

Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-терапевта



CHROMOLAB



SCAN ME

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

1. Биологическая роль токсических и эссенциальных микроэлементов

Для врача-терапевта понимание баланса микроэлементов критически важно. В то время как одни элементы жизненно необходимы, другие, даже в следовых количествах, способны вызывать тяжелую интоксикацию. Нарушение этого хрупкого равновесия лежит в основе многих хронических заболеваний.

Ключевые биологические эффекты в терапии:

- Оксидативный стресс: Многие элементы, особенно металлы с переменной валентностью (железо, медь, хром, марганец), участвуют в реакции Фентона, генерируя свободные радикалы. Это повреждает липиды, белки и ДНК, приводя к апоптозу, хроническому воспалению, нейродегенеративным и сердечно-сосудистым заболеваниям.
- Нарушение работы систем защиты: Ингибирование ключевых ферментов антиоксидантной системы (супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, каталаза) усугубляет оксидативный стресс.
- Митохондриальная дисфункция и апоптоз: Нарушение энергетического обмена и запуск программируемой гибели клетки – общий путь токсичности для многих металлов.
- Мутагенез и канцерогенез: Прямое повреждение ДНК (разрывы цепей, окисление нуклеотидов) и эпигенетические изменения, вызываемые такими элементами, как мышьяк, никель и кадмий, предрасполагают к онкогенезу.
- "Миметическая" токсичность: Токсичные ионы часто имитируют эссенциальные (кадмий – цинк, таллий – калий, мышьяк – фосфор), встраиваясь в ферменты и белки и нарушая их функцию.
- **Эффекты отдельных микроэлементов:**
 - Кадмий (Cd):
 - Из-за сходства с цинком замещает его в ДНК-связывающих доменах транскрипционных факторов, нарушая регуляцию генов и способствуя канцерогенезу.
 - Конкурирует с Zn, Ca, Cu за транспортеры, вызывая их дефицит.
 - Снижает почечную продукцию витамина D, нарушая кальциевый метаболизм и приводя к остеопорозу.

- Вызывает стресс эндоплазматического ретикулума, нарушая фолдинг белков.
- Кобальт (Co):
 - Входит в состав витамина B12, нужного для синтеза ДНК и метаболизма разветвленных аминокислот.
 - Конкурирует с ионами железа и кальция, нарушая работу многочисленных ферментов.
 - Ингибирует ключевые ферменты дыхательной цепи и цикл Кребса, вызывая гипоксию и лактат-ацидоз.
 - Подавляет поглощение йода щитовидной железой, приводя к зобу.
- Магний (Mg):
 - Жизненно важный микроэлемент, нужный для работы множества ферментов. Его недостаток отражается в нарушении работы нервной, сердечно-сосудистой и иммунной систем. Это фактор риска таких заболеваний как артериальная гипертензия, эклампсия, сахарный диабет 2 типа, мигрень, астма.
- Марганец (Mn):
 - Нужен для работы антиоксидантных ферментов, глутамин синтетазы, аргиназы и гликозилтрансфераз. Таким образом необходим для метаболизма аминокислот, что особенно важно для нервной системы.
 - Избыток накапливается в базальных ганглиях, вызывая синдром, напоминающий болезнь Паркинсона. Также он стимулирует амилоидогенез и накопление альфа-синуклеина.
 - 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.
 - При болезни Вильсона-Коновалова нарушение экскреции меди приводит к ее накоплению в печени (вызывая гепатит и цирроз) и в ЦНС (базальные ганглии), что проявляется

экстрапирамидными расстройствами.

- Молибден (Mo):
 - Является кофактором ксантиноксидазы, 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 (ингибирование окислительного фосфорилирования).
 - Ингибирует пируватдегидрогеназу, нарушая цикл Кребса.
 - 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 и работы щитовидной железы.
 - Нарушает кальциевый гомеостаз в нейронах, блокируя синаптическую передачу.
- Свинец (Pb):
 - Ингибирует ключевые ферменты синтеза гема (δ -АЛК-дегидратаза, феррохелатаза), вызывая микроцитарную гипохромную анемию.
 - Нарушает кальций-зависимый сигналинг и в целом гомеостаз кальция в нейронах, приводя к их гиперактивации и апоптозу.

