

# Химия биогенных элементов р -блока

# Общая характеристика p-элементов

- К p-блоку относят 30 элементов IIIA – VIIIA-групп периодической системы
- В периодах возрастает энергия ионизации, неметаллические и окислительные свойства, электроотрицательность
- В группах усиливаются металлические свойства
- Все p-элементы и в особенности p-элементы 2 и 3 периодов (C, N, P, O, S, Si, Cl) образуют многочисленные соединения между собой и с s-, d- и f-элементами
- Большинство известных на Земле соединений – это соединения p-элементов

# Бор

- Содержание в организме менее 20 мг
- Примесный микроэлемент
- Бор конденсируется в легких, щитовидной железе, селезенке, печени, мозге, почках, сердечной мышце

# Роль В в организме

- Участвует в углеродно-фосфатном обмене, взаимодействует с рядом биологически активных соединений (углеводами, ферментами, витаминами, гормонами)
- Входит в состав зубов и костей в виде труднорастворимых солей борной кислоты с катионами металлов

# Токсическое действие В

- Избыток бора вреден для организма: угнетает амилазы, протеиназы, уменьшает активность адреналина
- Употребление пищевых продуктов с большим содержанием бора нарушает в организме обмен углеводов и белков, что приводит к возникновению эндемических кишечных заболеваний – энтеритов

# АЛЮМИНИЙ

- Содержание в организме около 60 мг
- Примесный микроэлемент
- Концентрируется главным образом в сыворотке крови, легких, печени, костях, почках, ногтях, волосах, входит в структуру нервных оболочек мозга человека
- Суточное потребление Al человеком составляет 47 мг

# Роль Al в организме

- Влияет на развитие эпителиальной и соединительной тканей, регенерацию костных тканей, влияет на обмен фосфора
- Оказывает воздействие на ферментативные процессы:  $Al^{3+}$  замещает ионы  $Э^{2+}$  - активаторы ферментов E (например,  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$ ):  
$$Э^{2+}E + Al^{3+} \square Al^{3+}E + Э^{2+},$$
  
вследствие сходства ряда свойств ионов  $Al^{3+}$  и  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ :  $Al^{3+}$  и  $Mg^{2+}$  имеют близкие радиусы, одинаковые координационные числа (6);  $Al^{3+}$  и  $Ca^{2+}$  имеют близкие энергии ионизации
- Избыток Al в организме тормозит синтез гемоглобина, блокирует активные центры ферментов, участвующих в кроветворении

# Таллий

## Механизм токсического действия

- Ион  $Tl^+$  склонен, подобно  $Ag^+$ , образовывать прочные соединения с серосодержащими лигандами:
- $Tl^+ + R-SH \rightarrow R-S-Tl + H^+$
- Вследствие этого он подавляет активность ферментов, содержащих тиогруппы  $-SH$
- Даже незначительные количества соединений таллия при попадании в организм вызывают выпадение волос
- В качестве противоядия при отравлении ионами таллия используют S-содержащий лиганд – аминокислоту цистеин



# Синергизм ионов $Tl^+$ и $K^+$

- $Tl^+$  и  $K^+$  являются синергистами, ферменты пируваткиназа и диолдегидратаза активируются не только  $K^+$ , но и  $Tl^+$
- Подобно ионам  $K^+$ , ионы  $Tl^+$  накапливаются в эритроцитах

# Углерод

- Содержание в организме 16 кг (23% массы тела)
- Относится к макроэлементам
- Входит в состав всех тканей и клеток в форме белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов
- С биологической точки зрения является органогеном № 1
- В молекулах белков 58% С

# Миграция углерода в природе

С – основа всей органической материи (белки и нуклеиновые кислоты)

- Ассимиляция углекислоты атмосферы земной растительностью и некоторыми видами микроорганизмов (леса)
- Переход части С в животные организмы, затем – в неживое органическое вещество (гумус)
- Возвращение в атмосферу при дыхании растений и животных и при окислении органических веществ в почве ( $\text{CO}_2$ )

# Обмен углерода в организме

- Основной источник поступления – продукты питания растительного и животного происхождения (поступает 300 г)
- С питьевой водой – в форме карбонатов и бикарбонатов
- Аэрогенный путь поступления С не имеет существенного значения, т.к. он очень быстро выдыхается и не накапливается в организме

- Быстрее других соединений всасывается глюкоза
  - Период «полувсасывания» глюкозы –  $\frac{1}{4}$  часа
  - Олеиновой кислоты –  $1 \frac{1}{2}$  часа
  - Сливочного масла – 3 часа
- Всасывание С считается полным, однако некоторые соединения (целлюлоза, полисахариды, иногда жиры) перевариваются не полностью и появляются в виде остаточных количеств в фекалиях

- Основной путь выделения С – выдыхание с воздухом из легких (90-95%)
- Выдыхаемый С имеет эндогенное (пищевое) происхождение
  - Человек выдыхает около 1000 г  $\text{CO}_2$  в сутки (272 г С)
  - С вдыхаемым воздухом в организм поступает 13,5 г  $\text{CO}_2$  в сутки (3,7 г С)

# Роль угольной кислоты в организме

- Углерод диоксид  $\text{CO}_2$  постоянно образуется в процессе обмена веществ и играет важную роль в регуляции дыхания и кровообращения
- Водокарбонатная буферная система ( $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{HCO}_3^-$ ) – главная буферная система плазмы крови; обеспечивает поддержание кислотно-основного гомеостаза, постоянного значения рН крови (7,4)

# Отравление $\text{CO}_2$

- Является физиологическим стимулятором дыхательного центра
- Большие концентрации  $\text{CO}_2$  (свыше 10%) вызывают сильный *ацидоз* – снижение рН крови, бурную отдышку и паралич дыхательного центра



# Механизм токсического действия CO

- Благодаря высокому химическому сродству к  $\text{Fe}^{2+}$  CO вступает в обратимое химическое взаимодействие как с окисленным  $\text{HbO}_2$ , так и с восстановленным гемоглобином Hb:



- Образующийся карбоксигемоглобин HbCO не способен присоединять к себе  $\text{O}_2$  – невозможен перенос кислорода от легких к тканям

# Помощь при отравлении

- Повышение в дыхательной среде парциального давления  $O_2$   
 $HbO_2 + CO \rightleftharpoons HbCO + O_2$
- Введение восстановленного железа (действие основано на способности CO выступать в качестве лиганда в различных комплексах)

# Кремний

- Примесный микроэлемент
- Больше всего кремния в печени, надпочечниках, волосах, хрусталике
- Содержится в коже, хрящах, связках млекопитающих и входит в состав мукополисахаридов, где прочно связан эфирными связями
- Природный  $\text{SiO}_2$  плохо растворим в воде – в организм человека попадает не столько через пищеварительный тракт, сколько воздушным путем через легкие в виде пылеобразного  $\text{SiO}_2$

# Роль Si в организме

- Необходим для нормального развития и функционирования эпителиальных и соединительных тканей
- Присутствие Si в стенках сосудов препятствует отложению в них липидов
- Способствует биосинтезу коллагена и образованию костной ткани (при переломах костей количество Si в области перелома возрастает в 50 раз)
- Обмен Si в организме тесно связан с обменом Ca
- С нарушением обмена кремния связывают возникновение *гипертонии, ревматизма, язвы, малокровия*

# Понятие о пневмокониозах

- Пыль, состоящая из частиц угля, кремния диоксида, алюминия при систематическом воздействии на легкие вызывает заболевание – *пневмокониозы*
- При действии угольной пыли это *антракоз* – профессиональное заболевание шахтеров
- При вдыхании пыли, содержащей  $\text{SiO}_2$ , возникает *силикоз*, при действии алюминиевой пыли – *алюминоз*

