

Раздел:
ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И
ЭНЕРГИИ.

**ТЕМА: «Обмен веществ и энергии
как условие жизни и сохранения
гомеостаза».**

Лекция 10.

лектор: доцент каф. Нормальной физиологии,
к.б.н. Шебеко Л.В.

План:

1. Обмен веществ между организмом и внешней средой как условие жизни и сохранения гомеостаза;
2. Энергетический баланс организма. Учет прихода и расхода энергии.
3. Физиологическая калориметрия.
4. Основной обмен, условия определения, должные величины.
5. Общие принципы саморегуляции обмена веществ и энергии.
6. Регуляция белкового, углеводного, жирового обмена.
7. Роль воды в организме. Участие минеральных ионов в физиологических процессах. Регуляция водно-солевого баланса.

1. Обмен веществ между организмом и внешней средой как условие жизни и сохранения гомеостаза

Обмен веществ (метаболизм) – совокупность химических и физических превращений, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с внешней средой.

Обмен веществ выполняет 2 функции:

1. Обеспечение пластических нужд организма.
2. Обеспечение клетки энергией.

Обмен веществ складывается из процессов ассимиляции и диссимиляции.

Ассимиляция (анаболизм) — процесс усвоения организмом веществ, при котором расходуется энергия.

Диссимиляция (катаболизм) — процесс распада сложных органических соединений, протекающий с высвобождением энергии.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Приход веществ* —
белки, жиры, углеводы
пищи

Расход веществ -
расщепление белков до
 H_2O , CO_2 и азотсодержащих
соединений;
жиров и углеводов до
 H_2O и CO_2

Дисси-
миляция

Асси-
миляция

Приход энергии
с пищевыми продуктами

И ЭНЕРГИИ

Расход энергии -
деятельность внутренних органов
и двигательная активность

Обмен веществ протекает в несколько этапов:

1. Подготовительный этап– переработка пищевых веществ в органах пищеварения.

Превращение полимеров в мономеры.

(расщепление белков до аминокислот, жиров до глицерина и жирных кислот, углеводов до глюкозы).

2. Межуточный (промежуточный) обмен веществ - всасывание мономеров в кровь и поступление их в клетки, поступившие вещества участвуют в восстановлении клеточных мембран, участвуют в иных процессах на молекулярном уровне и т.д.

3. Образование и выделение продуктов метаболизма.

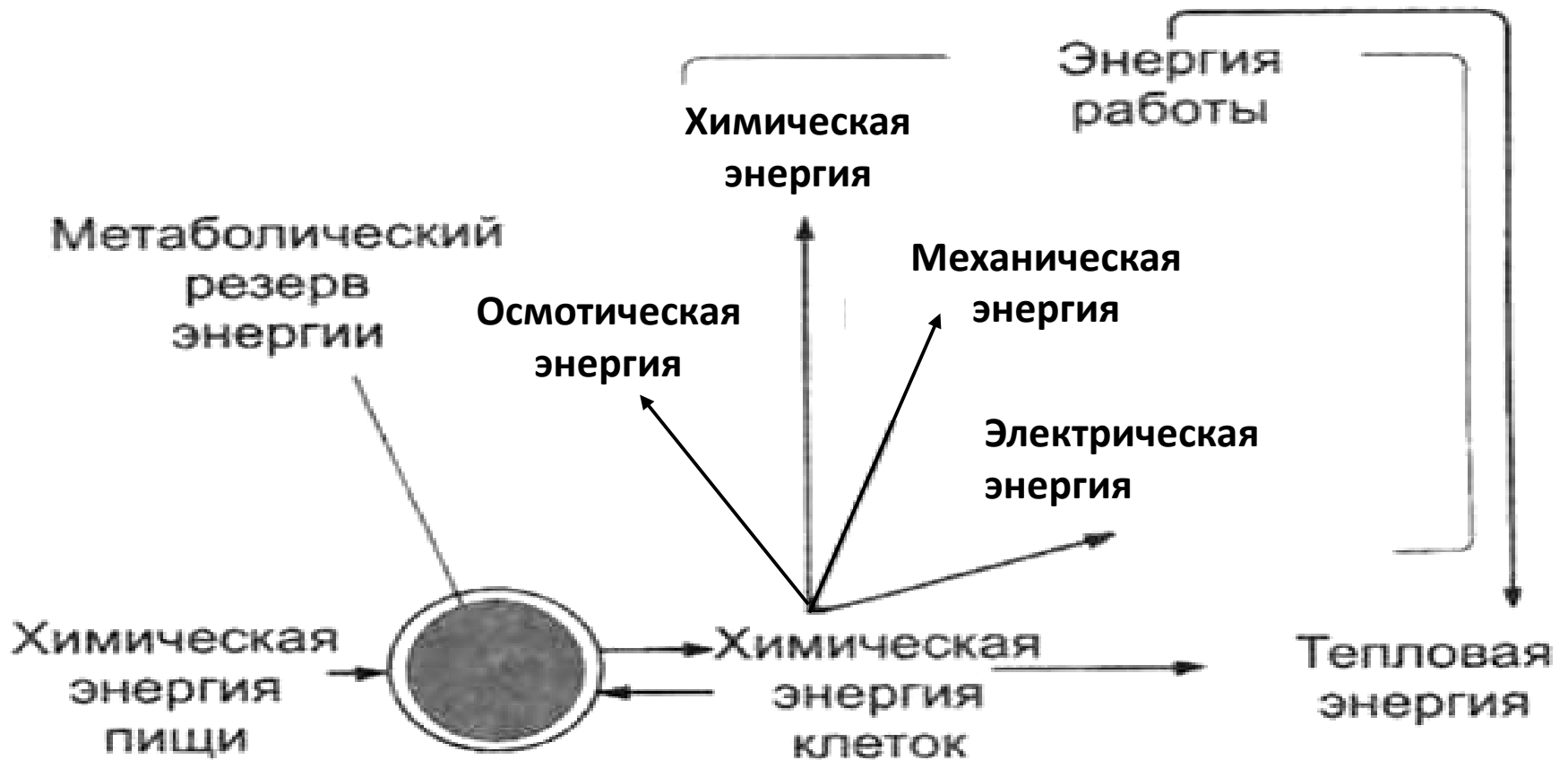
Обмен веществ и энергии составляет основу жизнедеятельности и принадлежит к числу важнейших специфических признаков живой материи.

В процессе обмена питательные вещества превращаются в собственные компоненты тканей и конечные продукты метаболизма.

