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 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 (Na+/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:**
  - Алюминий (Al):
    - Накапливается в ЦНС, способствует агрегации гиперфосфорилированного тау-белка (нейрофибриллярные клубки) и бета-амилоида, играя роль в патогенезе болезни Альцгеймера и диалектической энцефалопатии.
    - Вызывает оксидативный стресс и нарушает функцию митохондрий в нейронах.
  - Барий (Ba):
    - Блокирует калиевые каналы, приводя к резкой гипокалиемии, что проявляется прогрессирующим восходящим вялым параличом.
  - Ванадий (V):
    - Может вызывать тремор и нарушение координации при остром отравлении.
    - Ингибирует Na+/K+-АТФазу, потенциально нарушая потенциал действия нейронов.
  - Железо (Fe):
    - Дисрегуляция в ЦНС: Избыточное накопление железа в базальных ганглиях наблюдается при нейродегенеративных заболеваниях с двигательными нарушениями: болезни Паркинсона (черная субстанция), Гентингтона.
    - Участвует в реакции Фентона, усугубляя оксидативный стресс в очаге поражения.
  - Йод (I):
    - Дефицит: Критически важен для развития ЦНС. Внутриутробный и детский дефицит приводит к необратимому кретинизму, характеризующемуся тяжелой умственной отсталостью.
    - У взрослых дефицит вызывает гипотиреоз, проявляющийся заторможенностью, когнитивным снижением, депрессией.
  - Кадмий (Cd):
    - 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. 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 гиперфосфорилирование тау-белков. Также ингибирует 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, тремором 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 ксантин 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.
        - Ингибирует 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.
    - Олово (Sn):
        - Органические соединения (триалкил олово) — мощные нейротоксиканты. Вызывают отек мозга, демиелинизацию, проявляются головной болью, нарушением зрения, судорогами, психозом.
    - Палладий (Pd) и Платина (Pt):
        - Платиновые препараты (цисплатин) вызывают тяжелую дозозависимую периферическую сенсорную нейропатию, которая может быть необратимой.
        - Палладий, как и никель, является аллергеном.
    - 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 сульфгидрильными 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).
- Сурьма (Sb):
  - По действию схожа с мышьяком, но менее токсична. Может вызывать периферическую нейропатию.
- Таллий (Tl):
  - Высокотоксичен. Замещает калий в Na+/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 инсулинорезистентности. Инсулинорезистентность является звеном патогенеза метаболического синдрома, увеличивающего сердечно-сосудистый риск.
  - Токсичность в основном связана с гексавалентной формой (CrO42-), которая легко проникает в клетки и, восстанавливаясь до 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 показано в следующих клинических ситуациях:

- Наличие клинических симптомов, позволяющих заподозрить дефицит эссенциальных или интоксикацию токсичными элементами.
- Периферические полинейропатии:
    - Сенсорные: Подозреваемые элементы: As, Tl, Pb, Cd, Hg, Zn (избыток/дефицит).
    - Моторные: Подозреваемые элементы: Pb, Sn (органическое).
    - Болезненные: Подозреваемые элементы: Tl, As.
- Двигательные расстройства:
    - Паркинсонизм: Подозреваемые элементы: Mn, Cu (болезнь Вильсона), Fe (гемохроматоз), Pb, Co.
    - Тремор: Подозреваемые элементы: Hg, Pb, Mn, Li.
    - Дистония, атаксия: Подозреваемые элементы: Cu (болезнь Вильсона), Mn, Hg.
- Когнитивные нарушения и энцефалопатия:
    - «Мозговой туман», снижение памяти: Подозреваемые элементы: Pb, Hg, Al, As, Mn.
    - Деменция (в т.ч. раннее начало): Подозреваемые элементы: Al, Cu (болезнь Вильсона), Fe, Mn.
- Психотические расстройства: Подозреваемые элементы: Mn, Tl, Hg.
- Миелопатии:
    - Подострая комбинированная дегенерация спинного мозга: Подозреваемые элементы: Co (дефицит B12), Cu (дефицит).
- Нервно-мышечные расстройства, парезы: Подозреваемые элементы: Ba, Pb, Sn (органическое).
- Судорожный синдром: Подозреваемые элементы: Pb, Tl, Sn

(органическое), As, Mg (дефицит).

- 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: Ключевое преимущество. 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 неврология 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: