Медь в практике врача-терапевта

CHROMOLAB

SCAN ME

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

1. Биологическая роль меди

Медь (Cu) – жизненно важный микроэлемент, участвующий во многих биохимических процессах организма.

После всасывания в тонком кишечнике медь связывается с белками-переносчиками и транспортируется в печень – ключевой орган ее обмена. В крови около 90–95% меди связано с церулоплазмином (ферментом-оксидоредуктазой), остальное – с альбумином или в свободной форме. Избыток меди выводится преимущественно с желчью.

В организме медь присутствует в двух основных валентных формах (Cu^{2+} и Cu^{+}) и легко участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Медь необходима для работы ряда ферментов и молекул: она обеспечивает нормальный метаболизм железа, синтез коллагена и эластина, выработку меланина, антиоксидантную защиту клеток и поддержание функций нервной и иммунной систем.

📌 **Ключевые биологические эффекты:**

- **Метаболические функции:** Медь входит в состав дыхательных ферментов митохондрий (например, цитохром-с-оксидазы) и необходима для выработки клеточной энергии. Участвует в синтезе коллагена и эластина (фермент лизилоксидаза), обеспечивая прочность соединительной ткани, сосудистой стенки и костей. Медь влияет на синтез некоторых гормонов и витаминов, поддерживая общий обмен веществ.

- **Антиоксидантная защита:** Является кофактором антиоксидантных ферментов, в том числе медь-цинк-содержащей супероксиддисмутазы (Cu/Zn-СОД) и церулоплазмина. Эти ферменты нейтрализуют свободные радикалы и предотвращают окислительное повреждение клеток. Достаточный уровень меди важен для защиты тканей от окислительного стресса и воспаления.

- **Иммунная роль:** Медь нужна для созревания и функционирования иммунных клеток. Дефицит меди приводит к снижению числа нейтрофилов (нейтропении) и лимфоцитов, что ослабляет иммунитет и повышает восприимчивость к инфекциям. Оптимальное обеспечение медью способствует нормальной работе иммунной системы и выработке антител.

- **Гематологическая роль:** Необходима для всасывания железа в кишечнике и его включения в гемоглобин. Медь участвует в кроветворении: без нее нарушается созревание эритроцитов,

развивается микроцитарная анемия, не поддающаяся терапии препаратами железа. Также дефицит меди может вызывать нейтропению и легкую тромбоцитопению, отражаясь на составе крови.

- **Нейровегетативные процессы:** Медь обеспечивает нормальное развитие и функцию нервной системы. Она участвует в синтезе нейромедиаторов (например, дофамина и норадреналина) и в миелинизации нервных волокон. Достаточный уровень меди поддерживает когнитивные функции, память и концентрацию, а также работу вегетативной нервной системы. Недостаток меди нарушает проведение нервных импульсов, что может приводить к периферической невропатии, атаксии и вегетативным дисфункциям.

2. Исследование уровня меди показано:

В клинической практике терапевта исследование уровня меди в крови рекомендуется при следующих ситуациях:

- **Хроническая усталость и астенический синдром:** пациенты с постоянной слабостью, быстрой утомляемостью, снижением работоспособности (подозрение на дефицит меди, влияющий на энергетический обмен).

- **Психоэмоциональные нарушения:** тревожность, раздражительность, депрессивные состояния или когнитивный спад неясного генеза (могут быть связаны как с дефицитом, так и с избытком меди).

- **Анемии неясного генеза:** особенно микроцитарная или рефрактерная анемия, сочетающаяся с нормальным уровнем железа, а также одновременное снижение лейкоцитов/нейтрофилов – возможный признак недостатка меди.

- **Полинейропатии и миелопатии:** онемение, покалывание в конечностях, мышечная слабость, нарушение ходьбы, атаксия или другие неврологические симптомы без ясной причины (исключение дефицита меди как потенциальной причины поражения периферической и центральной нервной системы).

- **Синдром мальабсорбции и патология ЖКТ:** хронические заболевания кишечника (целиакия, болезнь Крона, неспецифический язвенный колит), состояния после резекции желудка/кишечника или бариатрические операции, длительная диарея – все это нарушает

всасывание микроэлементов и может приводить к дефициту меди.

- **Дерматологические и трихологические проблемы:** гипопигментация кожи (необычная бледность, витилигообразные пятна), преждевременное поседение волос, сухость кожи, ломкость ногтей, выпадение волос или замедление их роста – возможные проявления нарушения обмена меди.

