

---

# Биохимия витаминов



**Зав. кафедрой биохимии  
профессор В.В. Лелевич**

---

- 
- Витамины – это незаменимые компоненты пищи, которые, присутствуя в небольших количествах в пище, обеспечивают нормальное протекание биохимических и физиологических процессов путем участия в регуляции обмена веществ в организме.**
  
  - Витамины – это сборная по химической природе группа органических веществ, объединенная по признаку абсолютной необходимости их для гетеротрофного организма в качестве составной части пищи.**
  
  - Из-за отсутствия точного определения к витаминам в разное время причисляли разное количество веществ. На начало 2020 г. известно 14 витаминов.**
-

# История витаминологии

---

- 1753 г. – шотландский врач Джеймс Линд опубликовал трактат о цинге, где предложил использовать фрукты для профилактики цинги.**
- 1880 г. – русский врач Н.И. Лунин сделал весомый вклад в науку о питании. Он подчеркнул, что кроме белков, жиров, углеводов, солей и воды, животные нуждаются в каких-то еще неизвестных веществах, незаменимых для питания.**
- 1889 г. – голландский врач Эйкман обнаружил, что куры при питании полированным рисом заболевают бери-бери, а при добавлении в пищу рисовых отрубей – излечиваются.**
- 1912 г. – К.Функ выделил в кристаллическом виде из оболочек риса вещество, которое предохраняло от развития бери-бери (витамин В1). Поскольку это вещество содержало аминокруппу, то Функ предложил назвать его витамином-амином жизни. Функ высказал предположение, что и другие болезни – цинга, пеллагра, рахит – тоже могут вызываться недостатком определенных веществ.**

# История ВИТАМИНОЛОГИИ

---

1920 г. – Драммонд предложил убрать «е» из слова «**Vitamine**», потому что недавно открытый витамин С не содержал аминного компонента. Так «**витамайны**» стали «**витаминами**».

1923 г. – Г. Кинг установил химическое строение витамина С.

В 1910-х – 1930-х годах были открыты другие известные **витамины**.

В 1940-х годах было расшифровано химическое строение **витаминов**.

1948 г. – был открыт последний из ныне известных **витаминов** – витамин **В12**.

---

# Классификация витаминов

(принята в 1974 г).

---

## **I. Водорастворимые витамины:**

- 1. В1, тиамин, антинеуритный**
- 2. В2, рибофлавин, витамин роста**
- 3. В5, пантотеновая кислота, антидерматитный**
- 4. В6, пиридоксин, антидерматитный**
- 5. В9, фолиевая кислота, антианемический**
- 6. В12, кобаламин, антианемический**
- 7. С, аскорбиновая кислота, антискорбутный**
- 8. РР, никотиновая кислота, антипеллагрический**
- 9. Н, биотин, антисеборейный**
- 10. Р, рутин, капилляроукрепляющий**

## **II. Жирорастворимые витамины:**

- 1. А, ретинол, антиксерофтальмический**
  - 2. Д, кальциферол, антирахитический**
  - 3. Е, токоферол, антистерильный**
  - 4. К, нафтохинон, антигеморрагический**
-

# Классификация витаминов

## III. Витаминоподобные вещества

---

1. Холин (витамин В4)
  2. Липоевая кислота (витамин N)
  3. Пангамовая кислота (витамин В15)
  4. Инозит (витамин В8)
  5. ПАБК (парааминобензойная кислота)
  6. Карнитин
  7. Витамин U (S-метилметионин)
  8. Витамин F (полиненасыщенные жирные кислоты)
  9. Кофермент Q (убихиноны)
  10. Оротовая кислота (витамин В13)
-

# Биологические функции витаминов

---

- 1. Являются предшественниками коферментов и простетических групп ферментов – В1, В2, В3, В6, В9, В12, РР, К, биотин.**
  - 2. Витамины – прогормоны: А, Д**
  - 3. Витамины-антиоксиданты: А, Е, С**
  - 4. Индукторы синтеза белка: А**
  - 5. Каждому гормону присуща специфическая функция в организме**
  - 6. Являются незаменимыми компонентами пищи**
  - 7. Не выполняют пластическую и энергетическую функции**
-

# Обмен витаминов

---

- ❑ Большинство витаминов не выполняют свои биологические функции в том виде, в котором они поступают с пищей.
  
  - ❑ Обмен витаминов в организме включает следующие этапы:
    1. Всасывание в кишечнике с участием специфических транспортных систем
    2. Транспорт к местам утилизации или депонирования с помощью транспортных белков
    3. Превращение витаминов в биологически активную форму с помощью специальных ферментативных систем
    4. Кооперация биологически активной формы витаминов с соответствующими молекулами или структурами
-



# Обеспеченность организма ВИТАМИНАМИ

---

- Недостаточное поступление витаминов с пищей приводит к их дефициту в организме и развитию одного из трех состояний:
  1. Авитаминоз – практически полное отсутствие витамина в организме с развернутой клинической картиной его недостаточности:
    - авитаминоз С – цинга
    - авитаминоз Д – рахит
    - авитаминоз В<sub>1</sub> – бери-бери
    - авитаминоз РР – пеллагра

**В настоящее время авитаминозы встречаются редко**

---

# Обеспеченность организма витаминами

---

**2. Гиповитаминозы – состояние снижения запасов витамина в организме, вызывающее появление ряда неспецифических и слабо выраженных клинических симптомов.**

**Встречаются чаще всего.**

**3. Субнормальная обеспеченность витаминами – представляет собой раннюю доклиническую стадию дефицита витаминов, проявляющуюся, в основном, нарушениями метаболических и физиологических процессов, в которых участвует данный витамин. Ее можно выявить только биохимическими методами.**

**□ При недостатке нескольких витаминов формируются полигиповитаминозы, а при их отсутствии в пище – полиавитаминозы.**

---

# Причины развития гиповитаминозов

---

- 1. Недостаток витаминов в продуктах питания.**
  - 2. Нарушения всасывания витаминов при заболевании ЖКТ.**
  - 3. Нарушения метаболизма витаминов (нарушения синтеза транспортных белков, образования коферментных форм и др.).**
  - 4. Подавление жизнедеятельности микрофлоры кишечника, вырабатывающей ряд витаминов (при пероральном приеме антибиотиков и сульфаниламидных препаратов).**
  - 5. Повышенная потребность в витаминах при росте, беременности, лактации, физических нагрузках.**
  - 6. Повышенное выведение витаминов.**
-

# **Общие последствия недостаточного потребления витаминов в современных условиях**

---

- 1. Снижение физической и умственной работоспособности.**
- 2. Снижение сопротивляемости различным заболеваниям.**
- 3. Усиление негативного воздействия на организм неблагоприятных экологических факторов, нервно-эмоционального напряжения, стресса.**
- 4. Повышение чувствительности организма к воздействию радиации.**
- 5. Сокращение продолжительности активной трудоспособности жизни.**

**Недостаточное поступление витаминов в детском и юношеском возрасте отрицательно сказывается на показателях физического развития, заболеваемости, успеваемости, способствует развитию обменных нарушений, хронических заболеваний и, в конечном итоге, препятствует формированию здорового образа жизни.**

---

# Гипервитаминозы

---

- ❑ Отнюдь не всякий избыток и далеко не каждого витамина способен вызвать гипервитаминоз. Болезни, возникающие вследствие избыточного приема водорастворимых витаминов, не описаны, поскольку они в организме не накапливаются.
- ❑ Известны лишь два витамина А и Д, прием которых в избыточных количествах может вызвать гипервитаминоз. Причиной гипервитаминозов А и Д является избыточное потребление в составе препаратов (растворы витамина Д) или с экзотической пищей (печень акулы и белого медведя).

# Гипервитаминозы

---

## Клиническая картина гипервитаминоза А

- Тошнота, рвота, головокружение
- Сухость кожи, увеличение печени
- Воспаление глаз, гиперкератоз

## Клиническая картина гипервитаминоза Д

- Гиперкальциемия и гиперкальциурия
  - Отложение кальция в мягких тканях
-

# Методы оценки обеспеченности организма человека витаминами

---

- ❑ Биохимический показатель обеспеченности витамином – концентрация витамина или его метаболита (коферментной формы) в биологических жидкостях, величина экскреции с мочой, активность витаминзависимых ферментов и др.