При этих превращениях поглощается и высвобождается энергия. Использование химической энергии в организме называют **энергетическим обменом**.

Выделившаяся в результате химических реакций в организм энергия используется в дыхательном обмене клеток для синтеза макроэнергетических соединений, важнейшим из которых является АТФ. АТФ аккумулирует энергию фосфатных связей и является непосредственным источником энергии во всех процессах жизнедеятельности, где совершается работа. Часть заключенной в питательных веществах химической энергии преобразуется в другие биологически полезные формы – электрическую, осмотическую, механическую.

Виды и превращения энергии в организме



Между обменом веществ и обменом энергии существует одно принципиальное различие. Земля не теряет и не получает сколько-нибудь заметного количества вещества. Вещество в биосфере обменивается по замкнутому циклу и т.о. используется многократно. Обмен энергией осуществляется иначе. Она не циркулирует по замкнутому циклу, а частично рассеивается во внешнее пространство. Поэтому для поддержания жизни на Земле необходим постоянный приток энергии Солнца.

Законы сохранения вещества и энергии послужили теоретической основой для разработки важнейшего метода исследования обмена веществ и энергии — установления балансов, т.е. определения количества энергии и веществ, поступающих в организм и покидающих его в форме тепла и конечных продуктов обмена.

2. Энергетический баланс организма. Учет прихода и расхода энергии.

Обмен веществ организма неразрывно связан с обменом энергии. После сложных химических изменений пищевые вещества превращаются из высокомолекулярных в простые, что сопровождается выделением энергии.

Величину обмена можно определить точно, подсчитав состав поступивших пищевых веществ и состав выделяемых организмом продуктов распада, а также количество поглощенного O_2 и выделенного CO_2 .

Вес неизменный



Потребление энергии
(калорий)

Затраты энергии
(сжигание калорий)



Сжигание калорий больше,
чем потребление. Вес снижается



Потребление калорий - больше,
чем траты. Вес растёт.

Энергетический баланс

Энергетический баланс прихода и расхода веществ можно определить, вычислив соотношение между количеством энергии, которое поступило в организм с пищей, и тем количеством энергии, которое организм выделил во внешнюю среду.

**Уравнение энергетического
баланса**

$$E = A + H + S$$

E – общее количество энергии, получаемой организмом с пищей

A – полезная (внешняя) работа

H – теплоотдача

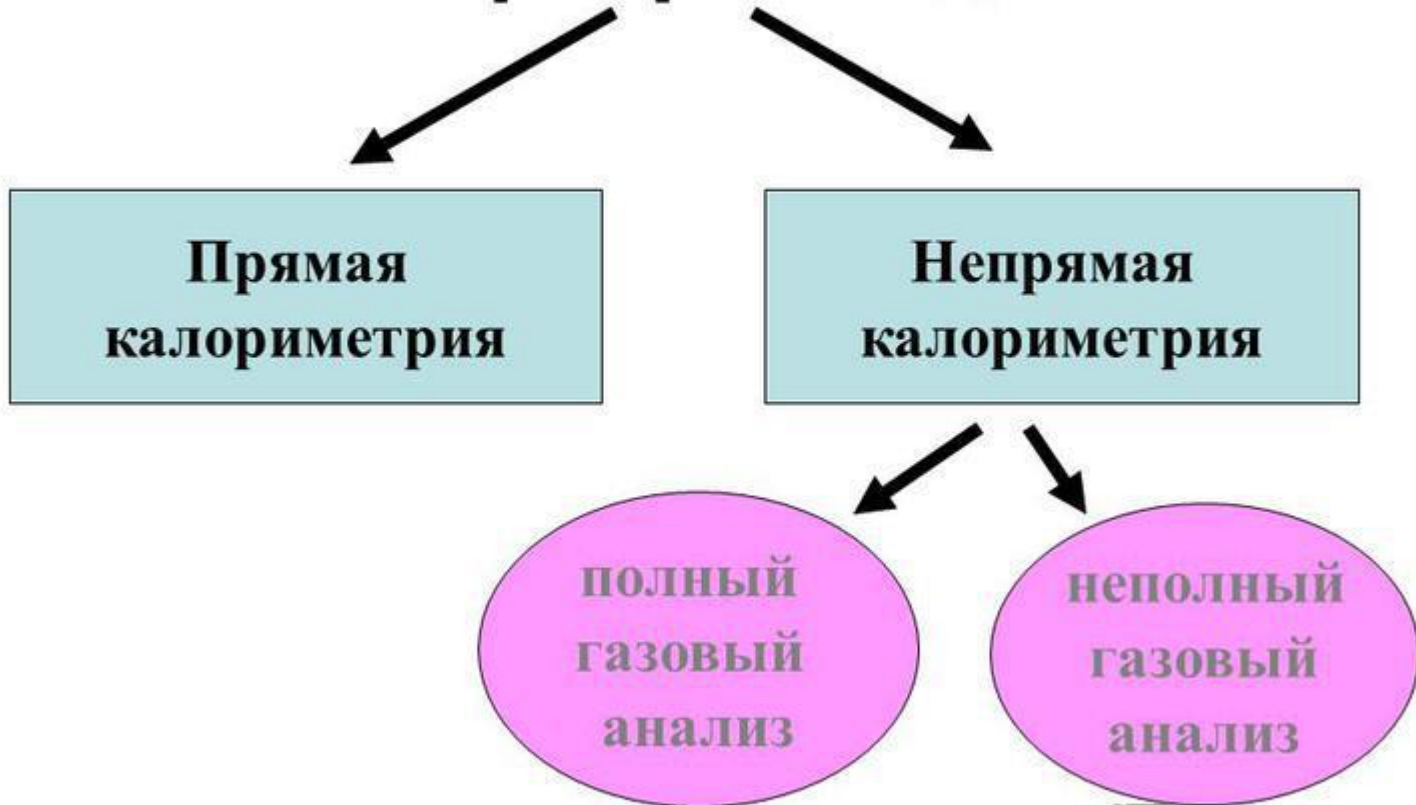
S – запасённая энергия

Находящаяся в белках, жирах и углеводах пищи потенциальная химическая энергия в процессе обмена веществ превращается в различные формы химической и физической энергии. При мышечной деятельности она переходит в кинетическую, механическую энергию. Ничтожная ее часть превращается в электрическую энергию. Затем в конечном счете вся химическая энергия превращается в тепловую энергию, которая отдается внешней среде. Поэтому общий обмен веществ устанавливается по отдаче организмом тепла за определенный промежуток времени.