# Свинец

- Содержание в организме в среднем 2 мг
- В основном депонируется в костях и выделяется преимущественно с мочой
- Не является биогенным микроэлементом, т.к. он и его соединения отличаются высокой токсичностью

# Азот

- Содержание в организме 3,1%
- Структурообразующая способность: входит в состав аминокислот, гетероциклических соединений (гемоглобина, хлорофилла), нуклеотидов, некоторых витаминов и гормонов, ферментов
- Образует ковалентные полярные связи, способные под влиянием биокатализаторов легко разрываться, создавая условия для биохимических реакций
- Некоторые микроорганизмы усваивают азот прямо из воздуха; высшие растения извлекают его из почвы
- В организм человека соединения N поступают с растительной и животной пищей
- Выводится из организма с мочой и калом в виде аммиака, мочевины и др.

# Аммиак

- В организме человека – один из продуктов метаболизма аминокислот и белков, поступивших с пищей или присутствующих в самой клетке в качестве запасных веществ
- Аммиак, присоединяя протон, образует ион аммония  $\text{NH}_4^+$  - с точки зрения протолитической теории проявляет свойства основания
- Электродонорные свойства  $\text{NH}_3$  и его производных проявляются в их способности образовывать комплексные соединения с ионами металлов
- В крови  $\text{NH}_3$  почти полностью находится в виде  $\text{NH}_4^+$  - не могут проникать через клеточные мембраны, в то время как нейтральные молекулы  $\text{NH}_3$  легко проходят через эти мембраны и могут воздействовать на мозг



# Состав и применение нашатырного спирта

- 10% раствор аммиака  $\text{NH}_4\text{OH}$
- Применяется для возбуждения дыхательного центра;
- для вывода из обморочного состояния
- При больших дозах наступает удушье
- В хирургической практике используется для мытья рук хирургов

# Оксиды азота

- Оксид  $N_2O$  в смеси с кислородом используют для наркоза
- При малых концентрациях вызывает чувство опьянения ( «веселящий газ» )
- Вдыхание чистого  $N_2O$  быстро вызывает наркотическое состояние и удушье
- Другие оксиды азота обладают выраженными токсическими свойствами

# Токсическое действие нитрозных газов

- Смесь оксидов азота:  $\text{NO}$   $\text{NO}_2$   $\text{N}_2\text{O}_3$   $\text{N}_2\text{O}_4$
- При контакте этих газов с влажной поверхностью легких образуются *азотистая и азотная кислоты*, поражающие легкие, что приводит к отеку и сложным расстройствам
- При отравлении нитрозными газами в крови, кроме того, образуются *нитраты и нитриты*
- Являются *дезаминирующими агентами*, способствуют окислению аминогрупп нуклеиновых оснований
- При этом изменяется структура нуклеиновых оснований ДНК и их способность к образованию водородных связей, т.е. происходят повреждения в ДНК

# Токсическое действие нитратов и нитритов

- Под их воздействием гемоглобин превращается в *метгемоглобин*, который не способен связывать и переносить кислород:



связывает кислород

не связывает кислород

- Попадая в кровь, нитриты вызывают кислородную недостаточность

# Физиологическая роль NO

- NO обязательно синтезируется в организме человека с помощью фермента NO-синтазы из аминокислоты аргенина
- Время жизни NO в клетках составляет порядка секунды, но их нормальное функционирование невозможно без NO
- Обеспечивает расслабление гладких мышц сосудов, регуляцию работы сердца, эффективную работу иммунной системы, передачу нервных импульсов, сексуальное возбуждение
- Предположительно NO играет важную роль в обучении и запоминании

# Токсическое действие NO

- Из-за подвижности  $\pi$ -электронов NO является лигандом, который образует, подобно кислороду, комплексное соединение с катионом Fe гемоглобина, устойчивость которого в 60 раз больше, чем оксигемоглобина



# Фосфор

- Содержание в организме человека примерно 1% от массы тела
- Суточная потребность человека – 1,3 г
- Основное количество Р (85%) содержится в костях и зубах в виде соединений  
 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  и  
 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Важное значение для организма имеет и содержание Р и его соединений в крови, мозгу, нервных волокнах

# Связь обмена Р с обменом Са

- Обмен фосфора в организме тесно связан с обменом кальция
- Антагонизм: уменьшение количества неорганического фосфора при увеличении содержания кальция в крови
- Процесс окостенения в растущем организме протекает нормально только при сохранении оптимального соотношения кальция и фосфора
- Регулятор этого соотношения – витамин D



# Химические формы фосфора в организме, их значение

- В организме человека Р – в виде солей и сложных эфиров ортофосфорной кислоты и полифосфорных кислот в степени окисления +5
- Почти все важнейшие физиологические процессы, происходящие в организме, связаны с превращением фосфорорганических веществ
- Они входят в состав белков, жиров, ферментов и других сложных органических систем в виде фосфат-аниона ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- Содержащаяся в тканях АТФ – основной аккумулятор энергии

# Макроэргические свойства полифосфатов

- Соединения, содержащие ангидридные группы: (АТФ и АДФ)
- Р-О – макроэргическая связь (имеет большую длину)
- В организме, где среда водная, чаще всего протекает реакция гидролиза АТФ, сопровождаемая разрывом связи Р-О в ангидридной группе и выделением энергии

- Всего в организме около 30 г АТФ
- Чтобы удовлетворить потребности организма в энергии, вся АТФ в течении суток должна 10 000 раз прогидролизироваться до АДФ и фосфата с последующим ресинтезом
- Образование АТФ в клетке в основном происходит в митохондриях за счет энергии, выделяющейся при биологическом окислении

# Мышьяк

- По содержанию в организме человека ( $1 \cdot 10^{-6}$ ) относится к микроэлементам
- Концентрируется в печени, почках, селезенке, легких, костях, волосах
- Накапливается в костях и волосах и в течение нескольких лет не выводится из них полностью (используется в судебной экспертизе для выяснения вопроса, имело ли место отравление соединениями мышьяка)

# Роль As в организме

- Оказывает положительное влияние на процессы кроветворения и участвует в синтезе гемоглобина
- Принимает участие в окислительно-восстановительных процессах и в нуклеиновом обмене
- Медленно выводится из организма, поэтому при систематическом поступлении его в организм, даже в малых количествах, создаются условия для хронического отравления
- Токсическое действие соединений мышьяка обусловлено блокированием сульфгидрильных групп ферментов и других биологически активных веществ

# Применение соединений As в медицинской практике

- $\text{As}_2\text{O}_3$  (белый мышьяк)
  - Применяют наружно при кожных заболеваниях
  - В стоматологической практике используют для омертвления (некротизации) мягких тканей зуба
  - назначают в микродозах при малокровии, истощении, нервозности
- Натрия гидроарсенат  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и калия арсенит  $\text{KAsO}_2$  применяют для воздействия на кроветворение и обмен веществ

# Сурьма и висмут

## Механизм токсического действия

- Sb и Bi – примесные микроэлементы
- Sb способна образовывать соединения с S-содержащими лигандами
- Bi склонен связываться с лигандами, содержащими аминогруппы (попадание растворимых соединений висмута в организм приводит к угнетению ферментов амино- и карбоксиполипептидазы)

# Кислород

- По содержанию в организме человека (массовая доля 62%) кислород – макроэлемент
- Незаменим и принадлежит к числу важнейших элементов, составляющих основу живых систем (*органоген*)



# Роль кислорода в организме

- Входит в состав белков, витаминов, гормонов, ферментов и др. веществ
- Окисление питательных веществ – углеводов, белков, жиров служит источником энергии
- При участии  $O_2$  и его активных форм протекает большинство О-В реакций в организме
- Фагоцитарные (защитные) функции организма: уменьшение содержания  $O_2$  в организме понижает его защитные свойства

# Медицинское применение кислорода

- Для вдыхания при болезненных состояниях, сопровождающихся кислородной недостаточностью (гипоксией), заболеваниях дыхательных путей, сердечно-сосудистой системы, отравлениях СО, синильной кислотой HCN, при заболеваниях с нарушениями функций дыхания
- *Гипербарическая оксигенация* – применение O<sub>2</sub> под повышенным давлением: улучшает кислородное насыщение тканей, гемодинамику, защищает головной мозг от гипоксии
- Для улучшения обменных процессов при лечении сердечно-сосудистых заболеваний в желудок вводят кислородную пену в виде кислородного коктейля

# Озон

- Образуется при электрических разрядах
- В верхних слоях атмосферы – из кислорода под действием солнечных УФ лучей, поглощая их
- Имеет характерный, очень сильный запах, по которому его можно обнаружить
- Сильнейший окислитель – обладает высокой токсичностью
- Большие концентрации в воздухе сильно раздражают слизистые оболочки и представляют опасность для жизни
- Благодаря окислительному действию применяется для обеззараживания воды, дезинфекции воздуха в помещениях

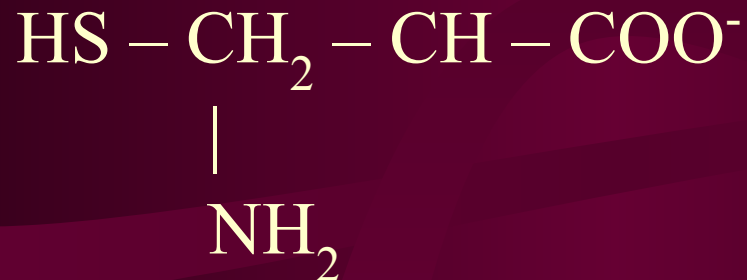
# Сера

- Содержание в организме – 140 г (макроэлемент)
- Суточная потребность – около 4-5 г
- Как органоген входит в состав многих органических соединений (белков, аминокислот, гормонов, витаминов)
- Является составной частью групп SH-
- Много S в креатине волос, костях, нервной ткани

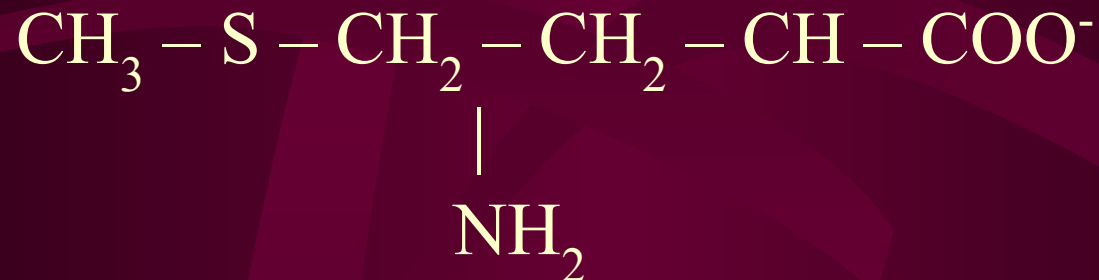
# Серосодержащие соединения

- Аминокислоты

- Цистеин



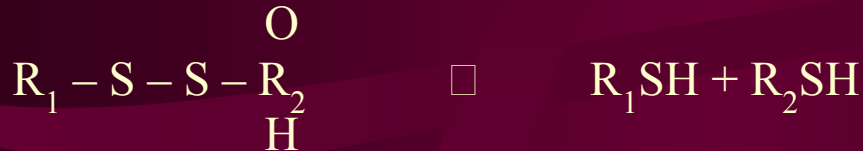
- Метионин



- Белки, ферменты, гормоны

# Роль тиоловых групп при радиационном поражении

- Аминокислоты, содержащие S, характеризуются наличием тиоловых SH-групп или наличием дисульфидных связей
  - При окислении тиоловых групп образуется дисульфидные связи
  - При восстановлении –S-S– связей образуется SH-группы:



- Этот обратимый переход защищает организм от радиационных поражений
- Под влиянием ионизирующего облучения в результате радиолиза воды в организме образуются свободные радикалы (H и OH), инициирующие процессы окисления
- Водородсульфидные группы вступают в реакции со свободными радикалами:
$$\text{RSH} + \text{OH} \rightarrow \text{RS} + \text{H}_2\text{O}$$
- Радикалы RS малоактивны – предотвращается воздействие активных радикалов на нуклеиновые кислоты и другие биомолекулы

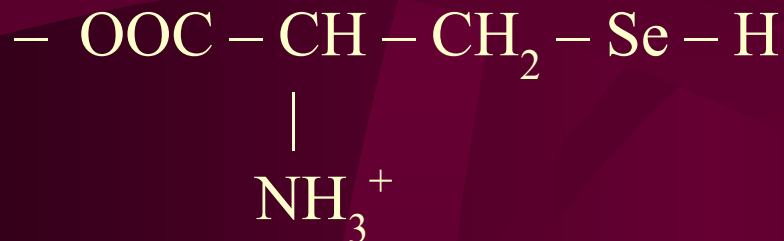
# Роль серной кислоты

- Образующаяся в организме эндогенная серная кислота участвует в обезвреживании ядовитых соединений – фенола, крезола, индола, вырабатываемых в кишечнике из аминокислот микробами
- Связывает многие ксенобиотики – лекарственные препараты и их метаболиты
- Со всеми этими соединениями образует безвредные вещества *конъюгаты*, в виде которых они выводятся из организма
- Например, с мочой человека выделяется конъюгат – калиевая соль сернокислого эфира фенола:



# Селен

- Жизненно необходимый микроэлемент
- В основном концентрируется в печени и почках
- Концентрация Se в крови 0,001-0,004 ммоль/л
- Se входит в состав активных центров нескольких ферментов: формиатдегидрогеназы, глутатионредуктазы и глутатионпероксидазы
- В активном центре глутатионпероксидазы содержится остаток необычной аминокислоты – селеноцистеина:



- Этот фермент вместе с белком глутатионом защищает клетки от разрушающего действия органических пероксидов ROOH и водородпероксида H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



# Взаимосвязь Se с S

- При больших дозах Se в первую очередь накапливается в ногтях и волосах, основу которых составляют серосодержащие аминокислоты
- Очевидно, Se, как аналог серы замещает ее в различных соединениях:  
$$R - S - S - R + Se \rightarrow R - Se - Se - R$$
- В больших дозах Se токсичен

# Защитное действие Se

- Хорошо известна и способность Se предохранять организм от отравления Hg и Cd
- Способствует связыванию этих токсичных металлов с другими активными центрами
- Интересным является и факт взаимосвязи между высоким содержанием селена в рационе и низкой смертностью от рака

# Фтор

- Масса фтора в организме составляет около 7 мг (10-5%)
- Соединения фтора концентрируются в костной ткани, ногтях, зубах
- В состав зубов входит около 0,01% фтора, причем большая часть приходится на эмаль, что связано с присутствием в ней труднорастворимого фторапатита  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
- Основная биологическая роль фтора связана с участием в процессах костеобразования и формирования тканей зуба

# Значение F для тканей зуба

- F<sup>-</sup> легко замещает гидроксид-ион в гидроксилapatите, образуя защитный эмалиевый слой более твердого фторапатита:
- $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + \text{F}^- \rightleftharpoons \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + \text{OH}^-$
- F<sup>-</sup> способствуют осаждению кальция фосфата, тем самым ускоряя процесс реминерализации (образования кристаллов):
- $10\text{Ca}^{2+} + 6\text{PO}_4^{3-} + 2\text{F}^- = 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$

