

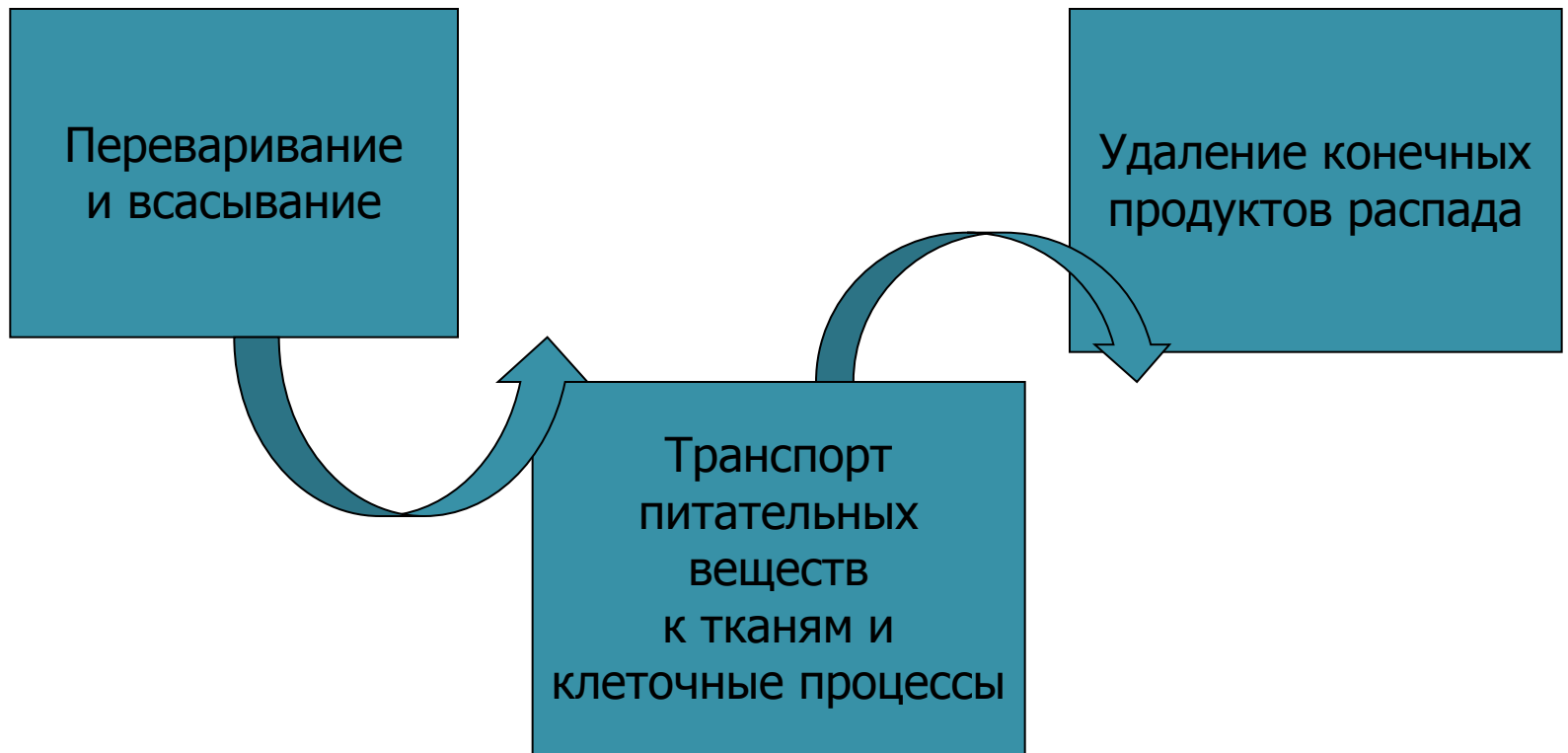
Метаболизм и терморегуляция



Обмен веществ и энергии

- Обмен веществ и энергии - это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в живых организмах, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой.
 - Обмен веществ у живых организмов заключается в поступлении из внешней среды различных веществ, в превращении и использовании их в процессах жизнедеятельности и в выделении образующихся продуктов распада в окружающую среду.
- Все происходящие в организме преобразования вещества и энергии объединены общим названием - **метаболизм** (*обмен веществ*).
 - Метаболизм можно разделить на два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса: **анаболизм** (ассимиляция) и **катаболизм** (диссимиляция).

Обмен веществ



ПИЩА

Пищеварение

ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Биологическое окисление

+ O_2

$CO_2 + H_2O + АТФ +$

Первичная
теплота

Запас в форме
субстратов

Работа

Вторичная
теплота

Тепло-
потери

Анаболизм

- **Анаболизм** - это совокупность процессов биосинтеза органических веществ (компонентов клетки и других структур органов и тканей).
 - Он обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, а также накопление энергии (синтез макроэргов).
- Анаболизм заключается в химической модификации и перестройке поступающих с пищей молекул в другие более сложные биологические молекулы.
 - Например, включение аминокислот в синтезируемые клеткой белки в соответствии с инструкцией, содержащейся в генетическом материале данной клетки.

Катаболизм

- **Катаболизм** - это совокупность процессов расщепления сложных молекул до более простых веществ с использованием части из них в качестве субстратов для биосинтеза и расщеплением другой части до конечных продуктов метаболизма с образованием энергии.
 - К конечным продуктам метаболизма относятся **вода** (у человека примерно 350 мл в день), **двуокись углерода** (около 230 мл/мин), **окись углерода** (0,007 мл/мин), **мочевина** (около 30 г/день), а также другие **вещества, содержащие азот** (примерно 6 г/день).
- Катаболизм обеспечивает извлечение химической энергии из содержащихся в пище молекул и использование этой энергии на обеспечение необходимых функций.
 - Например, образование свободных аминокислот в результате расщепления поступающих с пищей белков и последующее окисление этих аминокислот в клетке с образованием CO_2 , и H_2O , что сопровождается высвобождением энергии.

Соотношение процессов анаболизма и катаболизма

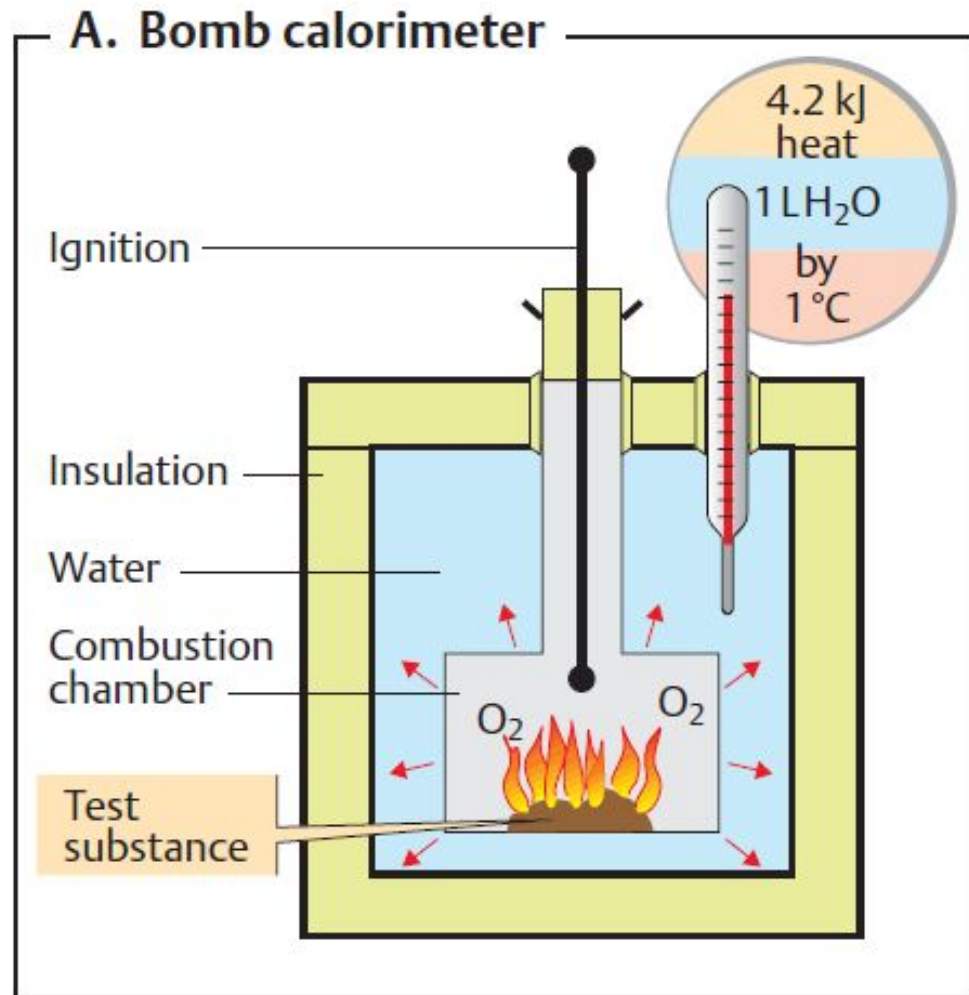
- Процессы анаболизма и катаболизма находятся в организме в состоянии динамического равновесия.
- Преобладание анаболических процессов над катаболическими приводит к росту, накоплению массы тканей, а преобладание катаболических процессов ведет к частичному разрушению тканевых структур.
- Состояние равновесного или неравновесного соотношения анаболизма и катаболизма зависит
 - от возраста (в детском возрасте преобладает анаболизм, у взрослых обычно наблюдается равновесие, в старческом возрасте преобладает катаболизм),
 - состояния здоровья,
 - выполняемой организмом физической или психоэмоциональной нагрузки.

Превращение и использование энергии.

Энергетический эквивалент пищи

- Единица измерения энергии, обычно применяемая в биологии и медицине, - *калория (кал)*. Она определяется как **количество энергии, необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1°C**.
 - ❖ В Международной системе единиц (СИ) при измерении энергетических величин используется *джоуль* (1 ккал = 4,19 кДж).
- **Энергетический эквивалент пищи**
 - При окислении углеводов выделяется 17,17 кДж/г (4,1 ккал/г),
 - окисление 1 г жира дает 38,96 кДж (9,3 ккал),
 - при окислении белка в организме - 17,17 кДж/г (4,1 ккал/г).

