



Лекция 2:

Биохимия гормонов, витамины,
энергетика, углеводный обмен.

доцент Наумов
Александр Васильевич



1. Основные механизмы регуляции метаболизма

У животных регуляция процессов жизнедеятельности осуществляется нейроэндокринной системой с помощью

Нервная система:

сигнальные вещества – нейромедиаторы

Эндокринная система:

сигнальные вещества – гормоны.

- Гормоны – синтезируются специализированными секреторными клетками, мигрируют к клеткам-мишеням, связываются с рецепторами и вызывают специфические внутриклеточные эффекты.

- Медиаторы – сигнальные вещества, продуцируются клетками многих типов. Обладают *паракринным* и *аутокринным* действием.

Пример: *гистамин*

- Нейрогормоны – сигнальные вещества, продуцируемые и высвобождаемые клетками нервной системы в кровь.

Пример: *вазопрессин, окситоцин*

- Факторы роста и цитокины – сигнальные вещества, продуцируемые клетками разных типов, стимулирующие *пролиферацию* и *дифференцировку* клеток. Обладают *паракринным* и *аутокринным* действием

Пример: *интерлейкины*

б) иерархия нейроэндокринной системы регуляции

Нервная и эндокринная системы **взаимосвязаны**

Либерины = рилизинг-факторы (активирующие нейрогормоны)

Статины = рилиз-факторы (ингибирующие нейрогормоны)

АКТГ, ТТГ, ФСГ и др

кора надпочечников
щитовидная железа
паращитовидные железы
семенники
яичники

Гипоталамус

либерины

статины

Гипофиз
(передняя доля)

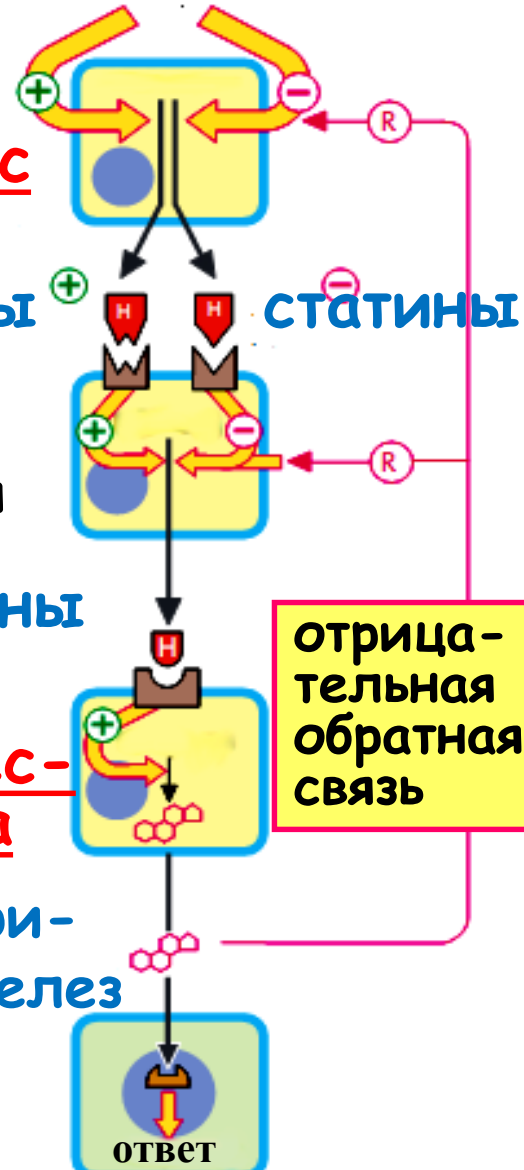
тропины

Периферическая железа

гормоны периферических желез

Клетка-мишень

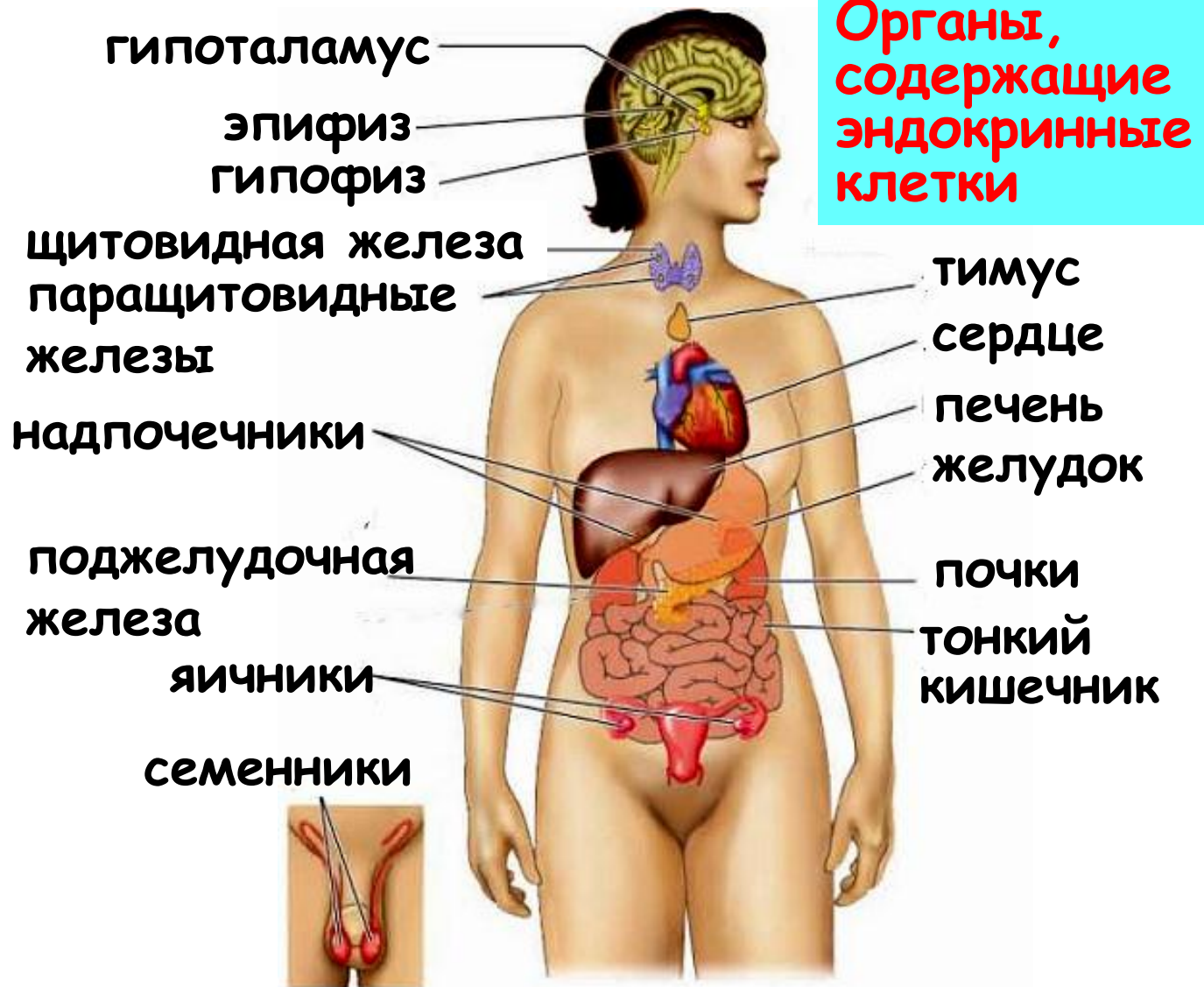
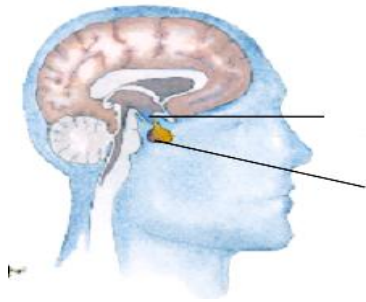
ЦНС



Гипоталамо-гипофизарная ось

в) эндокринная система регуляции

Главные эндокринные железы

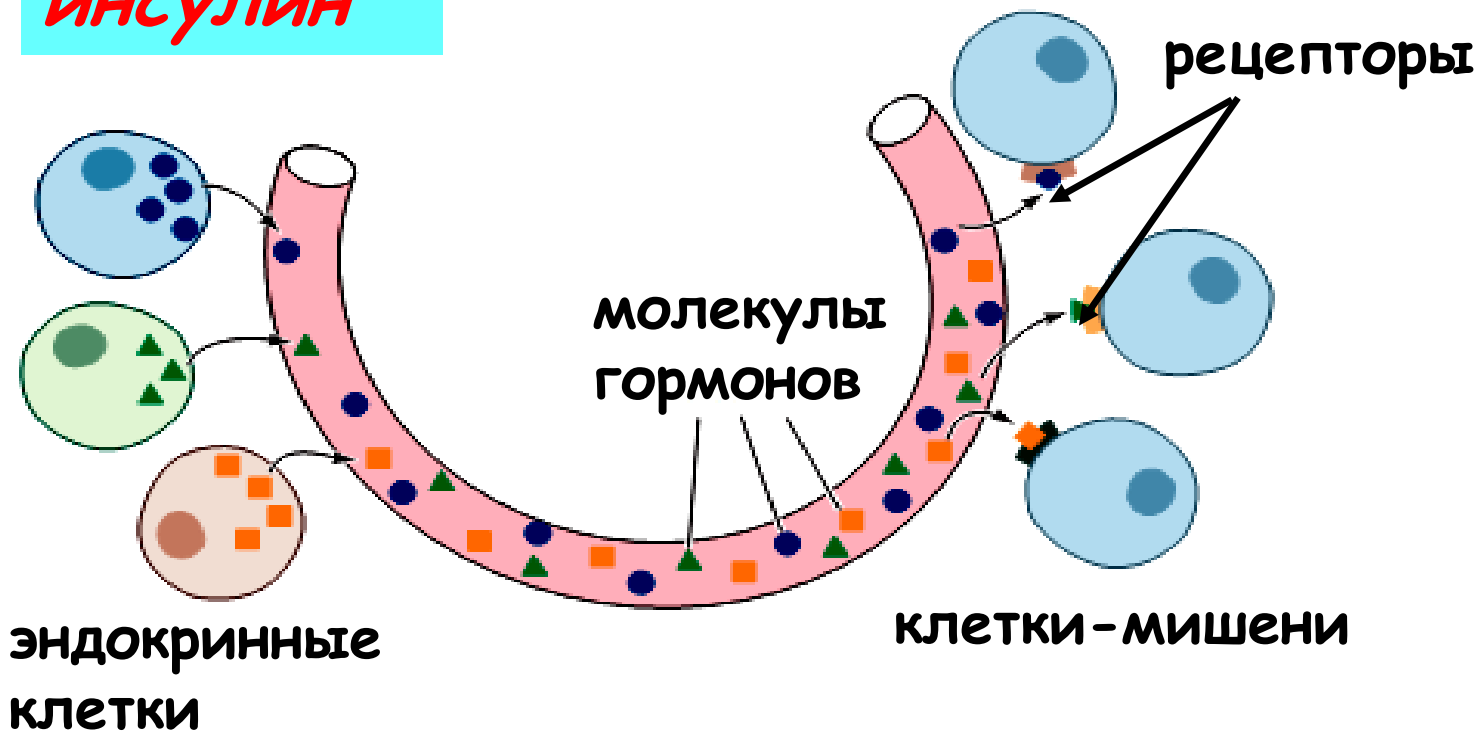


г) типы гормональной сигнализации

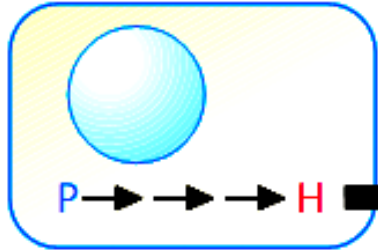
1. Эндокринная сигнализация - гормоны синтезируются в клетках **эндокринных желез**, высвобождаются в кровяное русло и транспортируются к органам (тканям, клеткам)-мишеням (эндокринные гормоны)

Пример:

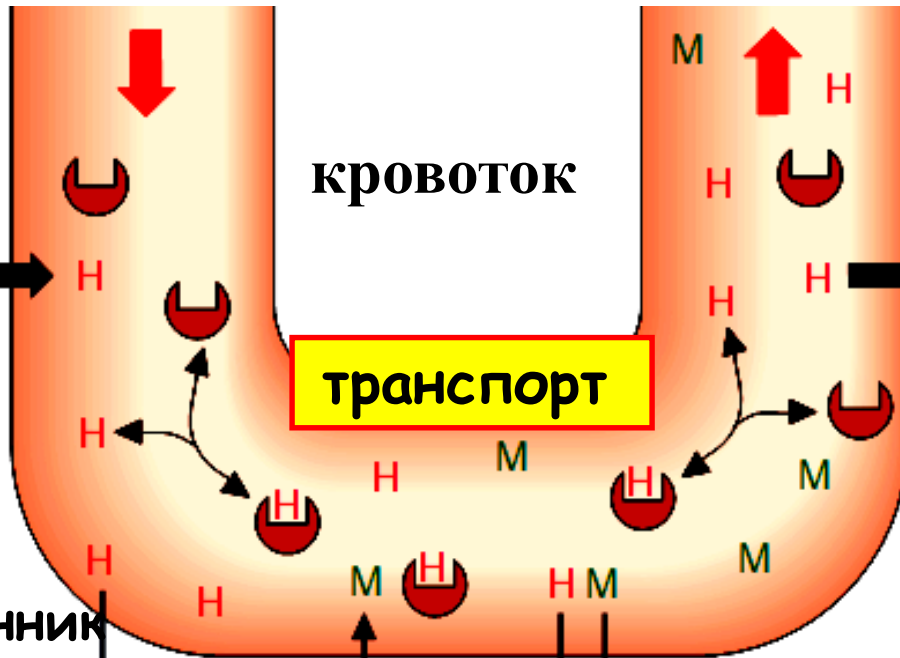
инсулин



эндокринная
клетка



биосинтез



кровоток

транспорт

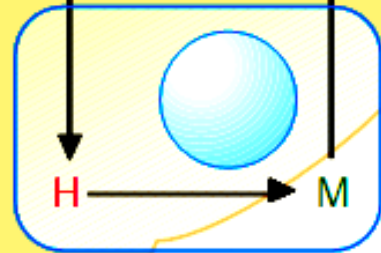
клетка-
мишень

ответ

действие

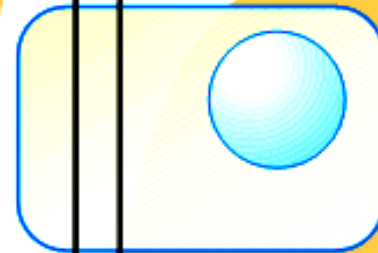
рецептор
гормона

- Н гормон
- Р предшественник
- М метаболит
- переносчик



метаболизм

печень



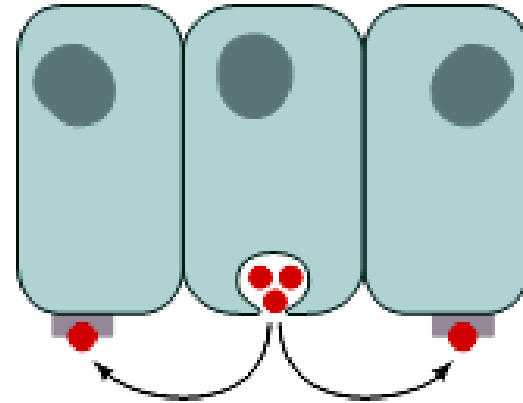
экскреция

почки

2. Паракринная сигнализация - клетки-мишени находятся в непосредственной близости к гормон-синтезирующим клеткам (тканевые гормоны).

Пример:

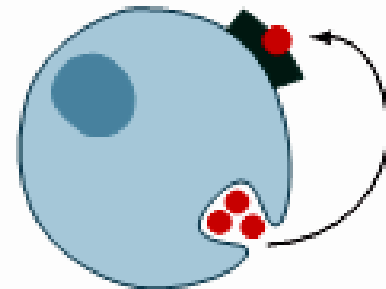
*гормоны желудочно-кишечного тракта:
гастрин, секретин,
холецистокинин*



3. Аутокринная сигнализация - гормон действует на клетку, которая его синтезирует и высвобождает (аутокринные гормоны - эйкозаноиды)

Пример:

простагландины



2. Общая характеристика и классификация гормонов

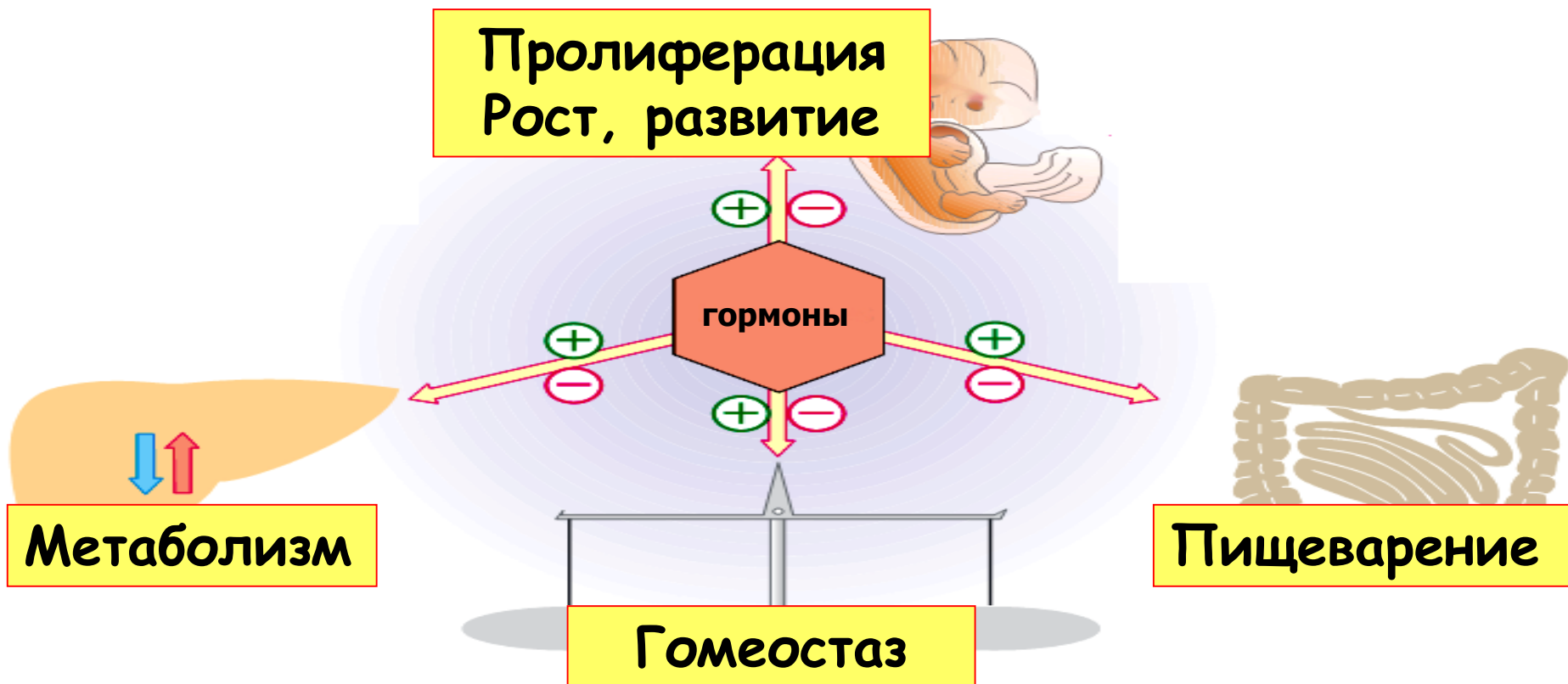
а) свойства гормонов

1. Высокая биологическая активность – малая концентрация – выраженное действие.
2. Короткое время жизни – от нескольких минут до получаса, затем инактивируются или разрушаются, но их действие может продолжаться в течение часов и даже суток.
3. Действие на расстоянии – вырабатываются в одних органах – действуют в других.

4. Высокая специфичность действия - связываются только со специфическим рецептором.
5. Дуализм (двойственность) регуляции - адреналин в зависимости от дозы либо суживает, либо расширяет сосуды.
6. Плейотропность (многообразие) действия - катехоламины - гормоны стресса (местное действие) и участвуют в экспрессии генома.

б) процессы, регулируемые гормонами:

- ◆ рост, дифференцировка, развитие и функции клеток, тканей, органов и всего организма;
- ◆ метаболизм (обмен веществ);
- ◆ пищеварение;
- ◆ поддержание водно-электролитного состава (гомеостаз)



в) классификация гормонов

По химической природе и месту синтеза :

- 1) **белки и пептиды**: гормоны гипоталамуса, гипофиза, поджелудочной железы, паращитовидных желез;
- 2) **производные аминокислот**: гормоны щитовидной железы и мозгового вещества надпочечников;
- 3) **стероиды**: гормоны коры надпочечников, мужские и женские половые гормоны;
- 4) **эйкозаноиды (производные жирных кислот)**: простагландины, простациклины, тромбоксаны, лейкотриены.

По растворимости :

- ⊕ **водорастворимые (гидрофильные)**: белки, пептиды, производные аминокислот;
- ⊕ **жирорастворимые (липофильные)**: стероиды, эйкозаноиды.

По биологическим функциям :

Гормоны	Регулируемые процессы
Инсулин, глюкагон, адреналин, кортизол, тироксин, соматотропин	Обмен углеводов, липидов, аминокислот
Альдостерон, вазопрессин	Водно-солевой обмен
Паратгормон, кальцитонин, кальцитриол	Обмен кальция и фосфора
Эстрогены, андрогены, гонадотропные гормоны	Репродуктивная функция
Тропные гормоны гипофиза, либерины и статины гипоталамуса	Синтез и секреция гормонов эндокринных желез

По механизму действия :

1. Гормоны, мембранного действия не проникающие в клетку (пептидные гормоны, адреналин) - взаимодействуют с мембранными рецепторами - передают сигнал внутрь клетки с помощью **вторичных мессенджеров**.

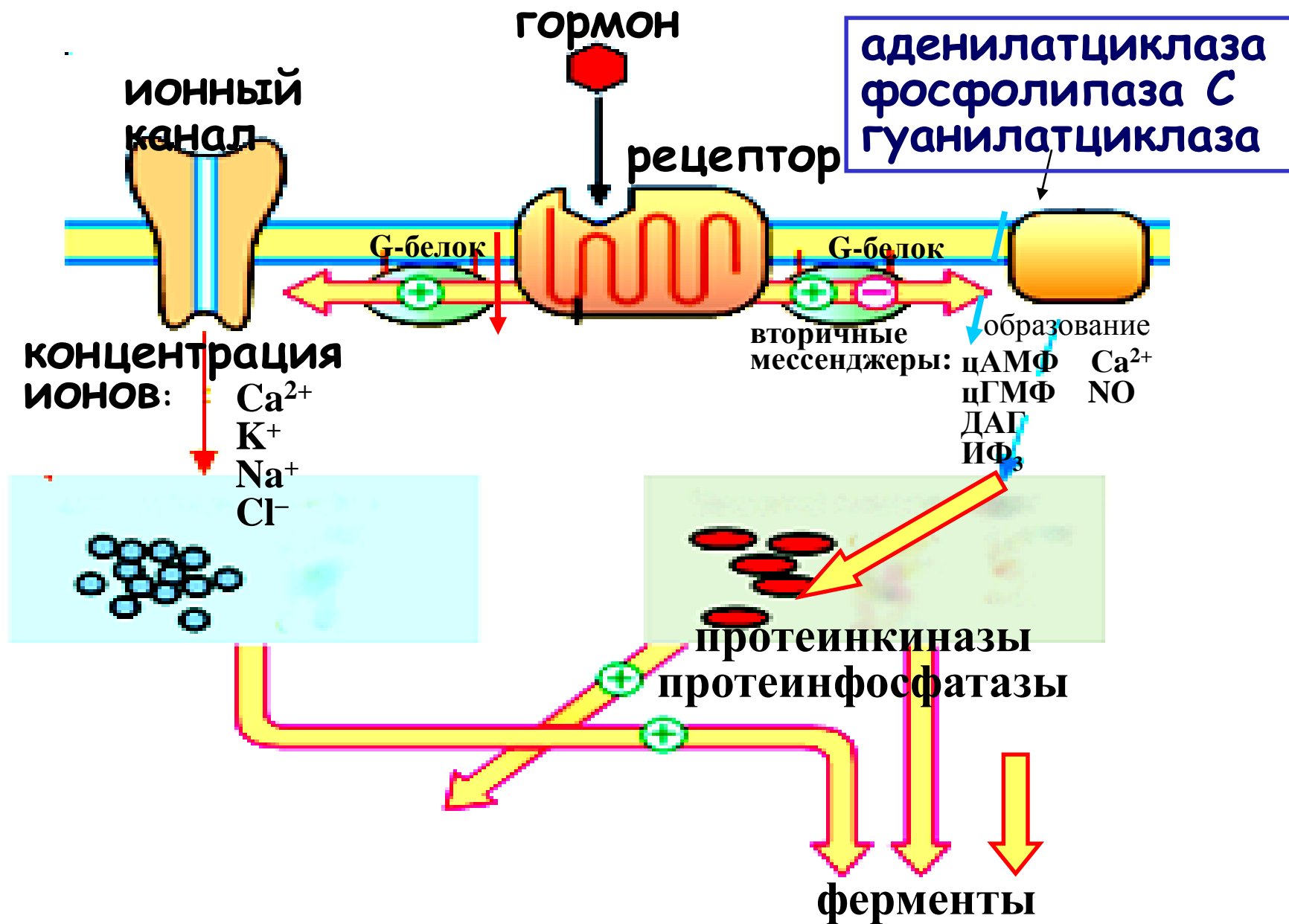
Конечный эффект - изменение активности ферментов, изменение проводимости ионных каналов, экспрессия генов.

2. Гормоны, проникающие в клетку (стероидные гормоны, тироксин) взаимодействуют с рецепторами цитоплазмы или ядра.

Конечный эффект - изменение количества белков путём изменения экспрессии генов.