# Применение NaF

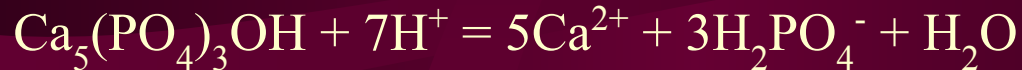
- Фторирование питьевой воды осуществляется добавлением к ней определенного количества NaF
- Пока эмаль повреждена незначительно, введение NaF (местно действующее наружное средство) способствует образованию *фторанатита*, облегчая реминерализацию начавшегося повреждения
- $$\text{NaF} + \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{NaOH} + \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$$

паста                                  зубная ткань
- При этом происходит одновременно и *подщелачивание* среды ротовой полости, что способствует нейтрализации кислот, вырабатываемых бактериями

# Клинические проявления недостатка и избытка F

- Недостаток приводит к кариесу зубов
- Кариес зубов начинается с образования на поверхности зуба поврежденного участка эмали в виде пятна

Под действием кислот, вырабатываемых бактериями, происходит растворение гидроксилapatитной компоненты эмали:



- Избыток: зубная эмаль становится хрупкой, легко разрушается, повышается хрупкость костей, наблюдаются костные деформации и общее истощение организма – флуороз (фтороз)
- Токсическое действие избытка связано с образованием фторидных комплексов с катионами металлов, входящих в активные центры ферментов:
  - $\text{E} - \text{Me}^{n+} + \text{F}^- \rightarrow [\text{E} - \text{Me} - \text{F}]^{n-1}$
  - В результате блокирования свободной орбитали металла подавляется активность ферментов

# Хлор

- В организме человека содержится примерно 100 г хлора (0,15% по массе) - макроэлемент
- Суточная потребность 4-6 г
- Находится преимущественно во внеклеточной жидкости

# Роль $\text{Cl}^-$ в организме

- Ионы хлора активируют некоторые ферменты, создают благоприятную среду для действия протеолитических ферментов желудочного сока, обеспечивают ионные потоки через клеточные мембраны, участвуют в поддержании осмотического равновесия
- $\text{NaCl}$  необходим для выработки соляной кислоты в желудке (в желудочном соке около 0,5% кислоты)

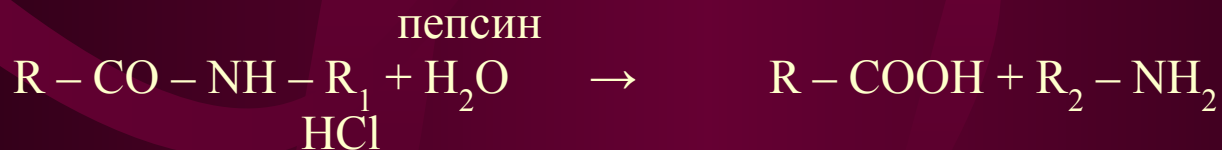


# Роль соляной кислоты в организме

- В процессе пищеварения:



- Уничтожает различные болезнетворные бактерии (холеры, тифа)
- Если в желудок с большим количеством воды попадают бактерии, то вследствие разбавления соляная кислота не оказывает антибактериального действия, и бактерии выживают. Это приводит к заболеванию организма. Поэтому во время эпидемий особенно опасна сырая вода.
- При недостаточном количестве соляной кислоты в желудке повышается рН и нарушается нормальное пищеварение (используют разбавленный раствор HCl)
- При воспалении желудка (гастрите), язвенной болезни секреция желудочного сока увеличивается, повышается его кислотность (уменьшают количество NaCl, потребляемой с пищей)
- Соляная кислота желудочного сока необходима для перехода фермента пепсина в активную форму (пепсиноген) – обеспечивает переваривание белков путем гидролитического расщепления пептидных связей:



# Бром

- Содержание в организме человека составляет примерно 7 мг (10-5%)
- Локализуется преимущественно в железах внутренней секреции, в первую очередь – в гипофизе