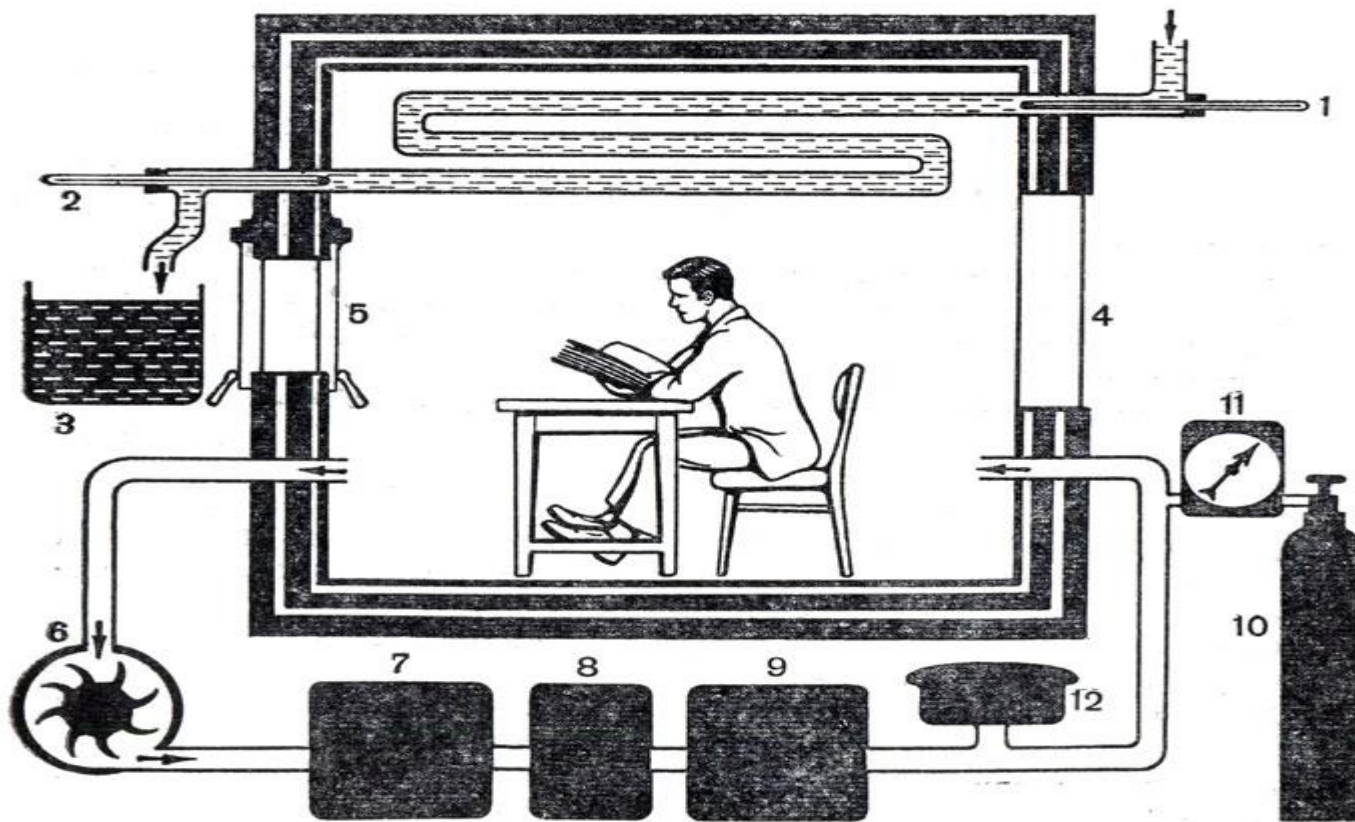
3. Физиологическая калориметрия.

Количество теплоты, отдаваемое организмом, измеряется в джоулях (Дж)¹, а определение количества теплоты называется калориметрией. Для измерения количества выделяемой теплоты человек или животное помещается в герметически закрытую камеру, не пропускающую тепло (прямая калориметрия). В настоящее время энергетические затраты определяются подсчетом энергии в усвоенных организмом пищевых веществах (непрямая калориметрия). Калориметрия впервые была осуществлена Лавуазье и Лапласом.

Методы определения энергорасхода



Обмен веществ и энергии



Прямая калориметрия

Схема калориметра. Производимое организмом человека тепло измеряют с помощью термометров (1 и 2) по нагреванию воды, протекающей по трубам в камере (4).

Количество протекающей воды измеряют в баке (3). Через окно (5) подают пищу и удаляют экскременты. Посредством насоса (6) воздух извлекают из камеры и прогоняют через баки с серной кислотой (7 и 9) (для поглощения воды) и с натронной известью (8) (для поглощения углекислого газа). Кислород подают в камеру из баллона (10) через газовые часы (11). Давление воздуха в камере поддерживают на постоянном уровне посредством сосуда с резиновой мембраной (12)

Непрямая калориметрия



Метод Дугласа (полный газовый анализ). Маска через систему клапанов соединяется с мешком из воздухонепроницаемой ткани, укрепляемым на теле испытуемого. Клапаны дают возможность свободно вдыхать атмосферный воздух, а выдыхаемый воздух направляется в мешок. Выдохнутый воздух из мешка пропускают через газовые часы для определения его объема, а затем химическим путем определяют в нем процентное содержание кислорода и углекислого газа. Зная состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, можно рассчитать количество поглощенного кислорода и выдохнутого углекислого газа.

Поглощаемый организмом кислород идет на окисление белков, жиров и углеводов. Для окисления 1 г белков, жиров или углеводов требуется разное количество кислорода, а следовательно, при этом освобождается и разное количество энергии

Вещества, окисляющиеся в организме	При окислении 1 г питательных веществ		Количество освобождающейся энергии (в дж)	
	потребляется кислорода (в л)	выделяется углекислого газа (в л)	при потреблении 1 л кислорода	при выделении 1 л углекислого газа
Белки	0,970	0,829	18,73	23,89
Жиры	2,030	1,431	19,90	27,88
Углеводы	0,830	0,829	21,21	21,21

Образование энергии при окислении веществ в организме

Дыхательный коэффициент

*отношение объема выделенного углекислого газа к
объему поглощенного кислорода*

При окислении *глюкозы* ДК=1, *жиров*- 0,7, *белков* -
0,82.

Для *смешанной пищи* ДК принимается равным от 0,9 до
0,7.