3. Механизмы действия гормонов:

а) мембранного действия

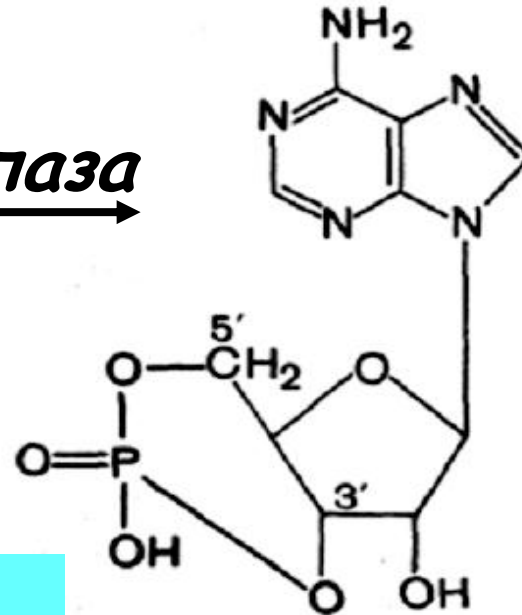


Вторичные мессенджеры

1) 3',5' циклоаденозинмонофосфат (цАМФ)

АТФ

аденилатциклаза



+ PP_i

Механизм действия:

Активация протеинкиназы A; открытие Ca²⁺-каналов

Расщепление: цАМФ фосфодиэстераза АМФ

2) Ионы Ca^{2+}

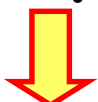
Стимуляция клетки { деполяризация мембраны
сигнальные вещества
вторичные мессенджеры (цАМФ,
ИФ₃)



открытие Ca^{2+} -каналов



↑ концентрация Ca^{2+}



активация Ca^{2+} -связывающих белков (кальмодулин, протеинкиназа С)

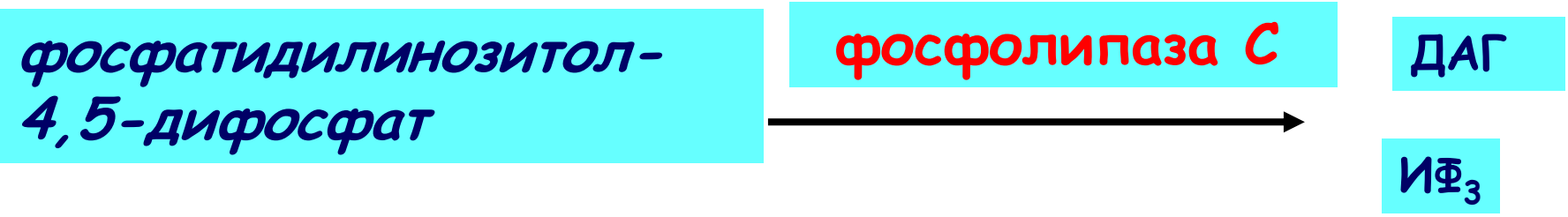


активность ферментов,
ионных насосов,
компонентов цитоскелета

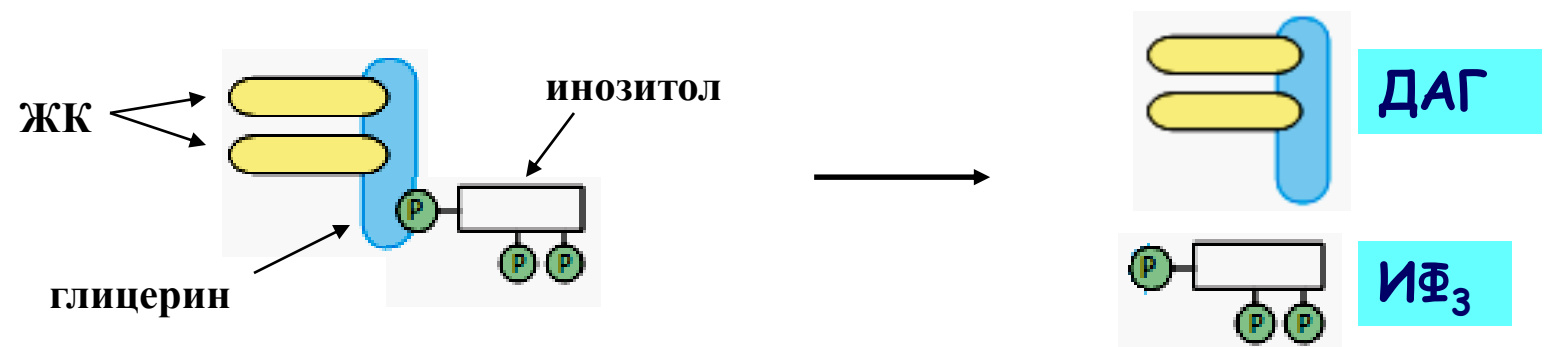
Удаление избытка Ca^{2+} :

Ca^{2+} -АТФазы (Ca^{2+} -насосы)
 Na^+ , Ca^{2+} -обменники

3. Инозитол 1,4,5-трифосфат (ИФ₃) и диацилглицерол (ДАГ)



высвобождение ионов Ca²⁺



а) Инозитол 1,4,5-трифосфат (ИФ₃)

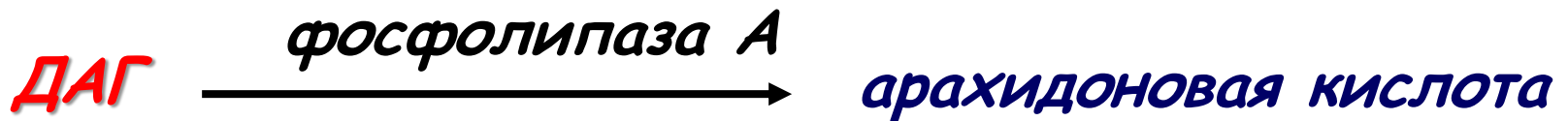
Механизм действия:

поступает в эндоплазматический ретикулум и вызывает **высвобождение ионов Ca²⁺**

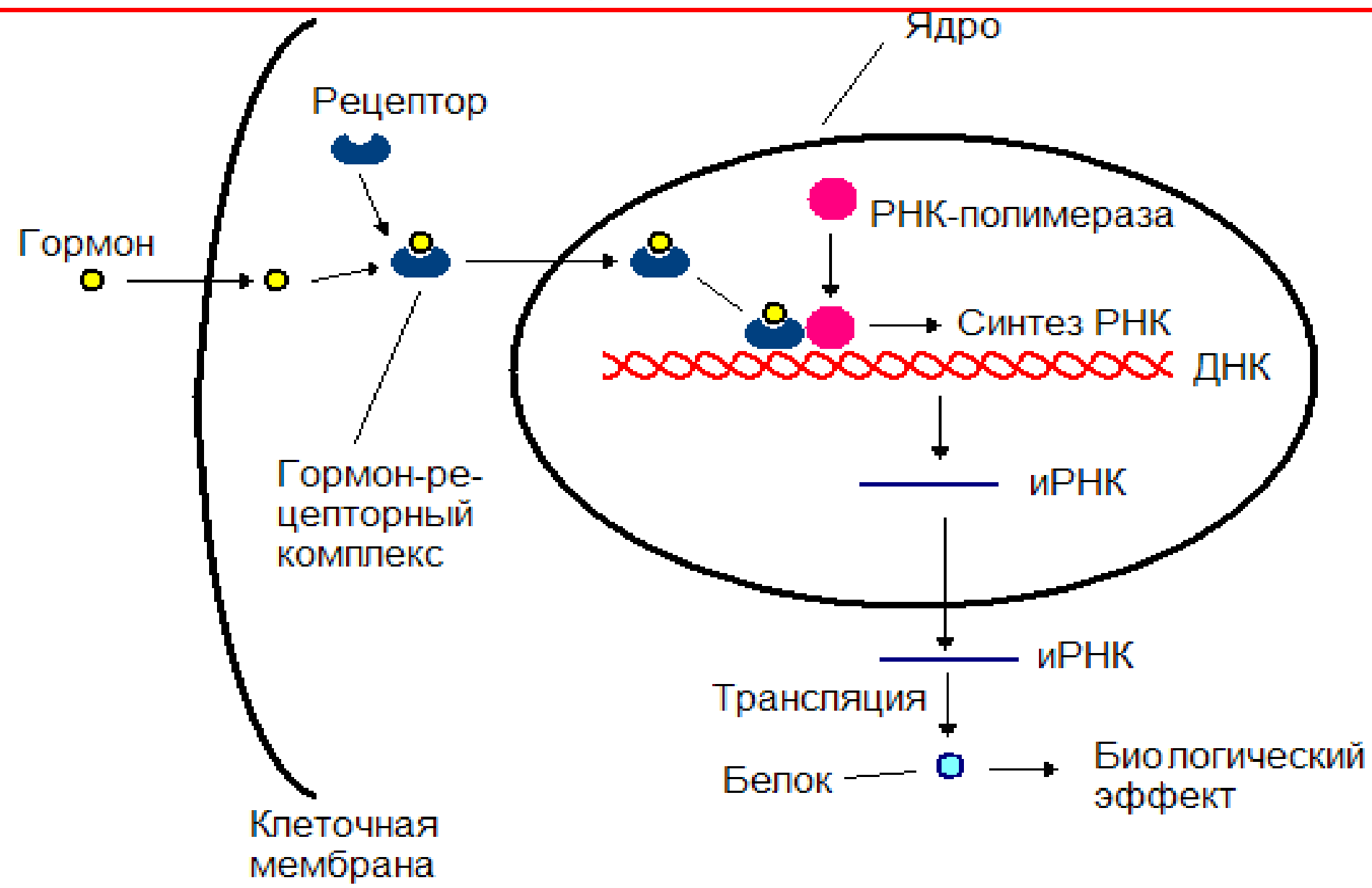
б) Диацилглицерол (ДАГ)

Механизм действия:

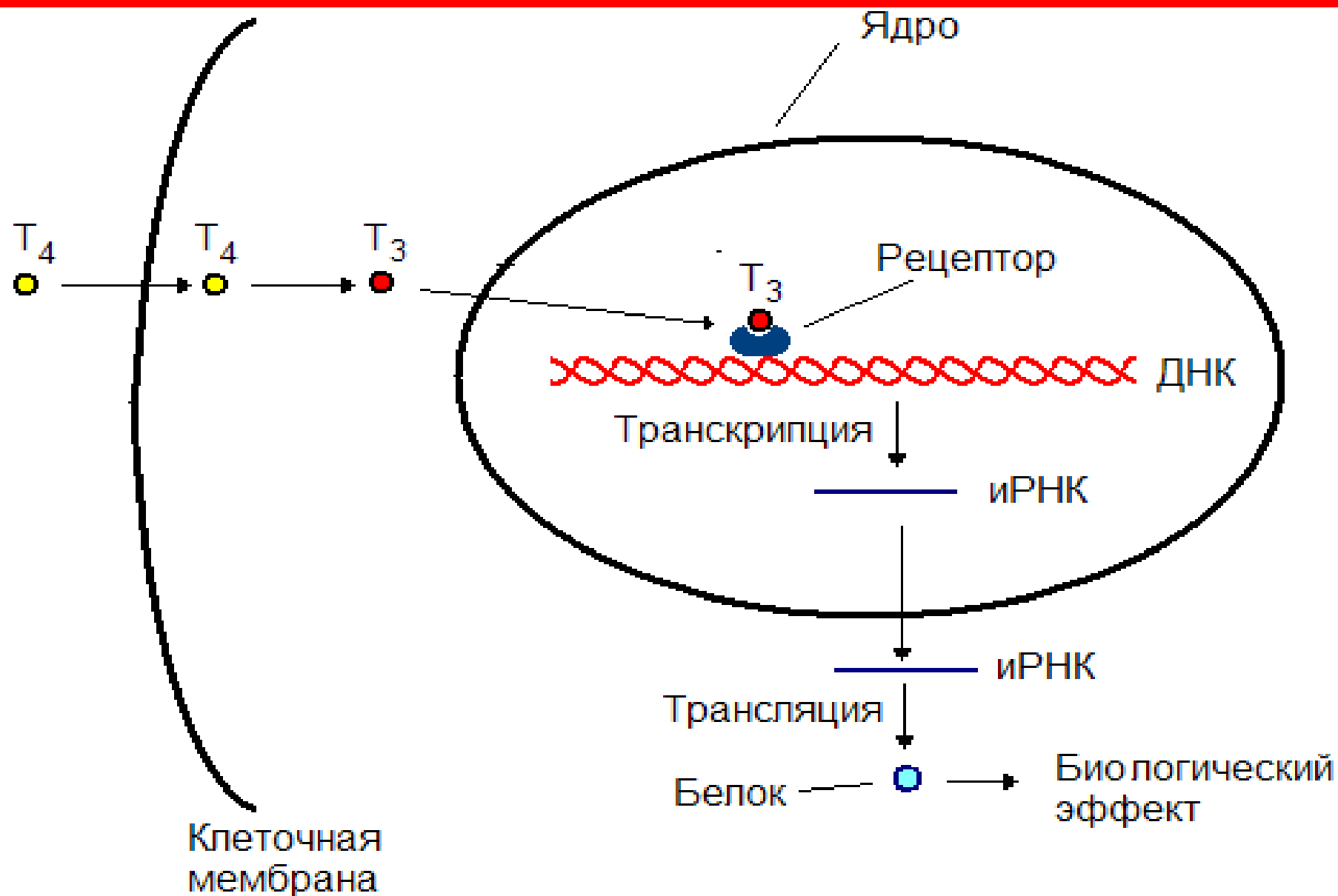
остается в мембране и активирует кальций-зависимую **протеинкиназу C**



б) Механизм действия стероидных гормонов



в) Механизм действия тироксина



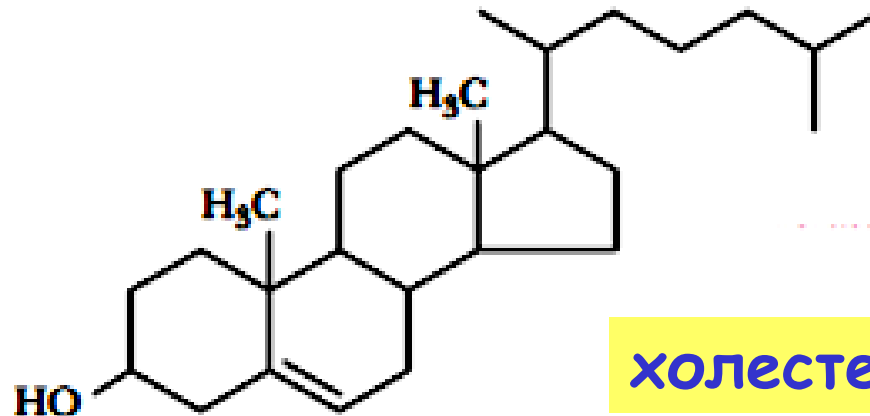
4. Влияние на обмен веществ важнейших гормонов

а) липофильные гормоны

- А. стероидные гормоны;
- В. иодтиронины;
- С. эйкозаноиды.

Стероидные гормоны

Синтезируются из *холестерола*



А. Гормоны коры надпочечников

минералкортикоиды

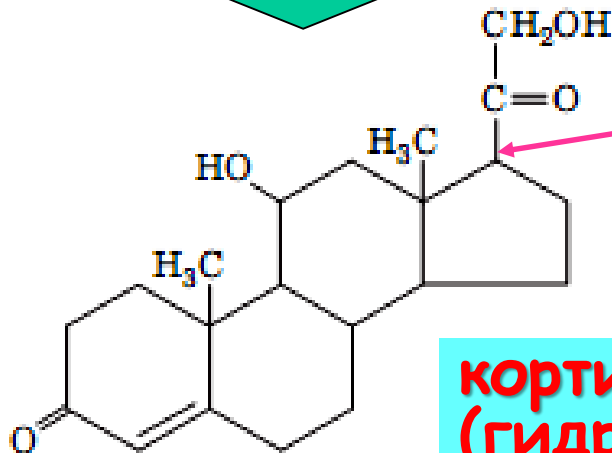
(эксекреция солей и воды почками)

глюкокортикоиды

(метаболизм белков, липидов и углеводов;
иммунитет; воспалительные реакции)

Физиологические эффекты:

↑ протеолиз
синтез белка ↓
глюконеогенез ↑
уровень глюкозы в крови ↑
активность иммунной системы ↓

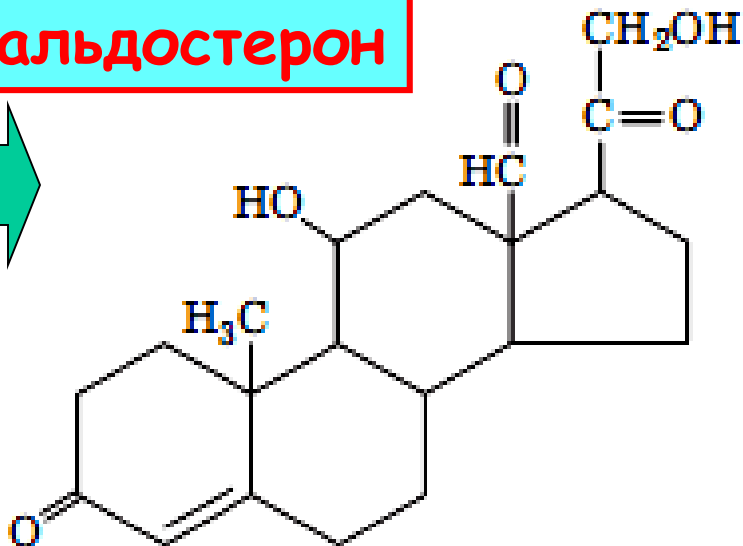
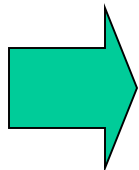


ОН

**кортизол
(гидрокортизон)**

кортикостерон

альдостерон



Физиологические эффекты:

ПОЧКИ

Активация **Na/K⁺-АТФазы**

↑реабсорбция Na⁺

↑экскреция K⁺

↑кровяное давление

**Гиперфункция коры надпочечников
- синдром Кушинга
("луннообразное лицо")**



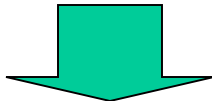
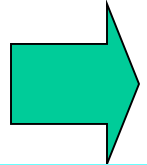
**Гипофункция коры надпочечников -
болезнь Аддисона**



Половые гормоны

мужские
(андрогены)

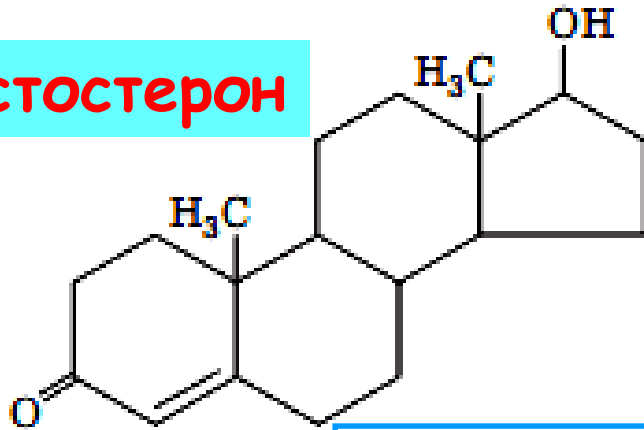
женские



эстрогены

прогестины

тестостерон

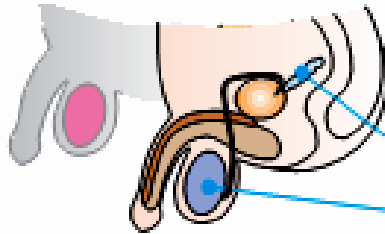


Физиологические эффекты:

развитие вторичных мужских половых признаков ↑

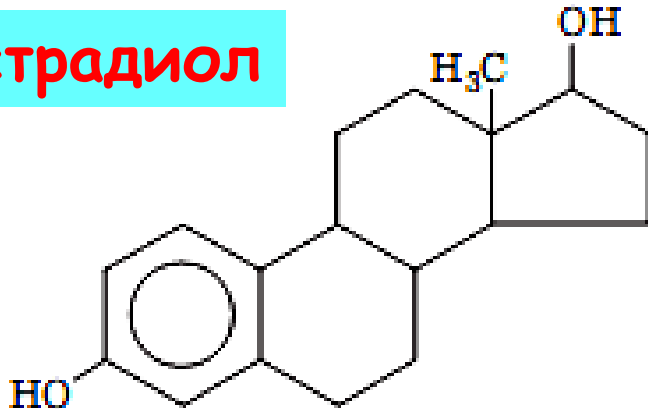
синтез белка (анаболический эффект) ↑

Вызывает:
дифференцировку по мужскому типу,
образование эякулята
сперматогенез



Маскулинизация
у женщин

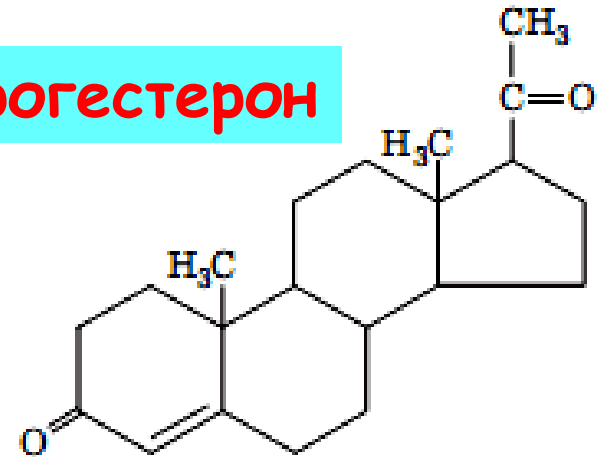
эстрадиол



стимулирует пролиферацию
клеток слизистой матки

яичник

прогестерон



яичник
(желтое
тело)

подготовка матки к беременности
имплантация яйцеклетки

при беременности синтезируются в плаценте

Физиологические эффекты:

нормальное течение беременности

уменьшает эффекты эстрогена

↑ развитие железистой ткани молочных желез

снижает сократительную способность
гладкой мускулатуры матки

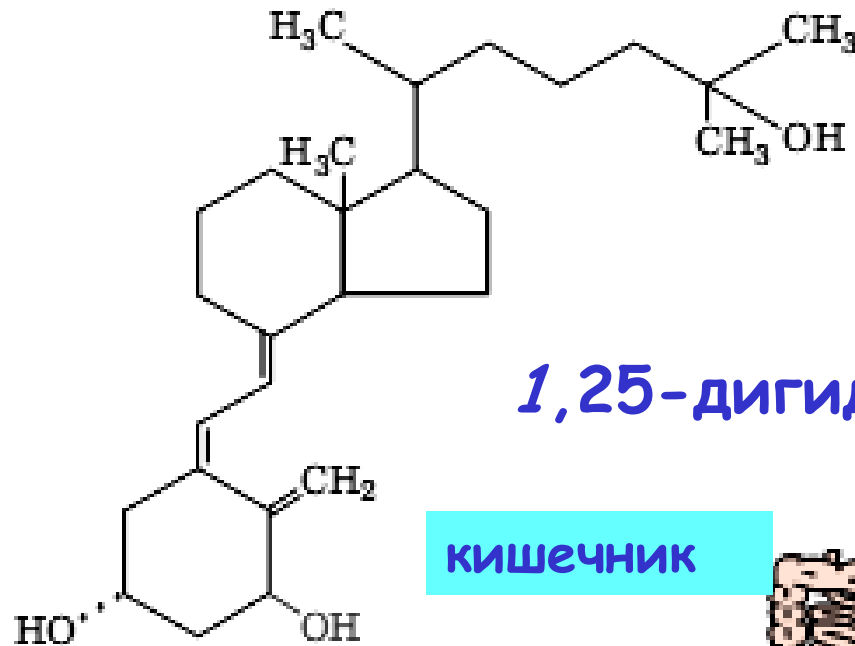
ингибирует лактацию во время
беременности

развитие вторичных
женских половых
признаков

менструальный цикл

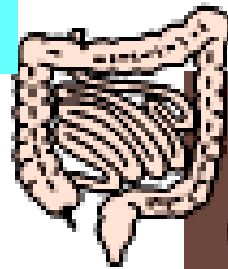
рост костной ткани

**Кальцитриол -
активная форма
витамина D₃**

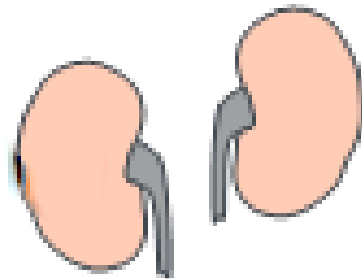
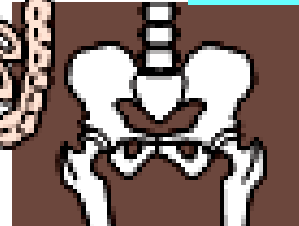


1,25-дигидроксихолекальциферол

кишечник



КОСТНАЯ ТКАНЬ



ПОЧКИ

Физиологические эффекты:

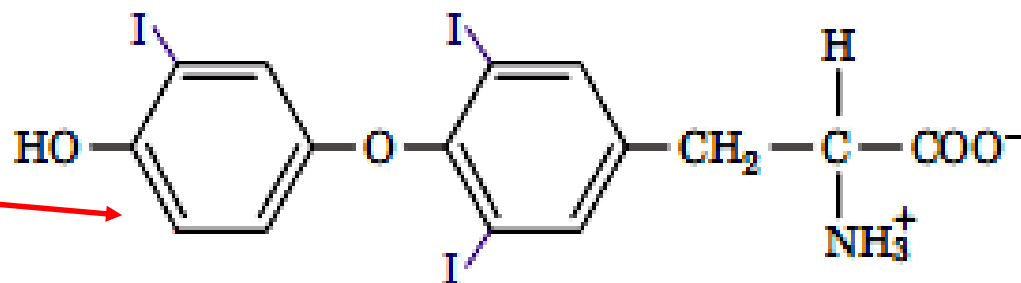
- ↑ всасывание Ca^{2+} и фосфата
- отложение Ca^{2+} в костях
- ↑ (минерализация)

Б) Иодтиронины - производные аминокислоты тирозина

трийодтиронин (Т₃)

тироксин (Т₄)

I



щитовидная железа



эмбрион

Гипофункция
- кретинизм

Гиперфункция -
Базедова болезнь

Физиологические эффекты:

развитие эмбриона, процессы роста и созревания

↑ основной обмен веществ

↑ выделение тепла

↑ поглощение кислорода



б) гидрофильные гормоны

гидрофильные гормоны

белки и пептиды

Место синтеза:

- ◆ гипоталамус
- ◆ гипофиз
- ◆ поджелудочная железа
- ◆ желудочно-кишечный тракт
- ◆ паращитовидные железы

производные аминокислот

катехоламины

Место синтеза:

мозговой слой
надпочечников

Гормоны гипофизо-гипоталамической системы

гипоталамус

КРФ ТРФ ГРФ СРФ, СРИФ

*рилизинг-факторы и
рилиз-ингибирующие
факторы*

аденогипофиз

тропины

АКТГ ТТГ ФСГ ЛГ СТ

*нейросекреторные
клетки
гипоталамуса*

гонады

**кости, печень,
др. ткани**

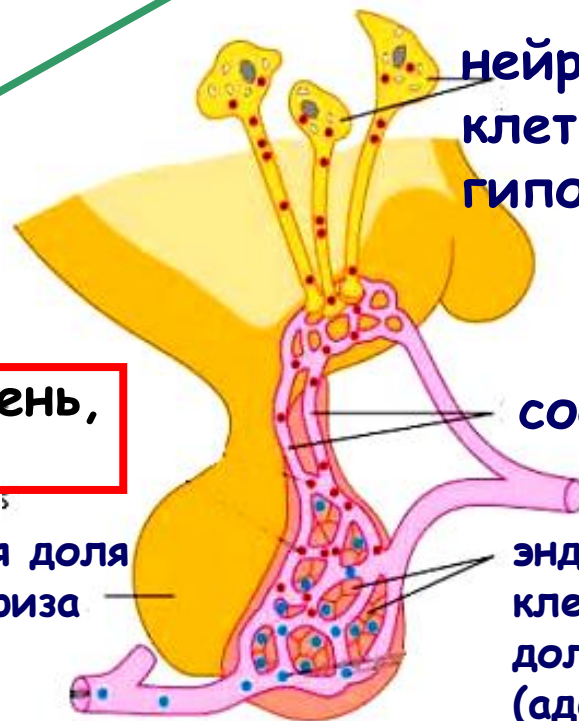
сосуды

щитовидная железа

*задняя доля
гипофиза*

*эндокринные
клетки передней
доли гипофиза
(аденогипофиза)*

кора надпочечников



Гормоны гипоталамуса

КРФ – кортикотропин-рилизинг-фактор
(**кортиколиберин**); **41 АК**

ТРФ – тиротропин-рилизинг-фактор
(**тиреолиберин**); **трипептид**

ГРФ – гонадотропин-рилизинг-
фактор (**гонадолиберин**); **10 АК**

СРФ – рилизинг-фактор гормона
роста (**соматолиберин**); **44 АК**

СРИФ – рилизинг-ингибирующий фактор гормона
роста (**соматостатин**); **14 АК**

ПРИФ – рилизинг-ингибирующий фактор гормона
пролактина (**пролактостатин**); **12 АК**