## Количественные методы определения витаминов

1. Физико-химические методы определения содержания витаминов, как химических веществ (нг, мкг, мг).
  2. Микробиологические методы – по скорости роста микроорганизмов в присутствии витамина судят о его количестве.
  3. Биологические методы – определяют минимальное количество пищи или лекарственного препарата, способное предохранить животное (находящееся на диете, в которой отсутствует изучаемый витамин) от заболевания. Это количество пищи или витаминного препарата принимают за витаминную единицу.
-

# Биохимические методы оценки витаминного статуса организма

---

- 1. Прямые или статические методы** – определение концентрации витамина или его метаболита в биологическом материале (кровь, плазма/сыворотка, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, моча, слюна, грудное молоко, спермоплазма, слезная жидкость, пот).
  - 2. Динамические (функциональные) методы** – измерение ответа *in vitro* или *in vivo* (например, активность витаминзависимых ферментов и степень их активации добавленным коферментом *in vitro* или оценка накопления продуктов метаболизма *in vivo* ).
-



# Основные характеристики жирорастворимых витаминов

Название	Суточная потребность мг	Биологические функции	Характерные признаки авитаминозов
<b>А (ретинол)</b>	<b>1-2,5</b>	Участвует в акте зрения, регулирует рост и дифференцировку клеток	Гемералопия (куриная слепота), ксерофтальмия, кератомалация, гиперкератоз эпителиальных клеток
<b>Д (кальциферол)</b>	<b>0,012-0,025</b>	Регуляция обмена фосфора и кальция в организме	Рахит
<b>Е (токоферол)</b>	<b>5</b>	Антиоксидант, регулирует интенсивность свободнорадикальных реакций в клетке	Недостаточно изучены; известно положительное влияние на развитие беременности и при лечении бесплодия
<b>К (нафтохинон)</b>	<b>1-2</b>	Участвует в активации факторов свертывания крови: II, VII, IX, XI.	Нарушение свёртывающей системы крови.

# Витамин А - ретинол

---

## Причины развития гиповитаминоза А

- 1. Дефицит каротиноидов и витамина А в пище**
  - 2. Нарушение желчеотделения и всасывания витамина А**
  - 3. Недостаточность β-каротиндиоксигеназы, превращающей β-каротин в 2 молекулы ретинола**
  - 4. Нехватка витаминов Е и С, защищающих ретинол от окисления**
  - 5. Гипотиреоз (β-кератиндиоксигеназа активируется тиреоидными гормонами)**
  - 6. Дефицит железа**
-

# Витамин Д - кальциферол

---

## Причины гиповитаминоза Д

- Дефицит витамина Д в рационе
- Нарушение желчеотделения и всасывания липидов
- Недостаточная инсоляция
- Нарушение гидроксилирования кальциферола (заболевания печени и почек)

## Клиническая картина гиповитаминоза Д

- У детей в возрасте до 2 лет – рахит
- У взрослых – остеомаляция (нарушение минерализации костной ткани)

## Опасен гипervитаминоз Д

- Отложение кальция в мягких тканях
  - Гиперкальциемия и гиперкальциурия
-

# Витамин Е - токоферол

---

## Причины гиповитаминоза Е

- 1.Нарушение всасывания липидов и жирорастворимых витаминов**
- 2.Дефицит витамина Е в рационе (редко)**
- 3.Недостаток аскорбиновой кислоты**

## Клиническая картина гиповитаминоза Е

- Нарушение сперматогенеза у мужчин или бесплодие у женщин**
- Анемия (гемолитическая)**
- Снижение чувствительности (демиелинизация)**

Известен гипервитаминоз Е

---

# Витамин К - нафтохинон

---

## Биохимические функции

1. Кофермент микросомальных ферментов печени, осуществляющих карбоксилирование глутаминовой кислоты в составе белковой цепи
2. Образование факторов свертывания крови IX, X, VII и II в печени
3. Образование белков противосвертывающей системы – протеинов С и S.