Калорический эквивалент кислорода (КЭО₂)

*количество тепла, образующееся в организме при
потреблении 1 л. O₂)*

КЭО₂ (ккал/л) для углеводов - 5,05, жиров - 4,69,
белков - 4,46.

ДК больше 1 может быть при интенсивной физической
нагрузке, накоплении углекислоты в организме.

4. Основной обмен, условия определения, должны величины.

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 желёз.

Печень потребляет 27% энергии основного обмена;

Мозг — 19%;

Мышцы — 18%;

Почки — 10%;

Сердце — 7%;

Остальные органы и ткани — 19%.

Любая работа — физическая или умственная, а также приём пищи, колебания температуры окружающей среды и другие внешние или внутренние факторы, изменяющие уровень обменных процессов, влекут за собой увеличение энергозатрат.

Основной обмен определяют в строго контролируемых, искусственно создаваемых условиях:

- утром, натощак (через 12–14 часов после последнего приема пищи);
 - в положении лежа на спине, при полном расслаблении мышц, в состоянии спокойного бодрствования;
 - в условиях температурного комфорта (18–20 °С);
- за 3 суток до исследования из организма исключают белковую пищу;

Основной обмен выражается количеством энергозатрат из расчета 1 ккал на 1 кг массы тела в час [1 ккал/(кг×ч)]

Факторы влияющие на величину основного обмена:

возраст;

рост;

масса тела;

пол человека;

Беременность, лактация;

Температура окружающей среды;

Эмоциональный статус;

Сон;

Уровень гормонов (щитовидной железы, катехоламинов и др.);

Инфекция, различные стресс-факторы.

ОСНОВНОЙ ОБМЕН

- **Должный (идеальный) основной обмен** определяется по таблицам или по формулам (с учётом пола, возраста, массы, роста)
- **Истинный (реальный) основной обмен** определяется методом Крога в стандартных условиях.
- **Допустимое отклонение истинного основного обмена от должного – 10%**
- **% отклонения можно рассчитать по формуле Рида:**

$$\% \text{ откл.} = 0.75 \times (\text{ЧСС} + \text{пульсовое АД} \times 0.74) - 72$$

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ЛЮДЕЙ ПО ЭНЕРГОЗАТРАТАМ

1 группа - это люди, ведущие сидячий образ жизни, чаще всего это офисные работники. Они тратят в день 2200-2500 калорий.

2 группа – это люди, которые имеют нормальную мышечную нагрузку, но работают сидя. Сюда относятся ювелиры, регистраторы и учителя. Они тратят в день 2600-2900 калорий.

3 группа - это люди, которые имеют мышечную нагрузку, но она совсем незначительна. К этой группе можно отнести врачей, официантов и почтальонов. Их трата энергии равна 3000-3100 калориям.

4 группа – люди с напряженной мышечной работой (тренеры, дирижеры, слесари). Их затраты энергии равны 3500-3700 калориям.

5 группа – те, кто занимается тяжёлым физическим трудом (работники цеха, профессиональные спортсмены). При этом тратится около 4100 калорий.

6 группа – очень тяжелый труд (шахтеры, каменщики). Затраты энергии в таком случае равны 5100 калориям, но этот порог может превышать.

5. Общие принципы саморегуляции обмена веществ и энергии.

В процессе жизнедеятельности уровень метаболизма все время подвержен значительным колебаниям, обеспечивая наилучшие условия для выполнения приспособительных функций организма.

Точное соответствие изменений метаболизма потребностям организма достигается благодаря очень тонким регуляторным процессам.

Уровни регуляции метаболизма:

- клеточный (обусловлен генетически и зависит от содержания различных веществ);
- Тканевой (вливают физические факторы – температура, радиация и др.);
- целостного организма (осуществляется посредством нервной и гуморальной регуляции).

Регуляция обмена веществ

Нервная

Гипоталамус

Регуляция обмена белков, жиров, углеводов, воды, солей, обмена тепла и потребление пищи

