

# Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-терапевта



**CHROMOLAB**



SCAN ME

+7(495) 369-33-09 | [chromolab.ru](http://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 токсичные элементы (Cd, Hg, Pb, As) провоцируют образование свободных радикалов, повреждающих липиды, белки и ДНК. Это универсальный механизм повреждения клеток, ведущий к апоптозу, нейродегенерации, сердечно-сосудистым патологиям и старению.
- Мутагенез и канцерогенез: Прямое повреждение ДНК (разрывы, окисление нуклеотидов) и эпигенетические изменения, вызванные токсичными металлами (As, Cd, Ni, Cr), предрасполагают к мутациям и активации онкогенов.
- "Мимикрия" и дефицит: Токсичные элементы часто имитируют эссенциальные (Cd → Zn, As → P, Cr → Fe). Они занимают их место в активных центрах ферментов, нарушая метаболизм и вызывая функциональный дефицит жизненно важных нутриентов.
- Нарушение работы почек: Являясь основным путем выведения, почки особенно уязвимы. Накопление металлов в клетках канальцев ведет к тубулорексису, фиброзу и развитию ХБП.

### ● Эссенциальные микроэлементы (краткий обзор):

- Железо (Fe): Кислородный транспорт (гемоглобин), клеточное дыхание (цитохромы).
- Цинк (Zn): Кофактор сотен ферментов (ДНК-полимеразы, карбоангидразы), работа иммунной системы, синтез инсулина.
- Медь (Cu): Участие в антиоксидантной защите (церулоплазмин, супероксиддисмутаза), синтез коллагена, метаболизм железа.
- Селен (Se): Центральный элемент антиоксидантной системы (глутатионпероксидаза), функция щитовидной железы (дейодиназы).
- Йод (I): Синтез гормонов щитовидной железы (T3, T4).

- Кобальт (Co): Входит в состав витамина В12, необходим для кроветворения и работы нервной системы.
- Марганец (Mn): Кофактор ферментов антиоксидантной защиты (Mn-СОД), метаболизм костной и соединительной ткани.
- Молибден (Mo): Участвует в метаболизме пуринов и мочевой кислоты (ксантиноксидаза).
- Хром (Cr): Участвует в метаболизме глюкозы, потенцирует действие инсулина.
- Фосфор (P): Критически важный макроэлемент. Входит в состав костной ткани (гидроксиапатит), фосфолипидов клеточных мембран, АТФ (основной энергоноситель клетки), ДНК и РНК).
- Калий (K), Натрий (Na), Кальций (Ca), Магний (Mg): Электролиты, обеспечивающие мембранный потенциал, нервно-мышечную передачу, сокращение мышц, минерализацию костей.

- **Токсичные микроэлементы и их мишени:**
  - Свинец (Pb): Ингибитор синтеза гема (анемия), имитирует кальций, нарушая синаптическую передачу (нейротоксичность).
  - Ртуть (Hg): Замещает селен в селенопротеинах, нарушая антиоксидантную защиту; нарушает кальциевый гомеостаз в нейронах.
  - Кадмий (Cd): Мимикрия под цинк, что ведет к нарушению экспрессии генов и канцерогенезу; вызывает стресс эндоплазматического ретикулума; нефротоксичен.
  - Алюминий (Al): Ингибитор эритропоэза и активность остеобластов (анемия, остеопороз); нарушает кальциевый сигналинг.
  - Мышьяк (As): Замещает фосфор в биохимических реакциях, вызывает тяжелое поражение ЖКТ, кожи, является мощным канцерогеном.
  - Никель (Ni), Бериллий (Be), Хром (Cr): Вызывают аллергические дерматиты, фиброз легких (при ингаляции), канцерогенны.
  - Барий (Ba): Блокирует калиевые каналы, приводя к мышечной слабости и парезам.
  - Сурьма (Sb), Висмут (Bi): Нейротоксичны, могут вызывать тяжелые гастроэнтериты и алопецию.
  - Олово (Sn): В основном, малотоксично. Органические соединения олова (трибутилолово) используются в антифouлинговых красках и являются мощными иммунотоксикантами и эндокринными

дизрапторами. Неорганическое олово при высоких дозах вызывает желудочно-кишечные расстройства.

- Серебро (Ag): Хроническое поступление приводит к аргирии — необратимой сине-серой пигментации кожи и слизистых. Образует метгемоглобин и приводит к хронической гипоксии.
- Платина (Pt): Сам металл инертен, но препараты на основе платины (цисплатин, карбоплатин) широко используются в химиотерапии. Их основная токсичность — нефротоксичность, ототоксичность и миелосупрессия.