- Селен (Se):
 - В составе селенопротеинов – мощный антиоксидант. Также нужен для работы ферментов щитовидной железы. Дефицит приводит к болезни Кешана (кардиомиопатия) и Кашина-Бека (остеоартропатия).
 - Избыток сам вызывает оксидативный стресс. Замещает серу в аминокислотах (цистеин, метионин), приводя к нарушению структуры и функции белков.
- Серебро (Ag):
 - Связывается с сульфгидрильными группами, нарушая функцию ферментов и транспортных белков (в том числе гемоглобина).
 - 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 нервной системы и сердца.
 - Нарушает функцию рибофлавина (витамина B2), вызывая алопецию и поражение кожи.
- Хром (Cr):
 - Необходим для поддержания чувствительности к инсулину, его недостаток приводит к инсулинорезистентности.
 - Токсичность в основном связана с гексавалентной формой (CrO₄²⁻), которая легко проникает в клетки и, восстанавливаясь до Cr(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:

- Наличие клинических симптомов, позволяющих заподозрить дефицит эссенциальных или интоксикацию токсичными элементами.
- Периферическая нервная система:
 - Необъяснимая сенсорная или моторная полинейропатия (онемение, парестезии, слабость в конечностях).
 - Подозреваемые элементы: Pb (свинец), As (мышьяк), Hg (ртуть), Tl (таллий), Mn (марганец).
- Центральная нервная система:
 - Когнитивные нарушения: снижение памяти, концентрации внимания, "мозговой туман".
 - Энцефалопатия: спутанность сознания, изменения личности.
 - Двигательные расстройства: тремор, паркинсонизм, атаксия.
 - Подозреваемые элементы: Mn (марганец), Pb, Hg, Cu (медь - болезнь Вильсона), As.
- Почечная симптоматика:
 - Хроническая болезнь почек (ХБП) при отсутствии гипертензии и диабета.
 - Тубулопатии: синдром Фанкони (глюкозурия, аминокислотурия, фосфатурия).
 - Протеинурия (особенно низкомолекулярная).
 - Подозреваемые элементы: Cd (кадмий), Pb, Hg, As, Cr (хром).
- Гематологическая симптоматика:
 - Анемии, резистентные к терапии препаратами железа:
 - Микроцитарная гипохромная анемия: подозрение на ингибирование синтеза гема.
 - Подозреваемые элементы: Pb (свинец), As, Cu (дефицит).
 - Лейкопения/нейтропения неясного генеза.
 - Подозреваемые элементы: Cu (медь - при дефиците), Zn (цинк - при избытке).
- Желудочно-кишечная симптоматика:

- Рецидивирующие колики - сильные спастические боли в животе.
- Необъяснимая тошнота, рвота, диарея.
- Нарушение вкуса (дисгевзия) - металлический привкус.
- Подозреваемые элементы: Pb, As, Hg, Zn (в избытке), Cu, Mo (молибден).
- Кардиологическая симптоматика:
 - Кардиомиопатии, не поддающиеся стандартному лечению.
 - Аритмии неясного генеза.
 - Подозреваемые элементы: Co (кобальт), Se (селен - при дефиците - болезнь Кешана).
- Костно-мышечная симптоматика:
 - Остеопороз или остеомалация у лиц без классических факторов риска.
 - Мышечная слабость, миопатии.
 - Подозреваемые элементы: Cd, Cu (дефицит).
- Дерматологическая симптоматика:
 - Изменения пигментации кожи (гипер- или гипопигментация).
 - Гиперкератоз ладоней и подошв.
 - Алопеция (выпадение волос).
 - Подозреваемые элементы: As, Se (в избытке), Tl.
- Оценка нутритивного статуса и метаболических нарушений
 - Состояния мальабсорбции (болезнь Крона, целиакия, состояние после бариатрических 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, инсулинорезистентность: 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 развития онкологических, нейродегенеративных (болезнь Альцгеймера, Паркинсона) и 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 профиль из нескольких эссенциальных и токсичных 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 стандартизированный 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 в практике врача-терапевта возникает необходимость диагностики состояний, выходящих за рамки типичных нозологий. Наша задача — предоставить вам точный и надежный инструмент для выявления экологических, профессиональных рисков и дисбаланса микроэлементов у ваших пациентов. Комплексное определение их уровня методом ИСП-МС — это уверенность в том, что ваше диагностическое решение основано на безупречных лабораторных данных, позволяющих подтвердить или исключить интоксикацию или дефицит.

Мы всегда готовы к оперативному сотрудничеству и консультациям по интерпретации результатов. Для вас это — возможность проведения углубленной дифференциальной диагностики и снижение рисков ваших пациентов, а для ваших пациентов — шанс выявить скрытую причину хронического недомогания и предотвратить необратимые повреждения здоровья.

 [Подробнее на сайте](#)