

# Жирорастворимые ВИТАМИНЫ



# ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ (липофильные) ВИТАМИНЫ

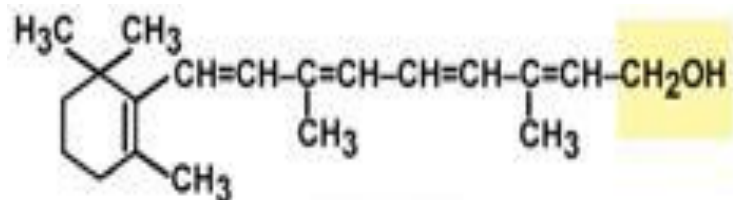
По химической природе они представляют собой типичные липиды.

- Витамин А
- Витамин D
- Витамин Е
- Витамин К
- Витамин F
- Витамин Q
- Витамин N

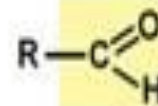


# Главными представителями А группы являются

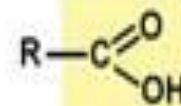
- Витамин А1 (ретинол,  $R=CH_2OH$ )
- Витамин А2 (ретиноевая кислота,  $R=COOH$ )
- Ретиналь (ретинен, витамин А-альдегид,  $R=CHO$ )
- цис- форма витамина А1, которую называют неовитамин А



Ретинол



Ретиналь



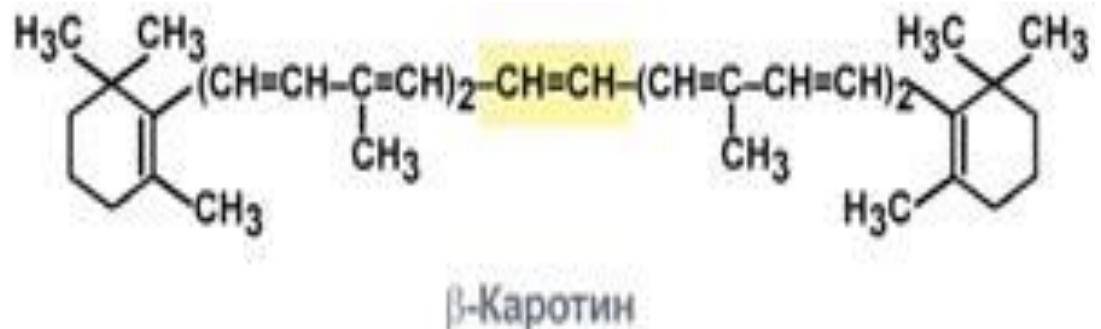
Ретиноевая кислота

**Витамин А** Жирорастворимый витамин, антиоксидант. Вещества этой группы не растворимы в воде, но хорошо растворимы в жирах, органических растворителях. В чистом виде встречается только в продуктах животного происхождения, но может быть синтезирован организмом из  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -каротина (В результате окислительного расщепления) Устойчив к высоким температурам, но разрушается на свежем воздухе.

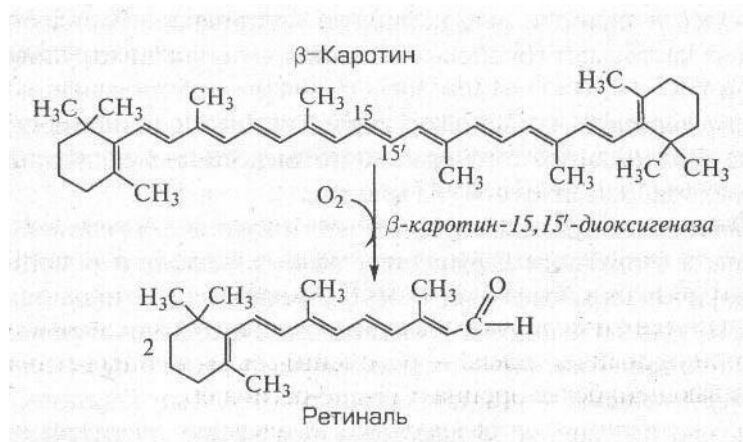
Открытие витамина А произошло в 1913 г. Две группы ученых, Мак-Коллут, Дэвис и сотрудники и Осборн и сотрудники, независимо друг от друга, после серии исследований пришли к выводу, что сливочное масло и желток куриного яйца содержат вещество, связанное с липоидами, необходимыми для роста животных. В 1914 г. они показали, что в сливочном масле содержится активное начало, которое не разрушается при действии щелочей и при омылении остается в неомыляемой фракции. Указанное неизвестное вещество было условно обозначено как «растворимый в жирах А фактор» и по предложению Дриммонда (Drummond J.) в 1916 г. переименовано в витамин А.

Содержащиеся в растениях и животных продуктах А-провитамины — каротины ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеры) впервые они были выделены из моркови, с чем и связано их название (Carota (лат.) — морковь). Каротин был открыт в 1831 г.

Витамин А выделили из сливочного масла и сырой печени трески американские биохимики Элмер Макколлум и Маргарет Дэвис в 1917 году.



Всасывается только 1/6 часть потребленных каротиноидов.  
После всасывания некоторые каротиноиды в печени и  
кишечнике превращаются в ретинол, при этом из  $\beta$ -каротина  
образуется 2 молекулы витамина А.



# Биохимические функции

- **Антиоксидантная функция.**

Благодаря наличию двойных связей в изопреновой цепи витамин осуществляет нейтрализацию свободных кислородных радикалов, особенно существенно эта функция проявляется у каротиноидов.

- **Регуляция экспрессии генов.**

Ретиноевая кислота стимулирует экспрессию генов многих рецепторов к факторам роста. Иными словами, **повышает чувствительность клеток к ростовым стимулам**

- **Участие в фотохимическом акте зрения.**

Ретиналь в комплексе с белком опсином формирует зрительный пигмент родопсин, который находится в клетках сетчатки глаза, отвечающих за черно-белое сумеречное зрение ("палочки").



(недостаток)

Помимо пищевой недостаточности, причиной гиповитаминоза А может быть 1) нехватка витаминов Е и С, защищающих ретинол от окисления, 2) снижение функции щитовидной железы (гипотиреоз) и железодефициты, т.к. в кишечнике и печени превращение каротиноидов в витамин А катализируют железо-содержащие ферменты (например,  $\beta$ -каротин-диоксигеназа), активируемые тиреоидными гормонами.

- Он может вызывать ночную слепоту (куриная слепота).
- Приводит к нарушению роста и развитие.
- Снижение иммунитета.
- Ведёт к развитию ксерофтальмии, а в тяжёлых случаях к кератомалации.