Физическая калориметрия



Определение уровня метаболизма

- **Прямая калориметрия** заключается в непосредственном измерении тепла, выделяемого организмом.
- **Непрямая калориметрия** основана на том, что источником энергии в организме являются окислительные процессы, при которых потребляется кислород и выделяется углекислый газ.

Методы калориметрии

Физиологическая калориметрия

Прямая

Измерение количества выделенного тепла в калориметрической камере

Непрямая

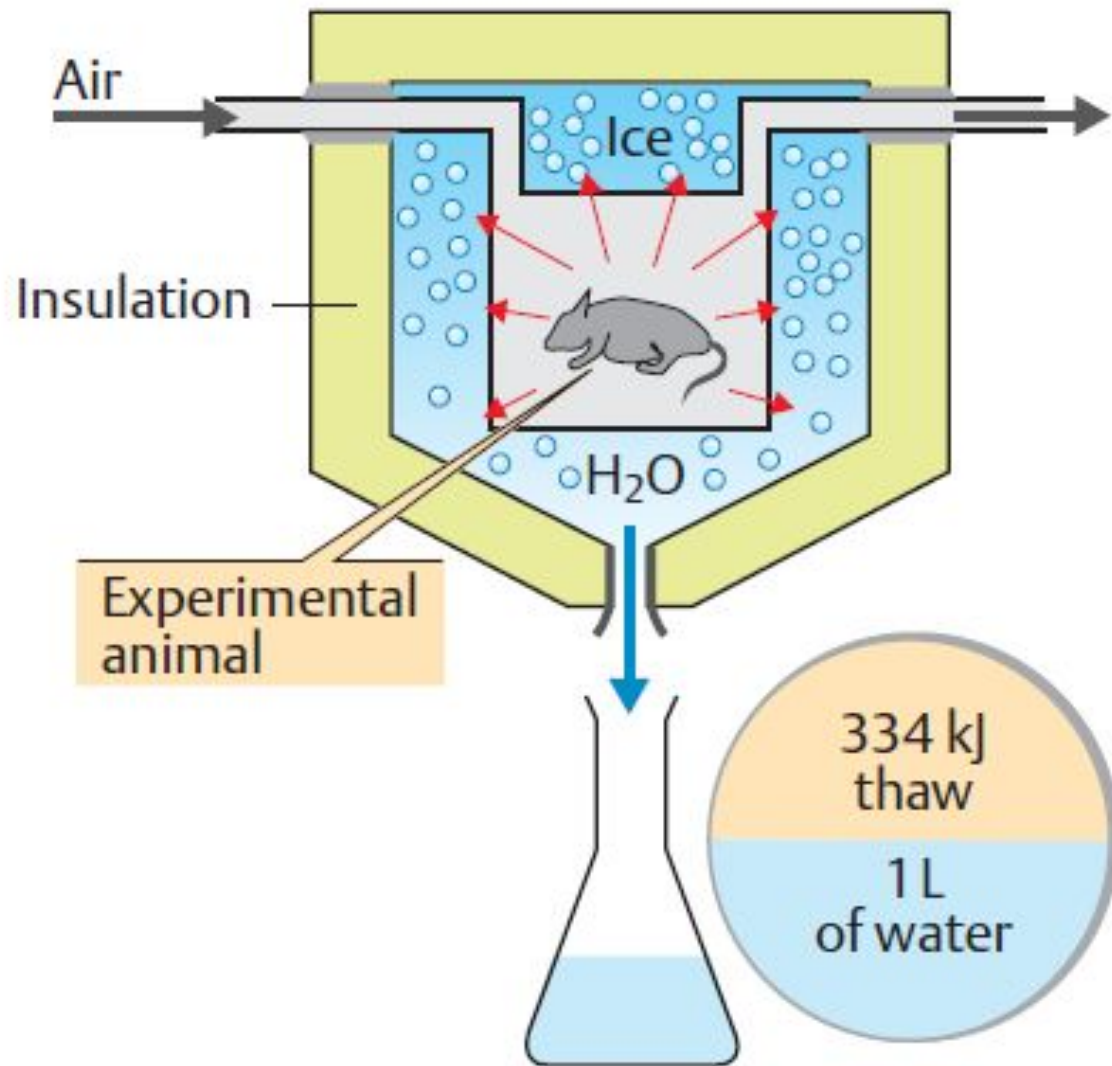
ПОЛНАЯ

Определение количества энергии по количеству поглощенного O_2 и выделенного CO_2

НЕПОЛНАЯ

Определение количества энергии только по количеству поглощенного O_2

B. Direct calorimetry (Lavoisier)



Дыхательный коэффициент

- **Дыхательный коэффициент** - соотношение между количеством выделенного углекислого газа и количеством потребленного за данный период времени кислорода.
- По ДК можно установить, какие вещества окисляются в организме:
 - ДК при окислении белков равен **0,8**,
 - при окислении жиров - **0,7**,
 - углеводов - **1,0**.

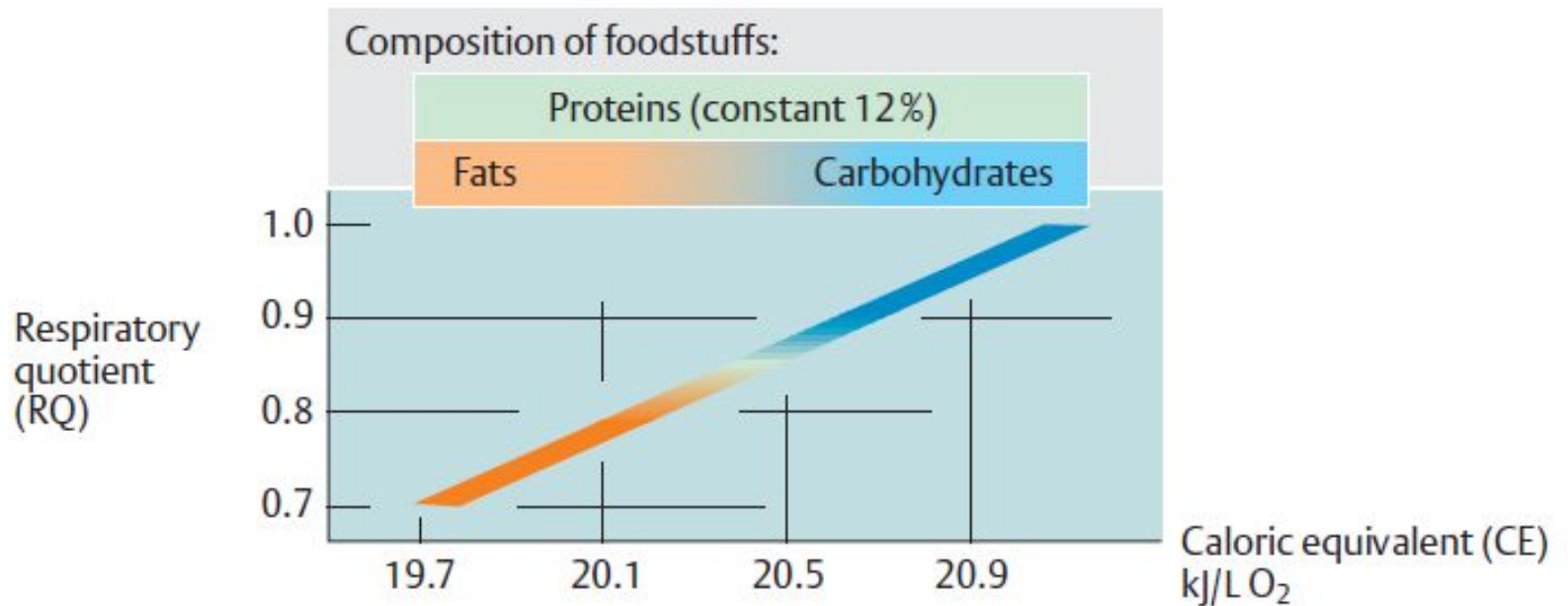
Калорический эквивалент

- Каждому значению ДК соответствует определенный ***калорический эквивалент кислорода***, т.е. то количество тепла, которое выделяется при окислении какого-либо вещества на каждый литр поглощенного при этом кислорода.

Калорический эквивалент кислорода при окислении:

- углеводов равен 21 кДж на 1 л O_2 (5 ккал/л),
- белков - 18,7 кДж (4,5 ккал/л),
- жиров - 19,8 кДж (4,74 ккал/л).

D. RQ and caloric equivalent relative to nutrient composition



Основной обмен

Основной обмен [ОО] - это минимальные для бодрствующего организма затраты энергии, определенные в строго контролируемых стандартных условиях:

- 1) при комфортной температуре (18-20 градусов тепла);
- 2) в положении лежа (но обследуемый не должен спать); в состоянии эмоционального покоя, так как стресс усиливает метаболизм;
- 3) утром;
- 4) натощак, т.е. через 12-16 ч после последнего приема пищи.

