

# 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 является критически важным компонентом патогенеза многих эндокринных заболеваний. Дисбаланс эссенциальных и токсичных элементов лежит в основе нарушения функции щитовидной железы, развития инсулинорезистентности, сахарного диабета, дислипидемии, ожирения и репродуктивных расстройств.

### Ключевые биологические эффекты в эндокринологии:

- Дисфункция щитовидной железы: Многие элементы являются ключевыми кофакторами синтеза, активации и метаболизма тиреоидных гормонов. Их дефицит или избыток напрямую влияет на гормональный статус.
- Нарушение инсулиновой сигнализации и метаболизма глюкозы: Эссенциальные микроэлементы (хром, цинк, магний, марганец) критически важны для работы инсулиновых рецепторов и внутриклеточных сигнальных путей. Токсичные металлы (мышьяк, кадмий) нарушают эти процессы, приводя к инсулинорезистентности.
- Оксидативный стресс и повреждение  $\beta$ -клеток поджелудочной железы: Токсичные металлы (ртуть, кадмий, никель) генерируют свободные радикалы, вызывая апоптоз инсулин-продуцирующих  $\beta$ -клеток и способствуя развитию сахарного диабета.
- Эндокринная дизрупция (нарушение регуляции): Токсичные элементы могут имитировать или блокировать действие естественных гормонов (например, эстрогенов), вмешиваясь в работу репродуктивной системы и метаболизм.
- Нарушение синтеза стероидных гормонов: Цинк, селен и медь являются кофакторами ферментов, участвующих в синтезе кортизола, половых гормонов и гормонов щитовидной железы.
- **Эффекты отдельных микроэлементов:**
  - Алюминий (Al):
    - Нарушает чувствительность клеток паращитовидных желез к кальцию, влияя на секрецию ПТГ.
    - Подавляет активность ферментов, участвующих в метаболизме витамина D.
  - Барий (Ba):

- Острый токсикоз приводит к резкой гипокалиемии, нарушая клеточный метаболизм и потенциал-зависимые процессы, что может критически сказаться на функции эндокринных клеток.
- Ванадий (V):
  - Обладает инсулин-миметическим действием: ингибирует белки, фосфорилирующие рецептор инсулина (инсулинрецепторную тирозинфосфатазу), тем самым потенцируя эффекты инсулина.
  - Изучается как потенциальное гипогликемическое средство, но обладает токсичностью при высоких дозах.
- Железо (Fe):
  - Избыток (гемохроматоз): Накопление в поджелудочной железе приводит к повреждению бета-клеток и "бронзовому диабету". Накопление в гипофизе вызывает гипогонадотропный гипогонадизм.
  - Дефицит: Может усугублять течение гипотиреоза.
- Йод (I):
  - Ключевой эссенциальный элемент. Входит в состав тиреоидных гормонов (Т3 и Т4).
  - Дефицит: Приводит к снижению синтеза тиреоидных гормонов, компенсаторному увеличению щитовидной железы (эндемический зоб), гипотиреозу, кретинизму у детей.
  - Избыток: Может ингибировать синтез гормонов (эффект Вольфа-Чайкова) и провоцировать развитие аутоиммунного тиреоидита, гипертиреоза (йод-индуцированный тиреотоксикоз).
- Кадмий (Cd):
  - Нарушает баланс половых гормонов, вызывает дислипидемию и инсулинорезистентность, приводя к СПКЯ.
  - Он поступает в организм через те же транспортеры, что и Zn, Ca и Cu. Но имеет большую аффинность, поэтому ингибирует их абсорбцию, что приводит к дефициту. Дополнительно к этому кадмий уменьшает продукцию витамина D почками, что еще больше нарушает кальциевый метаболизм.
- Кобальт (Co):