избыток )

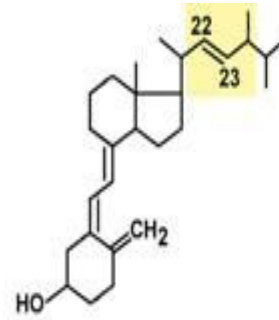
- Сухость и растрескивание кожи, ломкость ногтей, выпадение волос, кровоточивость десен, снижение массы тела, раздражительность, утомляемость и тошнота.
- При хроническом отравлении нарушается пищеварение, исчезает аппетит, наступает потеря веса тела, снижается активность сальных желез кожи и развивается сухой

# Витамин D

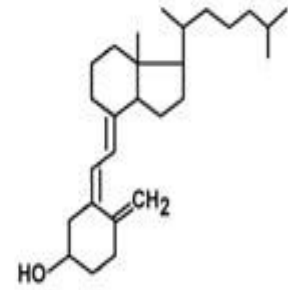
является производным

стероидов

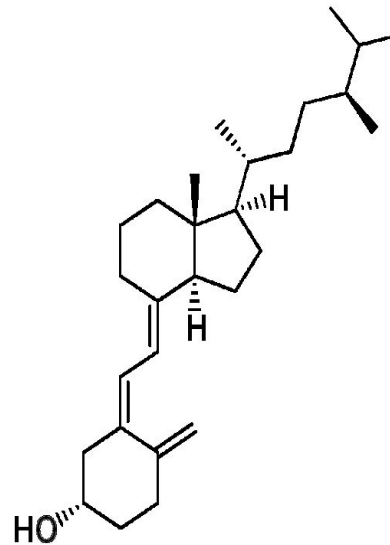
- Витамин D1 сочетание эргокальциферола с люмистеролом, 1:1
- Витамин D2 эргокальциферол (производное эргостерола)
- Витамин D3 холекальциферол (образуется из 7-дигидрохолестерола в коже)
- Витамин D4 22-дигидроэргокальциферол
- Витамин D5 ситокальхиферол (производное 7-дигидроситостерола)



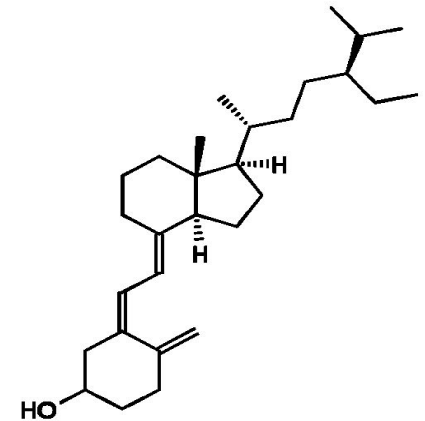
Эргокальциферол (витамин D2)



Холекальциферол (витамин D3)