Условные нормы основного обмена:

- Основной обмен зависит от пола, возраста, роста и массы тела человека.
- Величина основного обмена в среднем составляет 1 ккал в 1 ч на 1 кг массы тела.
 - У мужчин в сутки основной обмен приблизительно равен 1700 ккал, у женщин основной обмен на 1 кг массы тела примерно на 10% меньше, чем у мужчин, у детей он больше, чем у взрослых, и с увеличением возраста постепенно снижается.
- у мужчин среднего возраста – 1 ккал/кг/час
- у женщин среднего возраста – 0,9 ккал/кг/час
- у детей 7 лет - 1,8 ккал/кг/час; 12 лет - 1,3 ккал/кг/ч
- у пожилых - 0,7 ккал/кг/час

Рабочий обмен

- **РАБОЧИЙ ОБМЕН** - величина энергетического обмена, характерная для определенного вида трудовой деятельности
- **Рабочая прибавка** - разница между рабочим и основным обменом
- **Специфическое динамическое действие пищи** - увеличение уровней энерготрат спустя 1-3 часа после приема пищи (продолжается до 16 часов):
 - для белков - на 30%;
 - для углеводов и жиров - на 15%

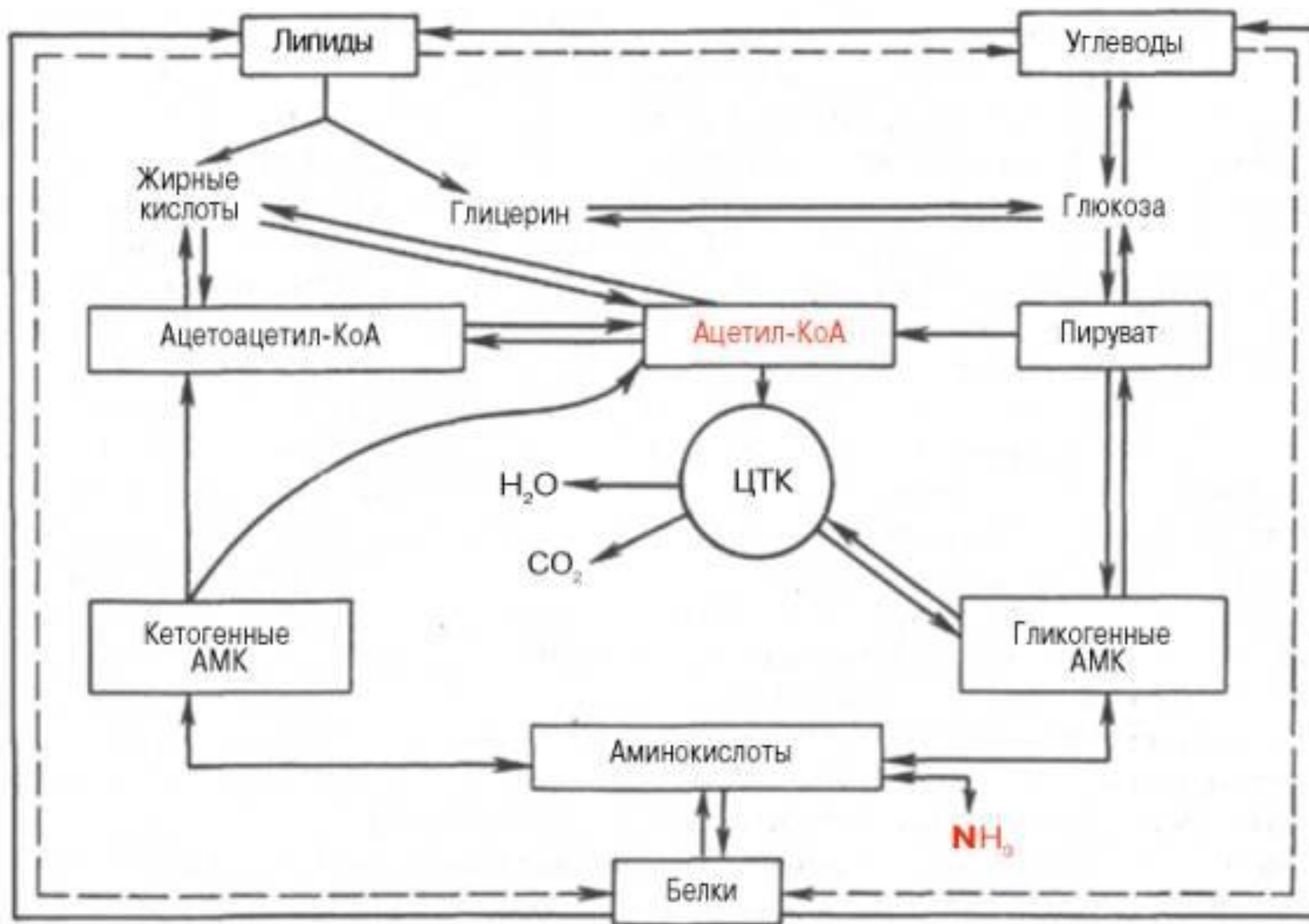
Суточный расход энергии. Рабочий обмен

Группа	Особенности профессии	Коэффициент физической активности	Суточный расход энергии, кДж (ккал)
Первая	Умственный труд	1,4	(2100 - 2450)
Вторая	Легкий физический труд	1,6	(2500 - 2800)
Третья	Физический труд средней тяжести	1,9	(2950 - 3300)
Четвертая	Тяжелый физический труд	2,2	(3400 -3800)
Пятая	Особо тяжелый физический труд	2,5	(3850 - 4200)

Факторы, меняющие уровень обмена веществ

- 1) Разность между потребностью в O_2 и его потреблением составляет энергию, получаемую в результате анаэробного распада, и называется **кислородным долгом**.
- 2) Прием пищи усиливает энергетический обмен (**специфическое динамическое действие пищи**).
- 3) У тренированных спортсменов при кратковременных интенсивных упражнениях величина рабочего обмена может в 20 раз превосходить основной обмен.
- 4) Во время сна интенсивность метаболизма почти на 10% ниже основного обмена.
- 5) При гиперфункции щитовидной железы основной обмен повышается, а при гипофункции - понижается. Понижение основного обмена происходит при недостаточности функций половых желез и гипофиза.
- 6) При умственном труде энерготраты значительно ниже, чем при физическом. Пережитое эмоциональное возбуждение может вызывать в течение нескольких последующих дней повышение обмена на 11 - 19%.

Взаимосвязь обмена белков, жиров и углеводов.



Обмен белков

- Белки используются в организме в первую очередь в качестве **пластических материалов**.
- Потребность в белке определяется тем его минимальным количеством, которое будет уравнивать его потери организмом.
 - Необходимо потребление не менее 0,75 г белка на 1 кг массы тела в сутки, что для взрослого здорового человека массой 70 кг составляет не менее 52,5 г полноценного белка.
 - Для надежной стабильности азотистого баланса рекомендуется принимать с пищей 85 - 90 г белка в сутки. У детей, беременных и кормящих женщин эти нормы должны быть выше.
- Часть аминокислот в случае их недостаточного поступления с пищей не могут быть синтезированы в организме и называются **незаменимыми**. Другие аминокислоты (заменимые) могут синтезироваться в организме.

Обмен белков

НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ	ПОЛУЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ	ЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ
Валин	Аргинин	Аланин
Лейцин	Гистидин	Аспарагиновая кислота
Изолейцин	Тирозин	Глутаминовая кислота
Фенилаланин	Цистин	Глицин
Лизин		Пролин
Метионин		Серин
Треонин		Цитруллин
Триптофан		Таурин
		Цистеин
		Орнитин

Азотистый баланс

- В организме здорового взрослого человека количество распавшегося за сутки белка равно количеству вновь синтезированного.
- Если количество азота, поступающего в организм с пищей, равно количеству азота, выводимого из организма, то организм находится в состоянии *азотистого равновесия*.
- Если в организм поступает азота больше, чем выделяется, то это свидетельствует о *положительном азотистом балансе* (ретенция азота).
 - Он возникает при увеличении массы мышечной ткани (интенсивные физические нагрузки), в период роста организма, беременности, во время выздоровления после тяжелого заболевания.
- Состояние, при котором количество выводимого из организма азота превышает его поступление в организм, называют *отрицательным азотистым балансом*.
 - Оно возникает при питании неполноценными белками, когда в организм не поступают какие-либо из незаменимых аминокислот, при белковом или полном голодании.

Обмен липидов

- Липиды играют в организме **энергетическую и пластическую роль**. За счет окисления жиров обеспечивается около 50% потребности в энергии взрослого организма.
 - Главную энергетическую роль играют нейтральные жиры - *триглицериды*, а пластическую осуществляют *фосфолипиды, холестерин и жирные кислоты*, которые выполняют функции структурных компонентов клеточных мембран, входят в состав липопротеидов, являются предшественниками стероидных гормонов, желчных кислот и простагландинов.
- Липиды являются сложными эфирами глицерина и высших жирных кислот. Жирные кислоты бывают *насыщенными и ненасыщенными* (содержащими одну и более двойных связей).
 - *линолевая, линоленовая и арахидоновая жирные кислоты*
- Жиры служат **резервом питания организма**, их запасы у человека в среднем составляют 10 - 20% от массы тела.
 - В состоянии голода, при действии на организм холода, при физической или психоэмоциональной нагрузке происходит интенсивное расщепление запасенных жиров. В условиях покоя после приема пищи происходит ресинтез и отложение липидов в депо.

Обмен углеводов

● Углеводы выполняют в организме **энергетическую и пластическую роль.**

- В ходе окисления глюкозы образуются промежуточные продукты - пентозы, которые входят в состав нуклеотидов и нуклеиновых кислот.
- Глюкоза необходима для синтеза некоторых аминокислот, синтеза и окисления липидов, полисахаридов.

● Организм человека получает углеводы главным образом в виде растительного полисахарида *крахмала* и в небольшом количестве в виде животного полисахарида *гликогена*

- В среднем за сутки человек потребляет 400-500 г углеводов, из которых обычно 350 - 400 г составляет крахмал, а 50 - 100 г - моно- и дисахариды. Избыток углеводов депонируется в виде жира.

