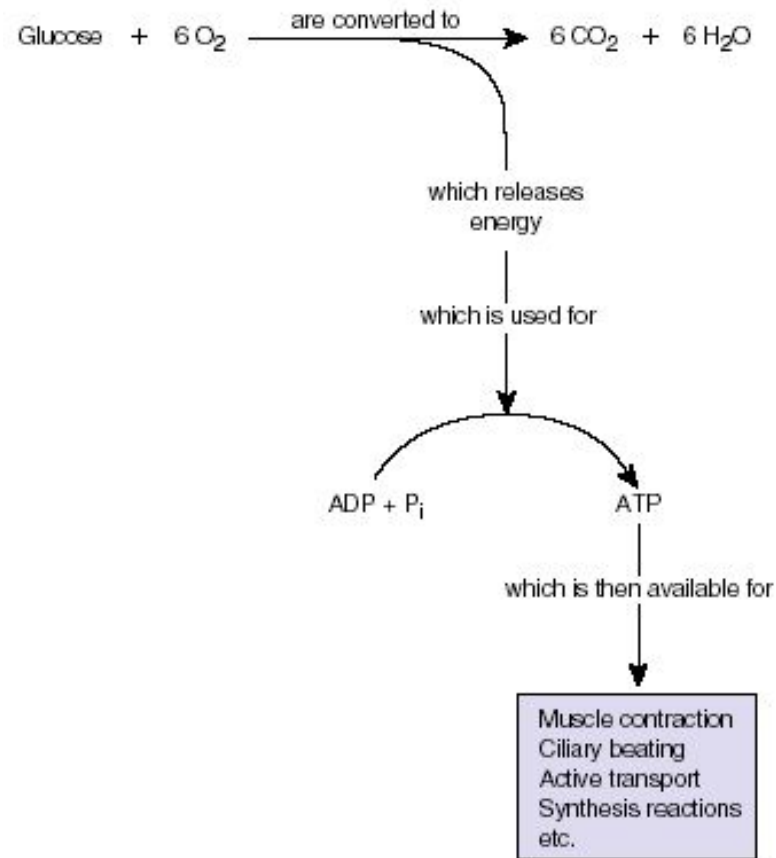
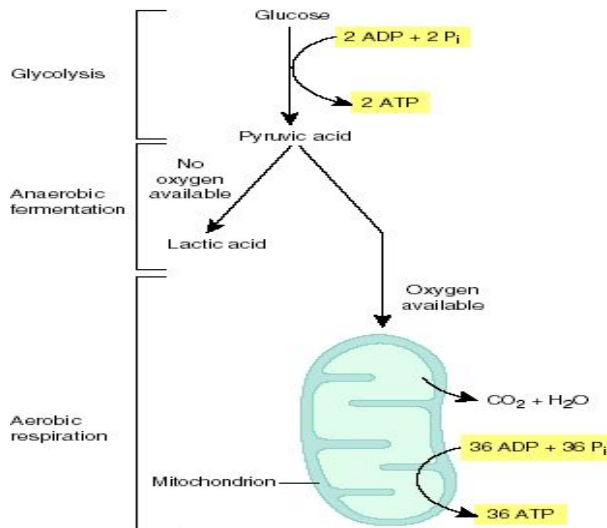




ЛЕКЦИЯ 17

Физиология обменных процессов

Продукция АТФ и ее расход



ВОПРОСЫ

- 1. Обмен веществ
- 2. Термодинамика живых систем и обмен энергии
- 3. Физиология питания

- С точки зрения термодинамики живые организмы относятся к открытым стационарным неравновесным системам. Это означает, что:
 - 1) они обмениваются с окружающей средой информацией, веществом и энергией;

- 2) способны в течение определенного времени удерживать свои основные параметры и под влиянием внешней среды переходить из одного стационарного состояния в другое в пределах колебаний жизненно важных констант, допустимых для сохранения жизни;

- 3) благодаря наличию в организме множества градиентов и потенциалов создаются условия для неравновесного распределения вещества и энергии между живыми системами и окружающей средой.

Принцип устойчивого неравновесия живых систем Э.С.Бауэра

- Живые и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии

Законы термодинамики.

- *Первый закон термодинамики* - закон сохранения и превращения энергии (Лавуазье, Ломоносов М.В., Г. Гельмгольц, Ю.Майер, Д.Джоуль).
- 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.