- Ингибирует секрецию IGF-1 (инсулиноподобный фактор роста) и снижает секрецию прогестерона.
- Магний (Mg):
  - Жизненно важный микроэлемент, необходимый для функции множества белков. Его недостаток вызывает нарушения гомеостаза других важных ионов, таких как натрий, калий и кальций. Это ведет к изменению ответа клеток на разные стимулы, в том числе гормоны.
  - Дефицит магния вызывает гипопаратиреоз и в то же время резистентность клеток-мишеней к паратиреоидному гормону.
- Марганец (Mn):
  - Нужен для работы антиоксидантных ферментов (марганец-зависимая супероксиддисмутаза) и ферментов цикла мочевины (глутаминсинтетаза, аргиназа). Снижение интенсивности работы цикла мочевины ведет к увеличению отношения глутамин/глутамат, к увеличению ГАМК и нарушению работы цикла Кребса.
  - Избыток уменьшает синтез инсулина и увеличивает его деградацию. Также, нарушая метаболизм дофамина в гипофизе, увеличивает уровень пролактина и уменьшает уровень тиреотропного гормона.
- Медь (Cu):
  - Необходима для работы цитохром-с-оксидазы (дыхательная цепь), антиоксидантных ферментов (Cu/Zn-супероксиддисмутаза), дофамин бета-гидроксилазы.
  - При избытке замещает цинк в домене, отвечающем за связывание ДНК. Это нарушает сигналинг с рецепторов половых гормонов.
- Молибден (Mo):
  - Является кофактором сульфитоксидазы, альдегид оксидазы и ксантин дегидрогеназы. При дефиците накапливаются токсичные метаболиты, в том числе в клетках эндокринной системы.
- Мышьяк (As):
  - Подавляет секрецию инсулина и нарушает утилизацию глюкозы на периферии, являясь мощным индуктором

инсулинорезистентности и фактором риска развития диабета.

- Ингибирует ключевые ферменты стероидогенеза.
- Никель (Ni):
  - Может индуцировать оксидативный стресс в ткани эндокринных органов, также стимулировать TLR (Toll-подобные рецепторы), вызывая выработку провоспалительных цитокинов. Нарушает баланс гормонов оси гипоталамус - гипофиз - гонады.
- Ртуть (Hg):
  - Связывается с селеном, вызывая его дефицит. Селен является кофактором дейодиназ – ферментов, конвертирующих T4 в активный T3. Это приводит к функциональному гипотиреозу при нормальном уровне T4.
  - Ртуть связывается с сульфогруппами 3 $\beta$ -HSD (3 бета гидроксистероиддегидрогеназы), 17 $\beta$ -HSD (17 бета гидроксистероиддегидрогеназы), 21 $\alpha$ -гидролазы и ароматазы. Тем самым нарушает синтез стероидных гормонов.
- Свинец (Pb):
  - Подавляет превращение 25-(OH)D в активный 1,25-(OH)<sub>2</sub>D в почках, способствуя развитию остеопении и вторичного гиперпаратиреоза.
  - Снижает уровень рецепторов дофамина в гипофизе, активируя выработку пролактина. Уменьшает уровень соматотропина, IGF (инсулиноподобного фактора роста), ФСГ (фолликулостимулирующий гормон) и стероидогенез.
  - Активирует GSK-3 $\beta$  (киназу гликогенсинтазы), тем самым индуцируя инсулинорезистентность.
- Селен (Se):
  - Критически важен для щитовидной железы. Входит в состав дейодиназ, которые конвертируют T4 в активный T3, и в состав глутатионпероксидаз, защищающих тиреоциты от оксидативного стресса при синтезе гормонов.
  - Дефицит селена ассоциирован с аутоиммунным тиреоидитом (болезнью Хашимото), гипотиреозом и риском послеродового тиреоидита.
- Таллий (Tl):

- Вызывает оксидативный стресс и нарушает кальциевый сигналинг в клетках эндокринной системы, провоцируя их апоптоз.
- Хром (Cr):
  - Участвует в потенцировании действия инсулина, улучшая чувствительность периферических тканей к глюкозе. Его дефицит может усугублять инсулинорезистентность при метаболическом синдроме и диабете 2-го типа.
  - Токсичность в основном связана с гексавалентной формой ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), которая легко проникает в клетки и, восстанавливаясь до  $\text{Cr(III)}$ , генерирует массивный оксидативный стресс, повреждая ДНК (канцероген).
- Цинк (Zn):
  - Необходим для синтеза и секреции инсулина, связывания инсулина с рецептором. Дефицит цинка нарушает толерантность к глюкозе.
  - Участвует в синтезе тиролиберина (ТРГ) в гипоталамусе и влияет на функцию щитовидной железы.
  - Играет роль в синтезе тестостерона и сперматогенезе.