- **Подозрение на нарушения обмена меди:** наследственные заболевания, например болезнь Вильсона – Коновалова (при сочетании печеночных, неврологических и психических симптомов, наличии кольца Кайзера–Флейшера на роговице) или синдром Менкеса (у детей с отставанием в развитии, судорогами, ломкими волосами). В этих случаях определение меди и церулоплазмина крови является обязательным.

- **Другие случаи:** острые отравления солями меди (промышленные или бытовые интоксикации), длительный бесконтрольный прием БАДов с медью, прогрессирующие дегенеративные заболевания (для дифференциальной диагностики роли меди).

3. Состояния дисбаланса меди

Состояния, ассоциированные с дефицитом меди

Недостаточность меди отражается на разных системах организма и имеет следующие проявления:

- **Общесоматические:** хроническая усталость, слабость, снижение выносливости и толерантности к физической нагрузке. Часто наблюдаются снижение аппетита и потеря массы тела. Характерно снижение иммунитета – пациенты чаще страдают инфекциями, медленнее выздоравливают.

- **Неврологические:** периферическая нейропатия (парестезии, онемение и чувство «мурашек» в руках и ногах, снижение чувствительности), мышечная слабость. Атаксическая миелопатия – поражение спинного мозга (особенно задних столбов), ведущее к нарушению координации, неустойчивой походке, сложности с равновесием. При тяжелом дефиците меди возможны тремор, спастичность, нарушения зрения и равновесия, ухудшение рефлексов.

- **Психоэмоциональные:** дефицит меди может приводить к угнетению синтеза дофамина и других нейромедиаторов, что проявляется снижением настроения, депрессией, апатией. Отмечаются повышенная

раздражительность, трудности с концентрацией внимания и ухудшение памяти. У некоторых пациентов – тревожность, снижение мотивации и общей когнитивной функции.

- **Гематологические:** развиваются анемии, чаще микроцитарные. Характерный признак – анемия не реагирует на лечение железом, так как при недостатке меди нарушена утилизация железа. Также выявляется нейтропения (низкие нейтрофилы), возможна умеренная тромбоцитопения (без выраженного геморрагического синдрома). В совокупности это приводит к бледности кожных покровов и слизистых, слабости, одышке при нагрузке.

- **Кожные и волосяные:** уменьшается синтез меланина, из-за чего кожа может терять пигмент (очаговая гипопигментация) и выглядеть бледной. Волосы теряют цвет (ранняя седина, тусклость), становятся ломкими и выпадающими; описан даже риск развития андрогенетической алопеции при дефиците меди. Ногти тоже становятся ломкими, слоятся. Кожа суше, могут появляться высыпания, замедляется заживление ран.

- **Метаболические:** нарушение формирования костной ткани – дефицит меди ассоциирован с остеопорозом и повышенной хрупкостью костей, поражениями суставов. Страдает обмен веществ: возможно развитие атерогенной дислипидемии (повышение уровня холестерина), метаболического синдрома и даже снижение толерантности к глюкозе. Низкий уровень меди может способствовать неалкогольной жировой болезни печени (NAFLD) и увеличивать риск сердечно-сосудистых заболеваний за счет снижения антиоксидантной защиты и фибринолитической активности крови.

Состояния, ассоциированные с избытком меди

Хронический избыток меди в организме (например, при болезни Вильсона–Коновалова или профессиональных интоксикациях) может иметь серьезные последствия:

- **Токсические (интоксикационные) проявления:** избыточная медь действует как внутриклеточный яд, вызывая тошноту, рвоту, металлический привкус во рту, схваткообразные боли в животе и диарею. Нередко появляются головные боли, головокружение, слабость и снижение аппетита. При острых отравлениях возможно гемолиз эритроцитов (гемолитическая анемия) и повреждение почек.

- **Воспаление и повреждение органов:** накопление меди приводит к воспалительным и деструктивным процессам в тканях. Прежде всего

страдает печень: развивается хронический гепатит, стеатоз, фиброз и в итоге цирроз печени. Может поражаться почечная паренхима, что ведет к нефропатии и прогрессирующей почечной недостаточности. Повышенный уровень меди нередко сопровождается желтухой (пожелтение кожи и склер) вследствие поражения печени и внутрисосудистого гемолиза.

- **Нейротоксичность:** избыток меди токсично действует на центральную нервную систему. Возникают тремор рук, гиперкинезы, нарушения координации движений и равновесия. Появляются расстройства глотания и речи (дизартрия), изменения почерка. Страдает психика: отмечаются раздражительность, перепады настроения, агрессивность или, напротив, апатия. В тяжелых случаях формируется синдром паркинсонизма, деменция.