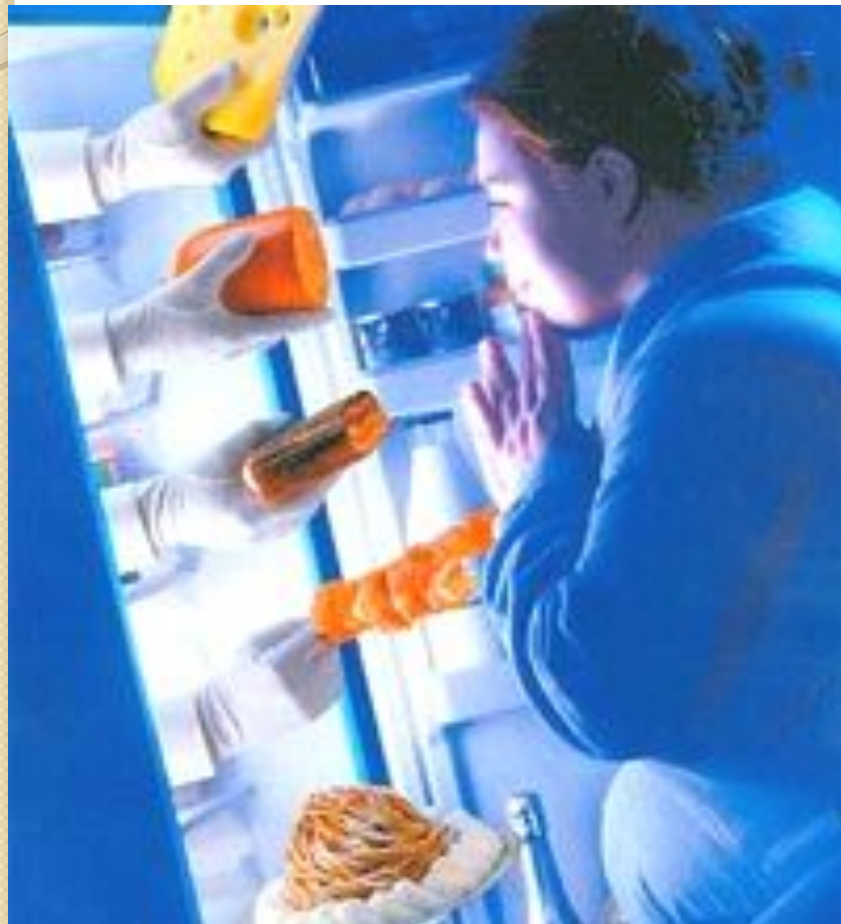
Обмен воды и минеральных веществ (1)

- Содержание воды в организме взрослого человека составляет в среднем $73,2 \pm 3\%$ от массы тела.
- Водный баланс в организме поддерживается за счет равенства объемов потерь воды и ее поступления в организм.
 - Суточная потребность в воде колеблется от 21 до 43 мл/кг (в среднем 2400 мл/сут) и удовлетворяется за счет поступления воды при питье, с пищей и воды, образующейся в организме в ходе обменных процессов (эндогенной воды).
 - Такое же количество воды выводится в составе мочи (~1400 мл), кала (~100 мл), посредством испарения с поверхности кожи и дыхательных путей (~900 мл).

Обмен воды и минеральных веществ (2)

- Недостаточное поступление в организм воды или ее избыточная потеря приводят к дегидратации, что сопровождается сгущением крови, ухудшением ее реологических свойств и нарушением гемодинамики.
 - Недостаток в организме воды в объеме 20% от массы тела ведет к летальному исходу.
- Обмен воды и минеральных ионов в организме тесно взаимосвязаны, что обусловлено необходимостью поддержания осмотического давления на относительно постоянном уровне во внеклеточной среде и в клетках.
- Осуществление ряда физиологических процессов (возбуждения, синаптической передачи, сокращения мышцы) невозможно без поддержания в клетке и во внеклеточной среде определенной концентрации Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и других минеральных ионов. Все они должны поступать в организм с пищей.

Питание



Питание

- **Питание - это процесс поступления, переваривания, всасывания и усвоения в организме пищевых веществ (нутриентов).**
- **Для поддержания процессов жизнедеятельности питание должно обеспечивать все пластические и энергетические потребности организма.**
- Биологическая и энергетическая ценность пищевых продуктов определяется содержанием в них питательных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных солей, органических кислот, воды, ароматических и вкусовых веществ.
 - Важное значение имеют такие свойства питательных веществ, как их перевариваемость и усвояемость.

Теоретические основы питания

- Каждому человеку необходим собственный набор компонентов рациона, отвечающий индивидуальным особенностям его обмена веществ.
- Согласно *теории сбалансированного питания* (А.А. Покровский) - полноценное питание характеризуется оптимальным соответствием количества и соотношений всех компонентов пищи физиологическим потребностям организма.
 - Принимаемая пища должна с учетом ее усвояемости восполнять энергетические затраты человека, которые определяются как сумма основного обмена, специфического динамического действия пищи и расхода энергии на выполняемую работу.
- Согласно *теории адекватного питания* (А.М. Уголев), важно соответствие набора пищевых веществ ферментному составу пищеварительной системы.
 - В ней подчеркивается трехэтапность пищеварения и необходимость индивидуальной адекватности питания этим этапам. Например, при недостаточности лактазы молоко является неадекватным видом пищи.

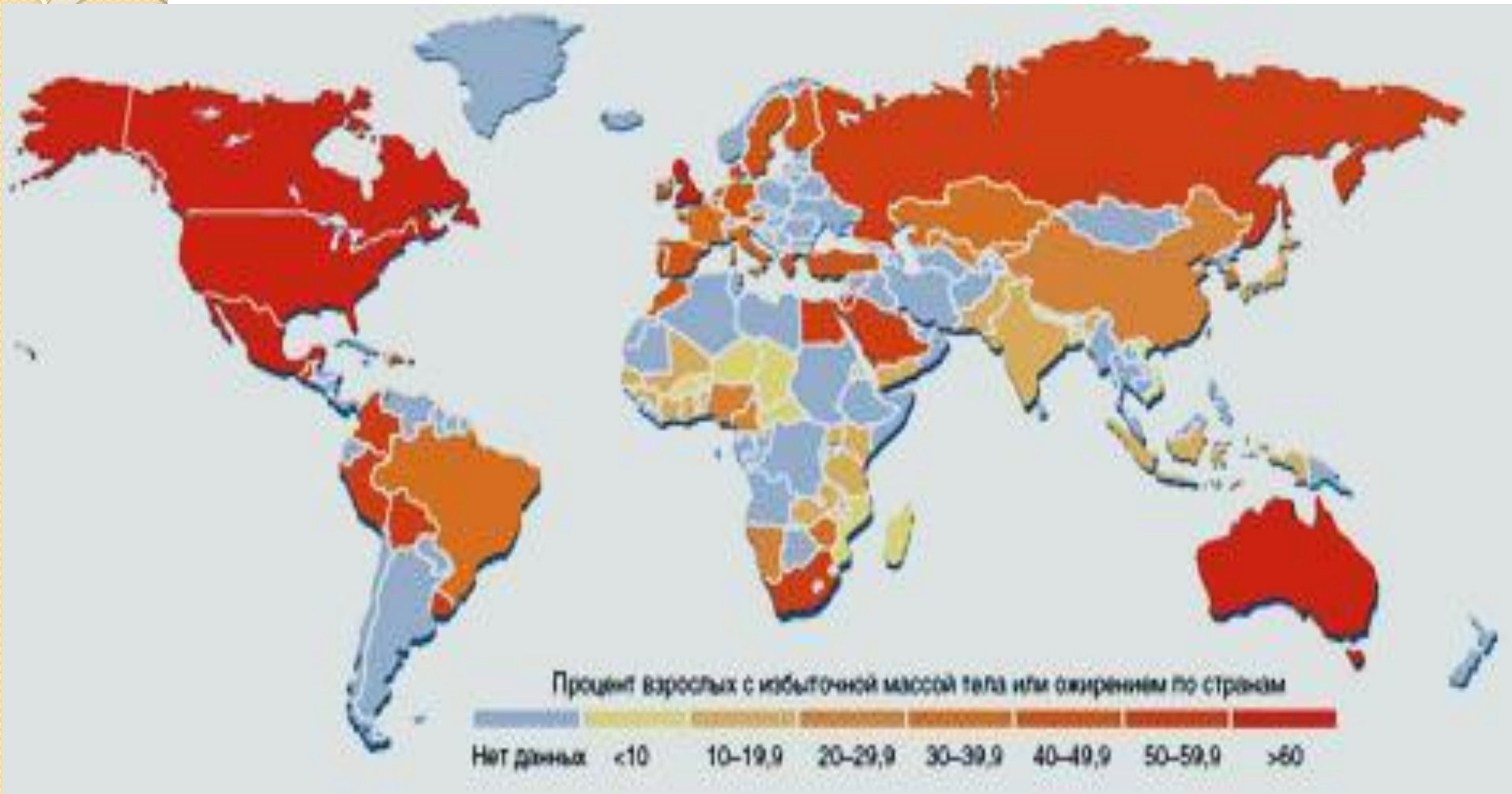
Принципы составления пищевых рационов (1)

1. Калорийность пищевого рациона должна соответствовать энергетическим затратам организма, которые определяются видом трудовой деятельности.
2. Учитывается калорическая ценность питательных веществ, для этого используются специальные таблицы, в которых указано процентное содержание в продуктах белков, жиров и углеводов и калорийность 100 г продукта.
3. Используется закон изодинамии питательных веществ, т. е. взаимозаменяемость белков, жиров и углеводов, исходя из их энергетической ценности.
4. Соотношение в пищевом рационе количества белков, жиров и углеводов должно быть 1:1:4.