- **Другие элементы:**

- Литий (Li): В токсических дозах ингибирует GSK-3β, что может приводить к нефрогенному несахарному диабету и увеличению веса. В низких дозах используется в психиатрии.
- Бор (B): Участвует в метаболизме костной ткани и стероидных гормонов.
- Кремний (Si): Важен для синтеза коллагена и здоровья соединительной ткани.
- Ванадий (V): Участвует в метаболизме липидов и углеводов, имитирует инсулин.
- Стронций (Sr): Похож на кальций и может замещать его в костной ткани. Радиоактивный изотоп (стронций-90) опасен. В форме ранелата стронция ранее использовался для лечения остеопороза (сейчас применение ограничено из-за рисков для сердца).
- Рубидий (Rb): Химически похож на калий и может замещать его в некоторых процессах. Не имеет известной биологической функции.
- Цирконий (Zr): Широко используется в ортопедии и стоматологии (имплантаты, керамические коронки) благодаря своей биологической инертности и высокой устойчивости к коррозии.
- Галлий (Ga): Мимикрия под железо (Fe). Используется в медицине (нитрат галлия) для лечения гиперкальциемии и некоторых лимфом, так как нарушает функцию остеокластов и клеточное дыхание. Нефротоксичен.
- Германий (Ge): Позиционируется как БАД, но обладает выраженной нефротоксичностью, вызывая тяжелую тубулопатию и почечную недостаточность.
- Лантан (La): Карбонат лантана используется как фосфат-связывающее средство у пациентов с ХБП.

- Вольфрам (W): Конкурирует с молибденом (Mo), ингибируя молибден-зависимые ферменты.
- Титан (Ti): Биологически инертен, что делает его идеальным материалом для медицинских имплантатов. Ингаляция пыли диоксида титана в больших количествах может вызывать фиброз легких.
- Золото (Au): Не является эссенциальным. Соли золота используются для лечения ревматоидного артрита. Побочные эффекты включают дерматит, нефропатию, миелосупрессию и гепатотоксичность.

## **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
- Неврологическая симптоматика:
  - Периферическая полинейропатия неясного генеза (особенно моторного типа): подозрение на отравление свинцом (Pb), мышьяком (As), ртутью (Hg).
  - Тремор, в том числе интенционный: может быть признаком интоксикации ртутью (Hg), марганцем (Mn) или дефицита магния (Mg).
  - Когнитивные нарушения, снижение памяти, энцефалопатия: ассоциированы с накоплением алюминия (Al), свинца (Pb), марганца (Mn), ртути (Hg).
  - Аносмия (потеря обоняния): классический признак острой интоксикации кадмием (Cd), также может быть при дефиците цинка (Zn).
  - Мышечная слабость, парезы: могут быть вызваны избытком бария (Ba) (блокада калиевых каналов) или дефицитом селена (Se) (миопатия).
- Психиатрические и поведенческие расстройства:
  - Апатия, депрессия, эмоциональная лабильность: могут быть связаны с дефицитом цинка (Zn), лития (Li), магния (Mg), а также с

интоксикацией свинцом (Pb).

- Психозы, галлюцинации: описаны при отравлении марганцем (Mn).
- Дерматологическая симптоматика:
  - Аlopеция (выпадение волос): характерный признак отравления таллием (Tl), а также селеном (Se) или ртутью (Hg). Может быть при дефиците цинка (Zn).
  - Изменения ногтей (поперечные белые полосы — линии Миса): патогномоничны для острой интоксикации мышьяком (As).
  - Гипер- или гипопигментация кожи, кератозы: наблюдаются при хронической интоксикации мышьяком (As).
  - Труднозаживающие раны, язвы: могут указывать на дефицит цинка (Zn).
  - Псориаз, акне, другие воспалительные заболевания кожи: могут обостряться или провоцироваться приемом лития (Li).
- Гематологические нарушения:
  - Микроцитарная гипохромная анемия, резистентная к терапии препаратами железа: требует исключения интоксикации свинцом (Pb), которая ингибирует синтез гема. Также может быть вызвана дефицитом меди (Cu).
  - Нормоцитарная анемия: может быть следствием дефицита цинка (Zn), селена (Se) или интоксикации алюминием (Al).
- Желудочно-кишечные расстройства:
  - Рецидивирующие колики, необъяснимые боли в животе, запоры: классический симптом хронической свинцовой (Pb) колики.
  - Тошнота, рвота, диарея с запахом чеснока: характерны для острого отравления мышьяком (As), селеном (Se), таллием (Tl).
  - Нарушения вкуса (дисгевзия): частый признак дефицита цинка (Zn).
- Почечная дисфункция:
  - Хроническая болезнь почек (ХБП) неясного генеза, особенно с признаками тубулоинтерстициального поражения: прямое показание для исключения нефротоксичного действия кадмия (Cd), свинца (Pb), ртути (Hg).
  - Протеинурия, синдром Фанкони: могут развиваться при интоксикации кадмием (Cd).
  - Нефрогенный несахарный диабет: может быть побочным эффектом терапии литием (Li).
- Костно-мышечная патология:

- Остеопороз/остеомаляция у молодых пациентов или резистентные к стандартной терапии: могут быть вызваны интоксикацией кадмием (Cd) (болезнь "итай-итай"), алюминием (Al) или дефицитом бора (B), кремния (Si).
- Мышечные судороги, слабость: частый симптом дефицита магния (Mg).
- Кардиологические симптомы:
  - Кардиомиопатия (например, синдром Кешана): ассоциирована с тяжелым дефицитом селена (Se).
  - Аритмии: могут быть следствием дисбаланса калия (K), магния (Mg).
- 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), железа (Fe), селена (Se), йода (I).
  - Синдром хронической усталости, астения неясного генеза.
  - Нарушения толерантности к глюкозе, инсулинерезистентность: для оценки статуса хрома (Cr), ванадия (V), магния (Mg), цинка (Zn).
- Профессиональный анамнез:
  - Работники металлургических, гальванических, аккумуляторных производств (Pb, Cd, Ni).
  - Горнодобывающая промышленность, шахтеры.
  - Стоматологи и зубные техники (Hg, Pd).
  - Сварщики, литейщики (Mn, Cr, Ni).
  - Производство электроники (Ga, Ge, Be, Sb).
  - Сельское хозяйство (использование пестицидов, содержащих As, Cu).
- Экологический анамнез:
  - Проживание в промышленных регионах.
  - Потребление воды из непроверенных источников (риск высокого содержания As, Al).
  - 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 предупреждения накопления алюминия (Al) и 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 несколько десятков 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).

**Измерение эссенциальных и токсичных микроэлементов в моче** - отражает скорость выведения элемента из организма. Позволяет оценить как недавнее воздействие, так и общую нагрузку на организм.

- Высокий уровень экскреции элемента даже при нормальном уровне в крови может указывать на его избыток и активное выведение.
- Эффективность хелатотерапии при отравлении тяжелыми металлами оценивается именно по резкому увеличению их экскреции с мочой после введения хелатора.
- При почечной недостаточности экскреция нарушается, и уровень в моче не отражает реальную нагрузку.
- Концентрация в разовой порции мочи сильно зависит от диуреза. Предпочтительнее использовать суточную мочу, но ее сбор не всегда удобен для пациента.
- Не подходит для всех элементов, например, для алюминия или марганца уровень в моче менее информативен.

**Измерение эссенциальных и токсичных микроэлементов в волосах** - отражает долгосрочное, хроническое воздействие (от 1 до 3 месяцев и более). Элементы инкорпорируются в растущий волос из крови в процессе кератинизации.

- Волосы предоставляют уникальную информацию о среднесрочном воздействии, действуя как пассивный накопитель. Позволяют ретроспективно оценить воздействие токсичных металлов.
- Забор образца прост, не требует медицинского персонала и не вызывает дискомфорта у пациента. Образец легко хранить и транспортировать.

- Концентрация элементов в волосах стабильна и не меняется в течение дня, в отличие от крови и мочи.
- Волосы могут загрязняться от шампуней, краски для волос, пыли, воды в бассейне (медь), средств от перхоти (селен). Требует строгого протокола мытья перед анализом.
- Скорость роста, цвет, текстура волос могут влиять на накопление элементов.

#### **4. Chromolab рядом с вами**

В современной терапевтической практике все чаще встречаются случаи, где причина хронического недомогания кроется в дисбалансе микроэлементов. Наша задача в **Chromolab** — предоставить вам надежный диагностический инструмент, который позволит за одним исследованием оценить как риски интоксикации, так и статус жизненно важных нутриентов.

Комплексный анализ микроэлементов методом ИСП-МС — это уверенность в том, что ваше диагностическое решение основано на безупречных данных. Это возможность провести углубленную дифференциальную диагностику, выявить скрытые причины заболеваний и предотвратить их прогрессирование. Мы всегда готовы к оперативному сотрудничеству и консультациям по интерпретации результатов. Для вас — это расширение диагностических возможностей, а для ваших пациентов — шанс вернуть здоровье и улучшить качество жизни.

 [Подробнее на сайте](#)

 [Подробнее на сайте](#)

 [Подробнее на сайте](#)