Гуморальная

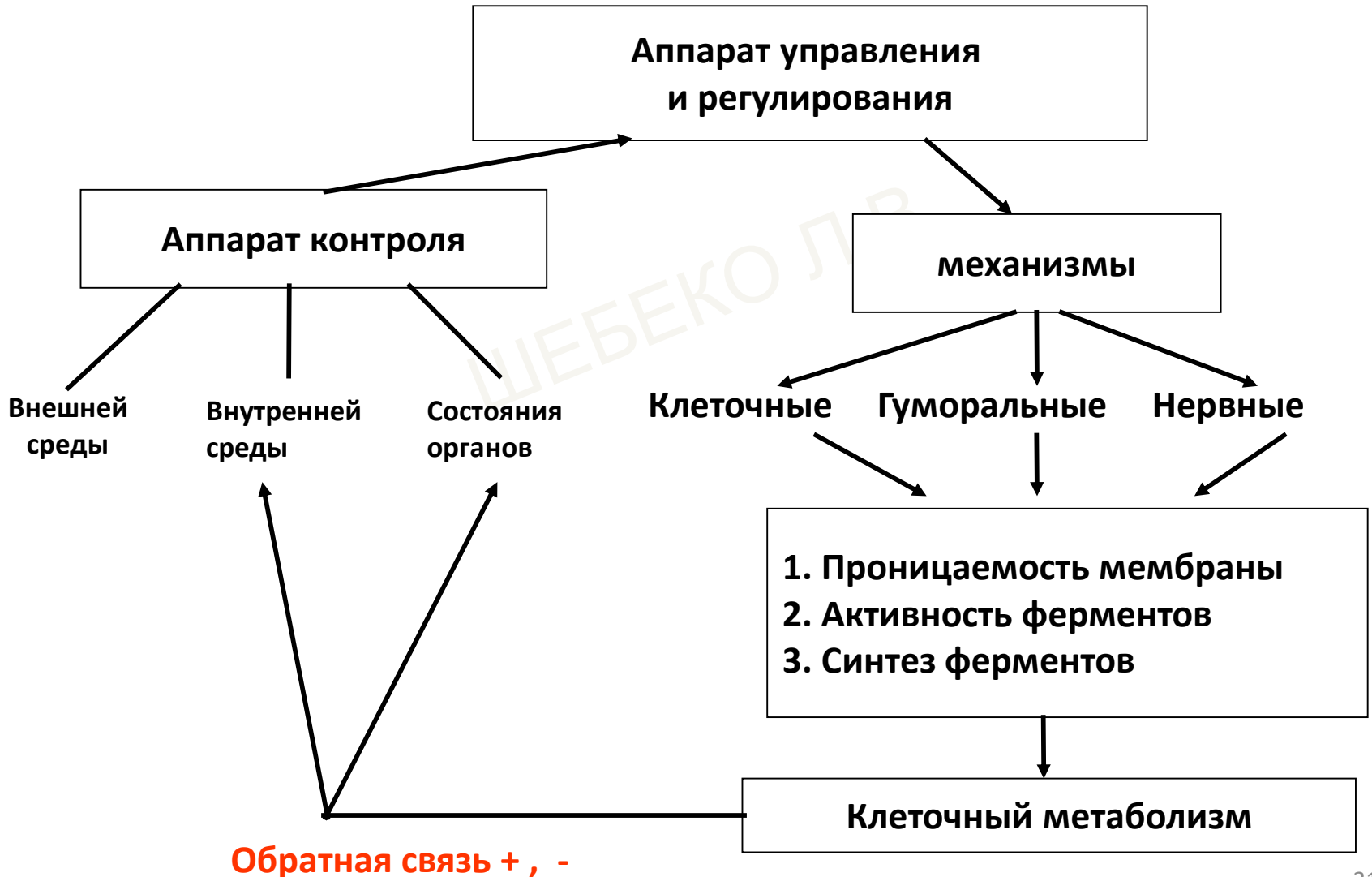
Эндокринные железы

Гормоны участвуют в регуляции ОВ и Е, влияя на проницаемость мембран, активируя ферментные системы организма

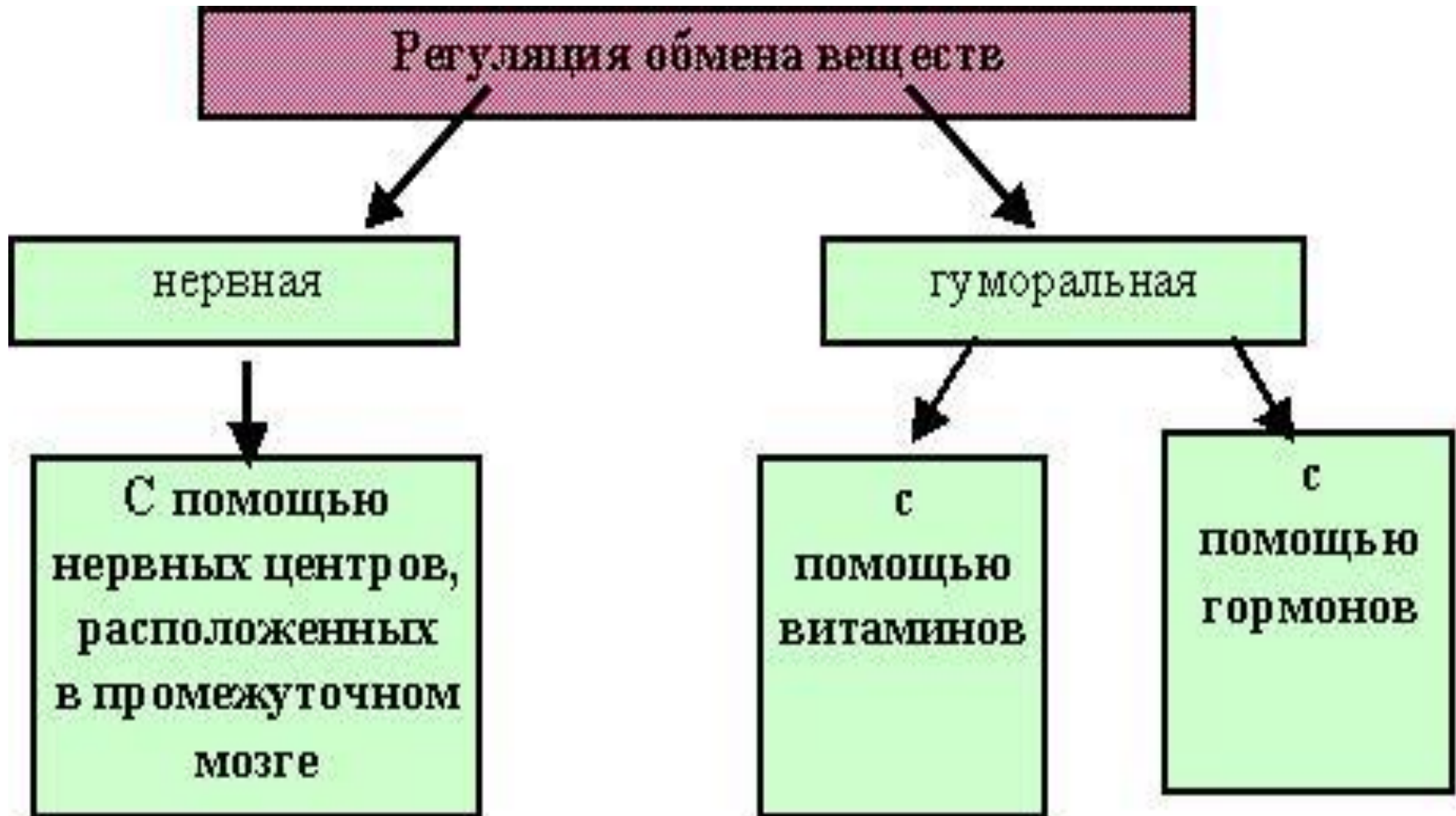
В ядрах гипоталамуса осуществляется анализ состояния внутренней среды организма и формируются управляющие сигналы, которые посредством эфферентных систем приспособливают ход метаболизма к потребностям организма.

Гормоны гипоталамуса, гипофиза и других эндокринных желез оказывают прямое влияние на рост, размножение, дифференцировку, развитие и другие функции клеток. Гормоны принимают участие в поддержании в крови необходимого уровня таких веществ, как глюкоза, свободные жирные кислоты, минеральные ионы.

Схема саморегуляции обмена веществ



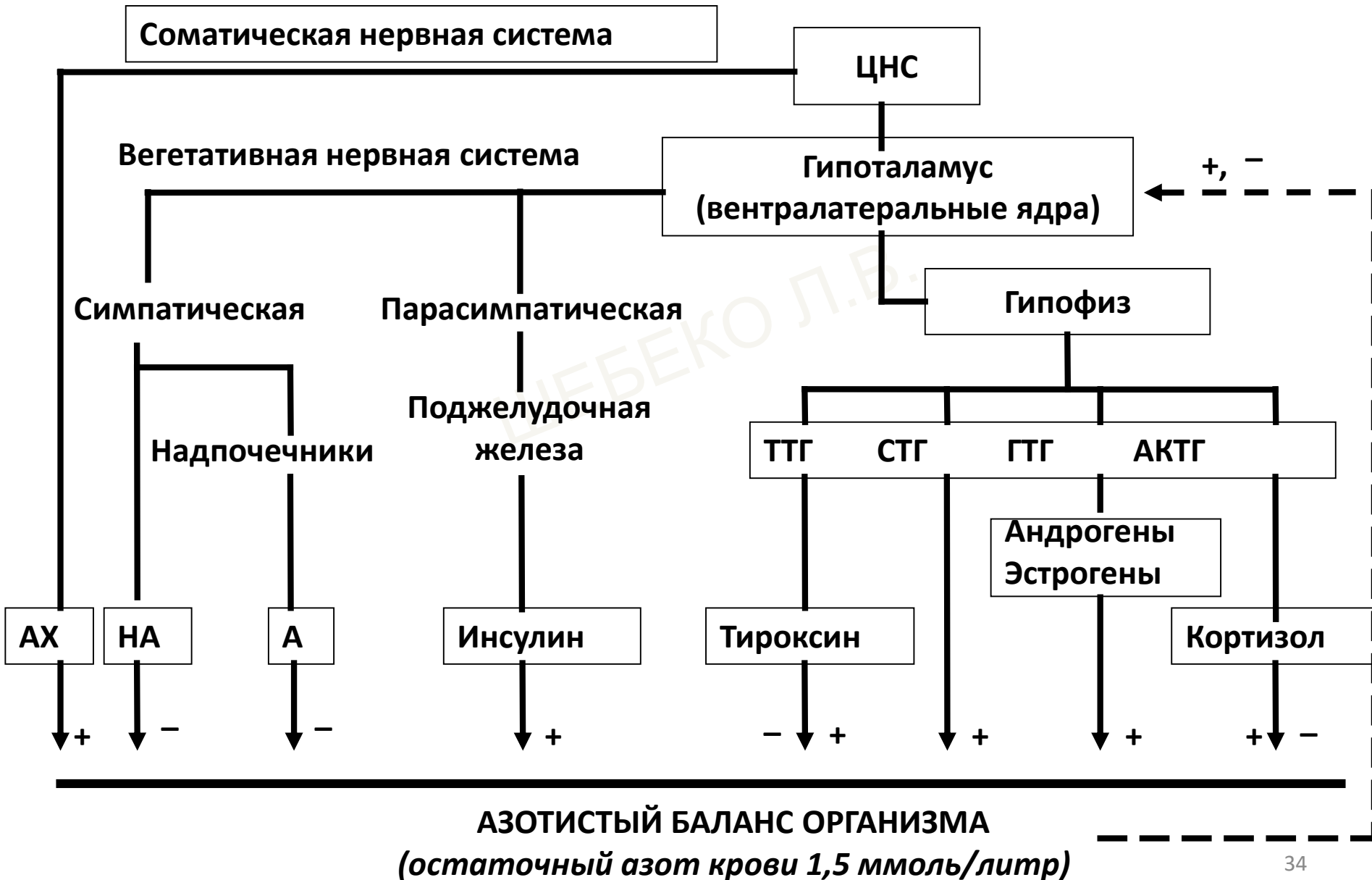
6. Регуляция белкового, углеводного, жирового обмена.



Роль белков в организме

- Принимают участие в формировании клеточных структур, обеспечивают мышечное сокращение
- Являются пищеварительными ферментами
- Обеспечивают иммунитет
- Формируют факторы свертывания крови
- Перенос многих веществ
- Передача наследственных свойств (РНК, ДНК)
- Выполняют регуляторную функцию
- Обеспечение энергией

Регуляция белкового обмена



Азотистый баланс. Азотистым балансом называют разность между количеством азота, содержащегося в пище человека, и его уровнем в выделениях.

Азотистое равновесие — состояние, при котором количество выведенного азота равно количеству поступившего в организм. Азотистое равновесие наблюдается у здорового взрослого человека.

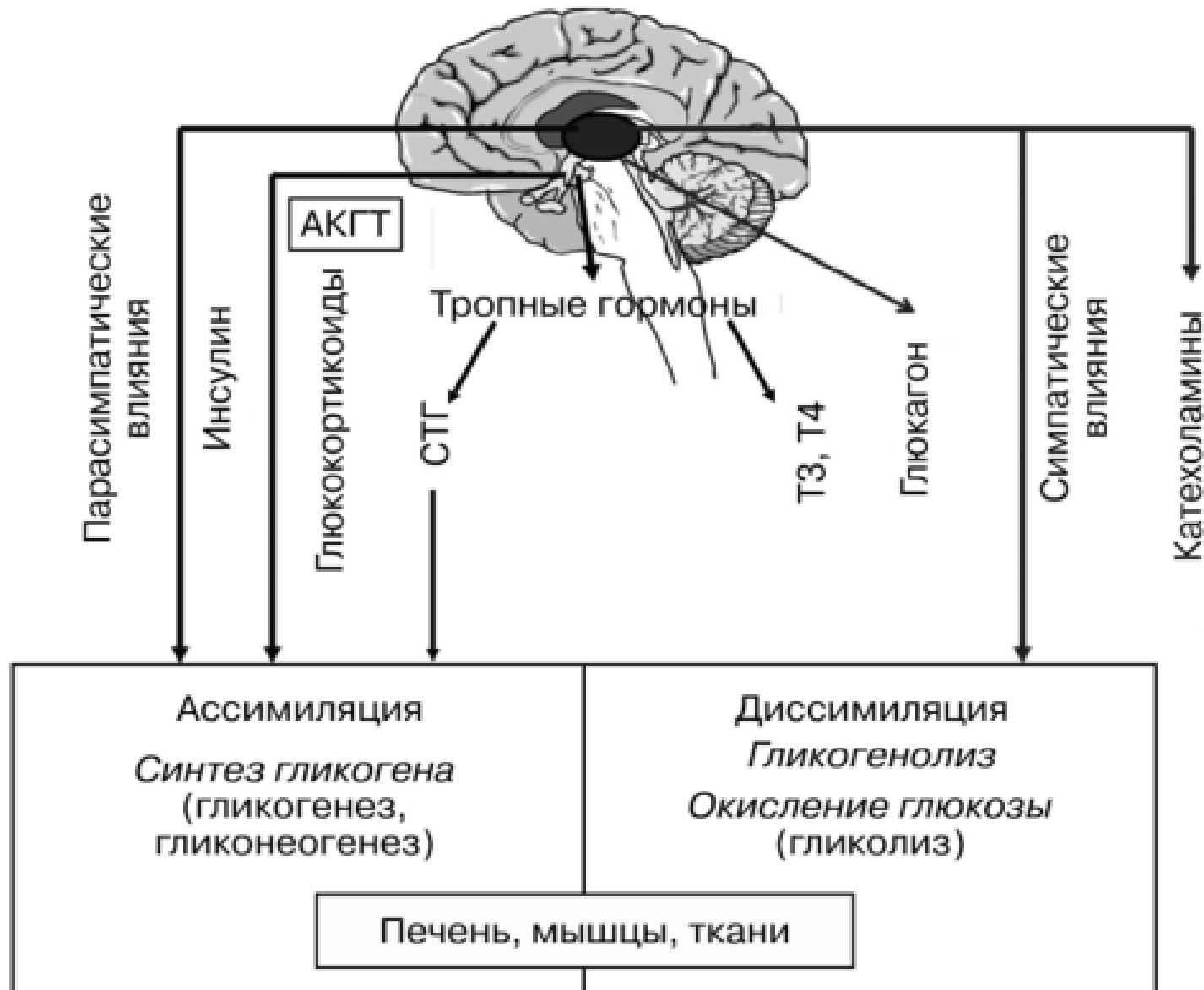
Положительный азотистый баланс — количество азота в выделениях организма значительно меньше, чем содержание его в пище, то есть наблюдается задержка азота в организме (*отмечается у детей в связи с усиленным ростом, у женщин во время беременности, при усиленной спортивной тренировке, при заживлении массивных ран или выздоровлении после тяжелых заболеваний*).

