

# **Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-невролога**



**CHROMOLAB**



SCAN ME

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

## **1. Биологическая роль токсических и эссенциальных микроэлементов**

Для врача-невролога понимание баланса микроэлементов является критически важным компонентом патогенеза многих заболеваний нервной системы. Дисбаланс эссенциальных и токсичных элементов лежит в основе развития нейродегенеративных заболеваний, периферических нейропатий, демиелинизирующих процессов, когнитивных и двигательных расстройств.

### **Ключевые биологические эффекты в неврологии:**

- Оксидативный стресс и повреждение нейронов: Металлы с переменной валентностью (железо, медь, марганец) участвуют в реакции Фентона, генерируя свободные радикалы. Это приводит к пероксидации липидов клеточных мембран нейронов, повреждению митохондрий и запуску апоптоза, что является общим патогенетическим звеном при болезни Паркинсона, Альцгеймера и БАС.
- Митохондриальная дисфункция: Нарушение энергетического обмена в митохондриях под действием токсичных металлов (ртуть, свинец, мышьяк) приводит к "энергетическому голоду" высокоактивных нейронов, нарушению синтеза нейромедиаторов и, в конечном итоге, к гибели нервных клеток.
- Дисфункция гемато-энцефалического барьера (ГЭБ): Хроническое воздействие токсичных металлов (свинец, кадмий) может повышать проницаемость ГЭБ, облегчая проникновение в мозг других нейротоксинов и провоспалительных цитокинов.
- Нарушение нейротрансмиссии и синаптической пластичности: Токсичные элементы, имитирующие эссенциальные (таллий – калий, свинец – кальций), нарушают работу ионных каналов и потенциал-зависимых насосов ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы). Это напрямую влияет на проведение нервного импульса, высвобождение нейромедиаторов и процессы обучения и памяти.
- Демиелинизация: Некоторые элементы (ртуть, медь) обладают прямым токсическим действием на олигодендроциты и шванновские клетки, нарушая синтез и поддержание миелиновой оболочки, что приводит к развитию периферических и центральных демиелинизирующих полинейропатий.

- **Эффекты отдельных микроэлементов:**

- Кадмий (Cd):
  - Поступает в организм через те же транспортеры, что и Zn, Ca и Cu. Но имеет большую аффинность, поэтому ингибитирует их абсорбцию, что приводит к дефициту. Также кадмий нарушает поступление цинка именно в ЦНС. Имбаланс ионов является одним из факторов риска нейродегенеративных заболеваний.
  - Также кадмий нарушает действие нейротрансмиттеров. Он увеличивает экспрессию ацетилхолинэстеразы и снижает экспрессию ацетилхолиновых рецепторов.
- Кобальт (Co):
  - Стимулирует аутофагию и увеличивает продукцию бета-амилоида и гиперfosфорилирование тау-белков. Также ингибитирует пролилизомеразу, что увеличивает скорость накопления белков с аномальным фолдингом. Это ключевой механизм нейродегенеративных заболеваний.
- Магний (Mg):
  - Жизненно важный микроэлемент, необходимый для функции NMDA-рецепторов. Его дефицит приводит гиперактивации NMDA-рецепторов, эксайтотоксичности и массовой гибели нейронов.
  - Дефицит магния ассоциирован с повышенным риском мигрени, депрессии, тревожности и судорожной активностью.
- 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 ведет к накоплению в базальных ганглиях (в первую очередь, в бледном шаре и стриатуме), вызывая манганоз – синдром, напоминающий болезнь Паркинсона, с ригидностью, трепором и дистонией.
- Медь (Cu):