МРИФ – рилизинг-ингибирующий фактор гормона
меланотропина (**меланостатин**); **10 АК**

Гормоны аденогипофиза

АКТГ - адренокортикотропный гормон (**кортикотропин**);

синтез и секреция гормонов коры надпочечников ↑

ТТГ - тиреотропный гормон (**тиреотропин**);

синтез и секреция тироксина щитовидной железой ↑

ФСГ - фолликулостимулирующий гормон (**фоллитропин**);

у самок: развитие фолликулов в яичниках ↑

у самцов: сперматогенез ↑

ЛГ - лютеинизирующий гормон (**лютропин**);

у самок: овуляция ↑

развитие желтого тела ↑

синтез и секреция эстрогенов яичниками ↑

у самцов: синтез и секреция андрогенов семенниками ↑

СГ - соматотропный гормон (**гормон роста**):

Физиологические эффекты:

рост различных тканей ↑
синтез **соматомединов** (факторов роста) в печени ↑

Повышенный синтез соматотропина:

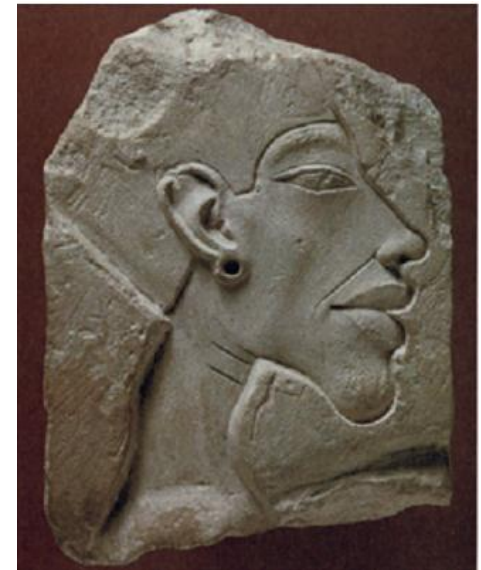
у взрослого организма - **акромегалия**

у растущего организма - **гигантизм**

Недостаточный синтез - **карликовость**

Пролактин;

лактация ↑



Ахенатон - фараон
Египта 1379-1362
до н.э.

Гормоны задней доли гипофиза

Окситоцин; 9 АК

Физиологические эффекты:

- ↑ сокращение гладкой мускулатуры матки
- ↑ выделение молока



Вазопрессин (антидиуретический гормон); 9 АК

Физиологические эффекты:

- ↑ удержание почками воды
- ↑ повышение кровяного давления

Гормоны поджелудочной железы

Инсулин; 51 АК;

Место синтеза: β -клетки островков Лангерганса

Органы- мишени: печень, мышцы, жировая ткань

Физиологические эффекты:

↓ концентрация глюкозы в крови

Глюкагон; 29 АК.

Место синтеза: α -клетки островков Лангерганса

Органы- мишени: печень, сердце, жировая ткань

Физиологические эффекты:

↑ концентрация глюкозы в крови

Гормоны желудочно-кишечного тракта

Гастрин; 17 АК

Место синтеза: слизистая оболочка желудка

Физиологические эффекты:

↑ секреция HCl

↑ секреция пепсиногена

Секретин; 27 АК

Место синтеза: слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки

Физиологические эффекты:

↑ секреция HCO_3^- поджелудочной железой

Гормоны паращитовидных желез

Паратиреоидный гормон (паратгормон); 84 АК

Стимулом для секреции является снижение концентрации **Ca** в крови.

Физиологические эффекты:

- ↑ резорбция Ca^{2+} из костей и почек
- ↑ реабсорбцию катионов кальция в почках
- ↑ концентрация Ca^{2+} в крови

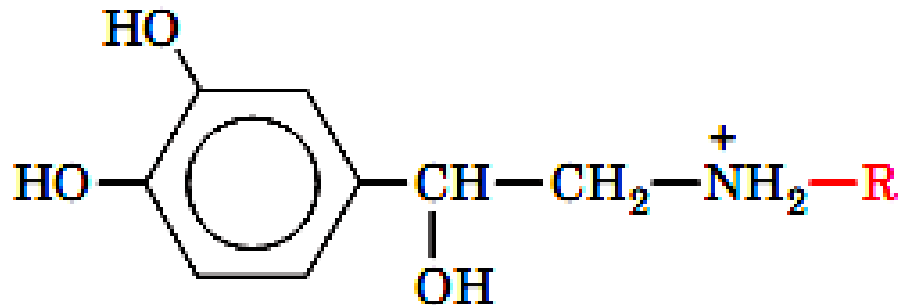
Гормоны щитовидной железы

Кальцитонин; 32 АК

Физиологические эффекты:

- антагонист паратгормона
- ↓ резорбция Ca^{2+} из костей и почек
- ↓ концентрация Ca^{2+} в крови

Катехоламины



R = H норадреналин

R = CH₃ адреналин

Место синтеза: **мозговое вещество надпочечников**

Физиологические эффекты:

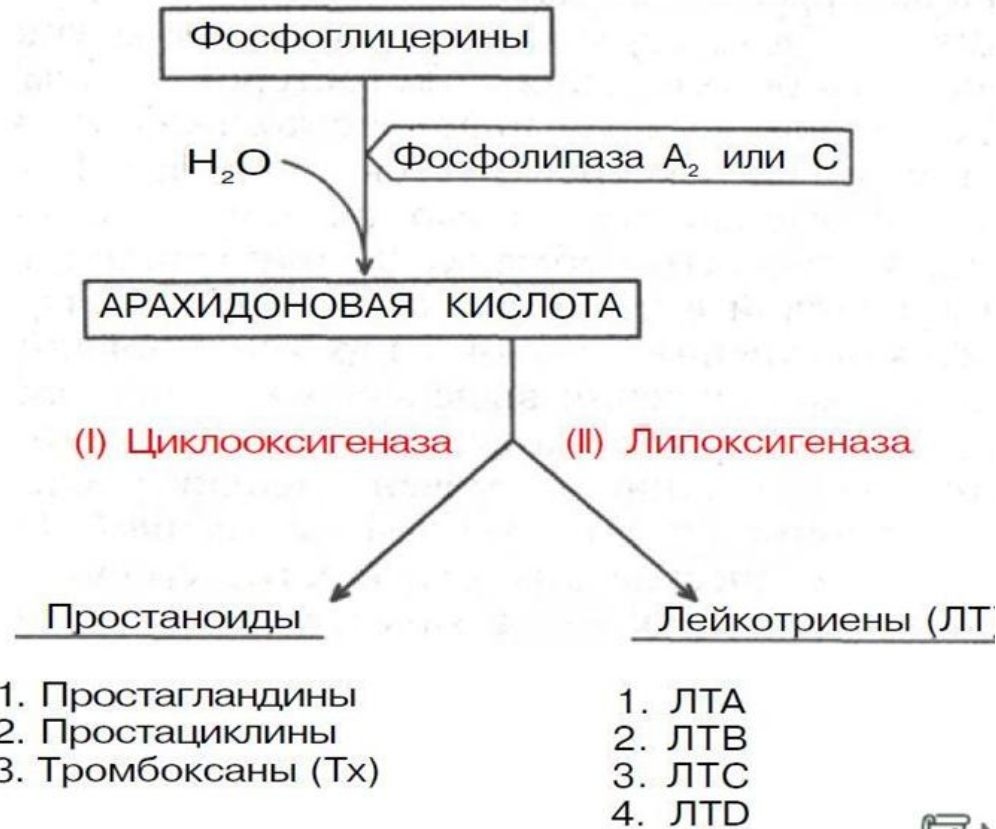
жировая ткань, печень, мышцы

работоспособность сердца ↑
просвет кровеносных сосудов ↓ ↑
кровеное давление ↑

Обмен веществ:
↑ гликогенолиз
↑ глюкоза в крови
↑ липолиз

5. Эйкозаноиды

Эйкозаноиды – производных **арахидоновой кислоты**.
Образуются во всех клетках. Обладают **паракринным** и **аутокринным** действием



Физиологические эффекты

↑ воспалительные и болевые реакции

↑ сокращение гладкомышечной ткани
биосинтез стероидных гормонов
секреция желудочного сока
гормонзависимые липазы
агрегация тромбоцитов

Витамины

Незаменимые компоненты пищи:

- **незаменимые аминокислоты** (валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин);
 - **незаменимые жирные кислоты** (линолевая, линоленовая, арахидоновая);
 - **ВИТАМИНЫ**;
 - **минеральные вещества** (макро- и микроэлементы);
 - **клетчатка.**

Витамины - классификация и биологические функции

Витамины – низкомолекулярные органические вещества синтезируемые, растениями и микроорганизмами, являются незаменимыми факторами.

Открыты русским врачом **Н.И. Луниным** и польским ученым **К. Функом** (ввел термин «витамины» в 1912 г.).

Сейчас известно около 20 витаминов.

Биологические функции витаминов:

являются предшественниками

- **коферментов,**
- **простетических групп,**
- **гормонов**
- **антиоксидантов.**

Классификация витаминов.

ВИТАМИНЫ



Водорастворимые

1. **Витамин В₁** (тиамин)
2. **Витамин В₂** (рибофлавин)
3. **Витамин РР** (никотиновая кислота, никотинамид)
4. **Витамин В₅** (пантотеновая кислота)
5. **Витамин В₆** (пиридоксин)
6. **Витамин Н** (биотин)
7. **Витамин В_с** (фолиевая кислота)
8. **Витамин В₁₂** (кобаламин)
9. **Витамин С** (аскорбиновая кислота)
10. **Витамин Р** (биофлавоноиды)

Жирорастворимые

1. **Витамины А** (ретинолы)
2. **Витамины D** (кальциферолы)
3. **Витамины Е** (токоферолы)
4. **Витамины К** (нафтохиноны)

Отдельно выделяют группу

ВИТАМИНОПОДОБНЫХ ВЕЩЕСТВ:

- холин (**B₄**),
- липоевая кислота (**N**),
- кофермент Q,
- карнитин,
- оротовая кислота;
- **витамин F** - линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты,
- парааминобензойная кислота (ПАБК),
- **витамин U** - S-метилметионин;
- **B₁₅** – пангамовая кислота,
- **B₈** – инозитол,
- биофлавоноиды.

Витаминная обеспеченность.

Нарушение обеспечения организма витаминами может приводить к развитию ряда патологических состояний.

Гиповитаминозы – обусловлены недостаточным поступлением с пищей или неполным усвоением.

Авитаминозы – возникают при полном отсутствии витаминов в пище или полном нарушении их усвоения.

Гипервитаминозы – связаны с поступлением в организм чрезмерно больших количеств витаминов - возможны только для **жирорастворимых витаминов**.

Водорастворимые витамины при избыточном поступлении с пищей быстро выводятся с мочой и в организме **не накапливаются**.

ПРИЧИНЫ ГИПО- И АВИТАМИНОЗОВ

Экзогенные

недостаток или полное отсутствие витаминов в пище;
недостаточное количество пищи;
голодание

Эндогенные

нарушение всасывания витаминов в ЖКТ;
нарушение транспорта витаминов к органам-мишеням;
повышенная потребность в витаминах при ряде состояний;
усиленный распад в кишечнике;
нарушение превращения в коферменты;
нарушение синтеза апофермента;
нарушение взаимодействия кофермента с апоферментом;

5. Водорастворимые и жирорастворимые ВИТАМИНЫ: а) водорастворимые витамины

Название витамина	Суточн.по требн. мг	Коферм форма	Биологичес- кая функция	Признаки гипо- и авитаминоза
Витамин В₁ (тиамин)	2-3	ТДФ	Декарбоксилиро- вание α- кетокислот	Полиневрит
Витамин В₂ (рибо- флавин)	1,8-2,6	ФАД, ФМН	Перенос водо- рода в дыха- тельн. цепь	Поражение глаз (кератиты, катаракта)
Витамин РР, В₃ (ниацин)	15-25	НАД⁺, НАДФ⁺	Акцепторы и переносчики водорода	Симметр. дер- матит, демен- ция, диарея
Витамин В₅ (пантотено- вая кислота)	10-12	НС-КоА	Транспорт ацильных групп	Дистрофически е изменения в надпочечниках и нервной ткани
Витамин В₆ (пиридоксин)	2-3	ПФ	Обмен амино- кислот	Повышенная возбуд. нервн

Название витамина	Суточн.по требн. мг	Коферм форма	Биологическая функция	Признаки авитаминоза
Витамин Н (биотин)	0,01-0,02	Биотин	Фиксация CO ₂ , карбоксилирование	Дерматиты с усил. деят. сальных желез
Витамин В_с (фолиевая кислота)	0,05-0,4	ТГФК	Транспорт одноуглеродных групп	Нарушения кроветворения (анемия, лейкопения)
Витамин В₁₂ (кобаламин)	0,001-0,002	Дезоксиаденозилкобаламин	Транспорт метильных групп	Макроцитарная анемия
Витамин С (аскорбин. кислота)	50-75	-	Антиоксидант, гидроксилпр. о-лина и лизина	Цинга, подкожные кровоизлияния, отеки
Витамин Р (биофлавоноиды)	Не установлена	-	Участие в окислит.-восст. процессах, ингибир.гиалуронидазы	Кровоточивост десен, точечные кровоизл.