## Причины гиповитаминоза К

1. Дисбактериоз, вызванный антибиотикотерапией
2. Природный антагонист витамина К – дикумарол

## Клиническая картина гиповитаминоза К

- Нарушения свертывания крови – повышенная кровоточивость.

Для лечения используют синтетическое производное – викасол.

---

# Основные характеристики водорастворимых витаминов

Название	Суточная потребность, мг	Коферментная форма	Биологические функции	Характерные признаки авитаминозов
<b>В1</b> (тиамин)	2-3	ТДФ	Декарбоксилирование $\alpha$ -кетокислот, перенос активного альдегида (транскетолаза)	Полиневрит
<b>В2</b> (рибофлавин)	1,8-2,6	ФАД ФМН	В составе дыхательных ферментов, перенос водорода	Поражение глаз (кератиты, катаракта)
<b>В5</b> (пантотеновая кислота)	10-12	КоА-SH	Транспорт ацильных групп	Дистрофические изменения в надпочечниках и нервной ткани
<b>В6</b> (пиридоксин)	2-3	ПФ (пиридоксальфосфат)	Обмен аминокислот (трансаминирование, декарбоксилирование)	Повышенная возбудимость нервной системы, дерматиты
<b>В9</b> (фолиевая кислота)	0,05-0,4	Тетрагидрофолиевая кислота	Транспорт одноуглеродных групп	Нарушения кроветворения (анемия, лейкопении)

# Основные характеристики водорастворимых витаминов

Название	Суточная потребность, мг	Коферментная форма	Биологические функции	Характерные признаки авитаминозов
<b>В12</b> (кобаламин)	<b>0,001-0,002</b>	Дезоксиаденозил и метилкобаламин	Транспорт метильных групп	Макроцитарная анемия
<b>РР</b> (ниацин )	<b>15-25</b>	НАД НАДФ	Акцепторы и переносчики водорода	Симметричный дерматит на открытых участках тела, деменция и диарея
<b>Н</b> (биотин)	<b>0,01-0,02</b>	Биотин	Активация CO <sub>2</sub> , реакции карбоксилирования (например, пирувата и ацетил-КоА)	Дерматиты, сопровождающиеся усиленной деятельностью сальных желез
<b>С</b> (аскорбиновая кислота)	<b>50-75</b>	-	Гидроксилирование пролина, лизина (синтез коллагена), антиоксидант	Кровоточивость дёсен, расшатывание зубов, подкожные кровоизлияния, отёки
<b>Р</b> (рутин)	Не установлено	-	Вместе с витамином С участвует в окислительно-восстановительных процессах, тормозит действие гиалуронидазы	Кровоточивость дёсен и точечные кровоизлияния

# Витамин В1 – тиамин

## Биохимические функции

---

### 1. Кофермент :

- пируват дегидрогеназный комплекс
- $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназный комплекс
- дегидрогеназный комплекс окисления кетокислот

### 2. Тиаминтрифосфат регулирует работу хлорных каналов нейронов

## Причины гиповитаминоза В1

- Дефицит тиамина в рационе
- Нарушение транспорта тиамина
- Хронический алкоголизм
- В сырой рыбе есть фермент тиаминаза, разрушающая тиамин

## Клиническая картина гиповитаминоза В1

- Бери-бери – полиневриты, кардиомиопатия
  - Синдром Вернике-Корсакова (при алкоголизме)
  - Синдром Лея (некротизирующая энцефалопатия).
-



# Витамин В2 – рибофлавин

## Биохимические функции

---

**1. Кофермент оксидоредуктаз**

**2. Кофермент пируватдегидрогеназного комплекса**

- $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназного комплекса
- сукцинатдегидрогеназы
- ацил-КоА-дегидрогеназы ( $\beta$ -окисление жирных кислот)

**3. Кофермент моноаминоксидазы**

## Причины гиповитаминоза В2

- Дефицит рибофлавина в рационе

## Клиническая картина гиповитаминоза В2

- Сухость слизистой оболочки рта, губ, роговицы
  - Катаракта, конъюнктивит, блефарит
  - Шелушение кожи, трещины в углу рта
  - Общая мышечная слабость
-

