

# Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-эндокринолога



**CHROMOLAB**



SCAN ME

+7(495) 369-33-09 | [chromolab.ru](https://chromolab.ru)

## 1. Биологическая роль токсических и эссенциальных микроэлементов

Для врача-эндокринолога понимание баланса микроэлементов критически важно. Эндокринная система чрезвычайно чувствительна как к дефициту эссенциальных элементов, так и к токсическому воздействию тяжелых металлов.

### Ключевые биологические эффекты в эндокринологии:

- Оксидативный стресс и дисфункция эндокринных клеток: Многие токсичные элементы (Cd, Hg, Pb, As) провоцируют образование свободных радикалов, повреждающих мембраны бета-клеток поджелудочной железы, тироцитов, клеток Лейдига и стероидогенные ткани. Это универсальный механизм повреждения, ведущий к апоптозу клеток, нарушению синтеза гормонов и периферической гормональной резистентности.
- Эндокринные нарушения: Токсичные элементы способны имитировать или блокировать действие естественных гормонов, взаимодействуя с их рецепторами (например, с рецепторами эстрогенов, андрогенов, тиреоидных гормонов). Они нарушают работу гипоталамо-гипофизарной оси, синтез, транспорт и метаболизм гормонов.
- "Мимикрия" и дефицит: Токсичные элементы часто имитируют эссенциальные (Cd → Zn, As → Se, Cr → Fe). Они занимают их место в активных центрах ферментов, участвующих в гормоногенезе (например, дейодиназ щитовидной железы), нарушая метаболизм и вызывая функциональный дефицит жизненно важных нутриентов даже при их нормальном поступлении.
- Нарушение метаболизма глюкозы и липидов: Дисбаланс таких элементов, как хром, ванадий, цинк и магний, напрямую влияет на чувствительность тканей к инсулину, утилизацию глюкозы и липогенез, играя ключевую роль в патогенезе сахарного диабета 2-го типа и метаболического синдрома.
- **Эссенциальные микроэлементы (краткий обзор):**
  - Йод (I): Абсолютно эссенциальный элемент. Ключевой компонент гормонов щитовидной железы (T3, T4). Дефицит приводит к гипотиреозу, зобу и кретинизму у детей.

- Селен (Se): Центральный элемент антиоксидантной системы (глутатионпероксидаза). Критически важен для функции щитовидной железы, являясь кофактором дейодиназ, конвертирующих T4 в активный T3. Участвует в защите щитовидной железы от оксидативного стресса.
- Цинк (Zn): Кофактор сотен ферментов. Необходим для синтеза, секреции и утилизации инсулина. Участвует в метаболизме половых гормонов (ароматаза), функции рецепторов тиреоидных гормонов. Дефицит приводит к инсулинорезистентности, гипогонадизму, нарушению вкуса (дисгевзия).
- Хром (Cr): Участвует в метаболизме глюкозы и липидов (потенцирует действие инсулина, усиливая связывание инсулина с рецептором). Рассматривается как фактор толерантности к глюкозе.
- Магний (Mg): Кофактор ферментов гликолиза. Дефицит магния ассоциирован с инсулинорезистентностью, нарушением секреции инсулина и повышенным риском развития метаболического синдрома и сахарного диабета 2-го типа.
- Марганец (Mn): Кофактор ферментов антиоксидантной защиты (Mn-СОД), участвует в синтезе холестерина – предшественника стероидных гормонов.
- Медь (Cu): Участие в антиоксидантной защите (церулоплазмин, супероксиддисмутаза), метаболизме железа. Дисбаланс может влиять на функцию надпочечников и щитовидной железы.
- Ванадий (V): Участвует в метаболизме липидов и углеводов, имитирует действие инсулина, активируя инсулиновые рецепторы и нижележащие сигнальные каскады.
- **Токсичные микроэлементы и их мишени:**
  - Кадмий (Cd): Накапливается в почках, оказывает прямое токсическое действие на почечные канальцы, нарушая реабсорбцию глюкозы, аминокислот и кальция (почечный канальцевый ацидоз, остеомалация). Является эндокринным дизраптором, имитируя действие эстрогенов. Подавляет секрецию инсулина.
  - Свинец (Pb): Ингибирует синтез гема, нарушая работу цитохромов P450, критически важных для стероидогенеза. Снижает уровни витамина D, тестостерона, кортизола. Ассоциирован с задержкой полового развития.