Принципы составления пищевых рационов (2)

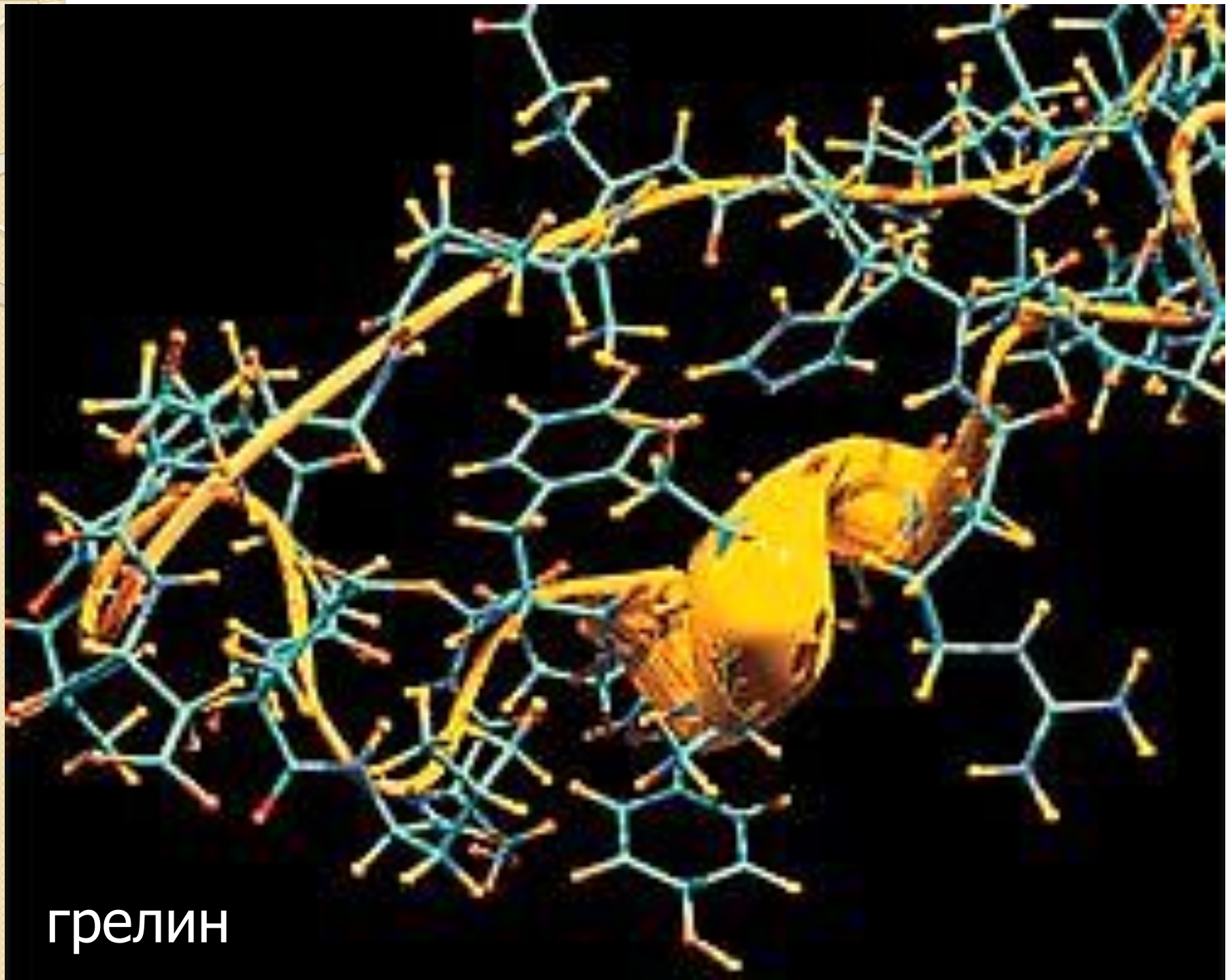
5. Пищевой рацион должен полностью удовлетворять потребность организма в витаминах, минеральных солях и воде, а также - содержать все незаменимые аминокислоты (полноценные белки).
6. Не менее одной трети суточной нормы белков и жиров должно поступать в организм в виде продуктов животного происхождения.
7. Необходимо учитывать правильное распределение калорийности рациона по отдельным приемам пищи. Первый завтрак должен содержать примерно 25-30% всего суточного рациона, второй завтрак - 10-15%, обед 40 - 45% и ужин - 15-20%.

Ожирение



Роль гормонов в ожирении

- На сегодняшнее время уже исследованы 4 таких гормона. К ним относятся:
 - 1) грелин (вырабатывается эндокринными клетками, расположенными в желудке – гормон голода),
 - 2) лептин (вырабатываемый жировыми клетками),
 - 3) инсулин (производимый поджелудочной железой)
 - 4) PYY3-36 (вырабатывается клетками, которые выстилают стенки кишечника).



грелин

Роль лептина в регуляции энергетического обмена

- *Лептин – гормон пептидной природы, секретируемый преимущественно жировой тканью и играющий существенную роль в регуляции метаболизма и массы тела.*
- Синтез лептина определяется количеством потребляемой пищи. Уровень лептина снижается при голодании и повышается при переедании.
- Большинство исследователей отводят лептину ведущую роль в развитии ожирения.
- Результаты исследований, выполненных в последние годы, позволяют предположить участие лептина в метаболических и нейроэндокринных процессах, характерных для кахексии, нервной анорексии и неспецифических расстройств аппетита.

Основные эффекты лептина:


- повышение печеночного глюकोгенолиза и захвата глюкозы скелетными мышцами;
- повышение скорости липолиза и уменьшение содержания триглицеридов в белой жировой ткани;
- усиление термогенеза;
- стимуляция ЦНС;
- снижение содержания триглицеридов в печени, скелетных мышцах и поджелудочной железе без повышения НЭЖК в плазме.

Механизм действия лептина


- Лептин подает сигнал в гипоталамус через активацию специфического лептинового рецептора
→ увеличение потребления пищи и увеличение расхода энергии.
- через специфические рецепторы в гипоталамусе он подавляет синтез нейропептида Y (NPY), продуцируемого нейронами дугообразного ядра,
→ снижение аппетита, повышение тонуса симпатической нервной системы и расход энергии, изменение обмена веществ в периферических органах и тканях

Терморегуляция





- 
- Обмен тепловой энергии между организмом и окружающей средой называется **теплообменом**.

- Один из показателей теплообмена - температура тела, которая зависит от двух факторов:
 - образования тепла, то есть от интенсивности обменных процессов в организме, и
 - отдачи тепла в окружающую среду.

- 
- **Пойкилотермные**
 - **Гомойотермные**
 - **Гетеротермные**

 - **постоянство температуры тела -
изотермия.**

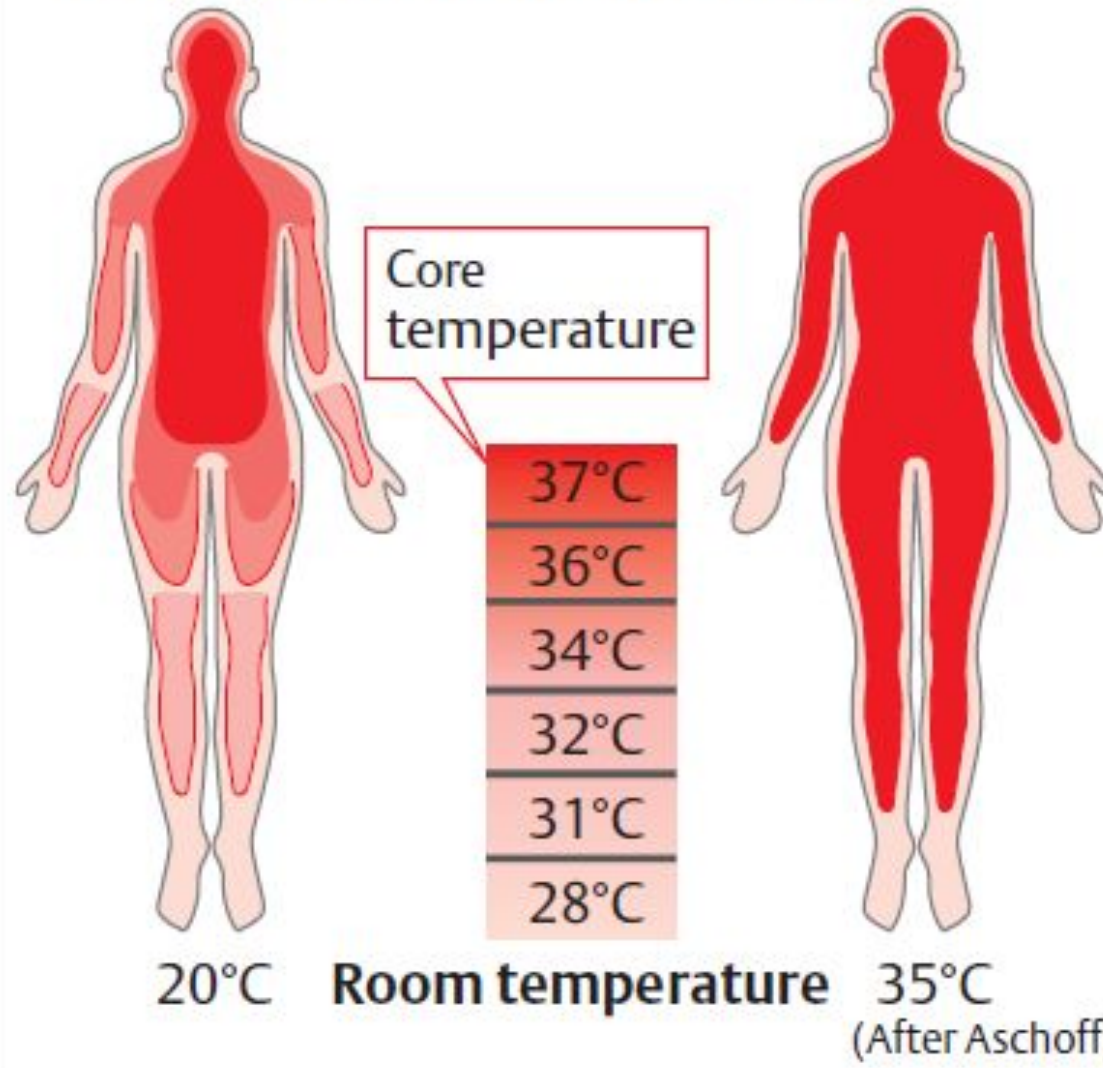
- 
- **постоянство температуры тела - изотермия.**
 - **обеспечивает независимость обменных процессов в тканях и органах от колебаний температуры окружающей среды.**


- 
- Терморегуляция – это совокупность физиологических процессов, деятельность которых направлена на поддержание относительного постоянства температуры ядра в условиях изменения температуры среды с помощью регуляции теплопродукции и теплоотдачи.

Температура тела человека.

- Температура отдельных участков тела человека различна. Наиболее низкая температура кожи отмечается на кистях и стопах, наиболее высокая — во внутренних органах (ядро). У здорового человека температура в этой области равна **36—37° С**. В течение суток наблюдаются небольшие подъемы и спады температуры тела человека в соответствии с суточным биоритмом: минимальная температура отмечается в 2—4 ч ночи, максимальная — в 16—19 ч.

