

Токсичные и эссенциальные микроэлементы в практике врача-невролога



CHROMOLAB



SCAN ME

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

1. Биологическая роль токсических и эссенциальных микроэлементов

Для врача-невролога понимание баланса микроэлементов критически важно. Нервная система чрезвычайно чувствительна как к дефициту эссенциальных элементов, так и к токсическому воздействию тяжелых металлов. Нарушение этого хрупкого равновесия лежит в основе широкого спектра неврологических расстройств – от периферических нейропатий до нейродегенеративных заболеваний.

Ключевые биологические эффекты в неврологии:

- Оксидативный стресс в нервной ткани: Нейроны особенно уязвимы к оксидативному повреждению из-за высокого потребления кислорода, богатства полиненасыщенными жирными кислотами и сравнительно низкого уровня антиоксидантных ферментов. Токсичные элементы (Hg, Pb, Mn, Al) провоцируют образование свободных радикалов, повреждающих липиды мембран (демиелинизация), митохондрии и белки нейронов, что ведет к апоптозу и нейродегенерации.
- Митохондриальная дисфункция: Многие металлы (Hg, As, Pb) накапливаются в митохондриях, нарушая работу дыхательной цепи, снижая синтез АТФ и повышая продукцию активных форм кислорода. Это приводит к "энергетическому голоду" высокоактивных нейронов и их гибели.
- Нарушение нейротрансмиссии и синаптической передачи: Токсичные металлы часто имитируют эссенциальные (Pb → Ca, Hg → Zn, Al → Mg). Свинец, конкурируя с кальцием, нарушает высвобождение нейромедиаторов. Ртуть нарушает работу глутаматергических систем (эксайтотоксичность).
- Провокация нейровоспаления: Накопление токсичных металлов активирует микроглию и астроциты, запуская каскад провоспалительных цитокинов (TNF-α, IL-1β, IL-6), что усугубляет повреждение нейронов и играет ключевую роль в патогенезе болезни Альцгеймера, Паркинсона и БАС.
- Дисфункция гемато-энцефалического барьера (ГЭБ): Токсичные металлы могут повышать проницаемость ГЭБ, облегчая собственное проникновение в мозг и доступ других нейротоксинов.

- **Эссенциальные микроэлементы (краткий обзор):**

- Магний (Mg): Природный антагонист NMDA-рецепторов. Дефицит приводит к повышенной возбудимости нейронов, мышечным судорогам, тремору, мигрени и повышенному риску инсульта.
- Цинк (Zn): Критически важен для синаптической передачи, являясь сигнальной молекулой. Участвует в метаболизме нейромедиаторов, работе рецепторов. Дефицит приводит к когнитивным нарушениям, дисгевзии, нарушению обучения и памяти.
- Селен (Se): Ключевой компонент антиоксидантной защиты (глутатионпероксидаза, тиоредоксинредуктаза). Защищает нейроны от оксидативного стресса. Дефицит ассоциирован с когнитивным снижением.
- Медь (Cu): Участие в антиоксидантной защите (Cu/Zn-супероксиддисмутаза), синтезе миелина, метаболизме нейромедиаторов (норадреналин). Дисбаланс (дефицит или перегрузка) играет роль в патогенезе болезней Альцгеймера, Паркинсона и Вильсона.
- Железо (Fe): Необходимо для синтеза миелина, работы дыхательной цепи. Избыток железа в мозге (при нейродегенеративных заболеваниях, геморрагическом инсульте) катализирует образование свободных радикалов и усиливает оксидативный стресс.
- Марганец (Mn): Кофактор ферментов антиоксидантной защиты (Mn-СОД), метаболизма глутамата (глутаминсинтетаза). Избыток приводит к синдрому, напоминающему болезнь Паркинсона (манганизм).
- Кобальт (Co): Входит в состав витамина В12. Дефицит приводит к демиелинизации проводящих путей спинного мозга (фуникулярный миелоз), периферической нейропатии и когнитивным расстройствам.