б) жирорастворимые витамины

Название витамина	Суточн.потребн. мг	Биологическая функция	Признаки авитаминоза
Витамин А (ретинол)	1-2,5	Участие в акте зрения, регуляция роста и дифференцировки клеток	Гемералопия (куриная слепота), ксерофтальмия, кератомалация, кератоз
Витамины D (кальциферолы)	0,012-0,025	Регуляция обмена кальция и фосфора	Рахит
Витамины E (токоферолы)	5	Антиоксидант, регуляция интенсивности свободнорадикальных реакций в клетке	Невынашивание плода, бесплодие
Витамины K (нафтохиноны)	1-2	Участие в активации факторов свертывания крови: II, VII, IX, X	Нарушение свертывающей системы крови

Энергетический обмен

Типы фосфорилирования:

- 1) фотосинтетическое фосфорилирование за счет солнечной энергии;
- 2) субстратное фосфорилирование ($\approx 10\%$ АТФ) за счет энергии макроэргических соединений (макроэргов);
- 3) окислительное фосфорилирование ($\approx 90\%$ АТФ) за счет свободной энергии, выделяющейся при транспорте электронов по ЦПЭ от окисляемого субстрата на кислород.

2. Субстратное фосфорилирование. Макроэрги клетки, представители

Синтез АТФ путем **субстратного фосфорилирования** – перенос макроэргической связи с одного субстрата на другой

Макроэрги :

1) **богатые энергией фосфаты:**

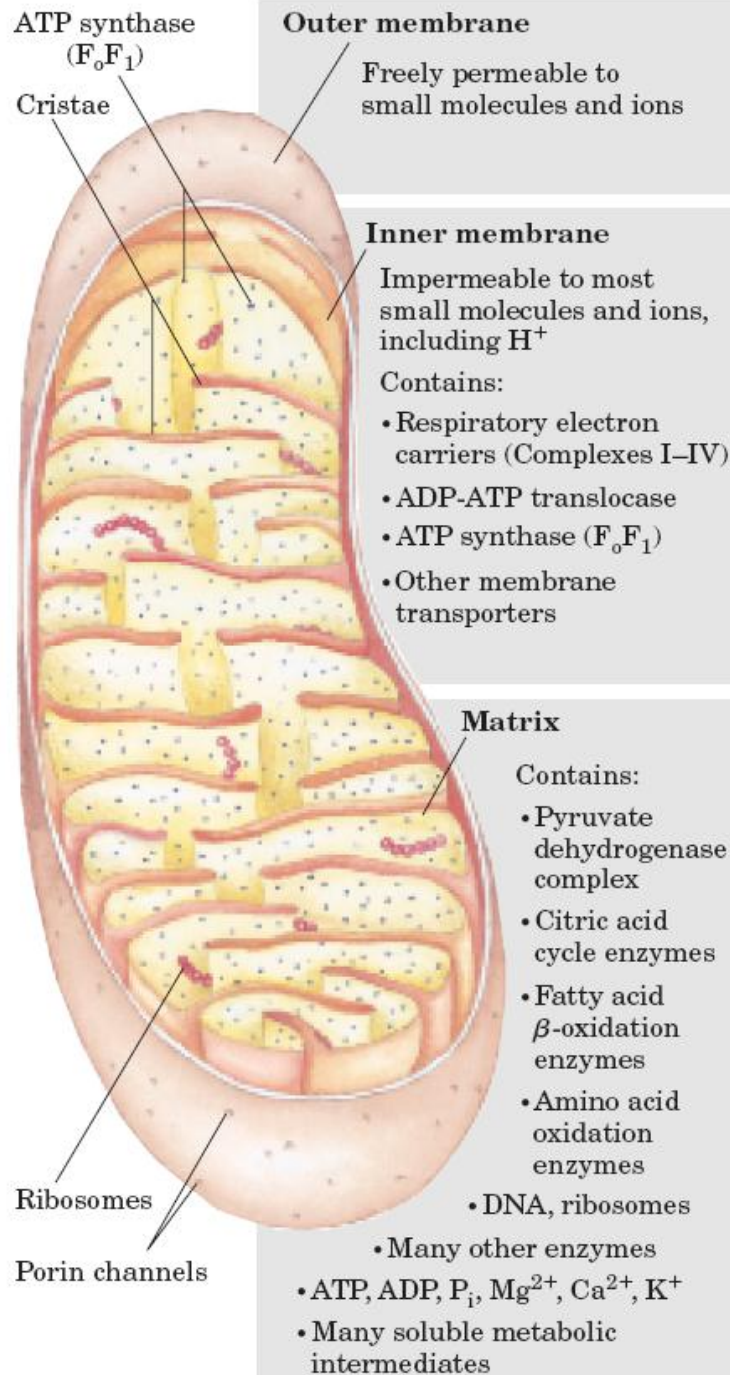
1,3-дифосфоглицерат,
фосфоенолпируват,
креатинфосфат,
нуклеозидтрифосфаты (АТФ);

1) **богатые энергией эфиры, образованные коферментом А:**

сукцинил-КоА,
ацетил-КоА.

Окислительное фосфорилирование



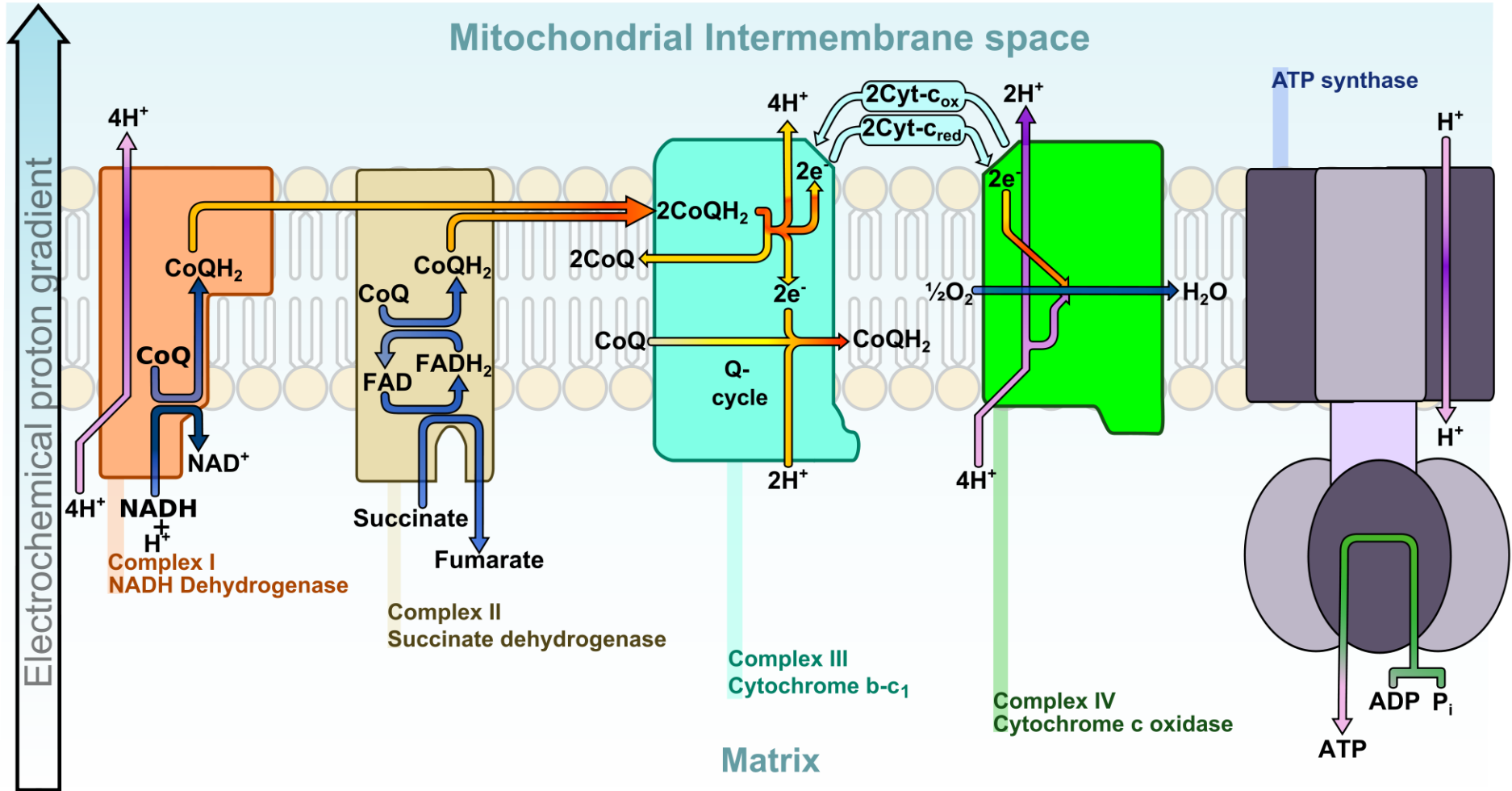


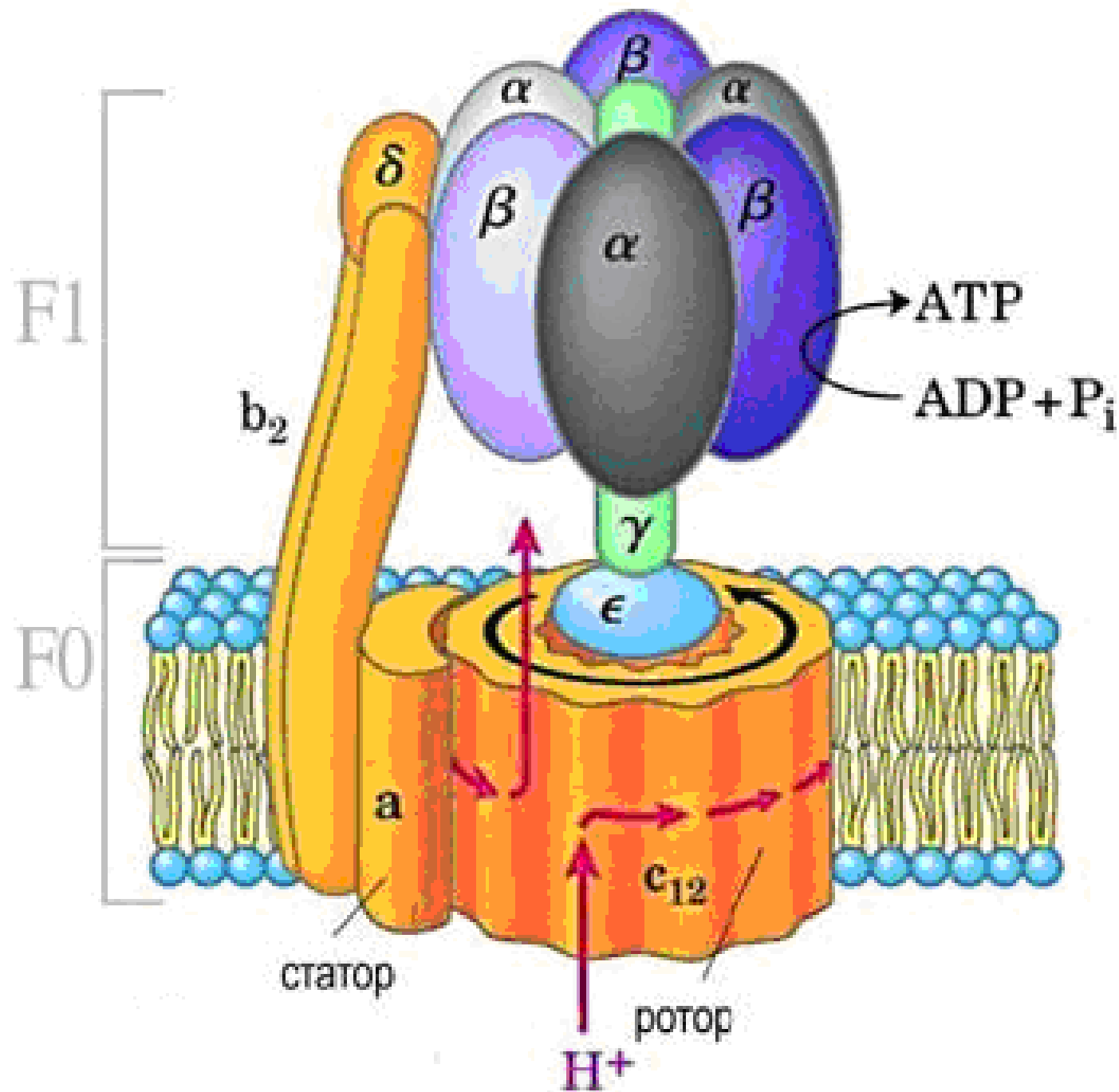
Цепь переноса электронов (ЦПЭ), структурная организация

- **Цепь переноса электронов (ЦПЭ)** – последовательность переносчиков протонов (H^+) и электронов от окисляемого субстрата на кислород, которые локализованы во внутренней мембране митохондрий.