- Необходима для работы цитохром-с-оксидазы (дыхательная цепь), антиоксидантных ферментов (Cu/Zn-супероксиддисмутаза), дофамин бета-гидроксилазы.
- Нарушение регуляции метаболизма меди лежит в основе болезней Вильсона (накопление в печени и базальных ганглиях) и Менкеса (дефицит).
- Молибден (Mo):
  - Является кофактором сульфитоксидазы, альдегид оксидазы и ксантина дегидрогеназы. Дефицит приводит к тяжелой неврологической симптоматике (судороги, повреждение мозга) из-за накопления токсичных метаболитов.
- Мышьяк (As):
  - Нарушает экспрессию филаментов нервных волокон и тау-белков, вызывая аксональную дегенерацию.
  - Ингибитирует энергетический обмен, приводя к "энергетическому голоду" нейронов.
- Никель (Ni):
  - Может индуцировать оксидативный стресс в нервной ткани, также стимулировать TLR (Toll-подобные рецепторы), вызывая выработку провоспалительных цитокинов. Описаны случаи головокружения и нейропатии при острых отравлениях.
- Ртуть (Hg):
  - Связывается с селеном и вызывает его дефицит. Вследствие этого не хватает селенопротеинов (таких как глутатионпероксидаза), критически важных для антиоксидантной защиты нейронов.
  - Связывается с белками кальциевого сигналинга, кальциевыми каналами и белками, связывающими кальций. Тем самым нарушая кальциевый гомеостаз. Это вызывает неадекватный ответ нейронов на возбуждение и нарушает синаптическую передачу.
  - Связывается с сльфогидрильными группами различных белков, в том числе микротрубочек, нарушая структуру аксона и повышая риск нейродегенеративных заболеваний.
- Свинец (Pb):
  - Ионы свинца похожи на ионы кальция, поэтому он

связывается с белками сигнального кальциевого каскада и с белками, связывающими кальций (этим увеличивая его концентрацию в клетке). Тем самым нейроны гиперактивируются и при продолжающемся воздействии уходят в апоптоз.

- Свинец вызывает увеличение экспрессии генов амилоидного прекурсора и бета-протеазы. Это способствует развитию нейродегенеративных заболеваний.

- Селен (Se):

- В составе селенопротеинов (глутатионпероксидазы) – мощный антиоксидант, защищающий нейроны.
- Дефицит ассоциирован с нарушениями когнитивных функций, а в крайних случаях – с болезнью Кешана (может поражаться и нервная система).

- Серебро (Ag):

- Связывается с сульфидрильными группами, нарушая функцию ферментов и транспортных белков (в том числе гемоглобина, вызывая метгемоглобинемию и гипоксию нервных тканей).

- Таллий (Tl):

- Высокотоксичен. Замещает калий в  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазе, парализуя энергозависимые процессы в нейронах.
- Вызывает тяжелейшую полинейропатию с сильными болями и парестезиями, а также алопецию (выпадение волос), энцефалопатию и атаксию.

- 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 ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), которая легко проникает в клетки и, восстанавливаясь до  $\text{Cr(III)}$ , генерирует массивный оксидативный стресс, повреждая ДНК (канцероген).

- Цинк (Zn):

- Критически важен для синаптической передачи, являясь

модулятором NMDA- и GABA-рецепторов.

- Участвует в структуре "цинковых пальцев" транскрипционных факторов, регулируя экспрессию генов в нейронах.
- Избыток цинка может провоцировать эксайтотоксичность.

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

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

- Периферические нейропатии неясного генеза:
  - Сенсорные и моторные полинейропатии (As, Pb, Tl, Hg).
  - Болевые нейропатии (Tl, As).
  - Нейропатии с преимущественным поражением двигательных волокон ("висячая кисть" при отравлении Pb).
- Нейродегенеративные и двигательные расстройства:
  - Паркинсонизм, особенно атипичный или с ранним началом (Mn, Co, Cu – болезнь Вильсона).
  - Мозжечковая атаксия (Hg, Pb, Mn).
  - Боковой амиотрофический склероз (БАС) – для оценки роли токсических металлов и дефицита Se, Cu, Zn.
- Когнитивные нарушения и энцефалопатии:
  - Раннее начало болезни Альцгеймера или быстрое прогрессирование.
  - Необъяснимые энцефалопатии, спутанность сознания (As, Hg, Mn, Pb).
  - Нарушения памяти и внимания у молодых пациентов.
- Демиелинизирующие заболевания:
  - При подозрении на токсическую демиелинизацию в дифференциальной диагностике с рассеянным склерозом (Cu, Hg).
- Судорожный синдром:
  - Эпилепсия или судороги неясной этиологии (Mg – дефицит, Pb, органические соединения Sn).
- 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, 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 практика врача-невролога требует углубленного поиска причин поражения нервной системы. 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 или дефицитарную природу неврологического заболевания.

Для вас это — возможность проведения углубленной дифференциальной диагностики нейропатий, энцефалопатий, когнитивных и двигательных расстройств, а для ваших пациентов — шанс выявить и устранить скрытую причину заболевания, предотвратив необратимое повреждение нервной ткани.

 [Подробнее на сайте](#)