- Внутренняя энергия системы ΔU , тепло Q и работа A соотносятся как

- $\Delta U = Q + A$

- $Q = \Delta U + A$

Второй закон термодинамики

- (Больцман, 1880)
- Если любую энергию можно трансформировать в эквивалентное количество тепла, то в случае обратного превращения полная трансформация невозможна

- ЭНЕРГИЯ – СПОСОБНОСТЬ СИСТЕМЫ СОВЕРШАТЬ РАБОТУ
- **Стандартная единица энергии** в международной системе единиц (СИ) — джоуль (Дж, размерность — $\text{м}^2 \times \text{кг} \times \text{с}^{-2}$ «килограммометр в секунду»),
- несистемная единица тепловой энергии — калория (кал), а в физиологии и медицине — килокалория (ккал). (1 калория = 4,187 Дж)
- Калорию определяют как количество тепла, необходимое для нагрева 1 г воды на 1 градус от 20 до 21 Цельсия.

- Энергия может быть доступной (свободной) и недоступной (связанной)
- $U = G_{\text{своб.}} + W_{\text{связ.}}$

Второй закон термодинамики

- Энтропия – физическая величина, характеризующая значение связанной энергии, приходящееся на 1 градус температуры К
- В изолированной системе общее изменение энтропии всегда положительно
- Энтропия – мера беспорядка

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ

- ИНФОРМАЦИЯ – ЭТО НЕ ЭНЕРГИЯ И НЕ МАТЕРИЯ.
 - ИНФОРМАЦИЯ – ЭТО ИНФОРМАЦИЯ
 - Количество информации тождественно отрицательной энтропии
- Н.ВИНЕР

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ

- Информация показывает количество неопределенности, которое устраняется после ее получения
- К. Шеннон

ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ (примеры)

- 1. Узнавание стимулов (рецепция)
- 2. Генетическая информация
- 3. Прижизненная информация
- 4. Обмениваемая информация со средой

- ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

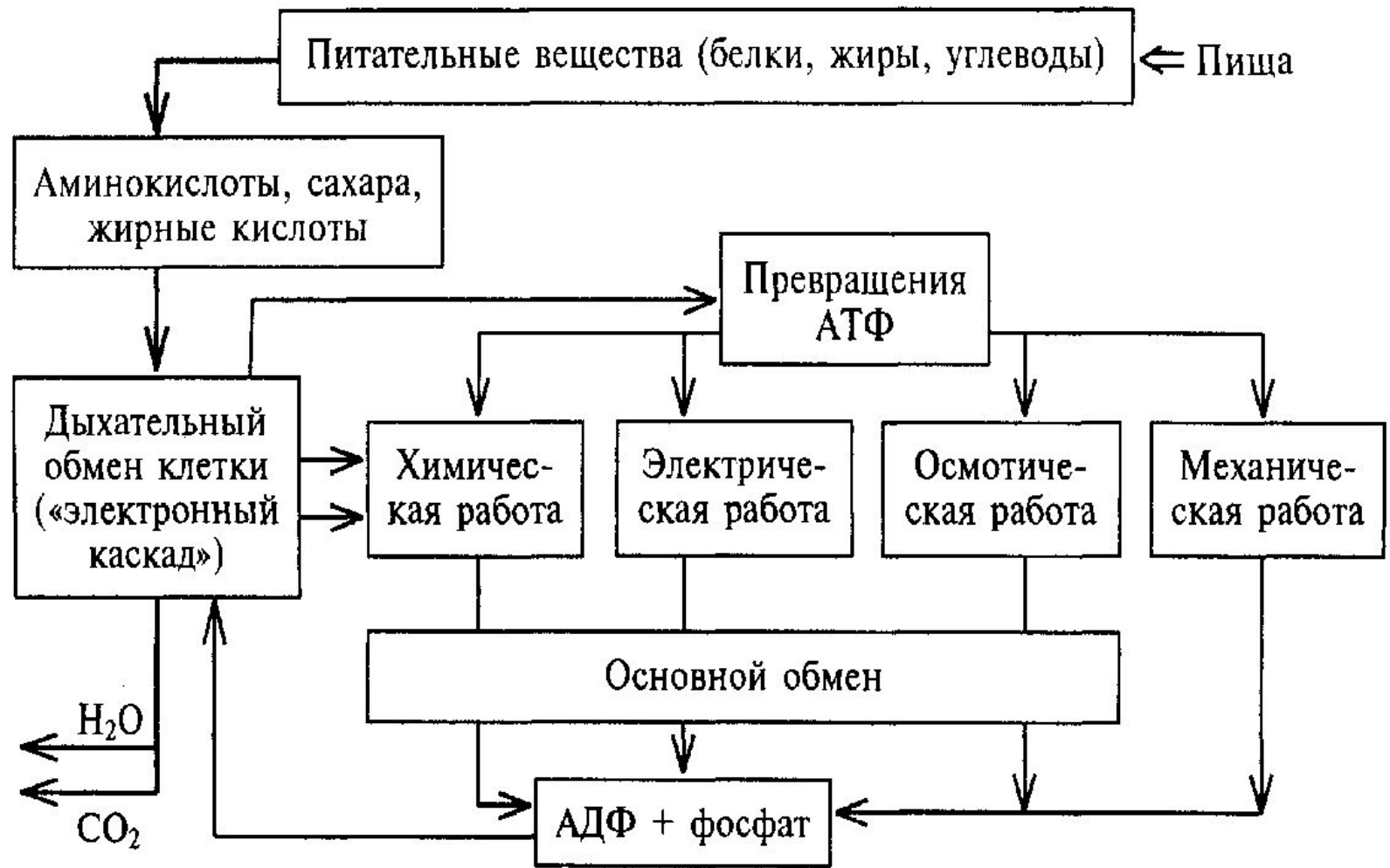
Теплота организма

- Теплоту, выделяемую организмом, условно делят на два типа.
- *Первичная теплота* постоянно высвобождается в ходе клеточного метаболизма, вне зависимости от того, совершается внешняя работа или нет. Ее количество является показателем интенсивности основного обмена, обеспечивающего функционирование жизненно важных органов.
- *Вторичная теплота* выделяется при совершении организмом любой работы за счет резерва аккумулированной энергии АТФ, образующегося в результате метаболических превращений питательных веществ.

Основной обмен

- Основной обмен - минимальное количество энергии, необходимое для обеспечения нормальной жизнедеятельности в условиях относительного физического и психического покоя.
- Эта энергия расходуется на процессы клеточного метаболизма, кровообращение, дыхание, выделение, поддержание температуры тела, функционирование жизненно важных нервных центров мозга, постоянную секрецию эндокринных желез.

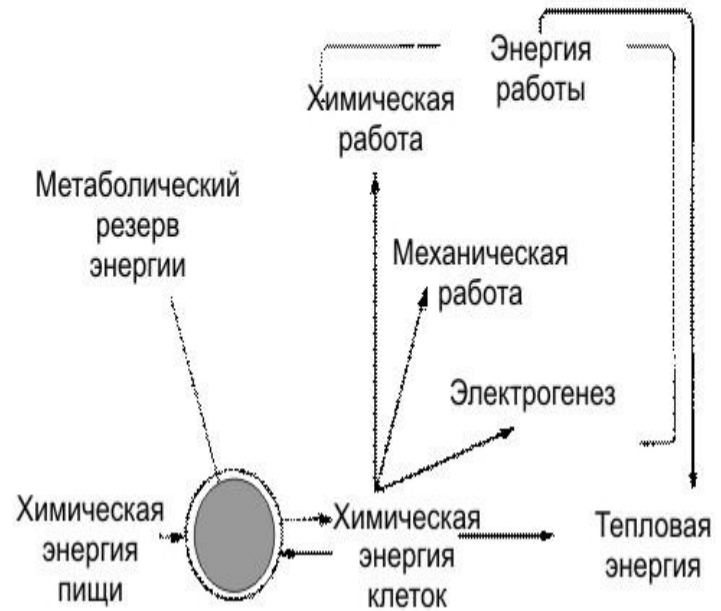
С х е м а 13.1. Поток энергии в клетке (по Леви А., Сикевича Г., 1971)



А



Б



Химическая работа обеспечивает обмен белков, жиров, углеводов (собственно их ферментативное расщепление), рост и размножение клеток, синтез и передачу наследственной информации.

Осмотическая работа способствует:

- трансмембранному переносу веществ, в том числе ионов натрия (Na^+), калия (K^+), хлора (Cl^-), кальция (Ca^{2+}) и др.;
- накоплению в клетке и выведению из нее продуктов метаболизма;
- поддержанию постоянства состава клеточной и тканевой жидкости.