- Ртуть (Hg): Замещает селен в селенопротеинах, нарушая антиоксидантную защиту и функцию щитовидной железы (ингибирование дейодиназ). Может вызывать дисфункцию поджелудочной железы.
- Мышьяк (As): Нарушает экспрессию генов, вовлеченных в метаболизм глюкозы и липидов. Индуцирует оксидативный стресс в бета-клетках поджелудочной железы. Ассоциирован с повышением риска развития сахарного диабета 2-го типа.
- Алюминий (Al): Может накапливаться в паращитовидных железах. Конкурирует с кальцием, потенциально нарушая минеральный обмен.
- **Другие микроэлементы:**
  - Литий (Li): В токсических дозах ингибирует GSK-3 $\beta$ , что может приводить к нефрогенному несахарному диабету и увеличению веса. Основным побочным эффектом терапии литием – гипотиреоз (подавляет синтез и секрецию тиреоидных гормонов) и зоб.
  - Бор (B): Участвует в метаболизме костной ткани и стероидных гормонов (влияет на уровни эстрадиола и тестостерона).
  - 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 кардиоваскулярных рисков).

## **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
- Патология щитовидной железы:
  - Гипотиреоз, особенно резистентный к стандартной заместительной терапии левотироксином: для исключения дефицита селена (Se) и цинка (Zn), необходимых для конверсии T4 в T3.
  - Аутоиммунный тиреоидит: для оценки статуса селена (Se), как фактора, модулирующего активность аутоиммунного процесса.
  - Зоб неясного генеза: кроме йодного дефицита, требует исключения

- действия зобогенных веществ, в т.ч. избытка лития (Li).
- Тиреотоксикоз: для оценки общего нутритивного статуса и потерь микроэлементов.
  - Нарушения углеводного обмена:
    - Сахарный диабет 2-го типа, инсулинорезистентность, метаболический синдром: для оценки статуса хрома (Cr), магния (Mg), цинка (Zn), ванадия (V) и исключения хронической интоксикации мышьяком (As) и кадмием (Cd).
    - Нарушения толерантности к глюкозе неясного генеза.
  - Нарушения репродуктивной функции:
    - Мужской гипогонадизм, снижение либидо, олигоспермия: для исключения дефицита цинка (Zn) и интоксикации свинцом (Pb), кадмием (Cd).
    - Нарушения менструального цикла, бесплодие, синдром поликистозных яичников (СПКЯ): для оценки статуса цинка (Zn) и исключения эндокринно-дизрапторного действия кадмия (Cd), свинца (Pb).
  - Нарушения метаболизма костной ткани:
    - Остеопороз, остеомалация у молодых пациентов, резистентные к стандартной терапии: для исключения дефицита бора (B), кремния (Si), цинка (Zn), магния (Mg) и интоксикации кадмием (Cd) ("итай-итай" болезнь), алюминием (Al), свинцом (Pb).
  - Нарушения электролитного баланса:
    - Гипокалиемия, гипوماгнемия, гипофосфатемия неясного генеза: для исключения синдрома Фанкони, который может быть вызван интоксикацией кадмием (Cd).
  - Ожирение и нарушения пищевого поведения:
    - Резистентное к терапии ожирение: для оценки статуса цинка (Zn), хрома (Cr), ванадия (V).
    - Нарушения вкуса (дисгевзия), извращение аппетита (пика): частый признак дефицита цинка (Zn).
  - Оценка нутритивного статуса и метаболических нарушений
    - Пациенты на длительном приеме диуретиков (особенно петлевых): для мониторинга и коррекции дефицита калия (K), магния (Mg), цинка (Zn).
    - 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), железа (Fe), селена (Se), йода (I).
- Нарушения толерантности к глюкозе, инсулинорезистентность: 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 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 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).

**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.
- Полезен для оценки долгосрочного статуса таких элементов, как цинк, селен, медь.
- Волосы могут загрязняться от шампуней, краски для волос, пыли, воды в бассейне (медь), средств от перхоти (селен). Требуется строгий протокол мытья перед анализом.
- Скорость роста, цвет, текстура волос могут влиять на накопление элементов.

#### **4. Chromolab рядом с вами**

В современной эндокринологической практике все чаще встречаются случаи, где причина инсулинорезистентности, субклинического гипотиреоза, остеопороза или репродуктивной дисфункции кроется в хроническом



дисбалансе микроэлементов. Наша задача в **Chromolab** — предоставить вам надежный диагностический инструмент, который позволит за одним исследованием оценить как риски эндокринной дисрупции, так и статус жизненно важных для гормональной системы нутриентов.

Комплексный анализ микроэлементов методом ИСП-МС — это уверенность в том, что ваше диагностическое и терапевтическое решение основано на безупречных данных. Это возможность перейти от симптоматической коррекции к патогенетическому лечению, выявив скрытые причины эндокринных расстройств. Мы всегда готовы к оперативному сотрудничеству и консультациям по интерпретации результатов. Для вас — это расширение диагностических возможностей и углубление понимания метаболических основ заболеваний, а для ваших пациентов — шанс на восстановление гормонального баланса и улучшение качества жизни.

👉 [Подробнее на сайте](#)

👉 [Подробнее на сайте](#)

👉 [Подробнее на сайте](#)