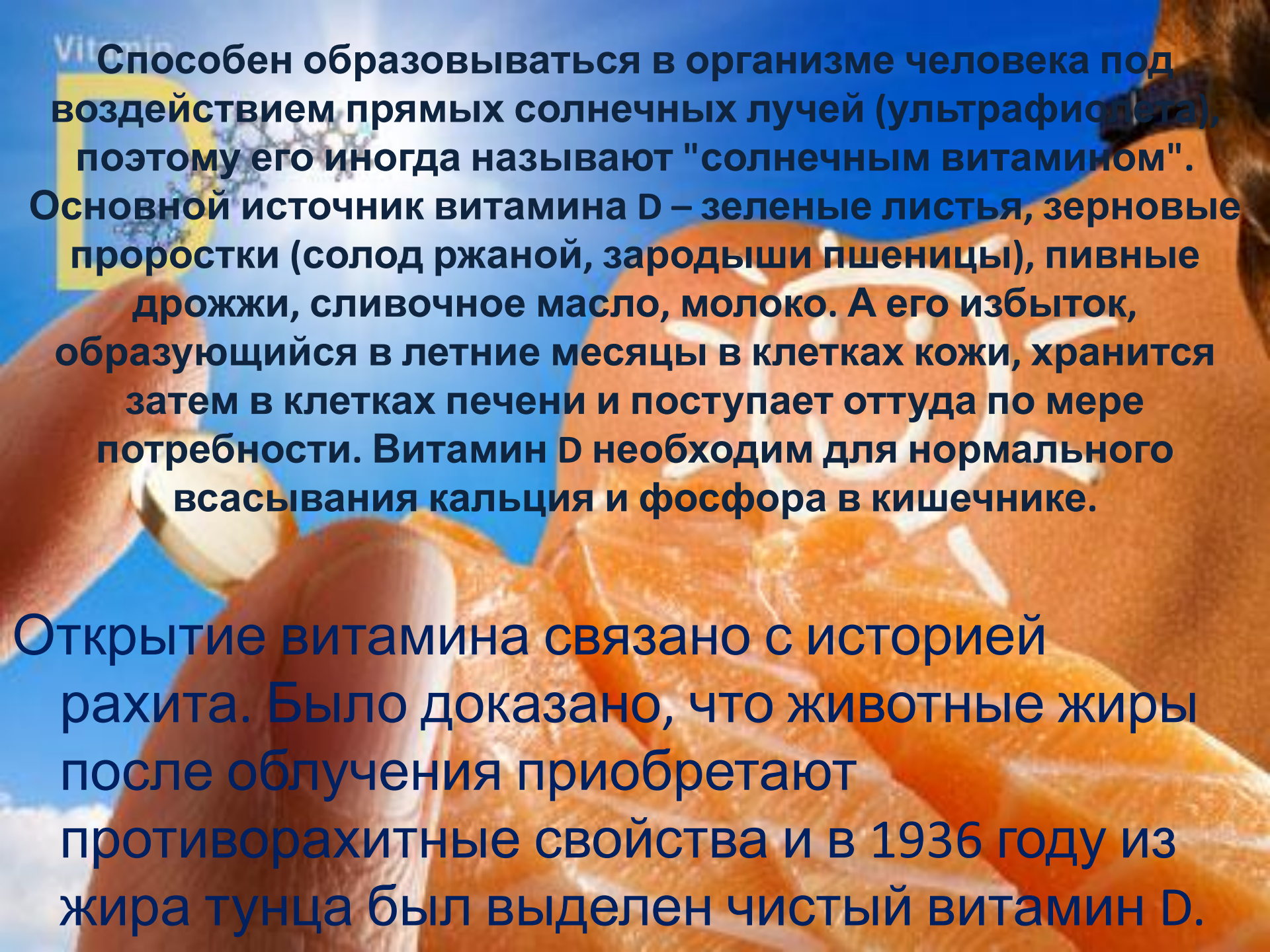


Витамин D4



Витамин D5



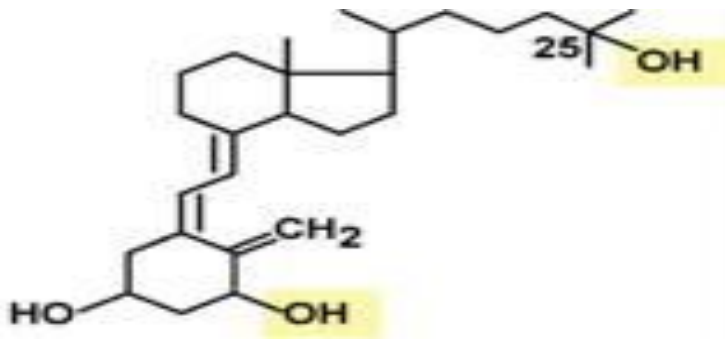
A close-up photograph of a hand holding a slice of orange. A white, round, tablet-shaped vitamin supplement is placed on the orange slice. The background is a bright blue sky with some clouds. The text is overlaid on the image in a bold, dark blue font.

**Способен образовываться в организме человека под воздействием прямых солнечных лучей (ультрафиолета), поэтому его иногда называют "солнечным витамином". Основной источник витамина D – зеленые листья, зерновые проростки (солод ржаной, зародыши пшеницы), пивные дрожжи, сливочное масло, молоко. А его избыток, образующийся в летние месяцы в клетках кожи, хранится затем в клетках печени и поступает оттуда по мере потребности. Витамин D необходим для нормального всасывания кальция и фосфора в кишечнике.**

**Открытие витамина связано с историей рахита. Было доказано, что животные жиры после облучения приобретают противорахитные свойства и в 1936 году из жира тунца был выделен чистый витамин D.**

# Биохимические функции

- Витамин D нужен организму в любом возрасте, ведь в костях постоянно происходит замена устаревших костных тканей новыми и для этого процесса нужен кальций + фосфор. В больших количествах кальциферол нужен растущим костям, т.е. маленьким детям и подросткам.
  - Если источником витамина D3 является кожа
- В этом случае активный кальциферол, образовавшийся после воздействия солнечных лучей, с током крови попадает в почки, где становится еще активнее. Из почек кальциферол попадает в кишечник, где также способствует всасыванию кальция и фосфора.
- Если источник витамина D пища
  - С помощью желчи он всасывается в кишечнике и кровью доставляется в печень. Там он активируется, разносится по кровеносным сосудам и накапливается в почках, костях, стенке кишечника, где и оказывает свое действие по сохранению кальция и фосфора в организме. Таким образом, главная функция витамина D – контроль фосфорно-кальциевого обмена.
  - Витамин D за счет кальция влияет не только на рост костной ткани, но и на свертываемость крови, скорость передачи возбуждения по нервам, способность мышц к сокращению.
  - Кальциферол также является стимулятором иммунной системы, повышает устойчивость организма к различным инфекциям.



Строение

В организме животных и человека витамин  $D_3$  (холекальциферол) образуется в коже из провитамина — 7-дегидрохолестерола, который, в свою очередь, синтезируется из холестерола. Холекальциферол, поступив в печень, под воздействием *гидроксилазы*, при участии молекулярного кислорода и NADPH гидроксилируется по 25 атому углерода с образованием 25-гидроксихолекальцидиола (кальцидиола,  $25(OH)D_3$ ). В почках 25-гидроксихолекальцидиол гидроксилируется по 1 атому углерода с образованием **1,25-дигидроксихолекальциферола (кальцитриола,  $1,25(OH)_2D_3$ )** (рис. 9.3).

