

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ДИСБАЛАНСА У ДЕТЕЙ С МИОПИЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ



Абдуллаева Нурия Джалгасовна

Медицинский институт Каракалпакстана, Республика Узбекистан, г. Нукус

### ЭКОЛОГИК НОҚУЛАЙ ШАРОИТЛАРДА ЯШОВЧИ МИОПИЯ БИЛАН КАСАЛЛАНГАН БОЛАЛАРДА МИКРОЭЛЕМЕНТЛАР ДИСБАЛАНСИНING ХУСУСИЯТЛАРИ

Абдуллаева Нурия Джалгасовна

Қорақалпоғистон тиббиёт институти, Ўзбекистон Республикаси, Нукус ш.

### FEATURES OF MICROELEMENTAL DISBALANCE IN CHILDREN WITH MIOPIA LIVING IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Abdullaeva Nuriya Djalgasovna

Karakalpakstan Medical Institute, Republic of Uzbekistan, Nukus

e-mail: [nuriya.77@inbox.ru](mailto:nuriya.77@inbox.ru)

**Резюме.** Тадқиқотда турли даражадаги миопияси бўлган 4-17 ёшдаги 113 нафар бола (226 та кўз) иштирок этди. Соч таркибидаги микро- ва макроэлементлар миқдорини аниқлаш нейтрон-активацион таҳлил усулида амалга оширилди. Офтальмологик усуллар (визометрия, авторефрактометрия, биометрия, ОКТ) ва маълумотларни статистик қайта ишлашдан фойдаланилган. Натижада, миопияли болаларда Zn (-61,5%), Se (-53,1%), Cu (-32,7%), Fe (-24,3%) ва Mg (-16,2%) этишмовчилиги аниқланди. Zn концентрацияси ва кўзнинг олд-орқа ўқи узунлиги ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,01$ ), шунингдек, Se миқдори ва миопия даражаси ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,05$ ) ўртасида сезиларли корреляциялар аниқланди.

**Калит сўзлар:** миопия, болалар, микроэлементлар, рух, селен, Қорақалпоғистон, Жанубий Оролбўйи, антиоксидант ҳимоя, экологик ноқулайлик.

**Abstract.** The study involved 113 children (226 eyes) aged 4-17 years with varying degrees of myopia. Determination of the content of micro- and macroelements in hair was carried out by neutron activation analysis. Ophthalmological methods (visometry, autorefractometry, biometry, OCT) and statistical data processing were used. As a result, pronounced deficiencies in Zn (-61.5%), Se (-53.1%), Cu (-32.7%), Fe (-24.3%), and Mg (-16.2%) were identified in children with myopia. Significant correlations were established between the concentration of Zn and the length of the anterior-posterior axis of the eye ( $r = -0.58$ ;  $p < 0.01$ ), as well as between the content of Se and the degree of myopia ( $r = -0.47$ ;  $p < 0.05$ ).

**Keywords:** myopia, children, trace elements, zinc, selenium, Karakalpakstan, Southern Aral region, oxidative stress, environmental pollution.

**Актуальность.** Миопия (близорукость) — одно из наиболее распространённых заболеваний органа зрения у детей и подростков, характеризующееся нарушением рефракции и снижением остроты зрения вдаль. По данным ВОЗ, распространённость миопии за последние десятилетия приняла характер «эпидемии», и к 2050 году более половины населения Земли может иметь данную патологию [1, 6].

Патогенез миопии является многофакторным: он включает генетические, визуально-эргономические, метаболические и экологические компоненты. В последние годы особое внимание

уделяется биохимическим и микроэлементным механизмам развития близорукости. Дефицит таких элементов, как цинк, селен, медь, железо и магний, способен нарушать процессы коллагенообразования, ремоделирования склеры, метаболизм антиоксидантных ферментов и передачу нервных импульсов в сетчатке [2, 7].

Южное Приаралье, включая территорию Республики Каракалпакстан, относится к числу наиболее экологически неблагополучных регионов Центральной Азии. Вследствие усыхания Аральского моря и загрязнения атмосферы тяжёлыми металлами и солевыми аэрозолями здесь

сформировались биогеохимические зоны с выраженным дефицитом микроэлементов в почвах, воде и растительных продуктах. Это обстоятельство может играть роль фона для формирования микроэлементных нарушений у детского населения и, как следствие, способствовать развитию миопии [3, 4, 5].

