокой температуре окружающей среды. Это возможно благодаря механизмам саморегуляции, в частности потоотделению и испарению, предотвращающим перегревание организма.

При переохлаждении же оптимальное для метаболизма количество первичной теплоты обеспечивается за счет увеличения доли вторичной теплоты вследствие усиления двигательной активности, и особенно при появлении непроизвольной дрожи (дрожательный термогенез).

В физиологических и медицинских исследованиях для определения количества энергии, выделенной организмом, используют внесистемные единицы – калорию (кал) или килокалорию (ккал).

Калория – количество энергии (тепла), необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1 °С. 1 калория равна 4,19 кДж.

Энергетическая ценность питательных веществ определяется количеством энергии, выделяемой при полном окислении субстратов. Сложные органические молекулы (белки, жиры, углеводы), окисляясь в присутствии кислорода (аэробное окисление) до двуокиси углерода и воды, выделяют также заключенную в химических связях энергию.

Согласно закону Гесса, количество энергии, выделяемое при распаде какого-либо вещества до конечных продуктов, не зависит от числа промежуточных этапов его трансформации. Следовательно, не имеет значения, окисляется ли вещество полностью в организме или сгорает в специальной камере в присутствии чистого кислорода (калориметрическая бомба Бертло), – 1 моль вещества образует идентичное количество энергии.

1.3. Энергетический баланс организма

Энергетический баланс – состояние равновесия между потенциальной энергией, поступающей с пищей и энерготратами на процессы жизнедеятельности организма. Это своеобразная аналогия физического закона сохранения энергии, или первого закона термодинамики, согласно которому энергия не может быть создана или уничтожена, она лишь может трансформироваться из одной формы в другую. Изменения в энергетических запасах организма равны разнице между полученной с пищей энергией и затратой её на различные виды жизнедеятельности.

Энергетический баланс организма может быть равновесным, положительным или отрицательным. Если потребляется больше калорий, чем расходуется, имеет место **положительный энергетический баланс**, напротив, если расходуется больше калорий, чем потребляется, имеет место **отрицательный энергетический баланс**. У растущего организма превалирует положительный энергетический баланс. При старении и определенных болезнях – отрицательный. У взрослых имеет место равновесный энергетический баланс, однако, при изменениях в гормональном фоне, физической активности, пищевого поведения равновесный баланс может сдвинуться.

1.4. Энерготраты организма Методы определения энергозатрат организма (прямая и непрямая калориметрия)

Количество тепла, выделяемого или поглощаемого в ходе жизнедеятельности, рассчитывают методами прямой и непрямой калориметрии. В физиологии и медицине методы калориметрии используются для изучения тепловых эффектов, обмена веществ и энергии в покое и при различных видах деятельности, а также при заболеваниях.

Прямая калориметрия основана на учете непосредственного и полного количества выделенного организмом тепла. Измерения