# **Витамин В5 – пантотеновая кислота**

## **Биохимические функции**

---

- 1. Коферментные формы – кофермент А и 4-фосфопантотеин**
- 2. Кофермент А участвует в работе:**
  - пируватдегидрогеназного комплекса**
  - $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназного комплекса**
- 3. Кофермент А является переносчиком ацильных групп (в виде ацил-КоА) при окислении и синтезе жирных кислот, синтезе ТАГ и фосфолипидов**
- 4. Кофермент А участвует в синтезе ацетилхолина, холестерина, желчных кислот, стероидных гормонов, гема**

## **Гиповитаминоз В5**

**Практически не встречается, так как кишечная палочка синтезирует достаточное количество пантотеновой кислоты в кишечнике.**

---

# Витамин В6 - пиридоксин

## Биохимические функции

---

- 1. Кофермент аминотрансфераз и декарбоксилаз аминокислот**
- 2. Кофермент фосфоорилазы гликогена**
- 3. Кофермент цистатионинсинтазы и цистатионазы**
- 4. Участвует в синтезе гема, сфинголипидов**

## Причины гиповитаминоза В6

- 1. Дефицит пиридоксина в рационе**
- 2. Факторы риска – алкоголизм, пожилой возраст, ВИЧ-инфекция**
- 3. Длительное потребление некоторых лекарственных средств (изониазида, гидрокортизона)**

## Клиническая картина гиповитаминоза В6

- Дерматиты, пигментация кожи**
  - Конъюнктивит, глоссит**
  - Полиневриты**
  - Сидеробластная анемия.**
-

# Витамин В9 – фолиевая кислота

---

## Биохимические функции

- 1. Перенос одноуглеродных фрагментов, которые присоединяются к атомам  $N^5$  и/или  $N^{10}$**
  - 2. Участие в синтезе пуриновых оснований и тимидинмонофосфата**
  - 3. Участвует в обмене аминокислот: Сер↔Гли, гомоцистеин↔метионин**
  - 4. Участие в реакциях гидроксилирования: Фен→Тир, Три→5-окситриптофан**
-

# Витамин В9 – фолиевая кислота

---

## Причины гиповитаминоза В9

- 1. Дефицит фолиевой кислоты в рационе**
- 2. Нарушения всасывания (целиакия, болезнь Крона)**
- 3. Длительное потребление некоторых лекарств (аминоптерин, метотрексат)**

## Клиническая картина гиповитаминоза В9

- Мегалобластическая анемия, лейкопения**
  - Поражение слизистых оболочек**
  - Нарушение заживления ран.**
-

# Витамин В12 - кобаламин

---

## Биохимические функции

1. Участие в реакции изомеризации метилмалонил-КоА
2. Участие в трансметилировании гомоцистеина с образованием метионина

## Причины гиповитаминоза В12

1. Дефицит кобаламина в рационе (вегетарианство)
2. Атрофический гастрит и другие причины дефицита внутреннего фактора Касла

## Клиническая картина гиповитаминоза В12

- Пернициозная анемия
- Мегалобластная макроцитарная анемия
- Неврологические нарушения: нарушения чувствительности, памяти.

# Витамин Н - биотин

---

## Биохимические функции

Реакции перенос  $\text{HCO}_3^-$  :

- пируваткарбоксилаза (пируват  $\rightarrow$  оксалоацетат)
  - ацетил-КоА-карбоксилаза (ацетил – КоА  $\rightarrow$  малонил- КоА)
  - пропионил –КоА – карбоксилаза (пропионил – КоА  $\rightarrow$  метилмалонил - КоА)
-

# Витамин Н - биотин

## Причины гиповитаминоза Н

Встречается крайне редко

1. Дефицит биотина в рационе
2. Длительное употребление некоторых лекарств
3. Наследственный дефицит биотинидазы – отщепляет биотин от фермента

## Клиническая картина гиповитаминоза Н

- шелушение кожи и обильная секреция сальных желёз (себорея)
- Торможения роста, нервные расстройства
- Конъюнктивит



# Витамин С – аскорбиновая кислота

## Биохимические функции

---

Участие в окислительно-восстановительных реакциях в качестве кофактора гидроксилаз