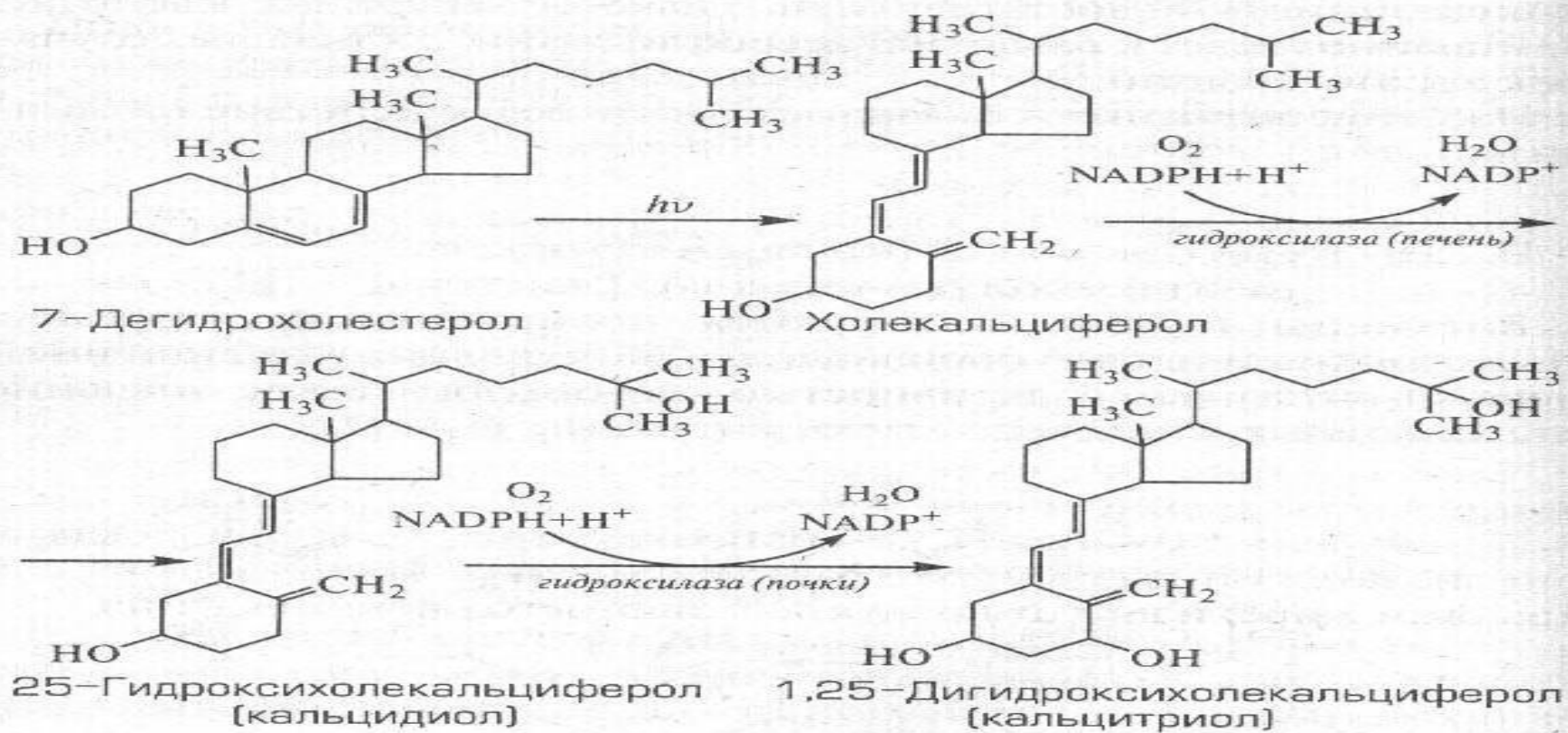


Рис. 9.3. Схема биосинтеза кальцитриола

# Гиповитаминоз

Часто встречается при пищевой недостаточности у детей, при недостаточной инсоляции у людей, не выходящих на улицу или при национальных особенностях одежды. Также причиной гиповитаминоза может быть снижение гидроксилирования кальциферола

- У детей проявляется в виде рахита увеличение живота из-за гипотонии мышц, замедляется прорезывание зубов и зарастание родничков.
- У взрослых наблюдается остеомалация
- повышенная утомляемость, особенно к вечеру;
- мышечная слабость;
- чувство жжения в горле;
- нарушение процесса засыпания;
- снижение аппетита и потеря веса;
- ощущение ползания «мурашек» по ногам или рукам

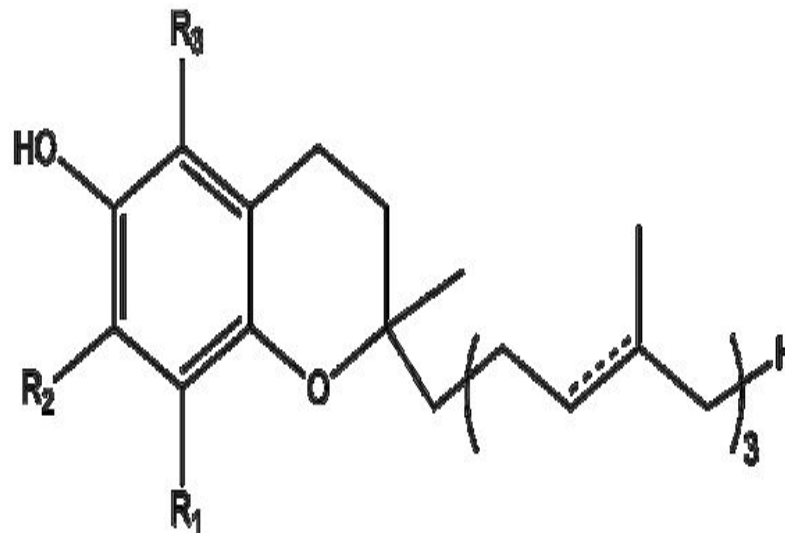
# Гипервитаминоз

- общая слабость, сильная головная боль, повышение кровяного давления;
- тошнота, рвота, жажда, изжога, плохой аппетит, нарушение частоты стула (запор, понос);
- боли в мышцах и суставах;
- боли в животе.



**Витамин группы Е** Называют токоферолами, поскольку все они содержат углеродный скелет токола. Токол формально можно рассмотреть как производное гидрохинона и изопрена. Токоферол устойчив к воздействию высоких и низких температур, но быстро разрушается от ультрафиолетовых лучей, поэтому продукты, содержащие витамин Е нельзя хранить на солнце.

Первые данные о витамине Е были получены еще в 1920 году, однако лишь в 1922 г. исследователи Эванс и Бишоп установили, какое именно вещество стало причиной крысиных трагедий. Жирорастворимое вещество, содержащееся в зеленых листьях и зародышах зерна назвали витамином Е – пятой буквой алфавита, поскольку предыдущие четыре уже были заняты открытыми ранее витаминами А, В, С, и D. Впервые витамин Е был выделен в 1936 году путем экстракции из масел ростков зерна. И уже в 1938 г. швейцарский биохимик Пауль Каррер синтезировал витамин Е. При последующем изучении обнаружилось, что роль витамина Е не обуславливается регулированием только



$\alpha$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\alpha$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\beta$ -tocopherol,  $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$ ;  $R_2 = \text{H}$

$\beta$ -tocotrienol,  $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$ ;  $R_2 = \text{H}$

$\gamma$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$   $R_3 = \text{H}$

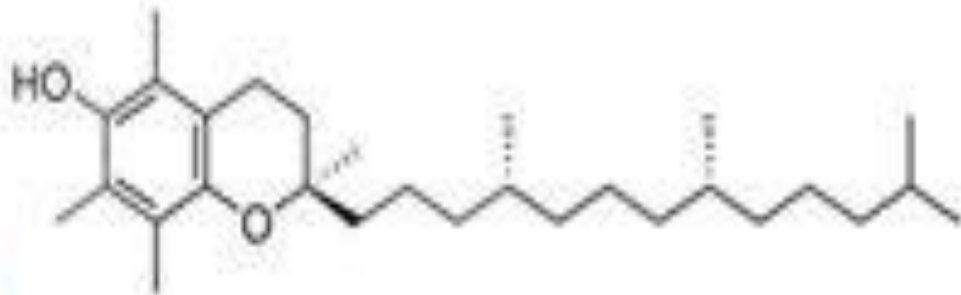
$\gamma$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$   $R_3 = \text{H}$