Окисляемые субстраты разделяют на два типа:

- **1. Пиридинзависимые** – пируват, изоцитрат, α -кетоглутарат, малат, глутамат и др., которые при дегидрировании передают протоны и электроны на **НАД⁺**.
- **2. Флавинзависимые** – сукцинат, ацил-КоА, глицерол-3-фосфат, холин, которые при дегидрировании передают протоны и электроны на **ФАД**.





Углеродный обмен

1. Переваривание и всасывание углеводов в желудочно-кишечном тракте.

Из углеводов у человека в пищеварительном тракте перевариваются в основном, **полисахариды** –

- **крахмал**, содержащийся в растительной пище, и
- **гликоген**, содержащийся в пище животного происхождения.

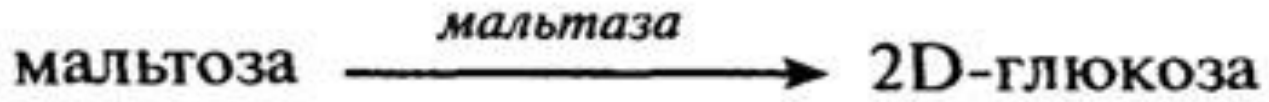
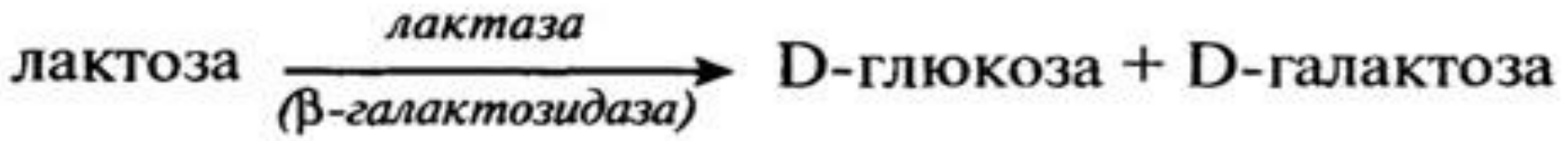
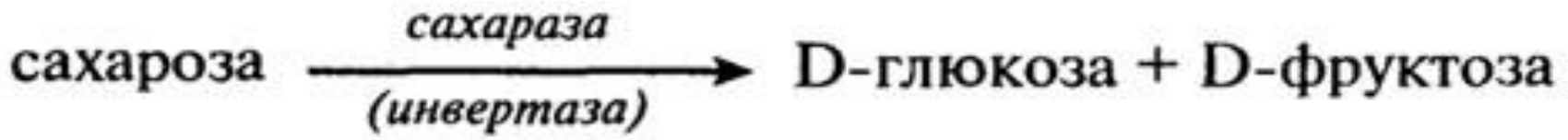
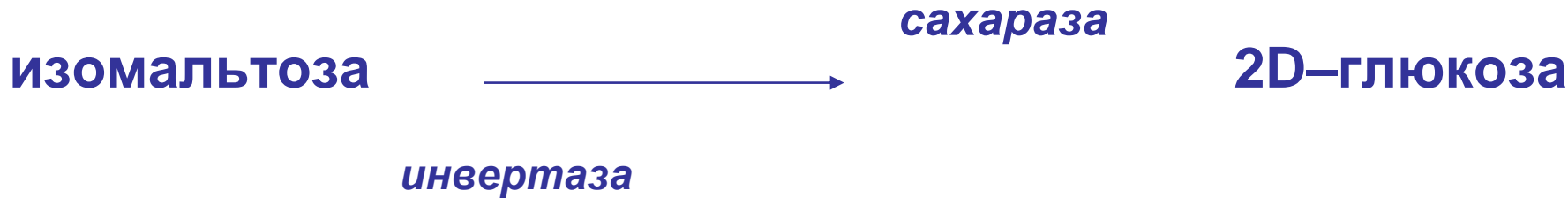
Целлюлоза у человека не переваривается (нет β -амилазы).

Этапы переваривания крахмала (гликогена)



Гидролиз пищевых дисахаридов в тонком кишечнике

В тонком кишечнике гидролиз мальтозы, изомальтозы, сахарозы, лактозы катализируют ферменты, находящиеся в щеточной каемке тонкого кишечника, и образующих ферментные комплексы: **1)** сахарозо-изомальтазный (сахараза); **2)** β -гликозидазный (лактаза); **3)** гликоамилазный (мальтаза).



Всасывания продуктов переваривания углеводов

Конечными продуктами переваривания углеводов у человека являются моносахариды: **глюкоза, фруктоза, галактоза**.

Всасывание происходит в нижнем отделе тонкого кишечника. Из энтероцитов ~ 90% моносахаридов поступает в кровь, а ~ 10% - в лимфу.

Более 50% глюкозы из крови поступает **в печень**.

Глюкоза галактоза и фруктоза всасываются путём:

- **облегченной диффузии** с участием белков-переносчиков (**ГЛЮТ-1, 2 и 5**).
- путем **вторичного активного транспорта** через каналы **Na⁺/K⁺-АТФазы** по типу симпорта с транспортом Na⁺.

2. Общая схема метаболизма глюкозы.

Фосфорилирование глюкозы – первая стадия всех превращений глюкозы.



Гексокиназа ингибируется Г-6-Ф, **не чувствительна к инсулину**.

Глюкокиназа, не ингибируется Г-6-Ф, **инсулин** индуцирует, а **глюкагон** снижает ее активность.

Дефосфорилирование глюкозо-6-фосфата – обязательный этап для выхода глюкозы из клеток.

Глюкоза в организме человека участвует

ТОЛЬКО В ДВУХ химических реакциях:

- ✓ присоединение фосфата (ферменты - **ГЛЮКОКИНАЗА** и **ГЕКСОКИНАЗА**);
- ✓ восстановление в сорбитол (фермент - **альдозоредуктаза**)

Все клетки, кроме **МОЗГА** и **МЫШЦ**, используют глюкозу при участии гормона поджелудочной железы – **инсулина**.

Клетки мозга поглощают глюкозу из крови путем простой диффузии.

В промежуточном обмене углеводов можно выделить следующие процессы:

1. Поступление глюкозы в клетки и ткани – **фосфорилирование глюкозы**.
2. Биосинтез гликогена - **гликогенез**
3. Распад гликогена - **гликогенолиз**
4. Распада глюкозы в клетках - **гликолиз, ПФП**
5. Биосинтез глюкозы из неуглеводных компонентов – **глюконеогенез**.

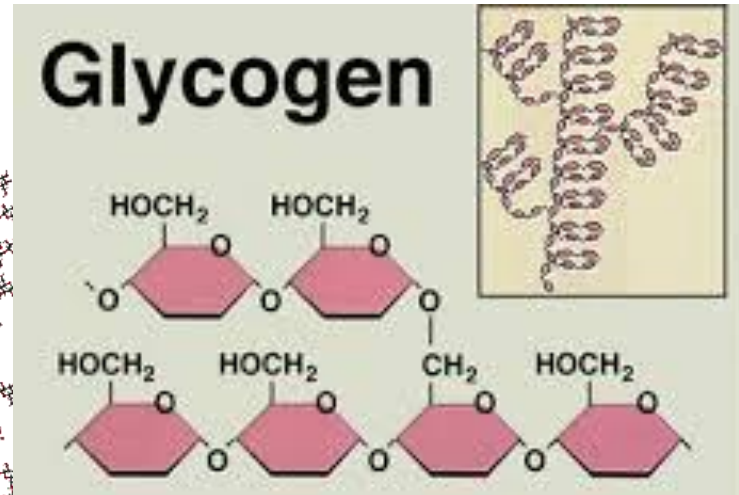
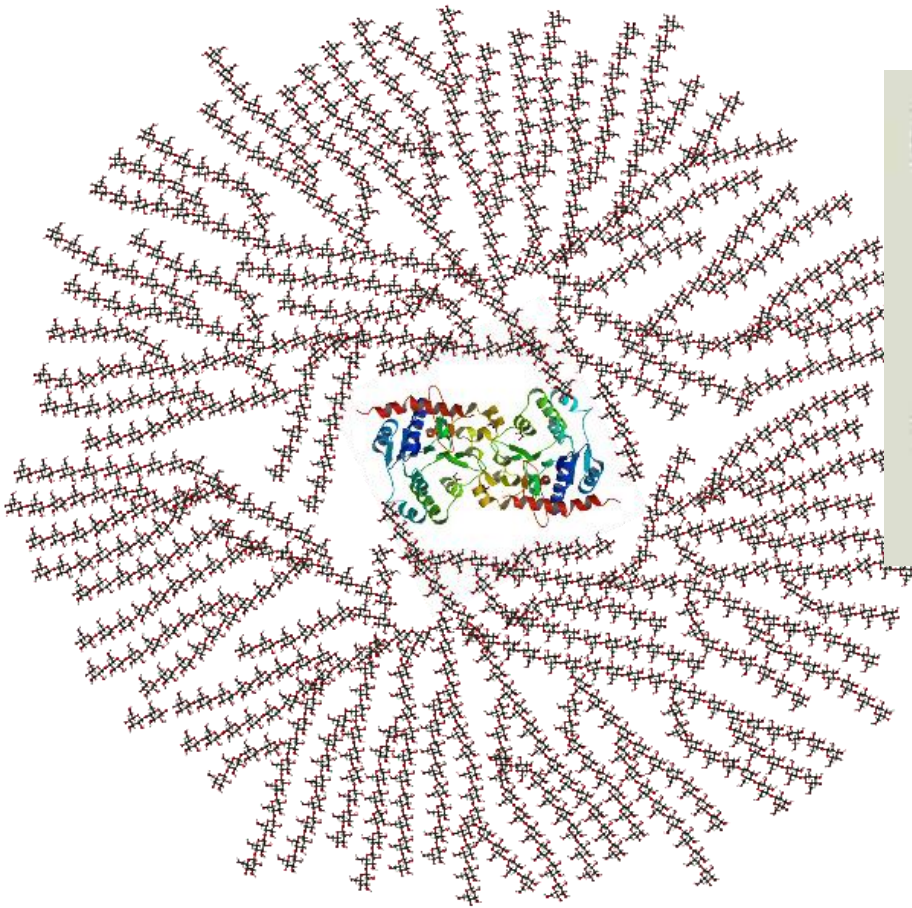
Гликогенез

Глюкоза может откладываться в виде гликогена в **печени** и **мышцах**.

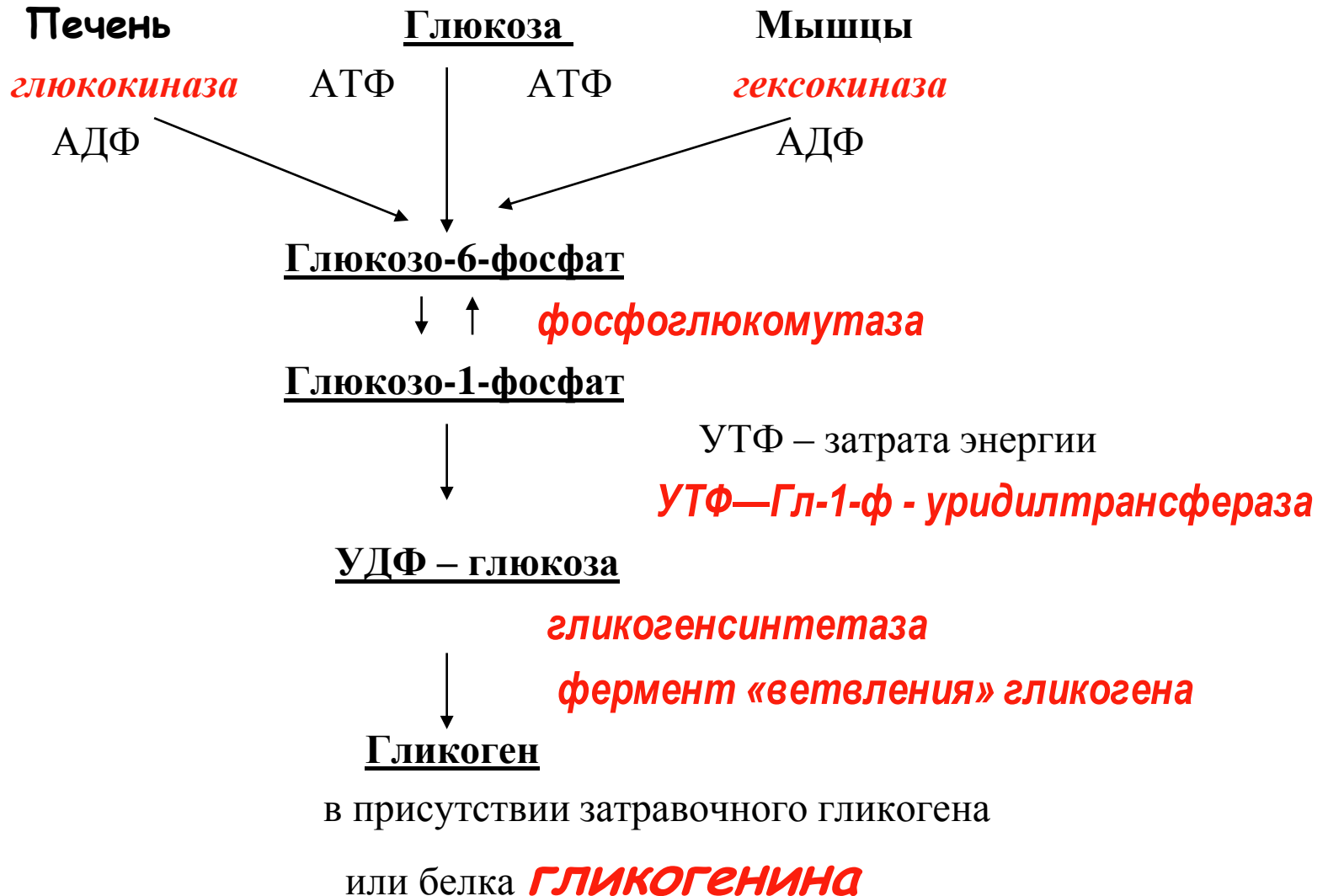
Глюкозо-6-фосфат под влиянием ферментов *гликогенсинтетазы* и «ветвящего» фермента синтезирует гликоген – полимер, напоминающий крахмал. В молекулах гликогена может содержаться до миллиона моносахаридов.