Несмотря на активное внедрение оптических и фармакологических методов контроля прогрессирования миопии, показатели её роста в детской популяции остаются высокими, а ранний дебют заболевания повышает вероятность формирования высокой миопии и связанных с ней осложнений (миопическая макулопатия, хориоретинальная атрофия, отслойка сетчатки), что в перспективе ведёт к снижению качества жизни и увеличению медико-социальной нагрузки. В этих условиях особенно актуален поиск модифицируемых системных факторов риска, воздействие на которые возможно на уровне первичной профилактики и ранней коррекции, включая нутритивные и микроэлементные нарушения [8].

В то же время данные о микроэлементном статусе детей с миопией, проживающих в биогеохимически неблагоприятных регионах Узбекистана, остаются ограниченными, а роль сочетанного дефицита эссенциальных элементов и воздействия токсичных металлов в формировании структурных изменений глаза недостаточно изучена. Отсутствие регионально-специфичных критериев и прогностических маркеров затрудняет разработку адресных профилактических программ, основанных на объективной оценке микроэлементного дисбаланса. Поэтому комплексное исследование микроэлементного профиля с сопоставлением его с биометрическими параметрами глаза представляет существенный научный и практический интерес для обоснования ранней диагностики, стратификации риска прогрессирования и разработки профилактических мероприятий в условиях Южного Приаралья.

**Цель исследования.** Провести комплексное изучение микроэлементного статуса у детей с миопией, проживающих в условиях экологического неблагоприятия Южного Приаралья, и определить роль микроэлементного дисбаланса в механизмах развития близорукости

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось в 2021–2025 гг. на базе глазных кабинетов районных медицинских объединений и консультативной поликлиники Каракалпакского территориального филиала Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза.

Обследовано 113 пациентов (226 глаз) в возрасте от 4 до 17 лет, проживающих в экологически неблагоприятных районах Южного Приаралья. Из них 62 ребёнка (124 глаза) имели приобретённую форму миопии, 51 ребёнок (102 глаза) — врождённую. По половому признаку: мальчики — 48,0 %, девочки — 52,0 %. Различий по национальному составу не выявлено (коренное население — 51,0 %, некоренное — 49,0 %).

При офтальмологическом обследовании пациентов проводился сбор анамнеза, давность заболевания, особенности очковой и контактной коррекции. Для оценки клинической симптоматики проводилось офтальмологическое обследование, включающее визометрию, авторефрактометрию, биометрию и оптическую когерентную томографию (ОКТ) для определения длины переднезадней оси (ПЗО) глаза.

Определение содержания микро- и макроэлементов (Zn, Se, Cu, Fe, Ca, K, Mg и др., всего 24 элемента) проводилось методом нейтронно-активационного анализа волос, выполненным в Институте ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан. Подготовка проб осуществлялась согласно рекомендациям МАГАТЭ (Rezaee Ebrahim Sarae et al., 1978). В качестве стандартов использовались как внутрилабораторные образцы, так и сертифицированные эталоны сравнения.

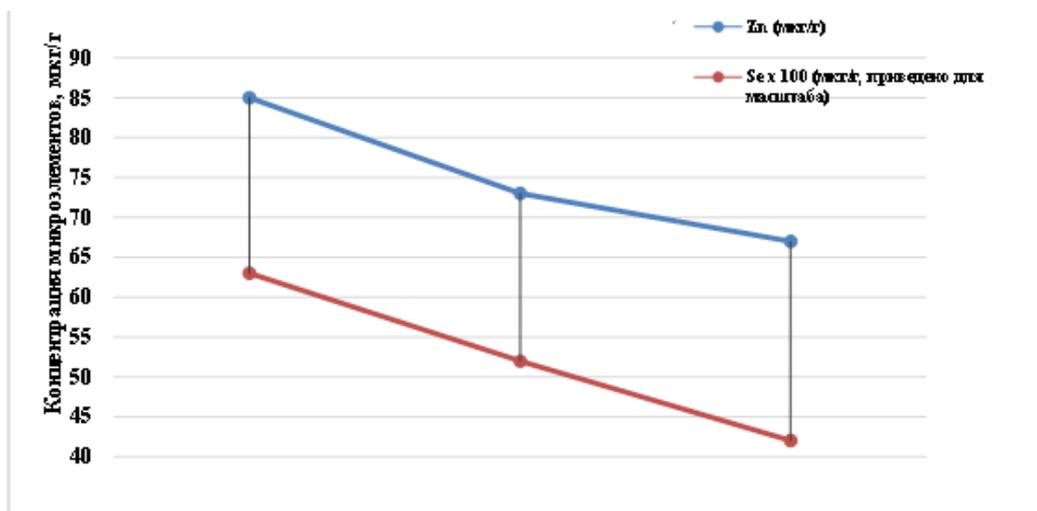
**Результаты и их обсуждение.** У детей, проживающих в районах Приаралья, выявлены достоверно сниженные уровни цинка, селена, меди, железа и магния. Дефицит указанных микроэлементов регистрировался во всех возрастных группах и сопровождался клинико-лабораторными признаками анемии, а также проявлениями эндокринной и иммунной дисфункции. Полученные данные свидетельствуют о формировании системного микроэлементного дисбаланса, который может рассматриваться как важный патобиологический фактор, влияющий на состояние здоровья детского населения в условиях длительного техногенного и экологического воздействия.