$\delta$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

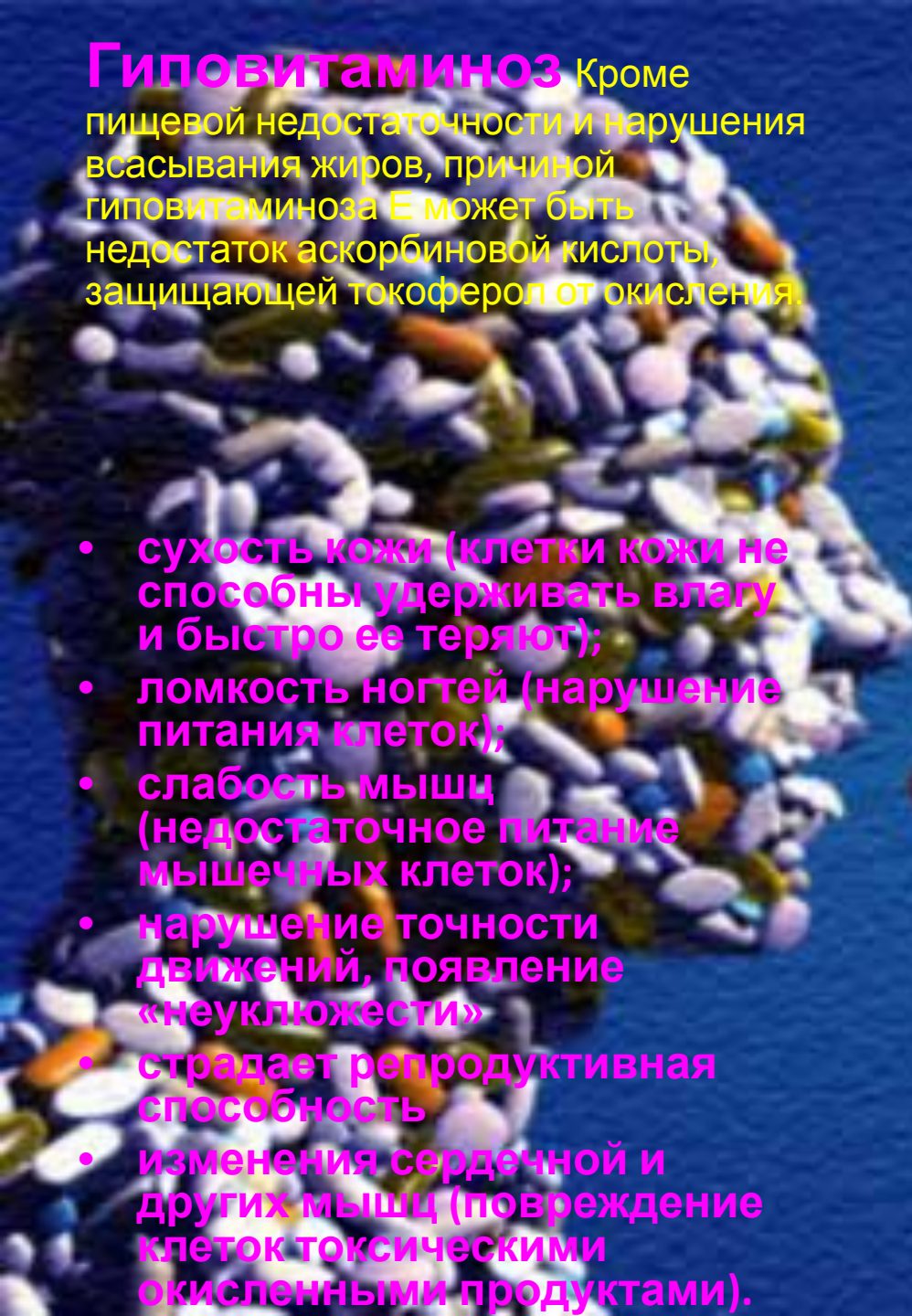
$\delta$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

# Биохимические функции

Токоферол поступает в желудочно-кишечный тракт в составе масел. Под действием желчи и активных веществ поджелудочной железы этот витамин высвобождается и всасывается в кровь. С током крови токоферол разносится во все органы. В крови он присоединяется к специальному белку, поэтому витамина всасывается столько, сколько этого белка в организме. Не усвоенный остаток токоферола выводится с калом.



- оказывает антиоксидантное действие - защищает клетки органов от окислительного повреждения;
- проявляет антигипоксикантную функцию (анти-против, гипо-низкий, малый, окс-кислород) – способствует экономному потреблению кислорода клетками, что обеспечивает их нормальную работу в условиях недостатка кислорода
- участвует в образовании коллагеновых и эластичных волокон. За счет этого укрепляется стенка сосудов; кожа начинает лучше удерживать влагу, ускоряются процессы заживления и замедляются процессы старения кожи, снижается выраженность старческой пигментации;
- является одним из участников образования гемоглобина препятствует развитию анемии, предотвращает образование тромбов;
- улучшает работу мышц;
- нормализует артериальное давление из-за выраженного мочегонного эффекта;
- предохраняет другие витамины от окисления (разрушения), способствует усвоению витамина А;
- является иммуномодулятором (веществом, способствующим укреплению иммунозащитных сил организма);
- вместе с витамином С оказывает противораковое действие;



## Гиповитаминоз

Кроме пищевой недостаточности и нарушения всасывания жиров, причиной гиповитаминоза Е может быть недостаток аскорбиновой кислоты, защищающей токоферол от окисления.

- сухость кожи (клетки кожи не способны удерживать влагу и быстро ее теряют);
- ломкость ногтей (нарушение питания клеток);
- слабость мышц (недостаточное питание мышечных клеток);
- нарушение точности движений, появление «неуклюжести»
- страдает репродуктивная способность
- изменения сердечной и других мышц (повреждение клеток токсическими окисленными продуктами).

## Избыток витамина Е

Витамин Е понижает свертываемость крови и в высоких дозах увеличивает риск внутренних кровотечений, поэтому за предельно допустимую дневную дозу принимают 1000 мг (1500 МЕ).

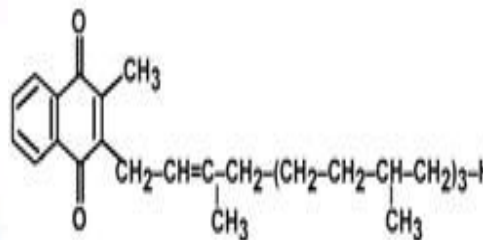
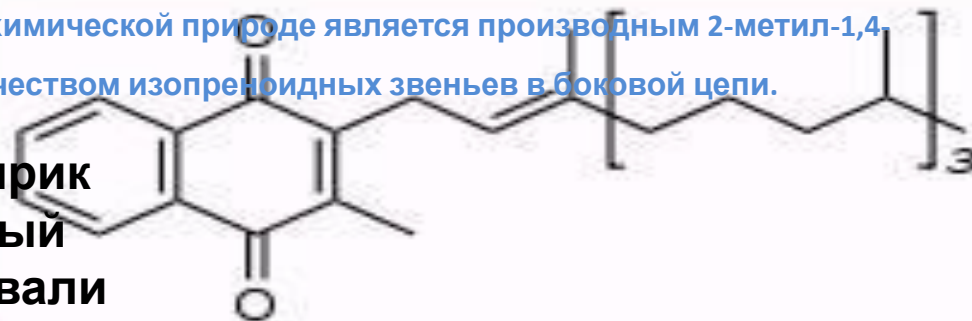
- учащение стула (более 3 раз в день);
- боль в области желудка;
- тошнота, вздутие живота;
- снижение работоспособности;
- боль в правом подреберье (как правило, из-за увеличения печени);
- снижение количества тромбоцитов в крови
- симптомы нарушения функции почек
- резкое повышение артериального давления;
- возможно кровоизлияние в сетчатку глаза
- увеличение живота в размере из-за скопления жидкости в брюшной полости