Процесс образования гликогена называется - **гликогенез**.

Структура гликогена



Биосинтез **гликогена** в печени и мышцах

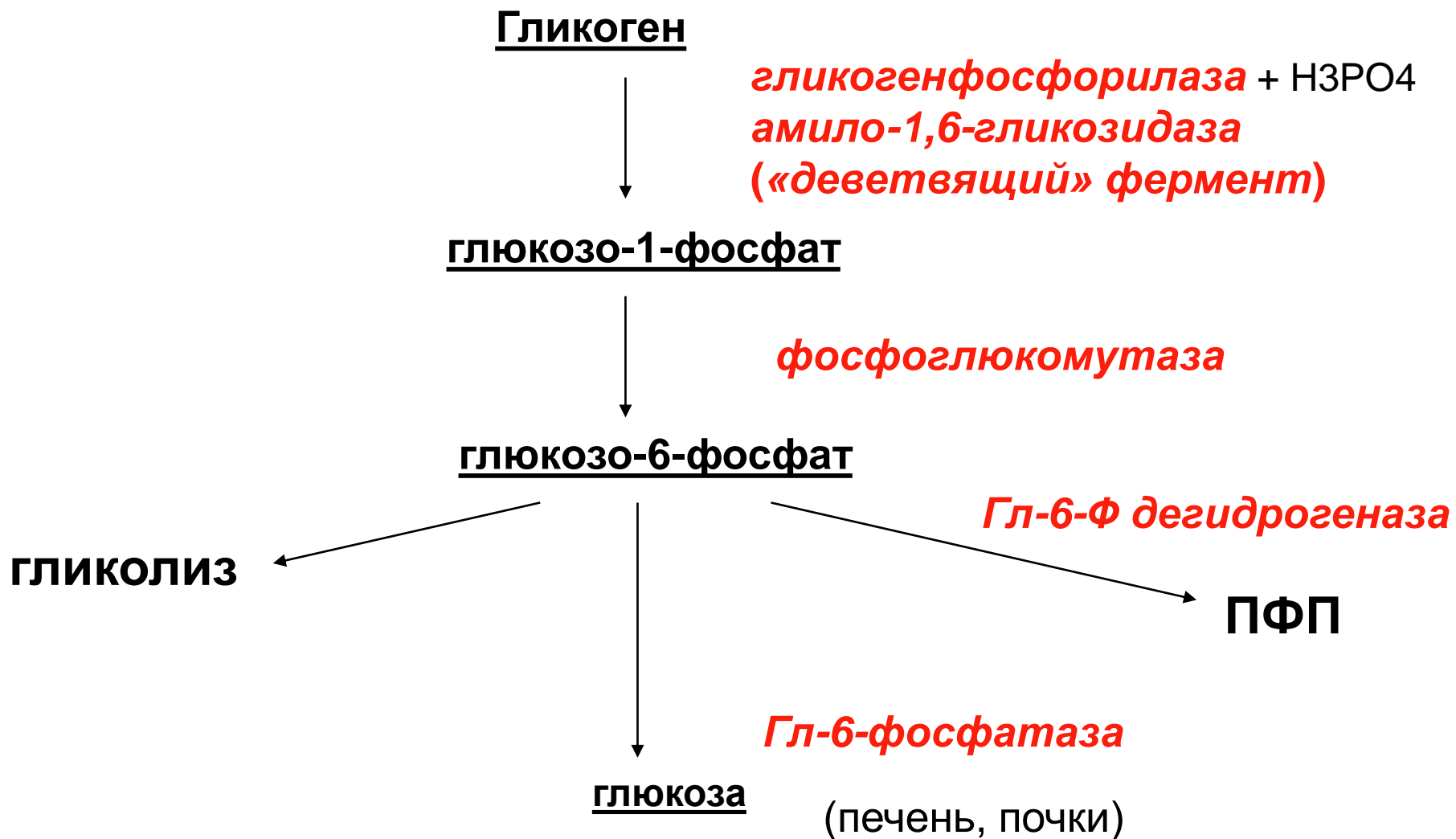


Гликогенолиз – процесс распада гликогена.

В мышцах гликоген используется в качестве источника энергии при интенсивной физической работе, а в печени распадается в ответ на снижение глюкозы при перерывах в приеме пищи или как стрессовая реакция.

Основными гормонами, активизирующими гликогенолиз, являются **глюкагон**, **адреналин** и **кортизол**.

Распад гликогена в печени



Продукты распада глюкозы используются в организме следующим образом:

- **Лактат** - поставляется кровью в печень, где в процессе глюконеогенеза превращается в глюкозу (**цикл Кори**).
- **Ацетил - КоА** – окисляется в цикле Кребса или используется на синтез ВЖК, кетоновых тел, холестерина и др.
- **Вода и углекислый газ** - включаются в общий обмен веществ или выводятся из организма.
- **Пентозы** - используются на синтез нуклеиновых кислот, ГЛЮКОЗЫ.
- **НАД(Ф) Н₂** - участвуют в анаболических реакциях и восстановительных реакциях, синтезе веществ - ЖК, пуриновых оснований используется для образования энергии в ЦПЭ.
- **АТФ** - используется в организме для выполнения химической, механической и осмотической работы.

В норме уровень глюкозы в цельной крови **3,3-5,5 ммоль/л** (в артериальной выше на **0,25 ммоль/л**, чем венозной), в сыворотке и плазме крови натошак **3,8-6,1 ммоль/л**.

У детей до 5 лет уровень глюкозы на 10-15% ниже, чем у взрослых.

В норме уровень глюкозы не снижается ниже **2,5 ммоль/л** и не повышается выше **8 ммоль/л**.

Непереносимость **ЛАКТОЗЫ**

ГИПОЛАКТАЗИЯ

- снижение уровня **ЛАКТАЗЫ** — фермента, необходимого для переваривания **ЛАКТОЗЫ**

Симптомы лактазной недостаточности

определяются усилением жизнедеятельности микрофлоры кишечника, осмотическим эффектом непереваренной лактозы в кишечнике:

- метеоризм (вздутие живота),
- боли в животе, диарея, реже рвота.
- хроническими запорами, беспокойством и плачем после еды.

Сахарный диабет

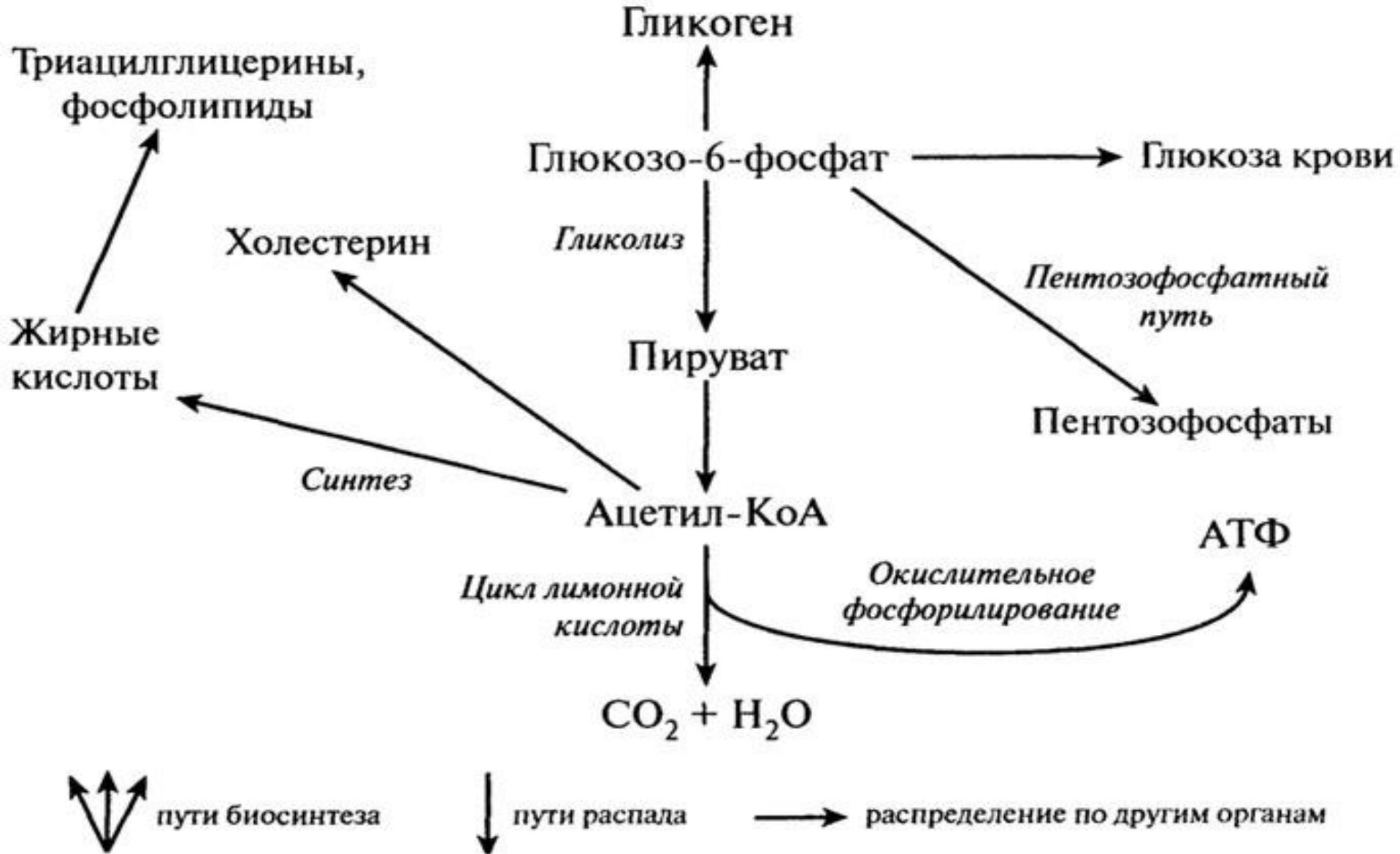
1-го типа - инсулинзависимый;

2-го типа - инсулин**не**зависимый.

Факторы патохимии диабета:

- > синтез сорбитола;
- < доступности НАДФ Н₂;
- > липолиза и кетогенеза;
- > свободных радикалов кислорода;
- > гликозилирования белков.

Пути превращения глюкозо-6-фосфата в печени



3. Представление об анаэробном и аэробном гликолизе, их биологическая роль.

Гликолиз протекает в цитоплазме клеток.

Анаэробный гликолиз – служит источником **АТФ** в мышцах, эритроцитах, семенниках, при гипоксии в других органах.

Глюкоза → глюкозо-6-фосфат → пируват → лактат

Аэробный гликолиз – служит основным источником **АТФ** в красных мышцах, нейронах (включая мозг) при наличии кислорода.

Глюкоза → глюкозо-6-фосфат → пируват → ацетил-
КоА $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ → **ЦТК**

4. Представление о глюконеогенезе, его биологическая роль.

Глюконеогенез – путь синтеза глюкозы из неуглеводных предшественников (МК, ПК, оксалоацетат, глицеральдегидфосфат, глицерин, некоторые аминокислоты).

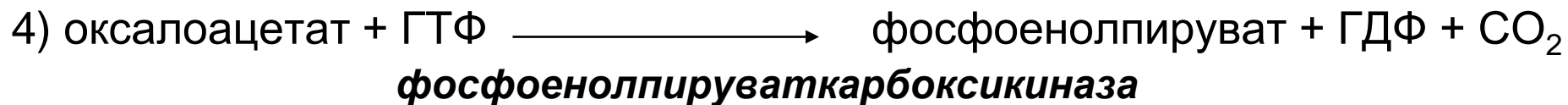
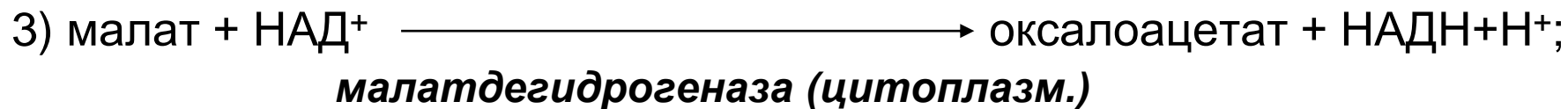
Глюконеогенез протекает, главным образом, в печени, а также в корковом веществе почек и слизистой оболочке кишечника.

В мышцах глюконеогенез **отсутствует**.

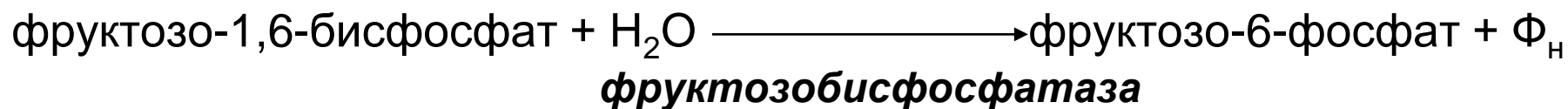
Биологическая роль – поддержание постоянства уровня глюкозы в крови, обеспечение мозга глюкозой при недостатке углеводов в организме.

Основные реакции глюконеогенеза

1. Вместо пируваткиназной реакции:



2. Вместо фосфофруктокиназной реакции:



3. Вместо гексокиназной (глюкокиназной) реакции:

