

Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-кардиолога



CHROMOLAB



SCAN ME

+7(495) 369-33-09 | chromolab.ru

1. Биологическая роль токсических и эссенциальных микроэлементов

В практике врача-кардиолога дисбаланс микроэлементов является критически важным компонентом патогенеза многих сердечно-сосудистых заболеваний и лежит в основе развития артериальной гипертензии, атеросклероза, аритмий и сердечной недостаточности.

Ключевые биологические эффекты в кардиологии:

- Оксидативный стресс и эндотелиальная дисфункция: Металлы с переменной валентностью (железо, медь, хром) участвуют в реакции Фентона, генерируя свободные радикалы. Это приводит к окислению ЛПНП, повреждению эндотелия сосудов, запуску и прогрессированию атеросклероза.
- Митохондриальная дисфункция кардиомиоцитов: Нарушение энергетического обмена в митохондриях под действием токсичных металлов (cadmий, кобальт, ртуть) является ключевым механизмом развития дилатационной кардиомиопатии и систолической дисфункции.
- Фиброз миокарда и ремоделирование: Хроническое воспаление и оксидативный стресс, индуцируемые микроэлементами, стимулируют фиброзные изменения в миокарде, усугубляя диастолическую дисфункцию и способствуя ремоделированию желудочков.
- Нарушение электролитного гомеостаза и проводимости: Токсичные элементы, имитирующие эссенциальные (таллий – калий), нарушают работу ионных каналов (Na^+/K^+ -АТФазы), что создает проаритмогенный фон.
- **Эффекты отдельных микроэлементов:**
 - Кадмий (Cd):
 - Взаимодействует с Ca каналами L-типа, снижая ток кальция в кардиомиоциты. Это может спровоцировать брадикардию и атриовентрикулярный блок.
 - Связывается вместо кальция с миозионом кардиомиоцитов и нарушает его связывание с актином, их движение относительно друг друга. Вызывает дезорганизацию саркомеров и снижение сократительной активности.
 - Конкурирует с Zn, Ca, Cu за транспортеры, вызывая их

дефицит. Снижает почечную продукцию витамина D, дополнительно нарушая кальциевый метаболизм.

- Кобальт (Co):

- Индуцирует развитие кобальтовой кардиомиопатии, в основном за счет модуляции экспрессии ионных каналов и оксидативного стресса кардиомиоцитов.
- Нарушает абсорбцию ионов железа и гомеостаз кальция, нарушая работу многочисленных ферментов.
- Ингибитирует ключевые ферменты дыхательной цепи и цикл Кребса, вызывая гипоксию и лактат-ацидоз.

- Магний (Mg):

- Жизненно важный микроэлемент, нужный для работы множества ферментов. Для функции сердца имеет значение то, что он блокирует кальциевые каналы, не допуская избыточного входа кальция в клетку. При дефиците гомеостаз кальция нарушается.
- Также дефицит магния вызывает дислипидемию, эндотелиальную дисфункцию и атеросклероз, увеличивая риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

- Марганец (Mn):

- Нужен для работы антиоксидантных ферментов (Марганец-зависимая супероксиддисмутаза), глутамин синтетазы, аргиназы и гликозилтрансфераз. Таким образом необходим для метаболизма аминокислот и защиты от свободных радикалов.
- Отдельно стоит отметить аргиназу - этот фермент регулирует продукцию NO и эндотелий-зависимую вазодилатацию.
- Нарушает обмен железа, делая невозможным клеточное дыхание синтез гема.

- Медь (Cu):

- Необходима для работы электрон-транспортной цепи и для работы супероксиддисмутазы.
- Участвует в генерации свободных радикалов по реакции Фентона. В больших концентрациях ингибитирует ферменты цикла Кребса и нарушает клеточное дыхание.

- Молибден (Mo):

- Является кофактором ксантинооксидазы, отвечающей за

обмен пуринов, альдегид оксидазы и сульфит оксидазы, необходимой для метаболизма серосодержащих аминокислот.

- Формирует тиомолибденовые соединения, связывающие медь. Высокие дозы вызывают дефицит меди и вторичную анемию.

- Мышьяк (As):

- Замещает фосфор в биохимических реакциях, образуя нестабильные соединения, что нарушает энергетический обмен (ингибиование окислительного фосфорилирования).
- Ингибитор пируватдегидрогеназы, нарушая цикл Кребса и энергообеспечение кардиомиоцитов.
- Модулирует работу калиевых и кальциевых каналов, вызывая изменения в ионном балансе кардиомиоцитов.
- Выраженный канцероген, вызывающий повреждение ДНК и эпигенетические изменения.

- Никель (Ni):

- Аллерген, вызывает контактный дерматит.
- Канцероген, механизмы включают эпигенетическое редактирование (гипометилирование ДНК), генерацию оксидативного стресса и нарушение репарации ДНК.

- Ртуть (Hg):

- Высокоаффинно связывается с тиольными (-SH) группами ферментов, инактивируя их.
- Замещает селен в селенопротеинах (глутатионпероксидаза, дейодиназа), приводя к функциональному дефициту селена и нарушению антиоксидантной защиты кардиомиоцитов.

- Свинец (Pb):

- Ингибитор ключевые ферменты синтеза гема (δ -АЛК-дегидратаза, феррохелатаза), вызывая микроцитарную гипохромную анемию.
- Из-за своего токсического действия на периферические нервы ассоциирован с сниженной вариабельностью сердечного ритма. Также он увеличивает поток кальция в кардиомиоциты и индуцирует апоптоз.

- Селен (Se):

- В составе селенопротеинов – мощный антиоксидант.

Дефицит приводит к болезни Кешана (кардиомиопатия).

- Серебро (Ag):

- Связывается с сульфгидрильными группами, нарушая функцию ферментов и транспортных белков (в том числе гемоглобина, вызывая метгемоглобинемию и гипоксию тканей).
- Основное проявление – аргирия – сине-серая пигментация кожи и слизистых.

- Таллий (Tl):

- Замещает калий в жизненно важных процессах, включая работу Na^+/K^+ -АТФазы, что приводит к тяжелому поражению сердца.
- Нарушает функцию рибофлавин-зависимых белков (использующих FAD), вызывая снижение возможностей энергетического метаболизма кардиомиоцитов.

- Хром (Cr):

- Необходим для поддержания чувствительности к инсулину, его недостаток приводит к инсулинерезистентности. Инсулинерезистентность является звеном патогенеза метаболического синдрома, увеличивающего сердечно-сосудистый риск.
- Токсичность в основном связана с гексавалентной формой (CrO_4^{2-}), которая легко проникает в клетки и, восстанавливаясь до $\text{Cr}(\text{III})$, генерирует массивный оксидативный стресс, повреждая ДНК (канцероген).

- Цинк (Zn):

- Нужен для множества ферментов, в том числе отвечающих за антиоксидантную защиту и за связывание транскрипционных факторов с ДНК (домен “цинковых пальцев”).
- Избыток цинка конкурирует с медью за всасывание, приводя к ее дефициту, который проявляется микроцитарной анемией и нейтропенией.
- Индуцирует синтез металлотионеинов в кишечнике, которые связывают медь и препятствуют ее абсорбции.

2. Исследование уровня токсичных и эссенциальных микроэлементов показано:

Определение уровня токсичных и эссенциальных микроэлементов в плазме крови показано в следующих клинических ситуациях:

- Резистентная артериальная гипертензия, особенно у молодых пациентов без классических факторов риска.
- Кардиомиопатии (дилатационная, рестриктивная): для исключения токсической этиологии (подозреваемые элементы: Co, Se (дефицит), Cd, Pb, Hg, As).
- Аритмии неясного генеза:
 - Желудочковые тахиаритмии, фибрилляция желудочков (Тl).
 - Удлинение интервала QT, суправентрикулярные тахикардии (Mg - дефицит).
 - Дисфункция синусового узла, нарушения проводимости.
- Ишемическая болезнь сердца с ранним началом и отсутствием стандартных факторов риска (для оценки роли хронического воспаления и эндотелиальной дисфункции, индуцированных Cd, As, Pb).
- Заболевания периферических артерий (As).
- Необъяснимые перикардиты или миокардиты, для оценки вклада системного воспаления из-за хронической интоксикации.
- Оценка нутритивного статуса и метаболических нарушений
 - Состояния мальабсорбции (болезнь Крона, целиакия, состояние после бariatрических операций): для оценки и коррекции дефицита цинка (Zn), меди (Cu), селена (Se), хрома (Cr) и др.
 - Парентеральное питание: для регулярного мониторинга и предупреждения как дефицита, так и перегрузки микроэлементами (напр., марганца (Mn), который выводится через желчь).
 - Несбалансированные диеты, веганство, длительное голодание: для выявления дефицита цинка (Zn), селена (Se).
 - Синдром хронической усталости, астения неясного генеза.
 - Нарушения толерантности к глюкозе, инсулинерезистентность: для оценки статуса хрома (Cr), магния (Mg), цинка (Zn).
- Профессиональный анамнез:
 - Работники металлургических, гальванических, аккумуляторных производств (Pb, Cd, Ni).

- Горнодобывающая промышленность, шахтеры.
- Стоматологи и зубные техники (Hg).
- Сварщики, литейщики (Mn, Cr, Ni).
- Сельское хозяйство (использование пестицидов, содержащих As, Cu).
- Экологический анамнез:
 - Проживание в промышленных регионах.
 - Потребление воды из непроверенных источников (риск высокого содержания As).
 - Употребление в пищу дичи, рыбы из загрязненных водоемов (источники Hg, Cd, Pb).
 - Использование традиционной или народной медицины с неконтролируемым составом.
 - Проживание в старых домах с свинцовой краской или свинцовыми трубами.
- Мониторинг терапии и специфических состояний
 - Контроль терапии препаратами лития для поддержания его уровня в терапевтическом окне и профилактики нефротоксичности.
 - Контроль эффективности хелатной терапии при подтвержденных отравлениях тяжелыми металлами.
 - Длительный гемодиализ: для контроля статуса цинка (Zn), селена (Se).
 - Профилактический скрининг риска сердечно-сосудистых заболеваний, в патогенезе которых участвует дисбаланс микроэлементов.

3. Преимущества определения токсичных и эссенциальных микроэлементов методом ИСП-МС

Мультиэлементный анализ: Метод ИСП-МС позволяет одновременно определить десятки элементов в одном образце, что экономит время и биоматериал пациента, обеспечивая комплексную оценку.

Высокая точность и специфичность: Прямое и селективное определение элементов исключает интерференцию и обеспечивает максимально достоверные результаты даже в сложных биологических матрицах.

Чувствительность: Технология позволяет точно измерять следовые концентрации, что критически важно для выявления хронической интоксикации на доклинической стадии и для мониторинга профессиональных рисков.

Измерение эссенциальных и токсичных микроэлементов в крови - отражает текущий уровень воздействия или статуса элемента. Показывает концентрацию элемента, циркулирующую в системном кровотоке на момент забора.

- Наиболее информативен при подозрении на острое отравление (например, свинцом, ртутью, мышьяком). Уровень в крови напрямую коррелирует с острой токсичностью.
- Наиболее стандартизованный метод с хорошо установленными референсными значениями.
- Незаменим для контроля концентрации лекарственных препаратов на основе микроэлементов в крови, где необходимо соблюдение узкого терапевтического окна.
- Не подходит для оценки хронического воздействия, так как многие элементы быстро выводятся из крови и депонируются в тканях (например, кадмий в почках).

4. Chromolab рядом с вами

Мы в **Chromolab** понимаем, что современная кардиология требует углубленного поиска причин сердечно-сосудистой патологии. Наша задача — предоставить вам точный инструмент для выявления экзогенных и нутритивных факторов риска, которые часто остаются за рамками стандартного обследования. Комплексное определение микроэлементов методом ИСП-МС — это уверенность в том, что ваше диагностическое решение основано на безупречных данных, позволяющих подтвердить токсическую природу заболевания сердца.

Для вас это — возможность проведения углубленной дифференциальной диагностики резистентной гипертензии, аритмий и кардиомиопатий, а для ваших пациентов — шанс выявить и устраниить скрытую причину заболевания, предотвратив необратимое повреждение миокарда.

 [Подробнее на сайте](#)