Азотистый дефицит - количество выделяющегося азота больше содержания его в пище, поступающей в организм. Отрицательный азотистый баланс наблюдается при белковом голодании, лихорадочных состояниях, нарушениях нейроэндокринной регуляции белкового обмена.

Роль углеводов в организме

- Обеспечение клеток энергией
- Участие в формировании клеточных мембран
- Участие в процессах осмоса
- Обезвреживание токсинов в печени
- Участие в адгезии веществ
- Являются основой мукопротеидов

Регуляция углеводного обмена



Гликогенез – синтез гликогена из глюкозы в печени.

Гликогенолиз – распад гликогена до глюкозы.

Гликонеогенез - новообразование углеводов из продуктов их распада (пировиноградной или молочной кислоты), а также из продуктов распада жиров и белков (кетокислот) в печени.

В мышцах, так же как и в печени, синтезируется гликоген. Распад гликогена является одним из источников энергии мышечного сокращения. При распаде мышечного гликогена процесс идет до образования пировиноградной и молочной кислот. Этот процесс называют **гликолизом**.

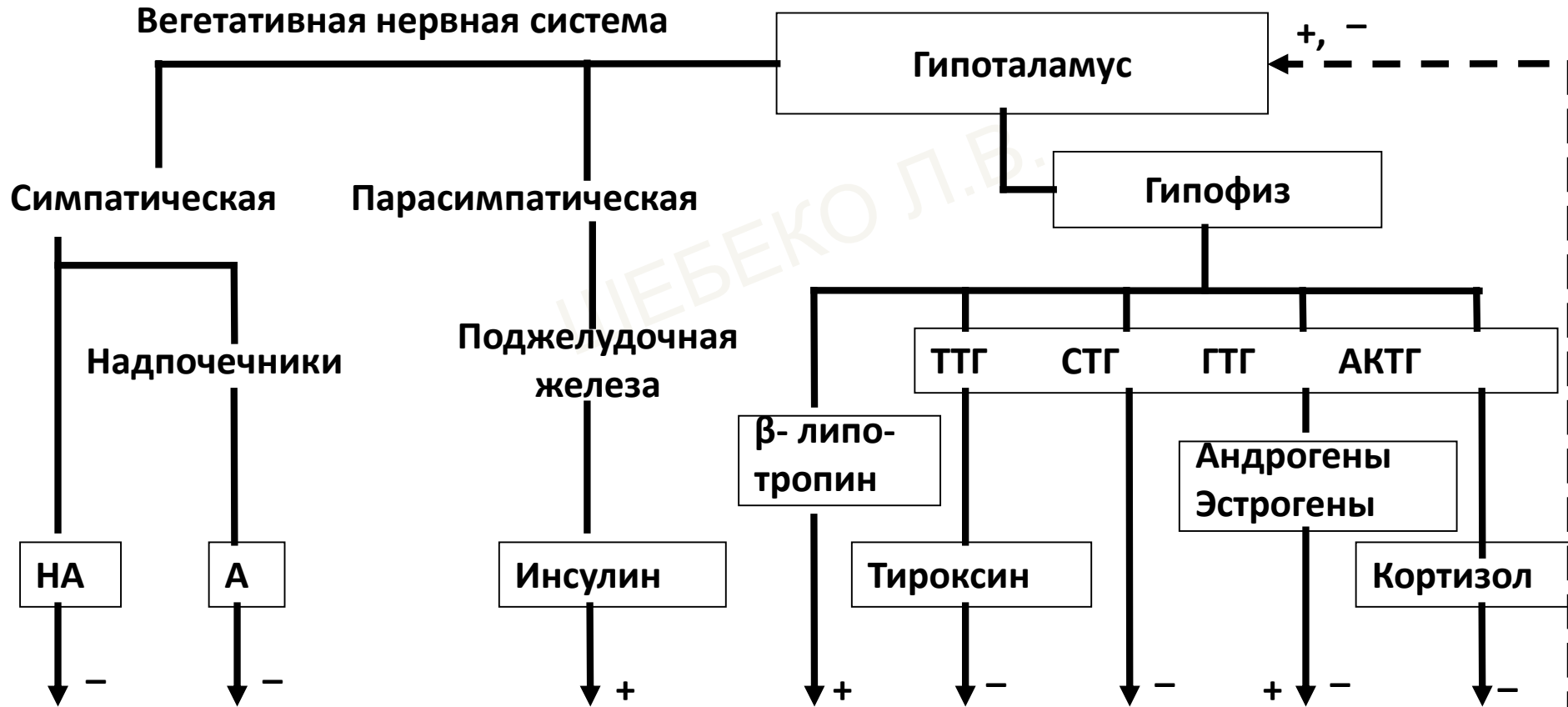
Липиды человека – сложные эфиры
глицерола и высших жирных
кислот (ненасыщенных и
насыщенных).