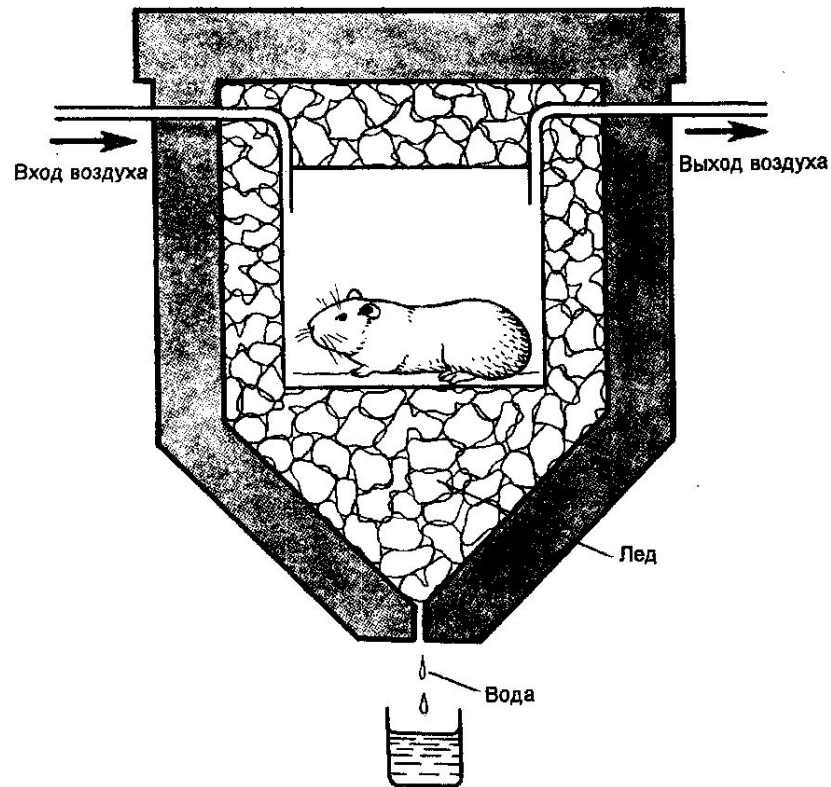
Электрическая работа поддерживает разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны. Вследствие этого клетки реагируют на воздействия внешней и внутренней среды процессом возбуждения, одним из проявлений которого является трансмембранный электрический ток (потенциал действия).

Механическая работа определяет разные формы движения — от потоков цитоплазмы в клетке и трепетания ресничек эпителия кишечника до согласованного сокращения различных групп мышц в сложных двигательных актах.

Печень потребляет 27 % энергии основного обмена, мозг — 19 %, мышцы — 18 %, почки — 10 %, сердце — 7 %, все остальные органы и ткани — 19 %.

- $\Delta U = W_{\text{пищи}} - Q - A$
- При $\Delta U = 0$ (гомойотермия)
- $W_{\text{пищи}} = Q + A$

Калориметр Лавуазье



Первый калориметр Лавуазье.

- Различают три уровня энерготрат: (1) основной обмен; (2) обмен покоя и (3) энерготраты при работе.
-

Прямая калориметрия

- **Калорическая величина основных компонентов пищи, измеренная в калориметрической бомбе, составляет в расчёте на 1 г вещества для :**
 - углеводов — 4,1 ккал/г,
 - белков — 4,1-5,3 ккал/г,
 - жиров — 9,3 ккал/г.

Т а б л и ц а 13.3. Соотношение энергетической ценности питательных веществ, калорического эквивалента кислорода и дыхательного коэффициента

Питательные вещества	При окислении 1 г вещества			Калорический эквивалент O ₂ , ккал	Дыхательный коэффициент CO ₂ /O ₂
	поглощается O ₂ , л	выделяется CO ₂ , л	освобождается тепла, ккал		
Белки	0,965	0,775	4,1	4,2	0,8
Жиры	1,990	1,420	9,3	4,7	0,7
Углеводы	0,830	0,830	4,1	5,05	1,0

