

- Так как цинк имеет заполненный **3d-** подуровень, то в образовании химических связей участвуют только два внешних **4s-** электрона, и поэтому во всех соединениях цинк всегда проявляет степень окисления **+2**. Следовательно, в условиях организма для цинксодержащих биосубстратов окислительно-восстановительные превращения не имеют места, но для них характерны амфотерные и комплексообразующие свойства.

zn

- **На сегодняшний день
опасности развития
цинкдефицитных состояний
подвержено около 17-25%
населения Земли**

Дефицит цинка

Территории	% лиц с дефицитом цинка
Япония, США, Канада	10
Юго-Восточная Азия	33
Россия	30-48

Причина цинкдефицитных состояний

- **1.** Дефицит цинка в рационе.

Так в рационе москвичей дефицит цинка составляет 40% (дефицит иода -65%, селена -56%)

- **2.** Конкурентные или антагонистические взаимоотношения с другими МЭ.

Так железо, медь, кальций тормозят всасывание цинка, так как конкурируют за общий металлотioneин.

Железо, свинец, кадмий препятствуют выполнению биохимических функций.

- Среднее потребление цинка в различных странах мира **7,5 - 17,0** мг/сутки. Установленные уровни потребности **9,5 - 15,0** мг/сутки.
- Верхний допустимый уровень **25** мг/сутки.
- Уточненная физиологическая потребность в цинке в РФ для взрослых - **12** мг/сутки.
- Физиологическая потребность для детей - от **3** до **12** мг/сутки.
- Потребность в цинке возрастает при беременности и интенсивном росте

- Запасы цинка в организме человека невелики и составляют **1,5-3,0 г.**

Распределение цинка

Ткани	Содержание
Мышцы	48 мкг/г
Кости	66 мкг/г
Предстательная железа	87 мкг/г
Сперма	125 мкг/мл
Цельная кровь (в основном в эритроцитах)	2,5-5,3 мкг/мл

- Примерно **75-88%** цинка цельной крови находится в эритроцитах, где он входит в состав фермента карбангидразы.
- Сывороточный цинк находится в связанном с альфа-**2**-макроглобулином состоянии

Пищевые источники

- Наиболее богаты цинком продукты животного происхождения
- **Устрицы, говядина, баранина, яйца, куриное мясо, молоко, рыба, морепродукты**
- Растительного происхождения
- **Орехи, бобовые, злаковые, грибы, ягоды.**

- Из продуктов, содержащих животные белки всасывается до **60 %** цинка
- Из смешанных рационов усваивается **10-30 %** цинка
- Хуже всего цинк усваивается из растительной пищи в связи с образованием нерастворимых комплексов с фитатами

- В грудном молоке содержится **3** мг/л, к **9** мес. лактации снижается в два раза
- В женском молоке цинк находится в виде усвояемого комплекса с пиколиновой кислотой (усвоение **41-51%**)
- В молозиве концентрация цинка в **20** раз выше чем в молоке
- Абсорбция цинка из коровьего молока из-за отсутствия лигандного комплекса не превышает **10-30%**

- Избыток цинка в рационе тормозит всасывание железа (железо/цинк **2:1**),
- Кальция (цинк/кальций более **1:10**)
- Меди

- **Всосавшийся в кишечнике цинк транспортируется в комплексе с альбумином плазмы. С током крови он доставляется в печень, где цинк депонируется. В печени происходит синтез некоторых цинксодержащих ферментов (карбоангидраза, щелочная фосфатаза)**

- Выведение цинка из организма осуществляется через ЖКТ, только **10%** выводится через почки

- Цинксодержащие ферменты делятся на две группы
- **1.**Металлоферменты, где цинк прочно связан с белком
- **2.**Металлоферментные комплексы
- Цинк является единственным элементом, который представлен в составе ферментов всех **6** классов

- Карбоангидраза катализирует обратимую реакцию превращения диоксида углерода в угольную кислоту. В эритроцитах прямая реакция протекает при поглощении диоксида углерода кровью в тканях, а обратная реакция (дегидратация) идет, когда диоксид углерода затем высвобождается в легких. Фермент увеличивает скорости этих реакций примерно в миллион раз.