Представлены:
триглицеридами
фосфолипидами
стеринами

Роль жиров в организме

- Являются энергоносителями
- Входят в состав клеточных мембран
- Способствуют всасыванию жирорастворимых витаминов
- Являются источником эндогенной воды
- Защищают внутренние органы от механических повреждений
- Защищают организм от переохлаждения

Регуляция жирового обмена



МАССА ЖИРОВОЙ КЛЕТЧАТКИ И ХАРАКТЕР ЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ (уровень кетоновых тел в крови – 0,2 ммоль/литр)

Липолиз – это расщепление жира до глицерина и жирных кислот. *Активируют липолиз:* катехоламины, глюкагон, СТГ, АКТГ, тироксин, липотропин гипофиза, цАМФ. *Ингибирует липолиз* -инсулин.

Липогенез – это синтез жира. Для синтеза жира необходимы глицерин и жирные кислоты в активных формах. *Ингибируют липогенез* СТГ, АКТГ. *Активируют* – инсулин, эстрогены.

7. Роль воды в организме. Участие минеральных ионов в физиологических процессах. Регуляция водно-солевого баланса.

Вода так важна для Нас потому, что....

90% головного мозга - вода

Живая Вода усваивается на КЛЕТОЧНОМ уровне

Вода - регулирует температуру тела

Вода транспортирует питательные вещества и кислород в клетки

Наша кровь - 83%, вода

Вода увлажняет вдыхаемый воздух

Вода выводит ТОКСИНЫ

Вода помогает обменным процессам в организме.

Наша кость содержит 22% Воды

Вода защищает органы

Вода защищает суставы

Вода помогает телу усваивать питательные вещества

Наша мускулы на 75% состоят из воды

Водно-солевой обмен –
это обмен воды и основных
минеральных электролитов
организма (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ,
 Cl^- , HCO_3^- , H_3PO_4)



Натрий обеспечивает постоянство осмотического давления внеклеточной жидкости, участвует в создании биоэлектрического мембранного потенциала, в регуляции кислотно-основного состояния.

Калий обеспечивает осмотическое давление внутриклеточной жидкости, стимулирует образование ацетилхолина. Недостаток ионов калия тормозит анаболические процессы в организме.

Хлор является также важнейшим анионом внеклеточной жидкости, обеспечивая постоянство осмотического давления.

Кальций находится в основном в костной ткани (свыше 90%). Содержание кальция в плазме и крови является одной из жестких констант.

Снижение уровня кальция в крови вызывает непроизвольные сокращения мышц, судороги, и вследствие остановки дыхания наступает смерть.

Повышение содержания кальция в крови сопровождается уменьшением возбудимости нервной и мышечной тканей, появлением парезов, параличей, образованием почечных камней.

Фосфор участвует в обмене многих веществ, так как входит в состав макроэргических соединений (например, АТФ).

Железо входит в состав гемоглобина, миоглобина, ответственных за тканевое дыхание, а также в состав ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. Недостаточное поступление в организм железа нарушает синтез гемоглобина. Уменьшение синтеза гемоглобина ведет к анемии.

Йод входит в состав гормонов щитовидной железы, оказывающих выраженное влияние на все обменные процессы, рост и развитие организма.

РЕГУЛЯЦИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА

- ✓ Минералокортикоиды;
- ✓ ренин-ангиотензин-альдостероновая система;
- ✓ вазопрессин;
- ✓ предсердные натрийуретические факторы

Антидиуретический гормон синтезируется в гипоталамусе, перемещается в заднюю долю гипофиза, откуда выделяется в кровь. Данный гормон задерживает воду в организме путём усиления обратной реабсорбции воды в почках, за счёт активации синтеза в них белка аквапорина.

Альдостерон – гормон коркового слоя надпочечников способствует задержке натрия в организме и потере ионов калия через почки. Считается, что данный гормон способствует синтезу белков натриевых каналов, определяющих реабсорбцию натрия. Он также активирует цикл Кребса и синтез АТФ, необходимого для процессов реабсорбции натрия. Альдостерон активирует синтез белков - транспортёров калия, что сопровождается повышенным выведением калия из организма.

Ренин-ангиотензивная система крови.

При уменьшении кровотока через почки в результате обезвоживания организма в почках вырабатывается протеолитический фермент ***ренин***, который переводит ***ангиотензиноген*** (α_2 - глобулин) в ***ангиотензин I*** - пептид, состоящий из 10 аминокислот.

Ангиотензин I под действием ***ангиотезин*** ***превращающего фермента*** (АПФ) подвергается дальнейшему протеолизу и переходит в ***ангиотензин II***, включающий 8 аминокислот, Ангиотензин II суживает сосуды, стимулирует выработку антидиуретического гормона и альдостерона, которые задерживают воду.

Натрийуретический пептид вырабатывается в предсердиях в ответ на увеличение объёма воды в организме и на растяжения предсердий. Он состоит из 28 аминокислот, представляет собой циклический пептид с дисульфидными мостиками. Натрийуретический пептид способствует выведению натрия и воды из организма.

Нарушение водно-солевого обмена

Обезвоживание (дегидратация) сопровождается тяжёлыми нарушениями функции центральной нервной системы. Причинами обезвоживания организм могут являться:

- водный голод;
- расстройства функции желудочно-кишечного тракта (диарея, неукротимая рвота);
- увеличение потери через лёгкие (одышка, гипертермия);
- усиленное потоотделение;
- сахарный и несахарный диабет.

Гипергидратация – увеличение количества воды в организме может наблюдаться при ряде патологических состояний:

- повышенное поступление жидкости в организм;
- почечная недостаточность;
- нарушение кровообращения;
- заболевания печени.

Местным проявлением накопления жидкости в организме являются *отёки*.

«Голодные» отёки наблюдаются вследствие гипопроотеинемии при белковом голодании, заболеваниях печени. «Сердечные» отёки возникают при нарушении гидростатического давления при заболеваниях сердца. «Почечные» отёки развиваются в результате изменения осмотического и онкотического давления плазмы крови при болезнях почек

Гипонатриемия, гипокалиемия проявляются нарушением возбудимости, поражением нервной системы, нарушением ритма сердца. Эти состояния могут возникать при различных патологических состояниях:

- нарушение функции почек;
- многократная рвота;
- диарея;
- нарушение выработки альдостерона, натрийуретического гормона.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ШЕБЕКО Л.В.