

# ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ СЫВОРОТКИ КРОВИ У СТУДЕНТОВ 3 КУРСА В ПЕРИОД ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ СЕССИИ

*Вычкин А. В., Кан А. А.*

*Научные руководители: Соколов Ф. С., Царегородцев С. В.*

*Российский Университет Медицины, г. Москва*

**Резюме.** Вариабельность концентрации макро- и микроэлементов в сыворотке крови может повышать риск функциональных нарушений и отражать скрытые преддефицитные состояния. Изучение элементного статуса студентов медицинских вузов особенно важно, поскольку они могут испытывать совокупность факторов риска дисэлементозов: высокую учебную и психоэмоциональную нагрузку, хронический стресс, нерегулярное питание, недостаток сна, низкую физическую активность и ограниченную инсоляцию. Такие условия повышают потребность организма в биоэлементах, что создаёт предпосылки для раннего формирования латентного дефицита. Оценить элементный статус в сыворотке крови студентов Российского университета медицины и провести статистическую оценку выявленных отклонений с использованием разработанной трёхуровневой шкалы, позволяющей уточнить границы преддефицитных состояний. В исследование включено 45 студентов (здоровых добровольцев), обследованных в декабре 2024 года в период зимней сессии. На основе референсных интервалов лаборатории элементного анализа научно-исследовательского отдела биоиндикации ФГБУ «Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России было проведено распределение результатов по трём субдиапазонам нормальных значений: нижняя граница нормы, средняя часть и верхняя граница нормы. Дополнительно выполнялся корреляционный анализ между элементами для выявления возможных метаболических и физиологических взаимосвязей. Для большинства элементов (магний, фосфор, калий, марганец, железо, цинк) основная доля значений находилась в пределах средней части нормы или на её нижней границе. При этом выявлена крайне высокая частота дефицита селена (ниже нормы): 37 из 45 студентов (82,2 %), ещё 7 (15,6 %) – на нижней границе, и только у 1 (2,2 %) показатель соответствовал норме. Для натрия дефицит отмечен у 2,2 % студентов, избыток – у 8,9 %; для меди зарегистрированы 2,2 % случаев дефицита и 20 % избытка. Отмечены также отдельные случаи избытка железа (6,7 %) и цинка (11,1 %). Кроме того, выявлены сильные положительные корреляции для пар марганец–железо ( $r_s = 0,80$ ), натрий–магний (0,78), натрий–калий (0,72), натрий–цинк (0,66), магний–фосфор (0,51) и фосфор–медь (0,49). Применение трехуровневой шкалы позволило выявить преддефицитные состояния у студентов, не фиксируемые при традиционной бинарной оценке «норма/отклонение». Полученные результаты подтверждают актуальность мониторинга элементного статуса студентов и необходимость разработки профилактических мероприятий, направленных на коррекцию дисбаланса.

**Ключевые слова:** макро- и микроэлементы; сыворотка крови; натрий; медь; цинк; селен; экзаменационная сессия; стресс.

**Актуальность.** Микро- и макроэлементы критически важны для поддержания физиологического гомеостаза, работы ферментативных

систем, нейромедиаторных процессов и антиоксидантной защиты. Дефицит отдельных микроэлементов относится к числу наиболее распространённых

форм нутритивной недостаточности во всём мире. Так, дефицит железа является ведущей причиной анемии, сопровождаясь нарушением когнитивных функций и повышением риска неблагоприятных исходов беременности [1].

Такие важные минералы как цинк и магний играют роль в поддержании иммунной системы, принимают участие в клеточном делении, эмбриональном развитии [2,3]. Натрий и калий обеспечивают регуляцию сердечно-сосудистой и нервной систем, поддерживают баланс жидкости в организме. Фосфор – важный компонент скелетной структуры человека, содержится в зубах, участвует в формировании клеточных мембран. Медь принимает важное участие в активации нейропептидов и синтезе нейротрансмиттеров. Повышенный уровень меди в крови по результатам ряда исследований связан с депрессивным расстройством, возможна роль меди как биомаркера депрессии. Селен является важным антиоксидантом, защищая организм от активных форм кислорода и азота. Марганец также является важным микроэлементом, который необходим для нормального обмена аминокислот, липидов, белков и углеводов.

Изменения концентраций элементов в сыворотке крови могут отражать субклинические дефицитные состояния и ассоциироваться с повышением риска функциональных нарушений со стороны различных органов и систем [4]. Особую актуальность представляет изучение элементного статуса у студентов медицинских вузов, поскольку именно эта группа

испытывает сочетание высоких психоэмоциональных и учебных нагрузок, хронического стресса, нерегулярного режима питания и сна, а также длительных периодов малоподвижной деятельности в процессе подготовки к экзаменам и недостатка инсоляции [5]. Эти факторы повышают потребность организма в макро- и микроэлементах и ускоряют их расход, создавая предпосылки для латентного дефицита в молодом возрасте [6].