- **Дегенеративные изменения:** хроническая медь-индуцированная токсичность ускоряет окислительное повреждение клеток и приводит к необратимым дегенеративным процессам. В печени это цирротические изменения, в головном мозге – гибель нейронов и глиоз (наблюдается при болезни Вильсона). Избыток меди рассматривается как фактор риска нейродегенеративных заболеваний (есть данные о связи повышенной накопления меди с болезнью Альцгеймера и другими деменциями). Также отмечается усугубление дегенеративных процессов в других органах (например, в поджелудочной железе при сахарном диабете).

- **Общее ухудшение самочувствия:** даже умеренно повышенный уровень меди в организме может сопровождаться хронической усталостью, снижением концентрации внимания, нарушениями сна. Пациенты часто жалуются на общее недомогание, снижение массы тела, субфебрилитет. Без устранения причины избытка меди общее состояние постепенно прогрессирующе ухудшается.

4. Преимущества определения уровня меди методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС)

Лабораторная диагностика уровня меди традиционно выполняется методами атомной абсорбции или колориметрии, однако хромато-масс-спектрометрия (в частности, метод индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии, ИСП-МС) обладает рядом ключевых преимуществ:

- **Высочайшая чувствительность и точность:** ХМС позволяет выявлять даже минимальные концентрации меди. Это особенно важно для диагностики раннего дефицита микроэлемента или мониторинга

пациентов с субклиническими нарушениями. Метод обеспечивает точные количественные результаты в широком диапазоне – от глубокого дефицита до токсических уровней.

- **Отличная специфичность:** Масс-спектрометрические методы практически исключают помехи со стороны других веществ в образце. В отличие от оптических методов, ХМС анализирует массу и заряд атомов, поэтому вероятность ложных результатов из-за перекрестных реакций минимальна. Это гарантирует врачу достоверность полученных данных.

- **Широкие возможности анализа:** ХМС позволяет одновременно измерять содержание сразу нескольких микроэлементов и минералов в одном образце. Такой мультиэлементный подход экономит время и облегчает комплексную оценку минерального статуса пациента.

- **Мировые стандарты и рекомендации:** Хроматографо-масс-спектрометрический анализ микроэлементов признан “золотым стандартом” лабораторной диагностики их уровня. Международные и отечественные профессиональные сообщества рекомендуют использовать ИСП-МС для точного определения микроэлементов, в том числе меди, благодаря высокой надежности и воспроизводимости результатов. Применение ХМС особенно актуально у пациентов с низкими концентрациями меди (например, дети, беременные, пациенты с тяжелой мальабсорбцией), где требуются максимально чувствительные методы.

5. Chromolab рядом с вами

Мы в **Chromolab** понимаем, что врачу важно опираться не только на теоретическую информацию, но и видеть примеры успешного решения клинических задач. Поэтому мы не просто выполняем лабораторные исследования, а помогаем врачам применять их результаты для улучшения качества жизни пациентов.

Мы осуществляем всестороннюю поддержку врачей и проводим консультации для решения сложных вопросов лабораторной диагностики, всегда готовы к сотрудничеству и обмену опытом.

Для вас это означает уверенность в результатах лабораторных исследований, а для ваших пациентов — своевременную помощь и доверие к выбранной тактике лечения.

👉 Подробнее на сайте:

6. Список литературы

Peña M.M., Lee J., Thiele D.J. A delicate balance: homeostatic control of copper uptake and distribution. Nat Rev Mol Cell Biol. 2017;18(1):32–48. doi:10.1038/nrm.2016.142

Lutsenko S. Copper trafficking and homeostasis in the human body: progress toward an integrated view. Metallomics. 2016;8(9):887–899. doi:10.1039/C6MT00136C

Gaetke L.M., Chow-Johnson H.S., Chow C.K. Copper: toxicological relevance and mechanisms. Arch Toxicol. 2014;88(11):1929–1938. doi:10.1007/s00204-014-1355-y

Kumar N. Copper deficiency myelopathy (human swayback). Mayo Clin Proc. 2020;95(3):507–519. doi:10.1016/j.mayocp.2019.06.034

Fossati L., et al. Neurological and systemic symptoms in copper deficiency: a systematic review. Nutrients. 2021;13(11):3992. doi:10.3390/nu13113992

Ferenci P. Diagnosis and current therapy of Wilson's disease: a review. Eur J Pediatr. 2022;181(2):705–712. doi:10.1007/s00431-021-04249-8

Gaggelli E., et al. Copper homeostasis and neurodegenerative disorders (Alzheimer's, prion, and Parkinson's diseases). Chem Rev. 2021;121(4):2449–2506. doi:10.1021/acs.chemrev.0c00869