A. Temperature zones of the body



- 
- Способность поддерживать температуру на постоянном уровне обеспечивается за счет взаимосвязанных процессов – **теплообразования и выделения тепла** из организма во внешнюю среду. Если теплообразование равно теплоотдаче, то температура тела остается постоянной. Процесс образования тепла в организме получил название **химической терморегуляции**, процесс, обеспечивающий удаление тепла из организма, - **физической терморегуляции**.

Химическая терморегуляция

- Источником тепла в организме являются все ткани. Кровь, протекая через ткани, нагревается.

ПИЩА

Пищеварение

ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Биологическое окисление

+ O_2

$CO_2 + H_2O + АТФ +$

Первичная
теплота

Запас в форме
субстратов

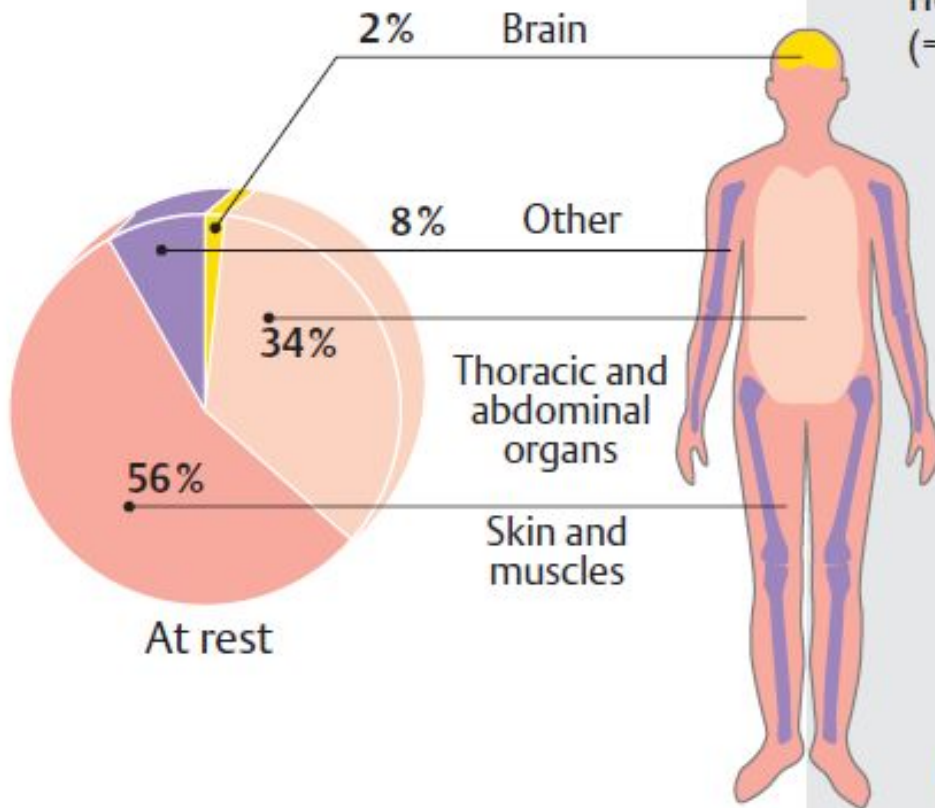
Работа

Вторичная
теплота

Тепло-
потери

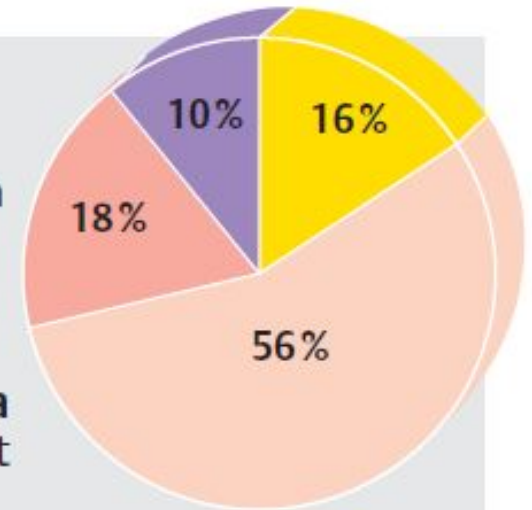
A. Relative contribution of organs to body weight and heat production

1
Percentage of body weight
(=100%)

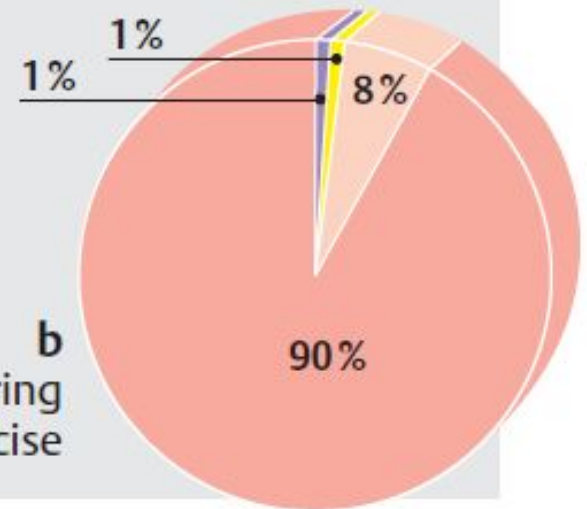



2
Percentage of heat production
(=100%)

a
At rest



b
During physical exercise



- 
- Интенсивность метаболических процессов регулируется рефлекторно, в зависимости от температуры окружающей среды



Химическая терморегуляция

- Сократительный термогенез
- Несократительный термогенез

Сократительный термогенез

- При сокращении мышц возрастает гидролиз АТФ, поэтому возрастает поток вторичной теплоты, идущей на согревание тела.
 - Холодовая дрожь
 - Произвольная мышечная активность

Несократительный термогенез

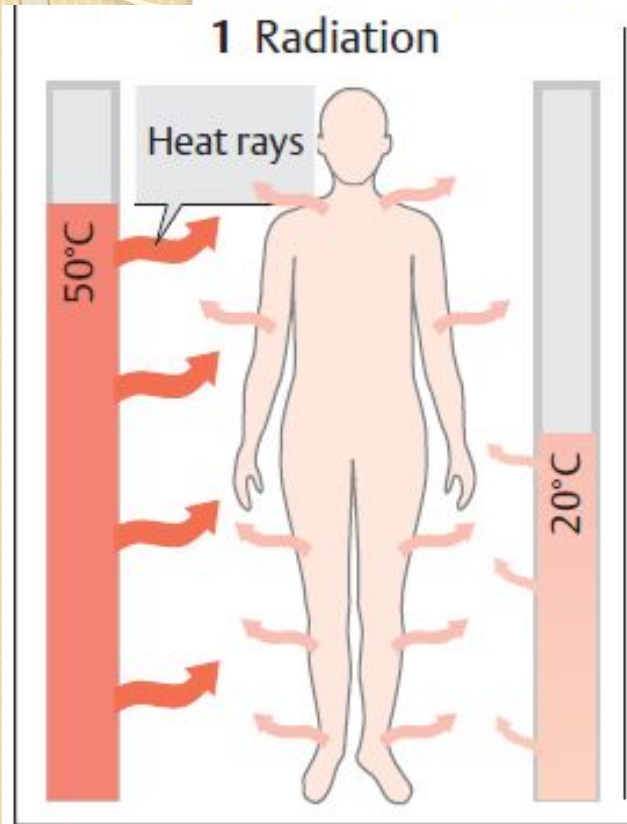
- осуществляется путём ускорения или замедления катаболических процессов обмена веществ. А это, в свою очередь, будет приводить к снижению или увеличению теплопродукции.
- Регуляция процессов несократительного термогенеза осуществляется путём активации симпатической нервной системы, продукции гормонов щитовидной и мозгового слоя надпочечников.

Физическая терморегуляция

- совокупность физиологических процессов, ведущих к изменению уровня теплоотдачи. Различают несколько механизмов отдачи тепла в окружающую среду:
 - -Излучение (радиация)
 - Теплопроводение (кондукция)
 - Конвекция
 - Испарение

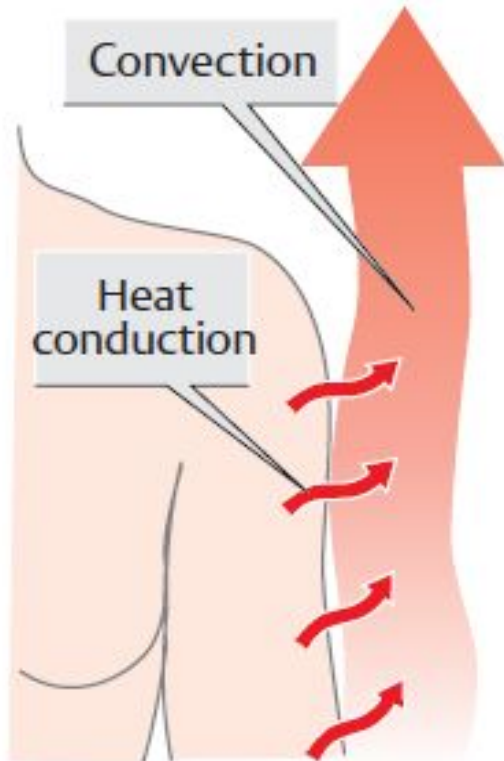
- **Излучение** – отдача тепла в виде электромагнитных волн инфракрасного диапазона.

- Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду излучением, пропорционально площади поверхности излучения (площади поверхности тела, не покрытой одеждой) и градиенту температуры.