- **Токсичные микроэлементы и их мишени:**

- Свинец (Pb): Ингибирует синтез гема, нарушает гомеостаз и действие кальция ухудшая синаптическую передачу. Вызывает демиелинизацию, снижение IQ, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у детей; у взрослых – периферическую моторную нейропатию (чаще – лучевой нерв), энцефалопатию.
- Ртуть (Hg): Высокотоксична для ЦНС. Накапливается в нейронах,

нарушая деление клеток, миграцию и организацию мозга. Вызывает тремор, атаксию, нарушения зрения и слуха, эретизм (ртутный невроз), парестезии.

- Марганец (Mn): Избыток накапливается в базальных ганглиях (в первую очередь – бледном шаре и стриатуме), вызывая синдром паркинсонизма (ригидность, брадикинезия, тремор), дистонию.
- Алюминий (Al): Ингибирует активность ферментов, участвующих в метаболизме глюкозы и нейромедиаторов. Нарушает фосфорилирование тау-белка, способствуя образованию нейрофибриллярных клубков. Ассоциирован с энцефалопатией при диализе и, по некоторым данным, с болезнью Альцгеймера.
- Мышьяк (As): Вызывает тяжелую аксональную полинейропатию (чувствительную и моторную). Может проявляться энцефалопатией, головными болями.
- Барий (Ba): Блокирует калиевые каналы, приводя к мышечной слабости и парезам (вплоть до дыхательной недостаточности), а также к аритмиям.
- Олово (Sn): Органические соединения олова (трибутилолово) являются мощными нейротоксикантами, вызывающими демиелинизацию.

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 полинейропатия неясного генеза:
 - Чувствительно-моторная полинейропатия: подозрение на отравление мышьяком (As), реже – ртутью (Hg).
- Тремор:
 - Интенционный тремор: характерен для интоксикации ртутью (Hg).
 - Тремор покоя, ригидность, брадикинезия (паркинсонизм): требуют исключения интоксикации марганцем (Mn), а также оценки статуса железа (Fe) и меди (Cu).
- Мозжечковая атаксия: Нарушение координации, шаткость походки –

типичны для отравления ртутью (Hg), органическими соединениями олова (Sn).

- Когнитивные нарушения, снижение памяти, энцефалопатия:
 - Ассоциированы с накоплением алюминия (Al), свинца (Pb), марганца (Mn), ртути (Hg).
 - Требуют оценки статуса цинка (Zn), меди (Cu), селена (Se), витамина B12 (Co).
- Мышечная слабость, парезы: Могут быть вызваны избытком бария (Ba) (блокада калиевых каналов) или дефицитом селена (Se) (миопатия).
- Нарушения слуха и зрения: Парестезии, сужение полей зрения, нарушение слуха – характерны для интоксикации ртутью (Hg).
- Аносмия (потеря обоняния): Классический признак острой интоксикации кадмием (Cd), также может быть при дефиците цинка (Zn).
- 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, эретизм (неуверенность, застенчивость, раздражительность): Описаны при отравлении марганцем (Mn) и ртутью (Hg).
 - Синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у детей: Ассоциирован с интоксикацией свинцом (Pb).
- Двигательные расстройства:
 - Дистония, хорей: Могут быть проявлением интоксикации марганцем (Mn), а также болезни Вильсона (нарушение метаболизма меди – Cu).
 - Миоклонии: Могут наблюдаться при отравлении висмутом (Bi), ртутью (Hg).
- 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.
- 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 неврологической практике все чаще встречаются случаи, где причина периферической нейропатии, когнитивного снижения, тремора или энцефалопатии кроется в хроническом дисбалансе микроэлементов. Наша задача в **Chromolab** — предоставить вам надежный диагностический инструмент, который позволит за одним исследованием оценить как риски нейротоксичности, так и статус жизненно важных для нервной системы 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 между наследственными, воспалительными и токсическими причинами неврологической патологии, выявить скрытые причины заболеваний и назначить патогенетическую терапию. Мы всегда готовы к оперативному сотрудничеству и консультациям по интерпретации результатов. Для вас — это расширение диагностических возможностей и ключ к разгадке сложных клинических случаев, а для ваших пациентов — шанс на точный диагноз и эффективное лечение.

 [Подробнее на сайте](#)

 [Подробнее на сайте](#)

 [Подробнее на сайте](#)