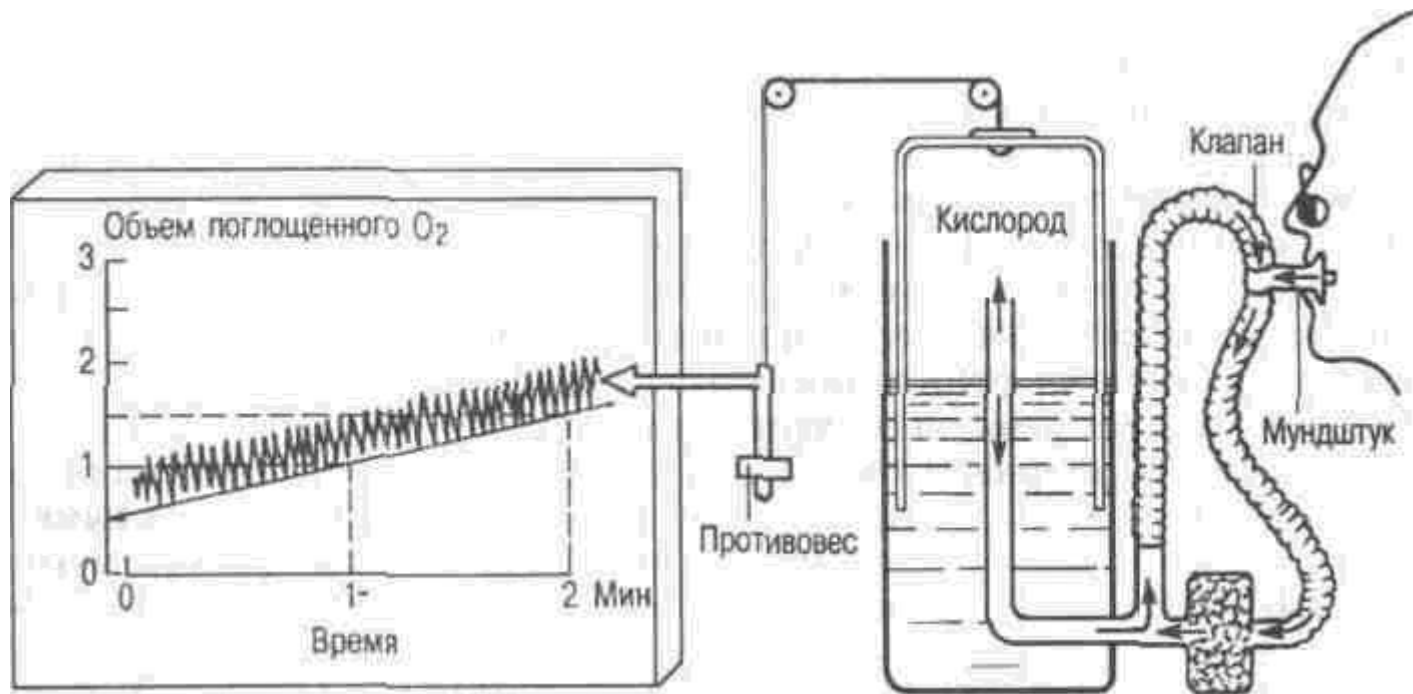
- Непрямая калориметрия. Наиболее простой вариант основан на определении количества потребляемого организмом кислорода (неполный газовый анализ).
- В ряде случаев для оценки интенсивности метаболизма определяют объем выделяющегося углекислого газа и объем потребленного организмом кислорода (полный газовый анализ).

- Зная количество потребленного кислорода и выделившегося углекислого газа, легко рассчитать расход энергии, поскольку показателем характера окисляемых в организме веществ является дыхательный коэффициент (ДК).

- **Дыхательный коэффициент (ДК)** — соотношение объёма выделяемого CO_2 к объёму потребляемого O_2 в единицу времени.

- $V_{\text{CO}_2} / V_{\text{O}_2}$

Принцип закрытой системы для измерения интенсивности поглощения кислорода.



ДК

- Углеводы (глюкоза). $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$, **ДК = 6/6 = 1,0**
- Жиры (трипальмитин). $2C_{51}H_{96}O_6 + 145O_2 = 102CO_2 + 98H_2O$, **ДК = 102/145 = 0,703**
- Для белков **ДК = 0,82.**

- **Основному обмену** соответствует минимальный расход энергии, обеспечивающий гомеостазис организма в стандартных условиях. Измеряется он у бодрствующего человека, утром, в условиях полного эмоционального и физического покоя, при температуре комфорта, натощак, в горизонтальном положении тела.