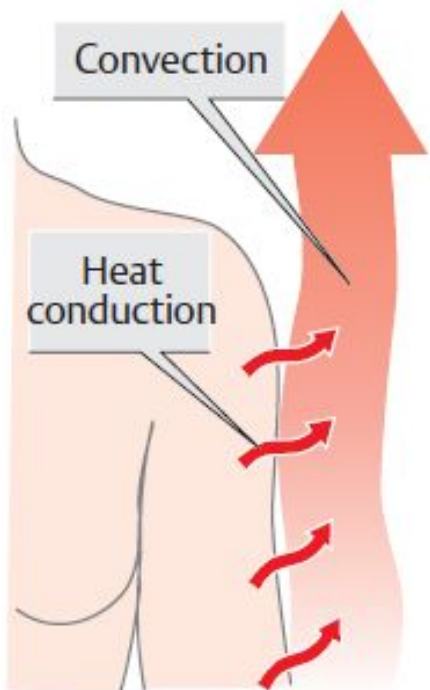


Теплопроводение (кондукция) – способ отдачи тепла при непосредственном соприкосновении тела с другими физическими объектами. Пропорционально:

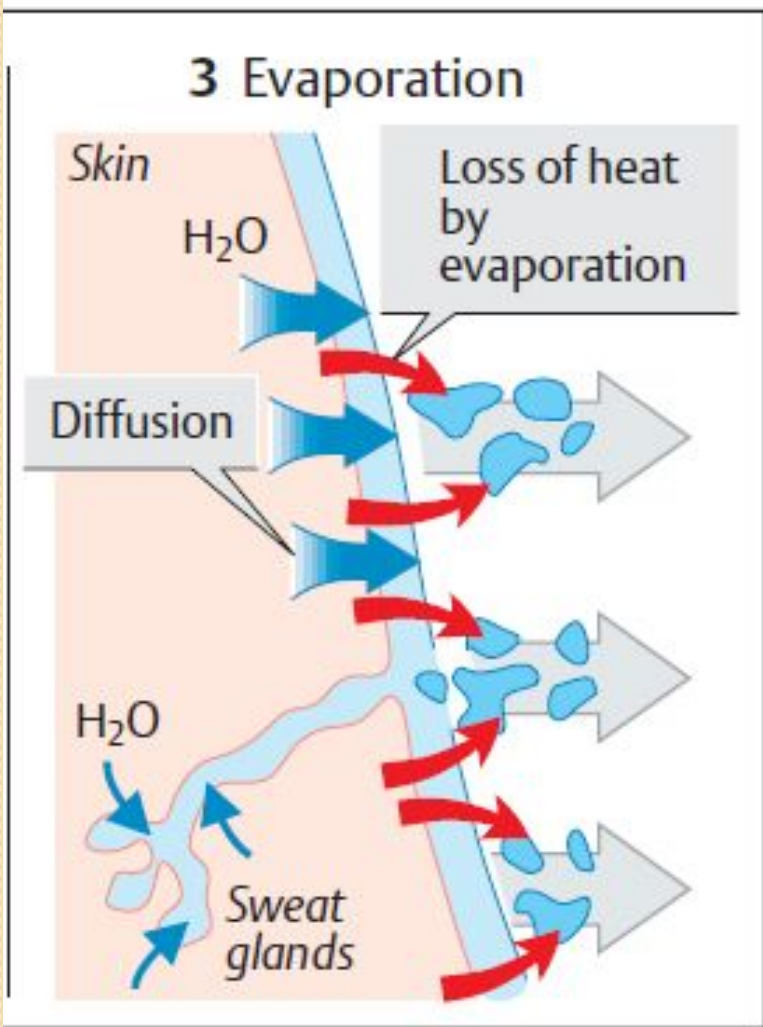
- разнице средних температур контактирующих тел
- площади соприкасающихся поверхностей
- времени теплового контакта
- теплопроводности.



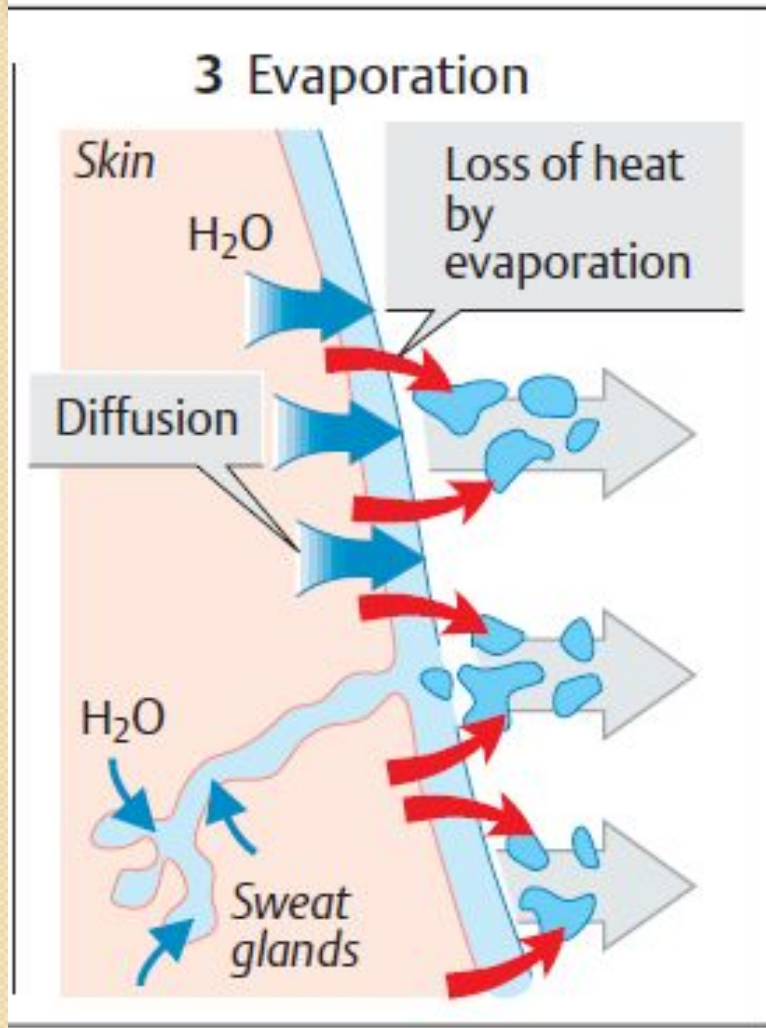
2 Conduction and convection



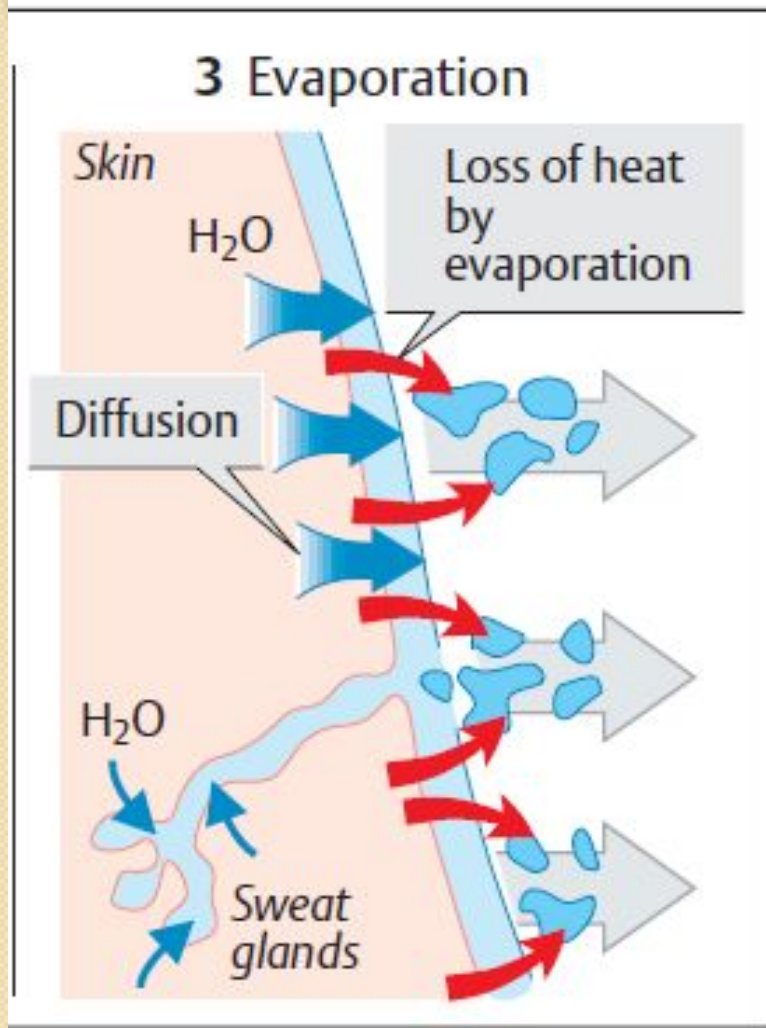
- **Конвекция** – теплоотдача, осуществляемая путём переноса тепла движущимися частицами воздуха (воды).



- **Испарение** – отдача тепловой энергии в окружающую среду за счёт испарения пота или влаги с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей.