- Карбоксипептидазы А и В катализируют гидролиз концевой пептидной связи в белках в процессе пищеварения. Они имеют относительную молекулярную массу около **35**Кд и содержат по атому цинка. Точный механизм их действия до конца не ясен, однако принято считать, что первой стадией является координация концевой пептида к атому цинка.

- Цинк участвует в росте и метаболизме костной ткани так как входит в состав щелочной фосфатазы, которая дефосфорилирует различные фосфатсодержащие субстраты создает необходимые условия для образования костной соли (гидроксиапатиты кальция)

- **Алкогольдегидрогеназа содержит 4 атома цинка, благодаря чему цинк оказался причастен к метаболизму этанола. В связи с этим:**
- **1.дефицит цинка ограничивает скорость окисления этанола и увеличивает риск повреждения печени**
- **2.употребление этанола увеличивает выведение из организма цинка**
- **3.дефицит цинка увеличивает предрасположенность к алкоголизму**

- Цинк входит в состав белка околоушных слюнных желез – густина, который является ростовым фактором для вкусовых сосочков. В условиях дефицита цинка развивается гипогевзия (снижение вкусовой чувствительности) и гипоосмия (снижение обоняния)

Цинк и апоптоз

- Цинк является физиологическим ингибитором апоптоза
- 1.** защита клетки от оксидативного стресса т.к. он является кофактором супероксиддисмутазы
 - 2.** подавляет НАДФН-оксидазу
 - 3.** защита тиол-содержащих белков (глутатион) от повреждения продуктами перекисного окисления

Цинк и иммунитет

- **1.** активация созревания В-лимфоцитов
- **2.** увеличение продукции интерферона
- **3.** подавление высвобождения гистамина из тучных клеток за счет стабилизации их мембран
- **4.** потенцирование реакций клеточного фагоцитоза

Цинк и онкогенез

- **1.**Цинк является структурным компонентом фингерных белков, которые контролируют экспрессию протоонкогенов
- **2.**является кофактором эндонуклеаз, осуществляющих специфическую деградацию генов, поврежденных различными онкогенами

- Цинк содержится в белках, отвечающих за распознавание последовательности оснований в ДНК и регулирующих перенос генетической информации в ходе репликации ДНК. Эти белки с так называемыми «цинковыми пальцами» содержат **9** или **10** ионов **Zn²⁺**, каждый из которых стабилизирует выступающую складку («палец») белка.

- Белок обертывается вокруг двойной спирали ДНК, при этом каждый из «пальцев» связывается с ДНК. Их расположение совпадает с последовательностью оснований в ДНК, что обеспечивает точное распознавание.

- Цинк содержится также в составе ДНК и РНК-полимераз, катализирующих основные реакции репликации и транскрипции

- Цинк входит в состав белков, регулирующих транскрипцию и обеспечивающих функционирование РНК-полимераз. Эти белки содержат по **9** аминокислотных повторов в каждом из которых имеются пары цис-гис, связывающие цинк.

- Структура выступает над поверхностью белка в виде «пальца». Вершина «пальца» непосредственно контактирует с большой бороздкой ДНК. Связывание с цинком является критическим фактором для проявления активности этих белков.

- Аналогичные домены обнаружены в полипептидных цепях рецепторов тиреоидных и стероидных гормонов, которые в комплексе с гормонами после переноса в ядра специфически взаимодействуют с определенными последовательностями ДНК, изменяя уровни транскрипции соответствующих генов-мишеней.

- Цинк образует комплексы с проинсулином в форме гексамера. Комплекс гексамеров **$(Zn^{2+})_2(Ca^{2+})(In)_6$** представляет собой форму хранения неактивного гормона, который должен в последующем превратиться в мономер инсулина.