Наиболее выраженные различия отмечены для:

- Цинка (Zn) — снижение на 61,5 %;
- Селена (Se) — снижение на 53,1 %;
- Меди (Cu) — на 32,7 %;
- Железа (Fe) — на 24,3 %;
- Магния (Mg) — на 16,2 % (по сравнению с контрольной группой,  $p < 0,05$ ).

Корреляционный анализ показал:

- обратную связь между уровнем цинка и длиной ПЗО глаза ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,01$ );
- обратную связь между концентрацией селена и степенью миопии ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,05$ ).



**Рис. 1.** Графическая зависимость между степенью миопии и уровнями цинка (Zn) и селена (Se) у детей с миопией

Это свидетельствует о прямом участии микроэлементного дисбаланса в механизмах ремоделирования склеры и удлинения глазного яблока.

В экологически неблагоприятных районах Южного Приаралья частота проб атмосферного воздуха с превышением нормативов достигает 64 % по химическим показателям. Дефицит микроэлементов в биосфере региона (в воде, почвах, пищевых продуктах) в сочетании с высоким уровнем оксидативного стресса формирует условия, способствующие развитию и прогрессированию миопии у детей. Одновременно наблюдалось умеренное снижение уровней Cu, Fe и Mg. Таким образом, ведущим звеном метаболических нарушений при миопии в исследуемой популяции является цинк-селеновый дефицит, сопровождающийся снижением антиоксидантной активности.

Полученные данные подтверждают гипотезу о ведущей роли микроэлементного дисбаланса, особенно Zn–Se-дефицита, в патогенезе миопии. Цинк является кофактором фермента супероксиддисмутазы и регулирует активность коллагеновых структур склеры, тогда как селен входит в состав глутатионпероксидазы и обеспечивает защиту клеточных мембран от окислительного стресса.

Недостаток этих элементов ведёт к нарушению антиоксидантной защиты, усилению перекисного окисления липидов и ослаблению структурной устойчивости склеры, что способствует её растяжению и удлинению глазного яблока.

В условиях экологического неблагополучия дефицит микроэлементов усугубляется загрязнением среды тяжёлыми металлами (Pb, Cd, As, Tl), которые конкурируют с эссенциальными элементами за связывание с белками и ферментами. Таким образом, формируется многоэлементный метаболический стресс, влияющий на развитие зрительных структур у детей.

Результаты согласуются с современными представлениями о системной природе миопии как состояния, включающего не только оптические, но и биохимические механизмы нарушения гомеостаза.

При сопоставлении микроэлементного профиля с клинико-биометрическими параметрами выявлено, что наиболее выраженные изменения характерны для пациентов с признаками прогрессирования миопии: при увеличении длины переднезадней оси глаза и усилении рефракционного дефекта отмечалась более глубокая недостаточность Zn и Se. Это косвенно указывает на связь микроэлементного дефицита с процессами ремоделирования внеклеточного матрикса склеры и снижением её биомеханической устойчивости, что создаёт условия для ускоренного удлинения глазного яблока. Полученные корреляции подтверждают системный характер нарушений и позволяют рассматривать дефицит Zn–Se не только как сопутствующий фон, но и как фактор, потенциально вовлечённый в ключевые звенья патогенеза миопии.

Отдельного внимания заслуживает анализ различий между врождённой и приобретённой формами миопии. У детей с врождённой миопией микроэлементные изменения могут отражать длительно существующий метаболический дисбаланс и особенности раннего формирования соединительной ткани, тогда как при приобретённой форме дефицит эссенциальных элементов вероятнее выступает как модифицируемый фактор, усиливающий влияние зрительных нагрузок и экологического стресса. При этом для обеих форм общим является снижение антиоксидантной защиты, что может приводить к хроническому субклиническому воспалению и усилению перекисного окисления липидов в тканях глаза. Таким образом, микроэлементный дисбаланс способен выступать как универсальный «усилитель» неблаго-

приятных воздействий, определяя темпы прогрессирования и риск осложнений.