# Роль $\text{Br}^-$ -ионов в организме

- Соединения брома *угнетают* функцию щитовидной железы и *усиливают* активность коры надпочечников
- Навномерно накапливаются в различных отделах мозга и действуют *успокаивающе* при повышенной возбудимости
- Способствуют восстановлению нарушенного равновесия между процессами возбуждения и торможения

# Взаимосвязь обмена хлоридов и бромидов

- По химическим характеристикам бром занимает промежуточное положение между хлором и йодом
- Поэтому  $\text{Br}^-$  могут замещать  $\text{Cl}^-$  и  $\text{I}^-$  в организме (замещение йода бромом при избытке  $\text{Br}$  в организме в гормонах щитовидной железы, что приводит к гипертиреозу)
- В организме существует определенная динамическая связь между содержанием в нем  $\text{Br}^-$  и  $\text{Cl}^-$
- Повышенная концентрация  $\text{Br}^-$  в крови нарушает равновесие и способствует быстрому выделению почками  $\text{Cl}^-$  и наоборот (принцип Ле-Шателье)

# Передозировка брома, помощь при ней

- Токсичность  $\text{Br}^-$  невысока
- Однако вследствие медленного выведения из организма (в течении 30-60 суток) они могут накапливаться (кумуляировать) – хроническое заболевание: бромизм
- При появлении признаков отравления немедленно прекращают прием бромидных препаратов
- Вводят большое количество  $\text{NaCl}$  (до 25 г в сутки), чтобы увеличить выделение  $\text{Br}^-$  (по принципу Ле-Шателье), и назначают обильное питье

# Йод

- Содержание в организме – примерно 25 мг ( $4 \cdot 10^{-5}\%$ )
- Больше половины находится в щитовидной железе (почти весь – в связанном состоянии: в виде гормонов, и 1% - в виде  $I^-$ )
- Щитовидная железа способна концентрировать йод в 25 раз по сравнению с содержанием его в плазме
- Поступает с пищей и водой (морская рыба, молоко, яйца, лук)

# Роль I в организме

- Относится к числу незаменимых биогенных элементов, и его соединения играют важную роль в процессах обмена веществ
- Участвует в синтезе гормона щитовидной железы – тироксина и является его незаменимым структурным компонентом
- Тироксин – регулятор окислительно-восстановительных процессов в тканях

# Заболевания, связанные с нарушением обмена I

- Гипотиреоз (эндемический зоб) – пониженная активность щитовидной железы (недостаток J-, снижение способности накапливать йодид-ионы); тяжелая форма приводит к кретинизму – прекращению роста и развития организма
- Гипертиреоз – повышенная активность щитовидной железы (избыточный синтез тиреоидных гормонов)



# Профилактика и лечение

- Гипотиреоз может быть связан с уменьшением способности щитовидной железы накапливать  $I^-$ , а также с недостатком в пище йода

Назначают препараты йода:  $KI$  или  $NaI$  в дозах, соответствующих суточной потребности человека в  $I$  (0,001 г  $KI$ ) – для синтеза гормонов

- Гипертиреоз – вследствие избыточного синтеза гормонов наблюдается ненормально увеличенная скорость метаболических процессов

Применяют  $KI$  (тормозит йодирование тирозина йодом)

# Препараты I в медицинской практике

- Препараты, содержащие элементарный йод (обладает выраженными противомикробными свойствами)  
*10% спиртовой раствор йода* – наружно как антисептическое, раздражающее и обволакивающее средство
- Неорганические препараты ( $NaI$ ,  $KI$ ) – при гипертиреозе, эндемическом зобе, воспалительных заболеваниях дыхательных путей и бронхиальной астме
- Органические препараты, отщепляющие элементарный йод
- Рентгеноконтрастные органические вещества – при рентгеноскопии
- Радиоактивные изотопы йода – для диагностики и исследовательских целей, лечения тиреотоксикоза, рака щитовидной железы

Конец лекции