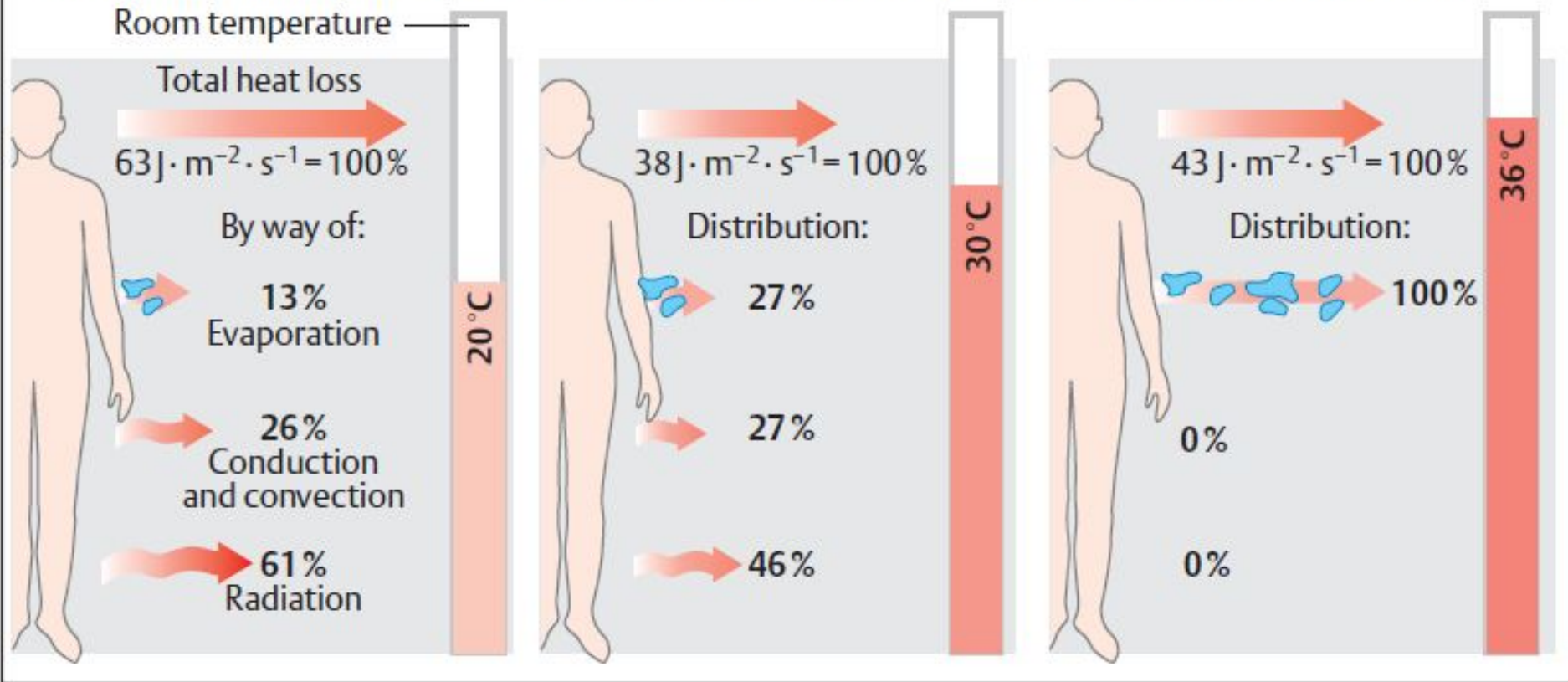
- **Неощущаемая перспирация – испарение воды со слизистых дыхательных путей (через дыхание) и воды, просачивающейся через эпителий кожного покрова (Испарение с поверхности кожи. Оно идёт даже в случае, если кожа сухая.).**



- **Ощущаемая перспирация – отдача тепла путём испарения пота. В среднем за сутки при комфортной температуре среды выделяется 400–500 мл пота, следовательно, отдаётся до 300 ккал энергии.**

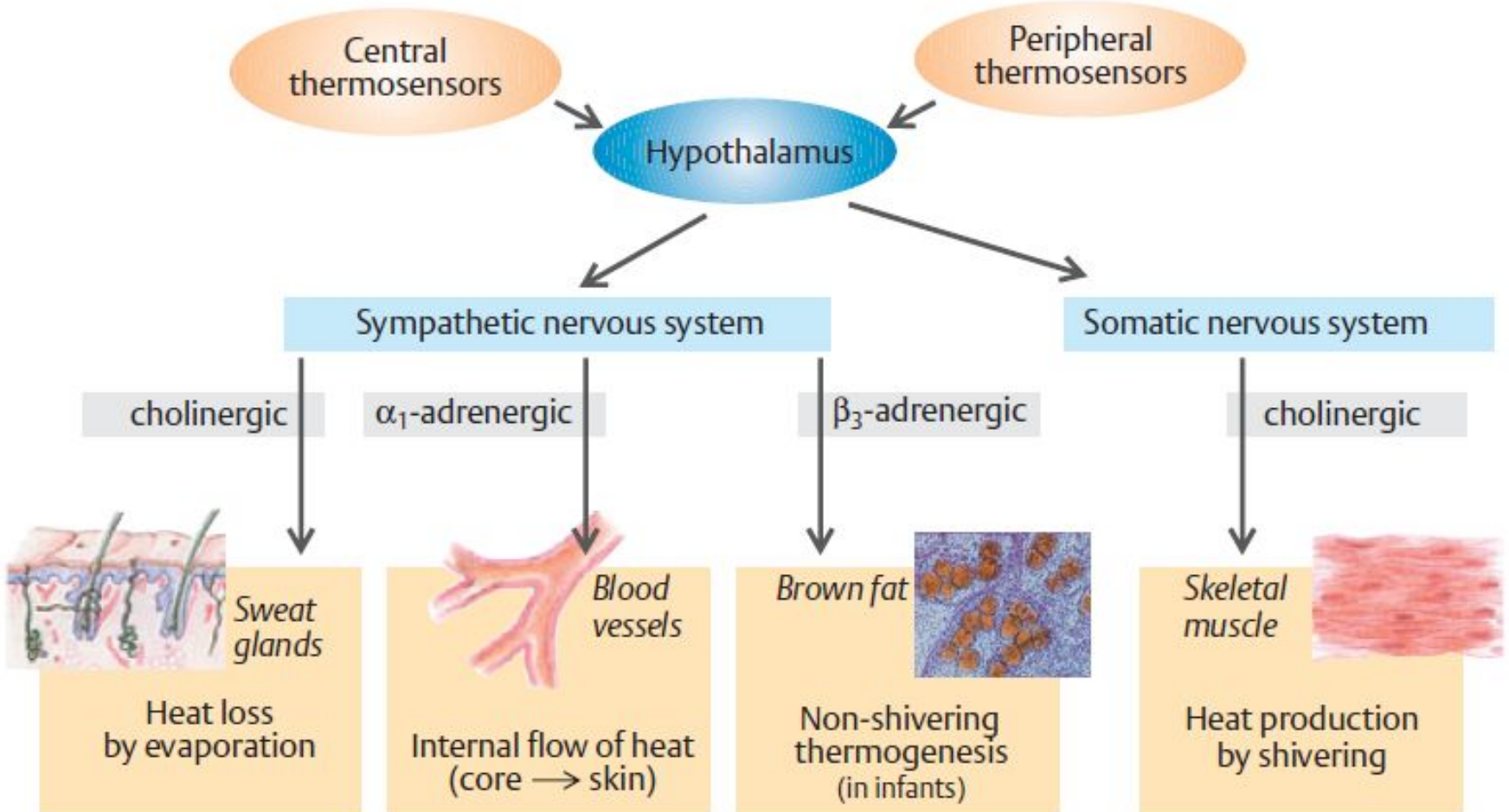
Эффективность различных способов теплоотдачи при разной температуре окружающего воздуха

C. Heat production at different environmental temperatures (unclothed, at rest)



Управление терморегуляцией

D. Neural factors affecting thermoregulation



Гипоталамический термостат

- Терморегуляторный центр постоянно поддерживает внутреннюю температуру $37,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (установочная точка центра терморегуляции).
Получение информации об отклонении от установочной точки температуры формирует сигнал к эффекторным системам, обеспечивающим поддержание внутренней температуры тела.

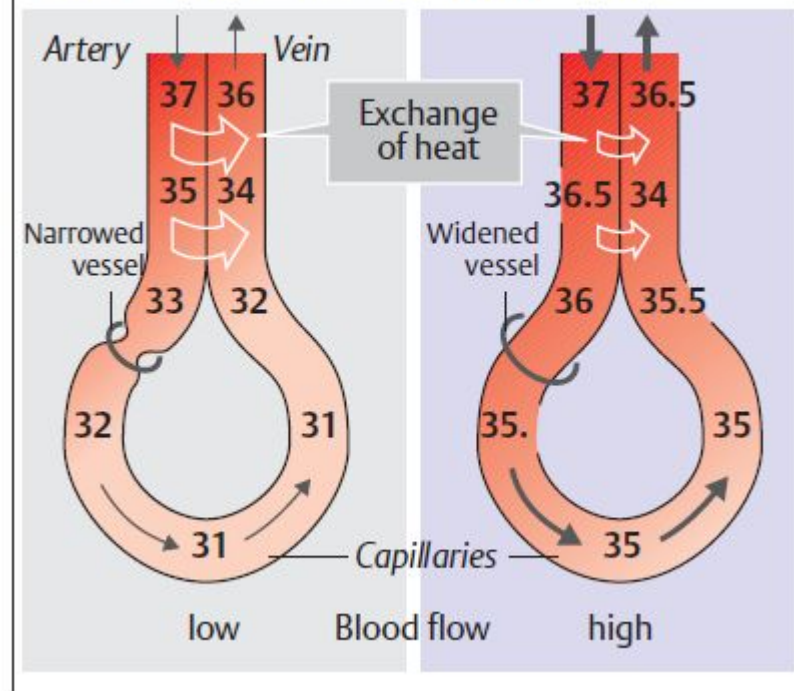
Управление терморегуляцией

- **Гипоталамус**
- Система терморегуляции состоит из ряда элементов с взаимосвязанными функциями. Информация о температуре поступает от терморецепторов и при помощи центральной нервной системы попадает в мозг.
- Основную роль в терморегуляции играет гипоталамус. Разрушение его центров или нарушение нервных связей ведёт к утрате способности регулировать температуру тела. В переднем гипоталамусе расположены нейроны, управляющие процессами теплоотдачи. При разрушении нейронов переднего гипоталамуса организм плохо переносит высокие температуры, но физиологическая активность в условиях холода сохраняется. Нейроны заднего гипоталамуса управляют процессами теплопродукции. При их повреждении нарушается способность к усилению энергообмена, поэтому организм плохо переносит холод.

Управление терморегуляцией

- **Эндокринная система**
- Гипоталамус управляет процессами теплопродукции и теплоотдачи, посылая нервные импульсы к железам внутренней секреции, главным образом щитовидной и надпочечникам.
- Участие щитовидной железы в терморегуляции обусловлено тем, что влияние пониженной температуры приводит к усиленному выделению её гормонов, ускоряющих обмен веществ и, следовательно, теплообразование.
- Роль надпочечников связана с выделением ими в кровь катехоламинов, которые, усиливая или уменьшая окислительные процессы в тканях (например, мышечной), увеличивают или уменьшают теплопродукцию и сужают или увеличивают кожные сосуды, меняя уровень теплоотдачи.

B. Arteriovenous exchange of heat



C. Environmental temperature and temperature control