# Витамин К

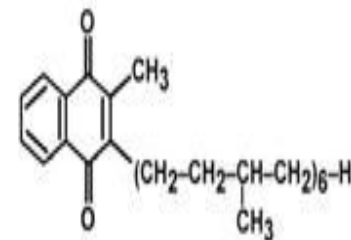
По химической природе является производным 2-метил-1,4-нафтохинона и различаются количеством изопреноидных звеньев в боковой цепи.

В 1929 г. датский биохимик Хенрик Дам выделил жирорастворимый витамин, который в 1935 г. назвали витамином К (koagulations vitamin) из-за его роли в свертываемости крови. За эту работу ему в 1943 г. была присуждена Нобелевская премия.

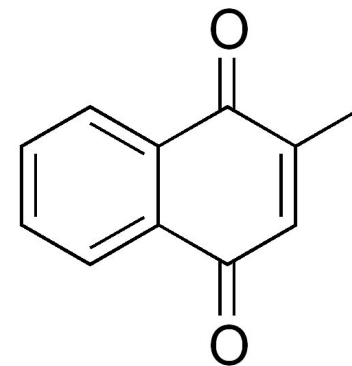
- Филлохинон (К1)
- Менахинон (К2)
- Менадион (К3)
- Менадиол (К4)



Филлохинон (витамин К1)



Менахинон (витамин К2)



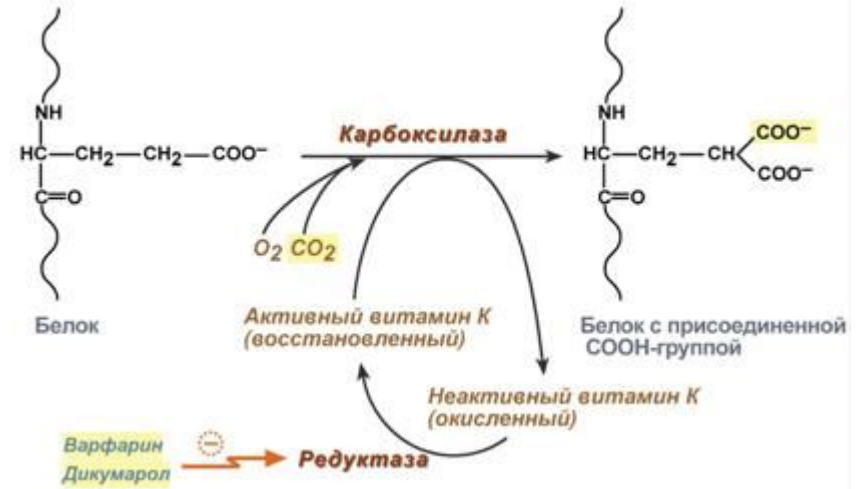


# Биохимические функции

К настоящему времени у человека обнаружено 14 витамин К-зависимых белков, играющих ключевые роли в регулировании физиологических процессов. Например, витамин является коферментом микросомальных ферментов печени, осуществляющих  $\gamma$  карбоксилирование ( $\gamma$  – "гамма", греч) глутаминовой кислоты в составе белковой цепи.

Благодаря своей функции витамин обеспечивает:

1. Синтез факторов свертывания крови – Кристмаса (ф. IX), Стюарта (ф. X), проконвертина (ф. VII), протромбина (ф. II);
2. Синтез белков костной ткани, например, остеокальцина.
3. Синтез протеина С и протеина S, участвующих в антисвертывающей системе крови.
4. Построение тканей сердца и легких;
5. Обеспечение всех клеток энергией за счет анаболического действия;
6. Обезвреживающее действие.



## Гиповитаминоз

Возникает при подавлении микрофлоры лекарствами, особенно антибиотиками, при заболеваниях печени и желчного пузыря. У взрослых здоровая кишечная микрофлора полностью удовлетворяет потребность организма в витамине.

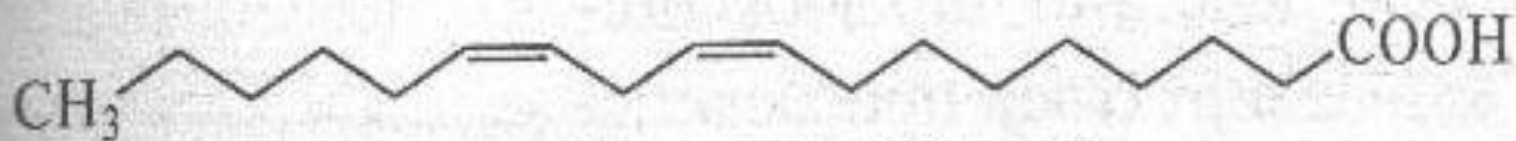
**Передозировка витамина К практически не встречается** В больших дозах заключается в нежелательном повышении свертываемости крови, что может привести к образованию тромбов в сосудах

- длительно не останавливающиеся кровотечения, возникшие даже при малейших повреждениях;
- кровоподтеки;
- кровоточивость десен;
- анемия (снижение уровня гемоглобина в крови);
- нарушение пищеварения и удаления пищи из кишечника;
- повышенная утомляемость и общая слабость как проявления развившейся анемии



**Витамин F** является сборным названием нескольких жирных кислот:

линолевой, линоленовой, арахидоновой. Эти вещества обладают витамино- и гормоноподобными действиями. В доказательство первого свидетельствует их способность устранять признаки гиповитаминоза; второго – в присутствии специального фермента они превращаются в очень активные соединения – клеточные гормоны (простагландины, тромбоксаны). Они очень чувствительны к солнечному свету, повышенным температурам и также быстро разрушаются при контакте с воздухом.