## **2. Исследование уровня токсичных и эссенциальных микроэлементов показано:**

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

- Наличие клинических симптомов, позволяющих заподозрить дефицит эссенциальных или интоксикацию токсичными элементами.
- Заболевания щитовидной железы:
  - Гипотиреоз, особенно резистентный к стандартной терапии левотироксином: Подозреваемые элементы: Se (дефицит), I (дефицит/избыток), Hg, Pb, Co.
  - Аутоиммунный тиреоидит (Хашимото): Для оценки статуса селена (Se), как модулятора аутоиммунного процесса и оксидативного стресса.
  - Зоб, узловые образования: Подозреваемые элементы: I (дефицит), Co (избыток).

- Тиреотоксикоз: Подозреваемые элементы: I (избыток).
- Нарушения репродуктивной системы:
  - Мужской гипогонадизм, олигоспермия, снижение либидо: Подозреваемые элементы: Zn (дефицит), Pb, Cd, Tl.
  - Нарушения менструального цикла, женское бесплодие: Подозреваемые элементы: Pb, Cd, As, Se (дисбаланс).
- Нарушения фосфорно-кальциевого обмена и костной ткани:
  - Остеопороз, остеомалация у пациентов без классических факторов риска: Подозреваемые элементы: Cd, Pb (снижают витамин D), Al, Mg (дефицит).
  - Нарушения метаболизма витамина D: Подозреваемые элементы: Cd, Pb, Mg.
- Ожирение и метаболические нарушения:
  - Для комплексной оценки метаболического статуса и выявления скрытых дефицитов (Zn, Cr, Mg, Se), ассоциированных с ожирением.
- Нарушения углеводного обмена:
  - Инсулинорезистентность, метаболический синдром: Подозреваемые элементы: Cr (дефицит), Mg (дефицит), Zn (дефицит), V (дисбаланс), As, Cd.
  - Сахарный диабет 1 и 2 типа с трудно контролируемым течением: Для выявления дефицитов, усугубляющих состояние, и токсичных элементов, повреждающих бета-клетки и периферические ткани.
  - Нарушение толерантности к глюкозе: Подозреваемые элементы: Cr, Mg, Zn, As.
- 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), железа (Fe), йода (I) и др.
  - Парентеральное питание: для регулярного мониторинга и предупреждения как дефицита, так и перегрузки микроэлементами (напр., марганца (Mn), который выводится через желчь; алюминия (Al), который может загрязнять растворы).
  - Несбалансированные диеты, веганство, длительное голодание: для выявления дефицита цинка (Zn), селена (Se), железа (Fe), йода (I).
  - Синдром хронической усталости, астения неясного генеза.
  - Нарушения толерантности к глюкозе, инсулинорезистентность: для

оценки статуса хрома (Cr), магния (Mg), цинка (Zn), ванадия (V).

- Нарушения функции щитовидной железы: для оценки статуса йода (I), селена (Se).
- Профессиональный анамнез:
  - Работники металлургических, гальванических, аккумуляторных производств (Pb, Cd, Ni, Sb).
  - Горнодобывающая промышленность, шахтеры (Be, Al).
  - Стоматологи и зубные техники (Hg, Pd, Pt).
  - Сварщики, литейщики (Mn, Cr, Ni, Fe, V).
  - Сельское хозяйство (использование пестицидов, содержащих As, Cu).
  - Производство стекла и керамики (Ba, Sn).
  - Авиа- и машиностроение (Be).
- Экологический анамнез:
  - Проживание в промышленных регионах.
  - Потребление воды из непроверенных источников (риск высокого содержания As, Al, Ba).
  - 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 эффективности хелатной терапии при подтвержденных отравлениях тяжелыми металлами.
  - Длительный гемодиализ: для контроля статуса цинка (Zn), селена (Se), алюминия (Al).
  - 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 десятки 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 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.

## 4. Chromolab рядом с вами

Мы в **Chromolab** понимаем, что современная эндокринология требует углубленного поиска причин метаболических и гормональных нарушений. 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 выявить скрытые причины дисфункции щитовидной железы, инсулинорезистентности и репродуктивных расстройств.

Для вас это — возможность проведения углубленной дифференциальной диагностики и персонализированной коррекции выявленных дефицитов и интоксикаций, а для ваших пациентов — шанс не просто получать заместительную терапию, а воздействовать на первопричину заболевания, добиваясь устойчивой компенсации и улучшения качества жизни.

👉 [Подробнее на сайте:](#)