**Цель:** оценить элементный статус в сыворотке крови студентов Российского университета медицины и провести статистическую оценку выявленных отклонений с использованием разработанной трёхуровневой шкалы, позволяющей уточнить границы предефицитных состояний.

#### **Задачи:**

1. Определить содержание натрия, калия, магния, фосфора, железа, меди, цинка, селена и марганца в сыворотке крови студентов 3 курса в период экзаменационной сессии.

2. Оценить частоту дефицитных, предефицитных (нижняя граница нормы) и избыточных значений каждого элемента с использованием разработанной трёхуровневой шкалы.

3. Выделить элементы с наибольшей частотой отклонений от оптимального диапазона и охарактеризовать структуру этих нарушений в обследованной группе.

4. Проанализировать взаимосвязи между отдельными элементами (корреляционный анализ).

**Материалы и методы.** Исследование выполнено на клинической базе ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» в

гастроэнтерологическом отделении клинического медицинского центра «Кусково» в декабре 2024 г. В одномоментное наблюдательное исследование были включены 45 студентов (средний возраст  $21,2 \pm 1,8$  года; 73,4 % – женщины, 26,6 % – мужчины) 3 курса стоматологического и лечебного факультетов, обучающихся очно. Забор венозной крови осуществляли в утренние часы, натощак, в период экзамениционной сессии. Исследование одобрено этическим комитетом, все участники подписали информированное добровольное согласие.

В исследование не включались добровольцы с острыми инфекционными заболеваниями, повышенной температурой тела на момент забора крови, любыми хроническими заболеваниями, принимающие витаминно-минеральные комплексы последние 4 недели, беременностью, а также с ИМТ выше и ниже нормы.

Сыворотку крови транспортировали в научно-исследовательскую лабораторию элементного анализа научно-исследовательского отдела биоиндикации ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, где провели многокомпонентный спектральный анализ, включающий определение 35 элементов. Для статистической обработки нами были выделены 9 наиболее клинически значимых и переменных показателей: натрий, калий, магний, фосфор, железо, медь, цинк, селен и марганец.

Полученные значения сопоставляли с референсными интервалами лаборатории. Для последующей оценки элементного статуса была разработана трёхуровневая шкала, предусматривающая деление диапазона нормы на три зоны: нижняя граница, средняя часть (оптимальный уровень) и верхняя граница нормы.

Норма – центральная или “срединная” часть, срединные значения, полученные путем деления данного интервала на три практически равные части. Поскольку референсные значения микроэлементов имеют неравномерное распределение и максимальная частота встречаемости значений приходится на центральную часть нормы, “срединный” диапазон был расширен. Это позволило избежать гиперчувствительности метода и не классифицировать физиологические колебания как патологию [7,8]. Нижняя граница – значения в диапазоне от нижней границы нормы до срединной нормы. Верхняя граница – значения в диапазоне от срединной нормы до её верхней границы.

Значения ниже референсного интервала, предоставленного лабораторией, классифицировались как дефицит, выше верхней границы – как избыток. Такая классификация может использоваться для более тонкой оценки состояния минерального обмена. Подход позволил не ограничиваться дихотомией «норма/отклонение», а анализировать тонкие сдвиги в сторону дефицита или избытка.

**Табл. 1.** Трёхуровневая шкала

Элемент	Дефицит	Умеренно снижено	Норма	Умеренно повышено	Избыток
Натрий	< 1900	1900 – 2380.0	2380.0 – 3020.0	3020.0 – 3500	> 3500
Магний	< 10.7	10.7 – 20.09	20.09 – 32.61	32.61 – 42	> 42
Медь	< 0.75	0.75 – 1.065	1.065 – 1.485	1.485 – 1.8	> 1.8
Железо	< 0.8	0.8 – 8.06	8.06 – 17.74	17.74 – 25	> 25
Селен	< 0.06	0.06 – 0.111	0.111 – 0.179	0.179 – 0.23	> 0.23
Цинк	< 0.7	0.7 – 1.15	1.15 – 1.75	1.75 – 2.2	> 2.2
Калий	< 100	100 – 238.0	238.0 – 422.0	422.0 – 560	> 560
Фосфор	< 80	80 – 101.0	101.0 – 129.0	129.0 – 150	> 150
Марганец	< 0.000		0-0.2		> 0.200

### Результаты и их обсуждение.

**Натрий.** У большинства студентов (42,2 %) уровень натрия находился в пределах нормы. У 26,7 % значения соответствовали нижней границе нормы, у 20 % – верхней. Дефицит натрия отмечен у 1 студента (2,2 %), избыток – у 4 (8,9 %).

**Магний, фосфор, калий.** Для магния 51,1 % студентов имели нормальные значения, 44,4 % – на нижней границе нормы, лишь у 4,5 % отмечены показатели у верхней границы. Для фосфора и калия преобладали значения на нижней границе нормы (62,2 и 60% соответственно), явных случаев дефицита или избытка не выявлено.

**Марганец.** Уровень марганца у всех студентов находился в пределах референсных значений: 66,7 % – в середине диапазона, 33,3 % – у верхней границы.

**Железо.** У 77,8 % студентов выявлены значения у нижней границы нормы, у 11,1 % – нормальные. У 3 человек (6,7 %) отмечен избыток железа, у 2 (4,4 %) показатели соответствовали верхней границе нормы. Это

может быть связано как с особенностями питания, так и с самостоятельным приёмом железосодержащих препаратов.

**Медь и цинк.** Для меди 40 % студентов имели нормальные уровни, 26,7 % – на нижней границе, 11,1 % – у верхней границы, избыток меди зарегистрирован у 9 студентов (20 %). По цинку 42,2 % показателей соответствовали норме, 22,2 % – нижней границе, 24,4 % – верхней границе, избыток – у 11,2 % обследованных.

**Селен.** Наиболее неблагоприятная картина отмечена для селена: дефицит выявлен у 37 студентов (82,2 %), ещё 7 (15,6 %) имели значения на нижней границе нормы, и только 1 студент (2,2 %) – нормальный уровень. Статистически значимое превышение доли студентов с пониженными уровнями ( $p < 0.05$ ) выявлено для следующих элементов: натрий (28.9%;  $p < 0.05$ ), магний (44.4%;  $p < 0.05$ ), фосфор (62.2%;  $p < 0.05$ ), калий (60.0%;  $p < 0.05$ ), железо (77.8%;  $p < 0.05$ ), медь (28.9%;  $p < 0.001$ ), селен (97.8%;  $p < 0.05$ )

**Табл. 2.** Анализ макро- и микроэлементного статуса студентов перед экзаменами (n=45 человек)

Микроэлемент	Дефицит	Нижняя граница нормы	Норма	Верхняя граница нормы	Избыток
Натрий	1	12	19	9	4
Магний	0	20	23	2	0
Фосфор	0	28	17	0	0
Калий	0	27	18	0	0
Марганец	0	0	30	15	0
Железо	0	35	5	2	3
Медь	1	12	18	5	9
Цинк	0	10	19	11	5
Селен	37	7	1	0	0

В выборке из 45 студентов были оценены парные статистические ассоциации между концентрациями микроэлементов крови с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $r_s$ ), который измеряет степень и направление связи между двумя переменными; уровень значимости принят  $\alpha=0,05$ . В целом преобладали положительные ассоциации ( $r_s$ ). Наиболее выраженные положительные связи наблюдались для пар марганец–железо ( $r_s = 0,80$ ), натрий–магний ( $r_s = 0,78$ ), натрий–калий ( $r_s = 0,72$ ), натрий–цинк ( $r_s = 0,66$ ), а также магний–фосфор ( $r_s = 0,51$ ) и фосфор–медь ( $r_s = 0,49$ ). Слабо отрицательные ассоциации отмечены для калий–цинк ( $r_s \approx -0,34$ ) и калий–марганец ( $r_s \approx -0,36$ ). Представленные коэффициенты отражают совместную вариацию показателей и не свидетельствуют о причинно-следственных отношениях; интерпретация результатов должна учитывать возможные смешивающие факторы и требует подтверждения в продольных или интервенционных исследованиях.

#### Выводы:

1. У студентов 3 курса в период экзаменационной сессии выявлены выраженные индивидуальные

колебания элементного состава сыворотки крови, затрагивающие как микро-, так и макроэлементы. Применение модифицированной трехуровневой шкалы позволило выявить преддефицитные состояния, которые не фиксируются при использовании стандартных подходов.

2. Наибольшая частота отклонений от оптимального диапазона была выявлена для селена, натрия, меди. Железа и цинка - в меньшей степени.

3. Корреляционный анализ концентраций микроэлементов в сыворотке крови студентов выявил преимущественно положительные статистически значимые ассоциации между изученными показателями. Однако установленные статистические зависимости отражают лишь совместную вариабельность показателей и не предполагают причинно-следственного характера; их интерпретация должна учитывать потенциальные смешивающие факторы и требует дальнейшего подтверждения в исследованиях с продольным или интервенционным дизайном.

4. Результаты демонстрируют потенциальную диагностическую значимость более детализированной классификации референсных

интервалов в оценке ранних нарушений минерального обмена у молодых взрослых. Данные исследования могут быть использованы для разработки профилактических мероприятий,

направленных на снижение риска скрытого дефицита микроэлементов у студентов в периоды высокой учебной нагрузки.

### Литература

1. Passarelli S., Free C. M., Shepon A., Beal T., Batis C., Golden C. D. Global estimation of dietary micronutrient inadequacies: a modelling analysis // *The Lancet. Global Health*. – 2024. – Vol. 12, № 10. – P. e1590–e1599.
2. Smolin L. A., Grosvenor M. B. *Nutrition: Science and Applications*. – Hoboken, NJ : Wiley, 2016.
3. Громова О. А., Калачева А. Г., Гришина Т. Р. Дефицит магния и пиридоксина и патогенез метаболического синдрома // *Терапия*. – 2017. – № 3 (13). – С. 62–72.
4. Василенко А. М., Шарипова М. М. Дефицит микроэлементов и проблема коморбидности // *Микроэлементы в медицине*. – 2019. – Т. 20, № 1. – С. 4–12.
5. Lopresti A. L. The Effects of Psychological and Environmental Stress on Micronutrient Concentrations in the Body: A Review of the Evidence // *Advances in Nutrition*. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 103–112.
6. Тарасов Е. А., Блинов Д. В., Зимовина У. В., Сандакова Е. А. Дефицит магния и стресс: вопросы взаимосвязи, тесты для диагностики и подходы к терапии // *Терапевтический архив*. – 2015. – Т. 87, № 9. – С. 114–122.
7. Coşkun A., Carobene A., Aarsand A. K., Aksungar F. B., Serteser M., Sandberg S., Díaz-Garzón J., Fernandez-Calle P., Karpuzoğlu F. H., Coskun C., Kızılkaya E., Fidan D., Jonker N., Uğur E., Unsal I. Within- and between-subject biological variation data for serum zinc, copper and selenium obtained from 68 apparently healthy Turkish subjects // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. – 2021. – Vol. 60, № 4. – P. 533–542.
8. Плеханова О. С., Цвиренко С. В., Калачева О. С., Савельев Л. И. Принципы методов непрямого определения референтных интервалов // *Лабораторная служба*. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 27–39. – Парал. загл. англ.: Principles of methods for indirect determination of reference intervals // *Laboratory Service*. – 2022. – Vol. 11, № 2. – P. 27–39.b

## FEATURES OF THE BIOELEMENT PROFILE OF BLOOD SERUM OF 3RD YEAR STUDENTS DURING THE EXAMINATION SESSION

*Vychkin A. V., Kan A. A.*

*Tutors: Sokolov Ph. S., Tsaregorodtsev S. V.*

*Russian University of Medicine, Moscow*

**Resume.** Variability in the concentration of macro- and microelements in the blood serum may increase the risk of functional disorders and reflect latent predeficiency conditions. Studying the elemental status of medical university students is especially important because they may experience a combination of risk factors for dyselementosis: high academic and psycho-emotional stress, chronic stress, irregular diet, lack of sleep, low physical activity and limited sunlight. Such conditions increase the body's need for bioelements, which creates prerequisites for the early formation of latent

deficiency. To evaluate the elemental status in the blood serum of students of the Russian University of Medicine and to carry out a statistical assessment of the identified deviations using the developed three-level scale, which makes it possible to clarify the boundaries of pre-deficiency conditions. The study included 45 students (healthy volunteers) examined in December 2024 during the winter session. Based on the reference intervals of the Laboratory of elemental analysis of the Scientific Research Department of Bioindication of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine named after A.M. Nikiforov" of the Ministry of Emergency Situations of Russia, the results were distributed over three sub-ranges of normal values: the lower limit of the norm, the middle part and the upper limit of the norm. Additionally, correlation analysis was performed between the elements to identify possible metabolic and physiological relationships. For most elements (magnesium, phosphorus, potassium, manganese, iron, zinc), the majority of values were within the middle part of the norm or at its lower limit. At the same time, an extremely high frequency of selenium deficiency (below normal) was revealed: 37 out of 45 students (82.2%), 7 more (15.6%) were at the lower limit, and only 1 (2.2%) had a normal score. For sodium, a deficiency was noted in 2.2% of students, an excess in 8.9%; for copper, 2.2% of cases of deficiency and 20% of excess were recorded. There were also isolated cases of excess iron (6.7%) and zinc (11.1%). In addition, strong positive correlations were found for manganese–iron ( $R_s = 0.80$ ), sodium–magnesium (0.78), sodium–potassium (0.72), sodium–zinc (0.66), magnesium–phosphorus (0.51) and phosphorus–copper (0.49) pairs. The use of a three-level scale made it possible to identify pre-deficiency states in students that are not fixed in the traditional binary assessment of "norm/ deviation". The results obtained confirm the relevance of monitoring the elementary status of students and the need to develop preventive measures aimed at correcting the imbalance.

**Keywords:** macro- and microelements; blood serum; sodium; copper; zinc; selenium; exam session; stress.