**1. Реакции гидроксилирования :**

- пролина и лизина при созревании коллагена
- при синтезе гиалуроновой кислоты и хондроитинсульфата
- при синтезе кортикостероидов, катехоламинов, тиреоидных гормонов
- при синтезе серотонина и карнитина

**2. Восстановление иона железа  $Fe^{3+}$  в  $Fe^{2+}$  в кишечнике для улучшения всасывания.**

**3. Антиоксидантная функция:**

- восстановление окисленного витамина Е
  - лимитирование свободнорадикальных реакций
-

# Витамин С – аскорбиновая кислота

---

## Причины гиповитаминоза С

- Дефицит аскорбиновой кислоты в рационе

## Клиническая картина гиповитаминоза С

- Цинга
  - Железодефицитная анемия
-

# Применение витаминов в клинической практике

---

- ❑ **Витамины используются в профилактических и лечебных целях для :**
    - профилактики первичных гиповитаминозов
    - повышения неспецифической резистентности организма
    - коррекции врожденных нарушений обмена и функций витаминов
    - терапии различных заболеваний с применением высоких доз витаминов
  
  - ❑ **Дефицит витаминов нарушает обмен веществ и препятствует успешному лечению любого заболевания. Поэтому обоснованием является включение в комплексную терапию различных заболеваний витаминных, поливитаминных препаратов и продуктов, обогащенных витаминами.**
-

# Использование жирорастворимых витаминов в лечебной практике

---

<b>Витамин</b>	<b>Патологии</b>
<b>Витамин А</b>	<b>Профилактика бесплодия, стимуляция роста и развития детей, усиление регенерации тканей</b>
<b>Витамин Д</b>	<b>Лечение рахита и заболеваний кожи</b>
<b>Витамин Е</b>	<b>Профилактика невынашивания беременности и угроза её прерывания, заболевания печени, атрофия мышц</b>
<b>Витамин К</b>	<b>При кровотечениях, связанных с понижением свертывания крови</b>

# Использование водорастворимых витаминов в лечебной практике

<b>Витамин</b>	<b>Патология</b>
<b>Витамин В<sub>1</sub></b>	<b>Сахарный диабет, поражения нервной системы и воспаление периферических нервов, дистрофия миокарда и скелетных мышц</b>
<b>Витамин В<sub>2</sub></b>	<b>Дерматиты, плохо заживающие раны и язвы, кератиты, конъюнктивиты, поражения печени</b>
<b>Пантотеновая кислота</b>	<b>Заболевания кожи и волос, поражения печени, дистрофия миокарда</b>
<b>Витамин В<sub>6</sub></b>	<b>Полиневриты, дерматиты, токсикоз беременности, нарушения функции печени</b>
<b>Витамин РР</b>	<b>Дерматиты, поражения периферических нервов, дистрофия миокарда</b>

# Поливитаминные препараты

---

- ❑ **Поливитаминные препараты** – готовые лекарственные формы (таблетки, растворимые таблетки, драже, капсулы, сиропы и др.), содержащие в своем составе комплекс различных витаминов в дозах, близких к суточной потребности.
- ❑ **Витаминно-минеральные комплексы** – наряду с витаминами включают в свой состав различные макроэлементы (калий, кальций, магний, фосфор) и микроэлементы (железо, медь, цинк, йод, селен, кобальт и др.)
- ❑ **Витаминно-минеральные комплексы нового поколения** – включают в свой состав витамины, макро- и микроэлементы, другие биологически активные вещества природного происхождения.

Они дифференцируются для различных возрастных и гендерных групп, отдельных органов и систем человеческого организма.

---

# АНТИВИТАМИНЫ

---

- ❑ **Антивитамины – вещества, инактивирующие витамины путем их связывания или разрушения (авидин, тиаминаза), либо структурно схожие с витаминами соединения, вытесняющие их из комплекса с ферментами или препятствующие образованию коферментов**
  - ❑ **Антивитамины нашли широкое применение в клинической практике в качестве антибактериальных и противоопухолевых средств, тормозящих синтез белка и нуклеиновых кислот в бактериальных и опухолевых клетках, лечебных средств специфически действующих на определенные биохимические и физиологические процессы.**
-

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