Линолевая кислота



Линоленовая кислота



Арахидоновая кислота



# Витамин F в организме выполняет ряд функций:

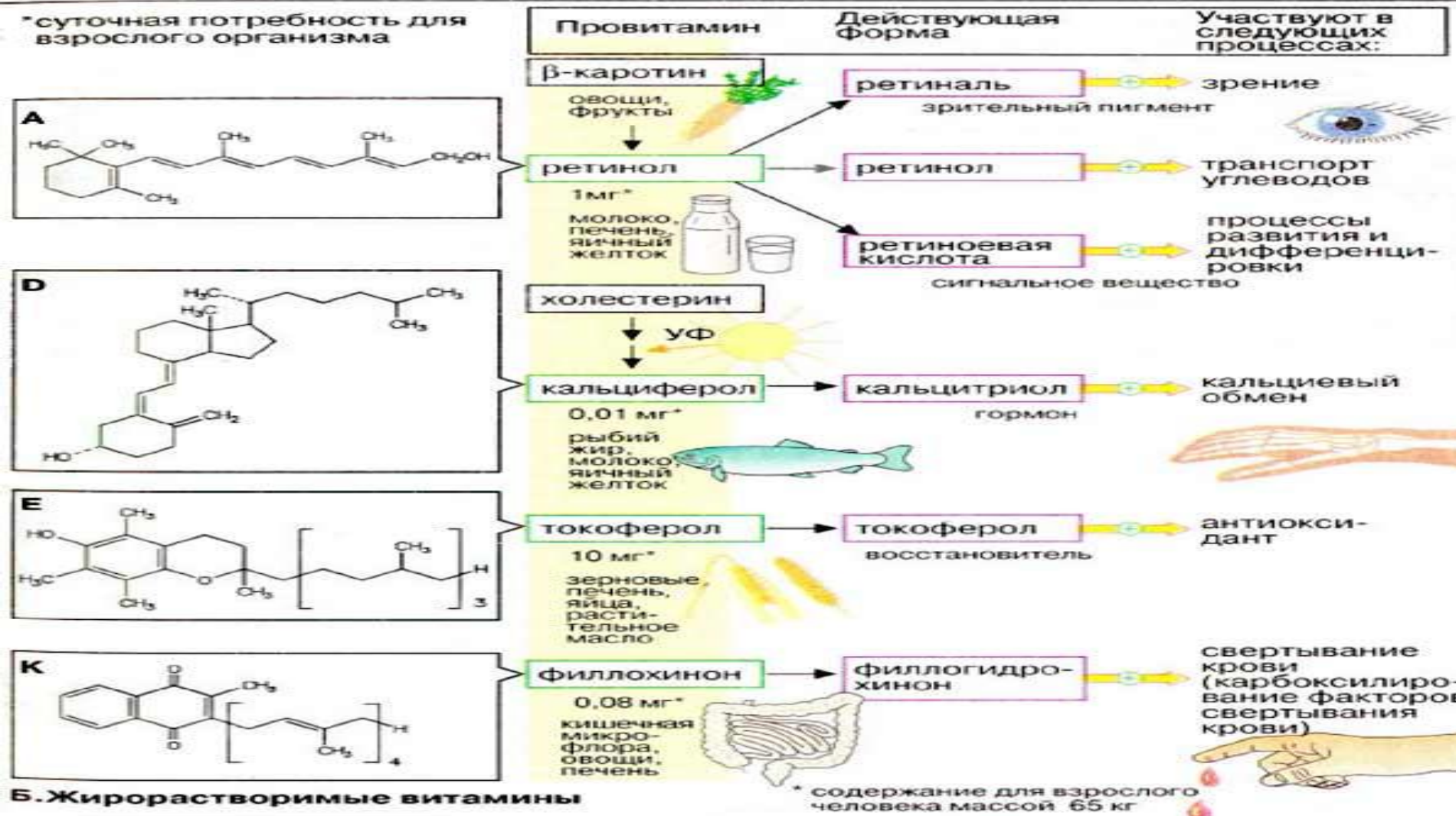
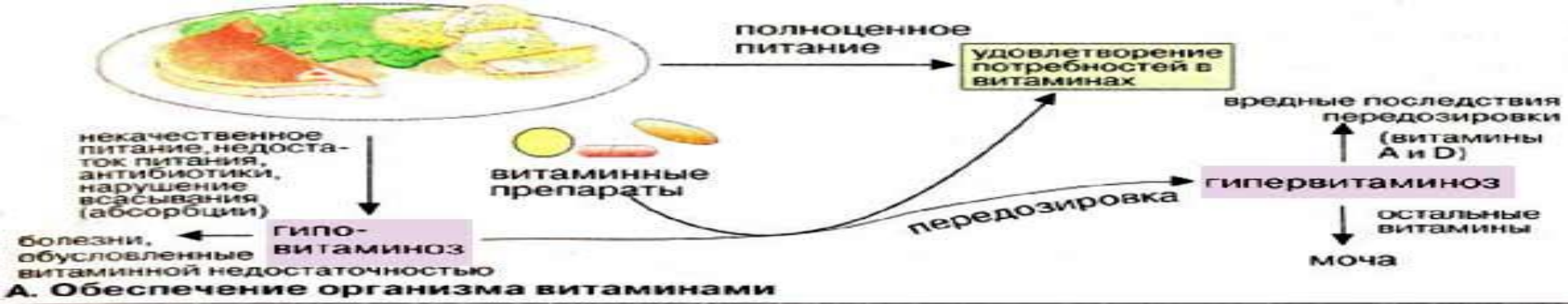
- участвует в синтезе собственных жиров организма, а также в метаболизме холестерина;
- оказывает противовоспалительный, антигистаминный эффекты;
- влияет на сперматогенез;
- является источником синтеза простагландинов;
- стимулирует иммунную защиту организма;
- способствует заживлению ран;
- вместе с витамином D участвует в отложении кальция и фосфора в костной

## **ОСНОВНЫМИ показателями нехватки жирных кислот являются:**

- увеличивается риск различные воспаления;
- появление аллергических реакций кожи и слизистых оболочек носа, глаз (крапивница, зуд, насморк, слезотечение);
- закупорка протоков сальных желез (пор кожи), что приводит к появлению прыщей и угревой сыпи;
- сухость кожи (нестойкое удержание влаги).
- страдает работа печени и сердечно-сосудистой системы
- часто наблюдаются признаки гиповитаминоза. Такие детки плохо набирают вес и медленно растут, кожа у них сухая, шелушится
- ухудшение состояния волос и ногтей. Волосы становятся тусклыми, секутся кончики; ногти приобретают исчерченный вид и быстро ломаются.
- азвития артериальной гипертензии, атеросклероза, и их осложнений – инфаркта сердца и инсульта мозга.

## **Избыток**

- **При приеме больших доз линолевой и линоленовой кислот возможно появление аллергических высыпаний, изжоги и боли в желудке. При длительной передозировке сильно разжижается кровь, что может вызвать кровотечения.**



# ТАБЛИЦА СОВМЕСТИМОСТИ МИКРОНУТРИЕНТОВ

## Отрицательное взаимодействие

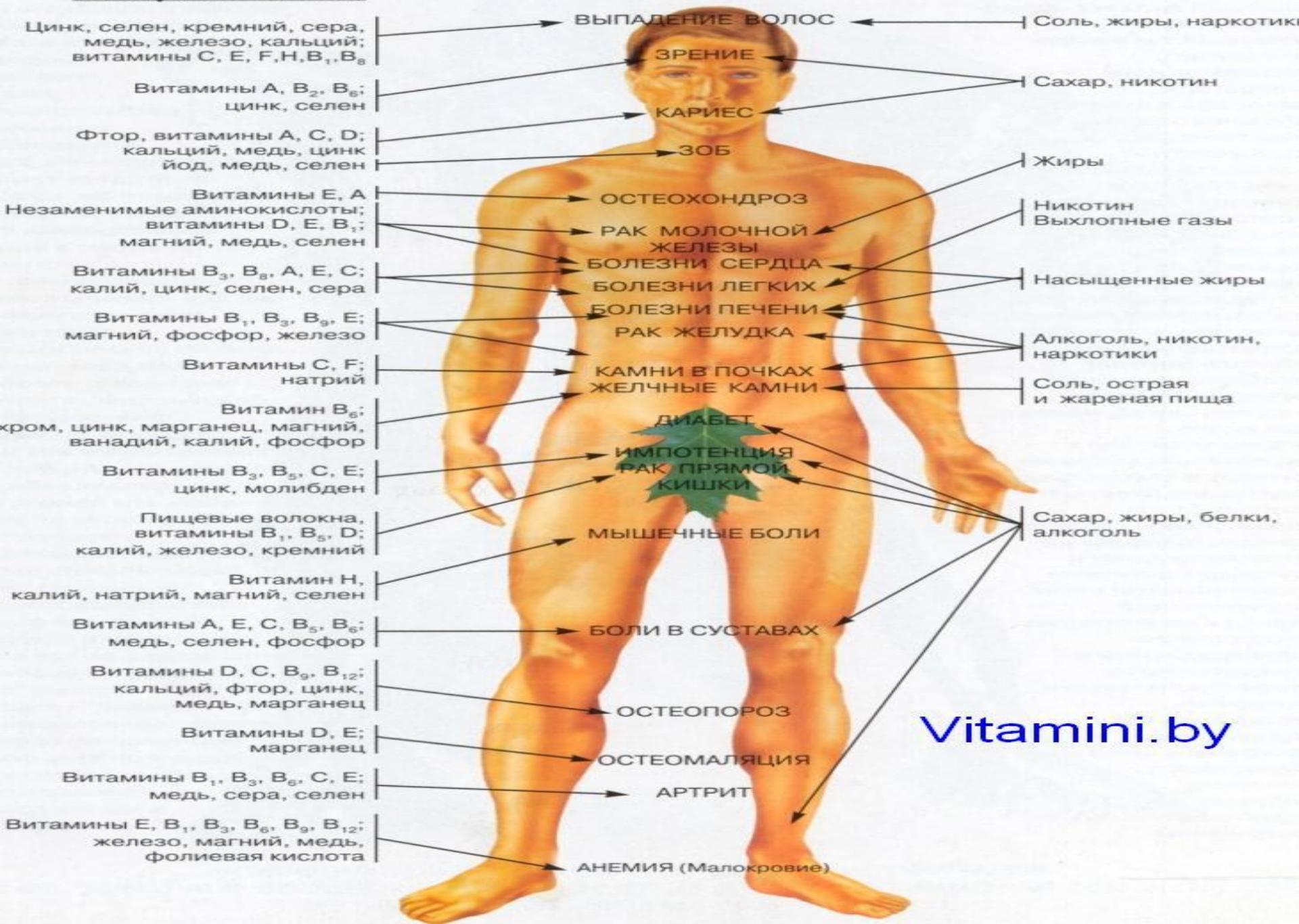
vit. A	↔	vit. B <sub>12</sub>
vit. A	↔	vit. K
vit. D	↔	vit. E
vit. B <sub>2</sub>	↔	vit. B <sub>1</sub>
vit. B <sub>3</sub>	↔	vit. B <sub>12</sub>
vit. B <sub>12</sub>	↔	vit. B <sub>1</sub>
vit. C	↔	vit. B <sub>2</sub>
vit. C	↔	vit. B <sub>12</sub>
vit. E	↔	vit. B <sub>12</sub>
vit. E	↔	vit. K
vit. B <sub>9</sub>	↔	Zn
vit. C	↔	Cu
vit. E	↔	Fe
Cu	↔	vit. B <sub>5</sub>
Cu	↔	vit. B <sub>12</sub>
Fe	↔	vit. B <sub>12</sub>
Mn	↔	vit. B <sub>12</sub>
Ca	↔	Fe
Ca	↔	Mg
Ca	↔	Mn
Ca	↔	Zn
Fe	↔	Cr
Fe	↔	Mg
Fe	↔	Mn
Fe	↔	Zn
Mn	↔	Cu
Zn	↔	Cr
Zn	↔	Cu

## Положительное взаимодействие

vit. A	→←	vit. E
vit. A	→←	vit. C
vit. B <sub>2</sub>	→←	vit. B <sub>6</sub>
vit. B <sub>2</sub>	→←	vit. B <sub>9</sub>
vit. B <sub>2</sub>	→←	vit. K
vit. B <sub>6</sub>	→←	vit. B <sub>3</sub>
vit. B <sub>12</sub>	→←	vit. B <sub>5</sub>
vit. B <sub>12</sub>	→←	vit. B <sub>9</sub>
vit. C	→←	vit. E
vit. B <sub>6</sub>	→←	Ca
vit. B <sub>6</sub>	→←	Cu
vit. A	→←	Zn
vit. D	→←	Ca
vit. K	→←	Ca
Ca	→←	vit. B <sub>12</sub>
Fe	→←	vit. B <sub>3</sub>
Se	→←	vit. E
Zn	→←	Mn

**НЕДОСТАТОЧНОЕ  
ВИТАМИНОВ, МАКРО-  
И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ**

**ИЗБЫТОЧНОЕ  
ПОТРЕБЛЕНИЕ**



Vitamini.by