- **Рабочий обмен** — это совокупность основного обмена и энергетических трат организма, обеспечивающих его жизнедеятельность в условиях терморегуляторной, эмоциональной, пищевой и рабочей нагрузок.

- ***Специфическое динамическое действие пищи*** представляет собой повышение расхода энергии, связанное с превращением пищевых веществ в организме, главным образом после их всасывания из пищеварительного тракта.
- При потреблении смешанной пищи обмен повышается на 5—10 %;
- углеводная и жирная пища увеличивает его незначительно — примерно на 4 %.
- Пища, богатая белком, может повышать расход энергии на 30 %, эффект обычно длится 12—18 ч. Это обусловлено тем, что метаболические преобразования в организме белков сложны и требуют больших затрат энергии по сравнению с таковыми жиров и углеводов.
- Поэтому углеводы и жиры при их избыточном приеме увеличивают массу тела, а белки таким действием не обладают.

- **Специфическое динамическое действие пищи** является одним из механизмов саморегуляции массы тела человека.
- При избыточном приеме пищи, особенно богатой белком, развивается увеличение энергорасхода, ограничение приема пищи сопровождается снижением расхода энергии. Поэтому для коррекции массы тела людям с избыточной массой тела необходимо не только ограничение калорийности пищи, но и увеличение расхода энергии, например, с помощью мышечных нагрузок или охлаждающих процедур.

Коэффициент физической активности. Согласно рекомендациям ВОЗ, объективным физическим критерием, определяющим адекватное количество расходования энергии для конкретных профессиональных групп людей, является коэффициент физической активности (отношение общих энергозатрат на все виды жизнедеятельности к величине основного обмена, т.е. расходу энергии в состоянии покоя). Величины коэффи-

Группа I — работники преимущественно умственного труда: научные работники, студенты гуманитарных специальностей, операторы ЭВМ, контролеры, педагоги, диспетчеры, работники пульта управления и др. Очень легкая физическая активность; коэффициент физической активности 1,4; расход энергии 1800—2450 ккал/сут.

Группа II — работники, занятые легким физическим трудом: водители трамваев, троллейбусов, работники конвейеров, весовщицы, упаковщицы, работники сферы обслуживания, агрономы, медицинские сестры, санитарки, продавцы промышленных товаров и др. Легкая физическая активность; коэффициент физической активности 1,6; расход энергии 2100—2800 ккал/сут.

Группа III — работники средней тяжести труда: слесари, наладчики, настройщики, станочники, буровики, водители экскаваторов и бульдозеров, водители автобусов, врачи-хирурги, текстильщики, обувщики, железнодорожники, водители угольных комбайнов, продавцы продовольственных товаров, водники, аппаратчики, металлурги-доменщики, работники химических заводов и др. Средняя физическая активность; коэффициент физической активности 1,9; расход энергии 2500—3300 ккал/сут.

Группа IV — работники тяжелого физического труда: строительные рабочие, помощники буровиков, проходчики, хлопкоробы, основная масса сельскохозяйственных рабочих и механизаторов, доярки, овощеводы, деревообработчики, металлурги, литейщики и др. Высокая физическая активность; коэффициент физической активности 2,2; расход энергии 2850—3850 ккал/сут.

Группа V — работники особо тяжелого труда, *только мужчины*: механизаторы, сельскохозяйственные рабочие в посевной и уборочный периоды, горнорабочие, вальщики леса, бетонщики, каменщики, землекопы, грузчики немеханизированного труда, оленеводы и др. Очень высокая физическая активность; коэффициент физической активности 2,5; расход энергии 3750—4200 ккал/сут.

- **Физиологические принципы адекватного питания.**
- Пища должна обеспечивать достаточное поступление в организм энергии с учетом возраста, пола, физиологического состояния и вида труда.
- Пища должна содержать оптимальное количество и соотношение различных компонентов для процессов синтеза в организме (пластическая роль питательных веществ).
- Пищевой рацион должен быть адекватно распределен в течение суток.

Таблица 12.7. Рекомендуемые средние величины потребления пищевых веществ в зависимости от возраста

Возраст	Энергия, ккал	Белки, г/сут		Жиры, г/сут		Углеводы, г/сут
		всего	в т.ч. животные	всего	в т.ч. растительные	
1—3 года	1540	53	37	53	5	212
4—6 лет	1970	68	44	68	10	272
7—10 лет	2300	79	47	79	16	315
11—13 лет	2700 (2450)*	93 (85)	56 (51)	93 (85)	19 (17)	370 (340)
14—17 лет	2900 (2600)	100 (90)	60 (54)	100 (90)	20 (18)	400 (360)
60—74 года	2300 (2100)	69 (63)	38 (35)	77 (70)	26 (23)	333 (305)
75 лет и старше	2000 (1900)	60 (57)	33 (31)	67 (63)	23 (21)	290 (275)

*В скобках приведены величины, рекомендуемые для женщин.

**Рекомендуемые величины калорийности пищи
(ккал в сутки)**

I	Характер трудовой деятельности	Возраст (годы)	Мужчины	Женщины
I	Умственный труд, небольшая физическая нагрузка	18-30	2800	2400
		30-40	2700	2300
		40-60	2550	2200
II	Легкий физический труд	18-30	3000	2550
		30-40	2900	2450
		40-60	2750	2350
III	Среднетяжелый физический труд	18-30	3200	2700
		30-40	3100	2600
		40-60	2950	2500
IV	Тяжелый физический труд	18-30	3700	3150
		30-40	3600	3050
		40-60	3450	2900
V	Очень тяжелый физический труд	18-30	4300	—
		30-40	4100	—
		40-60	3900	—

ИМТ=М (кг)/Р²(м) по Кетле

Рсм-100 (или 110)=Должная МТ

по Брока

- Ожирение — избыточное накопление жира в организме, при котором индекс массы тела (ИМТ) составляет 30 кг/м² и выше.
- **Индекс массы тела по Кетле подсчитывают как отношение массы тела (выраженной в килограммах) к росту (выраженному в метрах), возведённому в квадрат.**
- Нормой следует считать ИМТ в пределах 18,5–24,9 кг/м².

- Ожирение следует отличать от избыточной массы тела, при которой ИМТ составляет 25–29,9 кг/м². ИМТ менее 18,5 кг/м² свидетельствует о дефиците массы тела.
- **Степени ожирения.** В зависимости от величины ИМТ выделяют три степени ожирения.
- Чем выше степень, тем выше риск для здоровья.

Индекс массы тела

- Недостаточная масса $< 18,5$
- Нормальная масса $18,5–24,9$
- Избыточная масса $25–29,9$
- Ожирение I $30–34,9$
- Ожирение II $35–39,9$
- Ожирение III 40 и более

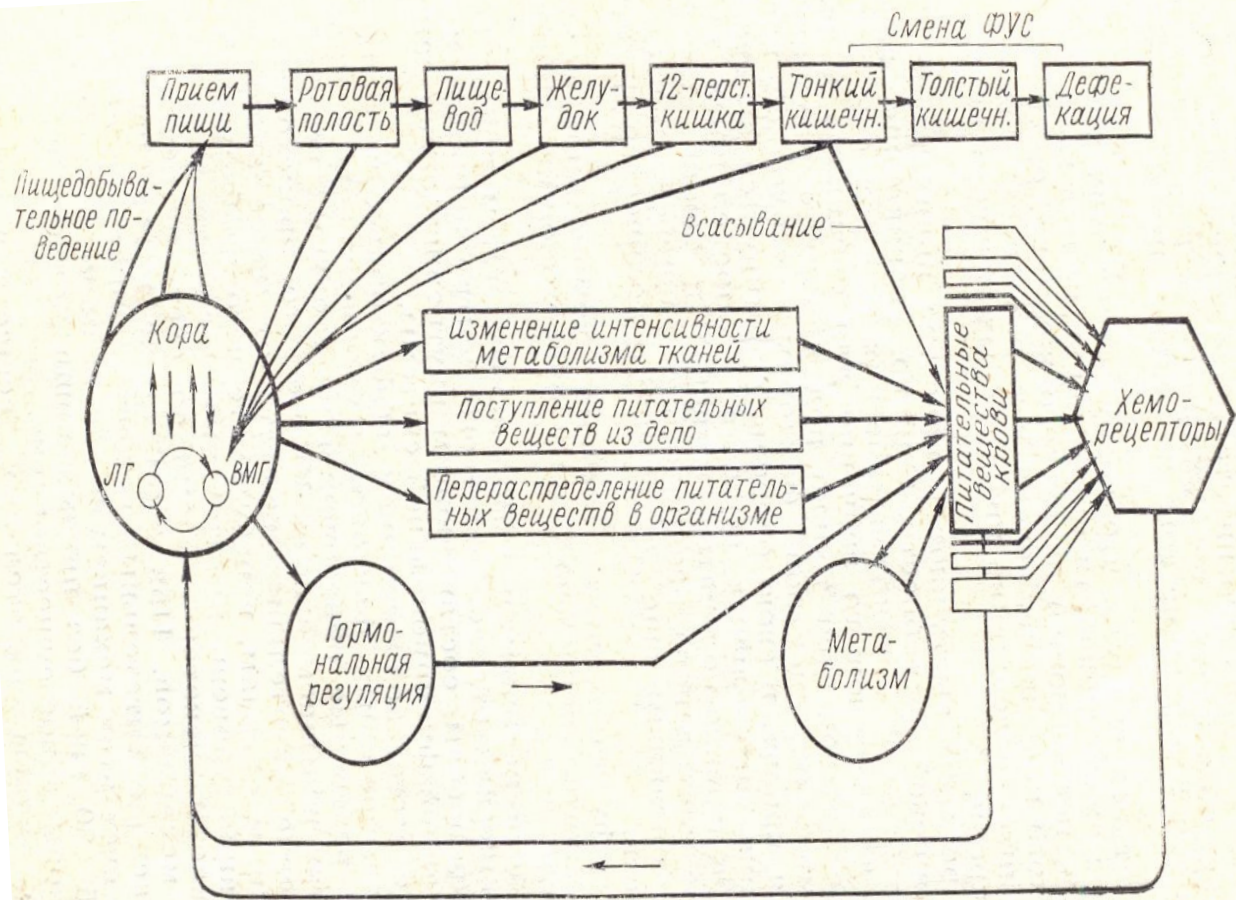


Схема 7. Схема функциональной системы, поддерживающей уровень питательных веществ в организме.

- **Чувство голода** (потребность в приёме пищи) возникает в результате мотивации, направленной на устранение дискомфортных субъективных ощущений, возникших в результате недостатка питательных веществ в организме.
- К таким ощущениям относят «голодные боли в области желудка», связанные с ритмическими сокращениями желудка, тошнота, общая слабость и иногда головная боль.

- Гипоталамус получает сигналы от рецепторов желудка (сигнализация о его наполнении), регистрирует концентрацию находящихся в крови аминокислот, глюкозы и жирных кислот, а центры голода и насыщения содержат рецепторы для нейромедиаторов и гормонов, стимулирующих (нейропептид Y, меланин–концентрирующий гормон, эндорфины, галанин, глутамат, ГАМК, кортизол) или подавляющих (холецистокинин, инсулин, α-меланоцитостимулирующий гормон, кортиколиберин, лептин, серотонин, норадреналин, глюкагоноподобный пептид) пищевое поведение.

ЛЕПТИН

- Жировые клетки секретируют пептидный гормон лептин, проникающий через гематоэнцефалический барьер путём облегченной диффузии и взаимодействующий со своими рецепторами в дугообразном и паравентрикулярном ядрах гипоталамуса.
- Стимуляция лептином рецепторов гипоталамуса порождает различные эффекты, уменьшающие запасы жира.

ЛЕПТИН

- Таким образом, лептин сигнализирует в гипоталамус о необходимости корректировать пищевое поведение .
- Уменьшение массы жировой ткани и (как следствие) выработки лептина приводит к компенсаторному обострению чувства голода и снижению расхода энергии.
- Прямым следствием гиполептинемии является ожирение.

- **НЕРВНАЯ АНОРЕКСИЯ** — упорный отказ от приёма пищи, сопровождающийся похуданием и другими симптомами голодания.
- При этом заболевании (в отличие от булимии) контроль за пищевым поведением сохранён.
- При нервной анорексии наблюдают вторичные эндокринные и метаболические нарушения и функциональные расстройства, часто приводящие к опасному для жизни истощению.

- **БУЛИМИЯ** — расстройство в виде повторных и неконтролируемых приступов поглощения большого количества пищи в течение короткого периода времени с последующими вызыванием рвоты, очищением кишечника и анорексией.
- Как и нервная анорексия, булимия сопровождается страхом увеличения массы тела, однако при этом контроль за пищевым поведением утерян.



Спасибо за внимание!