Умеренное снижение Cu, Fe и Mg имеет самостоятельное клиническое значение, поскольку эти элементы участвуют в работе ферментных систем энергетического обмена, нейромедиаторной передачи и кроветворения. Сочетание железодефицитных состояний с недостаточностью Cu и Mg может ухудшать тканевую оксигенацию и усиливать астенические проявления, а также опосредованно влиять на адаптационные возможности зрительного анализатора при длительных зрительных нагрузках. На этом фоне даже умеренные нарушения микроэлементного статуса могут становиться клинически значимыми в условиях региона, где дети подвергаются длительному воздействию пылесолевых аэрозолей и других стрессоров, поддерживающих системный оксидативно-метаболический дисбаланс.

С практической точки зрения представленные результаты обосновывают необходимость включения оценки микроэлементного статуса в комплексное обследование детей с миопией, проживающих в экологически неблагоприятных районах. Верификация дефицита Zn и Se может рассматриваться как дополнительный аргумент в пользу раннего профилактического вмешательства, направленного на коррекцию питания и снижение оксидативного стресса, особенно у пациентов с тенденцией к увеличению ПЗО. Кроме того, выявленная связь микроэлементов с биометрическими параметрами глаза открывает перспективу разработки регионально-адаптированных прогностических подходов, где микроэлементные показатели будут рассматриваться как часть системы стратификации риска прогрессирования миопии наряду с возрастом дебюта, темпами изменения рефракции и динамикой длины глазного яблока.

**Выводы.** У детей Южного Приаралья, страдающих миопией, выявлен выраженный цинк-селеновый дефицит, который рассматривается как одно из ключевых патогенетических звеньев развития близорукости в условиях экологического неблагополучия региона. Формирующийся микроэлементный дисбаланс, усугублённый воздействием токсичных факторов окружающей среды, приводит к развитию устойчивого оксидативно-метаболического стресса. Этот стресс нарушает регуляцию роста и ремоделирования тканей глаза, что способствует прогрессированию миопии и повышает риск раннего развития её осложнённых форм.

Рекомендуется внедрение региональных программ профилактики миопии, включающих мониторинг микроэлементного статуса и коррекцию питания с учётом биогеохимических особенностей региона.

## Литература:

1. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. // *Ophthalmology*. - 2016;123(5):1036–1042.
2. Wu PC, Chen CT, Lin KK, et al. Myopia prevention and outdoor light exposure in children. *JAMA Ophthalmol*. - 2019;137(10):1080–1086.
3. Hanker N, Ramachandran R, Padmanabhan P, et al. Trace elements in school children with refractive errors: a case-control study. // *Indian J Ophthalmol*. - 2020;68(2):222–226.
4. Rezaee Ebrahim Saraee et al. Hair analysis and its clinical significance. // *IAEA Technical Report*, - 1978.
5. Kurbanazarov M., Abdullaeva N. Myopia in children in the Southern Aral Sea region // *New Day in Medicine*. - 2021. - No. 6 (38). - P. 266-271. (in Russ)
6. Kurbanazarov M.K., Abdullaeva N.Dj., Arzibaev Sh.D. Refraction anomalies in school-age children living in rural regions of the Republic of Karakalpakstan. // *Advanced Ophthalmology*. - 2025;13(2)- P. 36-40.
7. Курбаназаров М.К., Абдуллаева Н.Дж. Значение микроэлементов в развитии близорукости. // *Проблемы биологии и медицины*. –Самарканд - 2022, №6.1 (141),32-36
8. Мусаев А.К., Арыков Б.А., Алимова С.Р. Экологические аспекты здоровья населения Приаралья. // *Журнал гигиены и санитарии*. - 2020;99(3):45–49.

## **ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ДИСБАЛАНСА У ДЕТЕЙ С МИОПИЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ**

Абдуллаева Н.Дж.

**Резюме.** В обследование участвовали 113 детей (226 глаз) в возрасте 4–17 лет с различными степенями миопии. Определение содержания 24 микро- и макроэлементов в волосах выполнялось методом нейтронно-активационного анализа. Использовались офтальмологические методы (визометрия, авторефрактометрия, биометрия, ОКТ) и статистическая обработка данных. В результате у детей с миопией выявлен выраженный дефицит Zn (–61,5 %), Se (–53,1 %), Cu (–32,7 %), Fe (–24,3 %) и Mg (–16,2 %). Установлены достоверные корреляции между концентрацией Zn и длиной переднезадней оси глаза ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,01$ ), а также между содержанием Se и степенью миопии ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** миопия, дети, микроэлементы, цинк, селен, Каракалпакстан, Южное Приаралье, антиоксидантная защита, экологическое неблагополучие.