

АДАПТАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ У СТУДЕНТОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЛЕНОПРОФИЛАКТИКИ И ФОТОСТИМУЛЯЦИИ В СЕЛЕНОДЕФИЦИТНОМ РЕГИОНЕ

А.В. Никулина¹, В.И. Торшин², А.Е. Северин², В.А. Козлов¹

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия,

²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Цель. Путем построения и анализа регрессионных моделей изучить взаимосвязи антиоксидантного и адаптационного эффектов организма студентов младших курсов при комплексном использовании «Селенес+» и профилактического фотохромоосеанса с учетом локального селенодефицита. **Организация и методы.** Проведены две серии исследований с участием студентов младших курсов в возрасте 17–20 лет ($n = 60$), проживающих и обучающихся в селенодефицитном регионе. Студентам II и III групп в предэкзаменационные периоды давали биологически активную добавку «Селенес+» согласно рекомендациям Минздрава РФ. Студенты III группы получали серию профилактических фотохромоосеансов (длина волны 450 нм). Девушки и юноши I групп не подвергались воздействию факторов (контроль). Проведена оценка состояния антропометрических показателей, параметров сердечно-сосудистой системы, вегетативного тонуса, гематологического и биохимического профилей организма учащихся. Проведен регрессионный анализ параметров к перекрестным выборкам. Стадии анализа включали описание зависимости между переменными, количественную оценку поведения отклика при изменении предиктора и составление уравнений регрессии. **Результаты.** В результате комплексного воздействия «Селенес+» и фотохромоосеанса отмечено увеличение числа значимых коэффициентов взаимодействия, что свидетельствует об усложнении и совершенствовании регуляторных процессов гомеостаза за счет возникновения положительных и отрицательных обратных связей в биосистеме. Полученные функции регрессии позволяют интерполировать значения зависимой переменной внутри интервала заданных значений независимых переменных, что в свою очередь позволит в дальнейшем разрабатывать схемы адаптации студентов в условиях дефицитов микронутриентов. **Заключение.** Наиболее качественными оказались модели, составленные для студентов, комплексно принимавших «Селенес+» и фотохромоосеанс. Выявленный факт подтверждает устойчивое функционирование антиоксидантной (повышение активности антиоксидантной системы с одновременным угнетением реакций перекисного окисления липидов), кровеносной (рост числа эритроцитов по сравнению с контрольными значениями) и вегетативной нервной систем.

Ключевые слова: адаптация, студенты, селен, селенодефицит, регрессионный анализ, Чувашская Республика.

Введение. Изучение связи между селеновым статусом и некоторыми биохимическими показателями организма очень важно с точки зрения выявления и коррекции его дефицита, так как нехватка микроэлемента увеличивает восприимчивость человека к целому ряду заболеваний, в том числе за счет снижения защиты от окислительного стресса [9, 12, 15, 24]. Эти факторы становятся особенно значимыми в период адаптации к новым условиям жизнедеятельности, в частности, при адаптации к условиям обучения в вузе [4, 10, 20, 21].

Основным источником селена для человека выступает пища [19, 23, 24]. В том случае, если она не содержит суточной нормы микроэлемента (55 мг/день для женщин и

65 мг/день для мужчин), целесообразно принимать селен дополнительно [10, 11, 25, 26]. Чувашская Республика является одним из многих регионов России, в котором выражен селенодефицит ввиду нехватки микроэлемента в воде и пищевых продуктах [3, 7]. Поэтому поиск способов коррекции селенового статуса организма на разных этапах онтогенеза чрезвычайно важен [6, 8, 16].

Кроме того, в литературе есть сведения о стимулировании адаптационных возможностей организма под действием синего света за счет усиления синтеза энергии на клеточном уровне, улучшения микроциркуляции, иммуномодулирующего действия, регуляции системы гемостаза и метаболизма в целом [22].

Как показали наши исследования, коррекцию селенового статуса оптимально проводить комплексно [1, 5]. В данной работе приводятся результаты сочетанного применения селеносодержащего препарата и профилактического фотохромоанса.

Цель: путем построения и анализа регрессионных моделей изучить взаимосвязи антиоксидантного и адаптационного эффектов организма студентов младших курсов при комплексном использовании «Селенес+» и профилактического фотохромоанса с учетом локального селенодефицита.

Материалы и методы. Проведены две серии продолжительных исследований (1–4-й учебные семестры) с участием студентов-юношей ($n = 30$) и девушек ($n = 30$) в возрасте 17–20 лет. Критериями включения являлись наличие информированного согласия и состояние здоровья (общая медицинская группа).

Оценку состояния антропометрии, сердечно-сосудистой системы, вегетативного тонуса, гематологического и биохимического профилей организма осуществляли в начале (сентябрь, февраль) и конце (декабрь, май) теоретического обучения каждого учебного семестра, а также во время зимних и летних экзаменационных сессий (в январе и июне соответственно).

В каждой серии исследований студенты были поделены на три группы по 10 человек.

В обеих сериях студентам II и III групп за один месяц до начала экзаменационных сессий давали биологически активную добавку «Селенес+» согласно рекомендациям Минздрава РФ перорально по 1 драже ежедневно. Студенты III группы дополнительно получали двухнедельную серию профилактических фотохромоансов посредством чрескожного освещения области кубитальной вены лучами синей части спектра (фототерапевтическое устройство «Аверс-Лайт», длина волны 450 нм) по 20–25 минут ежедневно.

Девушки и юноши I группы (контроль) не подвергались воздействию факторов («Селенес+», фотохромоанс).

На основании имеющихся массивов данных, полученных в ходе двух серий экспериментов, был проведен регрессионный анализ параметров к перекрестным выборкам.

Стадии анализа включали описание зависимости между переменными, количественную оценку поведения отклика при измене-

нии предиктора и составление уравнений регрессии. Регрессионный анализ в отличие от корреляционного позволяет установить, как меняется взаимодействие измеряемых показателей в зависимости от корригирования селенового статуса, то есть формы зависимости между переменными (линейная – нелинейная, отрицательная – положительная).

Результаты. В первой серии исследований для каждой группы юношей были построены модели множественной регрессии. Все модели оказались линейными.

Для контрольной группы модель выглядит так:

$$Y = 40,6736 + 25,1476 \cdot X_3 - 0,7261 \cdot X_4 - 0,0505 \cdot X_6 + 0,3734 \cdot X_{11} - 0,0045 \cdot X_{12} - 7,0811 \cdot X_{20},$$

где Y – уровень селена в сыворотке крови, мкг/л; X_3 – активность антиоксидантной системы (АОС), mv/c; X_4 – количество лейкоцитов, тыс./мкл; X_6 – уровень гемоглобина, г/л; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{12} – минутный объем крови, определенный расчетным методом (МОК), мл; X_{20} – коэффициент выносливости (КВ) по методу Кваса, у. е.

Для второй группы, студенты которой получали селен, построена модель следующего вида:

$$Y = -188,604 + 21,3626 \cdot X_3 + 1,749 \cdot X_9 - 2,4298 \cdot X_{10} + 5,0629 \cdot X_{11} - 1,8761 \cdot X_{15} - 2,1493 \cdot X_{18},$$

где X_3 – АОС, mv/c; X_9 – АДс, мм рт. ст.; X_{10} – АДд, мм рт. ст.; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{15} – вегетативный индекс Кердо (ВИК), %; X_{18} – двойное произведение (ДП), у. е.

Для третьей группы:

$$Y = -41,7635 + 1,6739 \cdot X_1 - 0,9333 \cdot X_2 + 13,7417 \cdot X_3 + 0,275 \cdot X_5 - 1,1341 \cdot X_9 + 1,9302 \cdot X_{10} - 1,5818 \cdot X_{11} + 0,0314 \cdot X_{12} - 0,5448 \cdot X_{15},$$

где X_1 – возраст студента, лет; X_2 – активность перекисного окисления липидов (ПОЛ), mv; X_3 – АОС, mv/c; X_5 – количество эритроцитов, млн/мкл; X_9 – АДс, мм рт. ст.; X_{10} – АДд, мм рт. ст.; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{12} – МОК, мл; X_{15} – ВИК, %.

При этом значения коэффициентов детерминации (R_2) в группах составляли 0,850; 0,774 и 0,965 соответственно. Это позволяет говорить о том, что наилучшими показателями качества обладает третья модель.

По результатам расчета коэффициентов для факторов X можно сделать вывод, что теоретический характер связи между уровнем

селена и факторами подтверждается: в контрольной группе для АОС, МОК; во II группе – для факторов АОС, АДд, ВИК; в III группе – для факторов ПОЛ, АОС, уровня эритроцитов, АДс, ЧСС, МОК, ВИК. Установлено наличие положительных зависимостей между уровнем селена и активностью АОС, а также числом эритроцитов. По принципу обратной пропорциональности развивается взаимодействие концентрации селена в сыворотке крови и активности ПОЛ, АДс, АДд, ЧСС, ВИК.

Во второй серии исследований (с участием девушек) также для каждой группы была построена модель. Все они оказались линейными. Для контрольной группы коэффициент детерминации равен 0,751, модель обладает надлежащей степенью достоверности и описывается следующим уравнением:

$$Y = 649,128 + 0,952 \cdot X_1 + 27,6823 \cdot X_3 - 3,375 \cdot X_7 + 5,9579 \cdot X_8 - 1,0704 \cdot X_{10} + 0,9194 \cdot X_{11} - 0,7917 \cdot X_{15} - 16,3491 \cdot X_{19},$$

где X_1 – возраст студента, лет; X_3 – АОС, mv/c; X_7 – рост, см; X_8 – масса тела, кг; X_{10} – АДд, мм рт. ст.; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{15} – ВИК, %; X_{19} – ИК, у. е.

Модель для второй группы обладает хорошей объясняющей способностью, коэффициент детерминации составляет 0,7737:

$$Y = 1,8131 \cdot X_1 - 2,6769 \cdot X_2 + 30,1721 \cdot X_3 - 0,6638 \cdot X_9 + 1,6041 \cdot X_{10} - 1,5443 \cdot X_{11} + 0,0202 \cdot X_{12},$$

где X_1 – возраст студента, лет; X_2 – ПОЛ, mv; X_3 – АОС, mv/c; X_9 – АДс, мм рт. ст.; X_{10} – АДд, мм рт. ст.; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{12} – МОК, мл.

Модель для третьей группы по показателям качества обладает наилучшими параметрами, коэффициент детерминации равен 0,965:

$$Y = 3,2556 \cdot X_1 + 36,5 \cdot X_3 + 2,8564 \cdot X_5 - 3,9687 \cdot X_7 + 6,2364 \cdot X_8 + 1,1285 \cdot X_9 - 0,1106 \cdot X_{10} + 1,5939 \cdot X_{11} - 1,3138 \cdot X_{18} - 16,6219 \cdot X_{19},$$

где X_1 – возраст студента, лет; X_3 – АОС, mv/c; X_5 – эритроциты, млн/мкл; X_7 – рост, см; X_8 – масса тела, кг; X_9 – АДс, мм рт. ст.; X_{10} – АДд, мм рт. ст.; X_{11} – ЧСС, уд./мин; X_{18} – ДП, у. е.; X_{19} – ИК, у. е.

Данная модель подтверждает взаимное влияние уровня селена и различных физиологических факторов. По результатам расчета коэффициентов для факторов X можно сделать вывод, что теоретический характер связи между уровнем селена и факторами X подтверждается в I группе: для АОС, АДд;

во II группе для факторов АОС, АДс, ЧСС; в III группе – для АОС, уровня эритроцитов, АДд, ДП.

В связи с влиянием стресса на организм происходит усиление выработки свободных радикалов, и как следствие, активизация деятельности антиоксидантной системы. Максимальной интенсивности активность АОС достигает на первом этапе срочной адаптации. Продолжительное наблюдение за студентами, получавшими селеновую коррекцию, позволяет отметить, что активизация антиоксидантной системы происходила особенно интенсивно в начале обучения на 1-м курсе, а затем интенсивности ПОЛ и АОС уравнивались.

Так как в состав «Селенес+» помимо селенопирана входят витамины С и Е, также нейтрализующие свободные радикалы, это способствует защите мембран клеток, в первую очередь кроветворных, от активно образующихся в периоды стресса свободных радикалов. Это подтверждается значениями коэффициентов регрессии взаимосвязи количества эритроцитов и уровня селена у студентов III групп в обеих сериях исследований.

В результате комплексного воздействия «Селенес+» и фотохромогеанса отмечено увеличение числа значимых коэффициентов взаимодействия, что свидетельствует об усложнении и совершенствовании регуляторных процессов гомеостаза за счет возникновения положительных и отрицательных обратных связей в биосистеме.

Полученные функции регрессии позволяют интерполировать значения зависимой переменной внутри интервала заданных значений независимых переменных, что в свою очередь позволит в дальнейшем разрабатывать схемы адаптации студентов в условиях дефицитов микронутриентов.

Закключение. Порфирины, содержащиеся в геме эритроцитов, поглощают синий свет. При этом происходит увеличение дзет-потенциала форменных элементов и белков крови, что в свою очередь приводит к снижению вязкости крови [2, 13]. Кроме того, сам селен также выступает в роли селективной «ловушки» лучей синего спектра. Возбуждение молекулы селеносодержащего протеина приводит к высвобождению электронов и повышению антиоксидантной активности крови.

В группах студентов, получавших селен в сочетании с фототерапией, было обнаружено

их влияние на содержание форменных элементов крови. Возможно, это связано с усилением их пролиферации под воздействием изучаемых факторов.

Синий свет за счет возбуждения процессов перекисного окисления липидов [14, 17, 18] стимулирует антиоксидантные функции селенопирана, являющегося донором протонов и компонентом неферментативного звена нейтрализации свободных радикалов. В том случае, если в организме наблюдается селенодефицит, активность антиоксидантной системы будет ниже.

Итак, в исследованиях установлено, что наиболее качественными оказались модели, составленные для студентов при комплексном применении «Селенес+» и фотохромоанса. Выявленный факт подтверждает устойчивое функционирование антиоксидантной (повышение активности антиоксидантной системы с одновременным угнетением реакций перекисного окисления липидов), кровеносной (рост числа эритроцитов по сравнению с контрольными значениями) и вегетативной нервной систем.

Литература

1. Влияние оптического излучения синего диапазона на реологические свойства крови у больных бронхиальной астмой / Н.П. Александрова, Е.И. Островский, В.И. Карандашов и др. // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. – 2014. – № 4. – С. 15–18.
2. Голубкина, Н.А. Селеновый статус Калининградской области / Н.А. Голубкина // *Микроэлементы в медицине*. – 2016. – № 17 (4). – С. 21–26.
3. Научно обоснованный подход в нормировании микроэлементов как необходимый этап в профилактике хронических неинфекционных заболеваний / Н.В. Толмачева, В.Л. Сусликов, Ж.В. Маслова, А.С. Анисимова // *Фундамент. исследования*. – 2015. – № 1–9. – С. 1937–1943.
4. Никулина, А.В. Системный подход к оптимизации механизмов адаптации студентов младших курсов к условиям обучения в вузе / А.В. Никулина // *Acta Medica Eurasica*. – 2015. – № 4. – С. 24–28.
5. Основы физиологии человека: [в 2 т.] / Н.А. Агаджанян, И.Г. Власова, Н.В. Ермакова и др. / под ред. В. И. Торшина. – Изд. 4-е. – М.: РУДН, 2017. – Т. 2. – 363 с.
6. Оценка особенностей рациона питания практически здоровых жителей Чувашской Республики / Л.В. Тарасова, Е.А. Хохлова, Т.Е. Степашина, А.В. Степанова // *Мед. альманах*. – 2011. – № 2. – С. 106–111.
7. Табаков, С.Г. Изучение воздействия селеносодержащего биопрепарата и фотосенса на антропометрические, гематологические и биохимические параметры студентов I курса / С. Г. Табаков, А.В. Панихина // *Вестник Чуваш. гос. пед. ун-та им. И.Я. Яковлева*. – 2012. – № 2-1 (74). – С. 164–167.
8. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды / А.В. Скальный, А.Р. Грабеклис, М.Г. Скальная и др. – М., 2019. – 339 с.
9. A Critical review of selenium biogeochemical behavior in soil-plant system with an inference to human health / N.M. Shahid, N.K. Niazi, S. Khalid et al. // *Environ. Pollut.* – 2018. – No. 234. – P. 915–934.
10. Combs, G.F. Biomarkers of selenium status / G.F. Combs // *Nutrients*. – 2015. – Vol. 7. – P. 2209–2236.
11. Duntas, L.H. Selenium: An element for life / L.H. Duntas, S. Benvenega // *Endocrine*. – 2015. – Vol. 48. – P. 756–775.
12. Element status of students with different levels of adaptation / I.V. Radysh, M.L. Blagoravov, S.V. Notova et al. // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. – 2017. – Vol. 163, No. 5. – С. 590–593.
13. Irradiation of skin with visible light induces reactive oxygen species and matrix-degrading enzymes / F. Liebel, S. Kaur, E. Ruvolo et al. // *Invest Dermatology*. – 2012. – Vol. 132 (7). – P. 1901–1907.
14. Jablonska, E. Selenium and human health: Witnessing a copernican revolution / J. Environ // *Sci. Health C Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* – 2015. – No. 33. – P. 328–368.
15. Liebmann, J. Blue-light irradiation regulates proliferation and differentiation in human skin cells / J. Liebmann, M. Born, V. Kolb-Bachofen // *Invest Dermatology*. – 2010. – Vol. 130 (1). – P. 259–269.
16. Light therapy for seasonal affective disorder with blue narrow-band light-emitting diodes (LEDs) / G. Glickman, B. Byrne, C. Pineda et al. // *Biological Psychiatry*. – 2006. – Vol. 15, no. 59 (6). – P. 502–507.
17. Natural variation of selenium in brazil nuts and soils from the amazon region / E.C. Sil-

va Junior, L.H.O. Wadt, K.E. Silva et al. // *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 188. – P. 650–658.

18. Rayman, M.P. *Selenium and human health* / M.P. Rayman // *Lancet*. – 2012. – Vol. 379. – P. 1256–1268.

19. *Selenium Analysis and Speciation in Dietary Supplements Based on Next-Generation Selenium Ingredients* / D. Constantinescu-Aruxandei, R. Mihaela Frîncu, L. Capră, F. Oancea // *Nutrients*. – 2018. – No. 10 (10). – P. 1466.

20. *Selenium and selenocysteine: Roles in cancer, health, and development* / D.L. Hatfield, P.A. Tsuji, B.A. Carlson, V.N. Gladyshev // *Trends Biochem. Sci.* – 2014. – Vol. 39. – P. 112–120.

21. *Selenium status and cardiovascular diseases: Meta-analysis of prospective observational studies and randomized controlled trials* / X. Zhang, C. Liu, J. Guo, Y. Song // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2015. – No. 70. – P. 162.

22. Stoffaneller, R. *A review of dietary selenium intake and selenium status in Europe and*

the Middle East / R. Stoffaneller, N.L. Morse // *Nutrients*. – 2015. – Vol. 7. – P. 1494–1537.

23. Sunde, R.A. *Selenium* // Ross A.C., Caballero B., Cousins R.J. et al. *Modern Nutrition in Health and Disease*. – Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2012. – P. 225–237.

24. *The effects of blue-enriched light treatment compared to standard light treatment in Seasonal Affective Disorder* / M.C.M. Gordijn, D. Manneetje, Y. Meesters // *Affect Disorder*. – 2012. – No. 136 (1–2). – P. 72–80.

25. *Under the spotlight: mechanisms of photobiomodulation concentrating on blue and green light* / H. Serrage, V. Heiskanen, W. M. Palin et al. // *Photochemical and Photobiological Sciences*. – 2019. – Vol. 1, No. 18 (8). – P. 1877–1909.

26. *Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Second edition* / World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations. – 2004. – 341 p.

Никулина Анна Витальевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской биологии с курсом микробиологии и вирусологии, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, 15. E-mail: nikulinanna@list.ru, ORCID: 0000-0003-2572-119X.

Торшин Владимир Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии медицинского института, Российский университет дружбы народов. 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8. E-mail: vtorshin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3950-8296.

Северин Александр Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии медицинского института, Российский университет дружбы народов. 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8. E-mail: aesever@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0359-6252.

Козлов Вадим Авенирович, доктор биологических наук, профессор кафедры медицинской биологии с курсом микробиологии и вирусологии, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, 15. E-mail: pooh12@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7488-1240.

Поступила в редакцию 20 января 2021 г.

ADAPTATION IN STUDENTS IN THE SELENIUM DEFICIENT AREA UNDER A COMPLEX EFFECT OF SELENIUM TREATMENT AND PHOTO STIMULATION

A.V. Nikulina¹, nikulinanna@list.ru, ORCID: 0000-0003-2572-119X,
V.I. Torshin², vtorshin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3950-8296,
A.E. Severin², aesever@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0359-6252,
V.A. Kozlov¹, pooh12@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7488-1240

¹Chuvash State University, Cheboxary, Russian Federation

²Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Aim. The paper aims to study the correlations between antioxidant and adaptation activity in university students from the selenium deficient area under a complex use of Selenes + and preventive photo stimulation treatment. **Materials and methods.** Two series of studies were carried out with university students aged 17–20 (n = 60) living and studying in a selenium-deficient area. Students of groups II and III in the pre-exam period were given the Selenes + biologically active supplement in compliance with the recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Group III students received a series of photo stimulation treatments (wavelength 450 nm). Group I was not exposed to any of the abovementioned factors (control). The assessment of anthropometric indicators, parameters of the cardiovascular system, autonomic tone, hematological and biochemical profiles was performed. The regression analysis of cross-sectional data was carried out. The stages of analysis included describing the relationship between variables, quantifying the response when the predictor was changed, and deriving regression equations. **Results.** The use of Selenes + and photo stimulation treatments resulted in an increase in the number of significant correlations, which indicated the improvement of homeostasis due to positive and negative feedbacks in the biosystem. The obtained regression allows to interpolate the dependent variable within the interval of the independent variables, which makes possible to develop adaptation schemes for students with micronutrient deficiencies. **Conclusion.** The most effective were the models for students who received a complex treatment, which involved Selenes + and photo stimulation. This tendency confirms the stable performance of the antioxidant (an increase in antioxidant activity with a simultaneous inhibition of lipid peroxidation), circulatory (an increase in the number of erythrocytes in comparison with the control values) and autonomic nervous systems.

Keywords: adaptation, university students, selenium, selenium deficiency, regression analysis, Chuvash Republic.

References

1. Aleksandrova N.P., Ostrovskiy E.I., Karandashov V.I. et al. [The Influence of Optical Radiation of the Blue Range on the Rheological Properties of Blood in Patients with Bronchial Asthma]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya* [Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation], 2014, no. 4, pp. 15–18. (in Russ.)
2. Golubkina N.A. [Selenium Status of the Kaliningrad Region]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine], 2016, no. 17 (4), pp. 21–26. (in Russ.) DOI: 10.19112/2413-6174-2016-17-4-21-26
3. Tolmacheva N.V., Suslikov V.L., Maslova Zh.V., Anisimova A.S. [Scientifically Grounded Approach to the Regulation of Microelements as a Necessary Stage in the Prevention of Chronic Non-Infectious Diseases]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental Research], 2015, no. 1–9, pp. 1937–1943. (in Russ.)
4. Nikulina A.V. A Systematic Approach to Optimizing the Mechanisms of Adaptation of Junior Students to the Conditions of Training at a University. *Acta Medica Eurasica*, 2015, no. 4, pp. 24–28.

5. Agadzhanian N.A., Vlasova I.G., Ermakova N.V. et al. *Osnovy fiziologii cheloveka* [Fundamentals of Human Physiology], 4th ed. Moscow, RUDN Publ., 2017, vol. 2, 363 p.
6. Tarasova L.V., Khokhlova E.A., Stepashina T.E., Stepanova A.V. [Evaluation of the Peculiarities of the Diet of Practically Healthy Residents of the Chuvash Republic]. *Meditsinskiy al'manakh* [Medical Almanac], 2011, no. 2, pp. 106–111. (in Russ.)
7. Tabakov S.G., Panikhina A.V. [Study of the Impact of a Selenium-Containing Biological Product and a Photo Session on the Anthropometric, Hematological and Biochemical Parameters of 1st Year Students]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I.Ya. Yakovleva* [Bulletin of the Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovleva], 2012, no. 2-1 (74), pp. 164–167. (in Russ.)
8. Skal'nyy A.V., Grabeklis A.R., Skal'naya M.G. et al. *Khimicheskiye elementy v gigiyene i meditsine okruzhayushchey sredy* [Chemical Elements in Hygiene and Medicine of the Environment]. Moscow, 2019. 339 p.
9. Shahid N.M., Niazi N.K., Khalid S. et al. A Critical Review of Selenium Biogeochemical Behavior in Soil-Plant System with an Inference to Human Health. *Environ. Pollut.*, 2018, no. 234, pp. 915–934. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.019
10. Combs G.F. Biomarkers of Selenium Status. *Nutrients*, 2015, vol. 7, pp. 2209–2236. DOI: 10.3390/nu7042209
11. Duntas L.H., Benvenga S. Selenium: An Element for Life. *Endocrine*, 2015, vol. 48, pp. 756–775. DOI: 10.1007/s12020-014-0477-6
12. Radysh I.V., Blagonravov M.L., Notova S.V. et al. Element Status of Students with Different Levels of Adaptation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2017, vol. 163, no. 5, pp. 590–593. DOI: 10.1007/s10517-017-3855-2
13. Liebel F., Kaur S., Ruvolo E. et al. Irradiation of Skin with Visible Light Induces Reactive Oxygen Species and Matrix-Degrading Enzymes. *Invest Dermatology*, 2012, vol. 132 (7), pp. 1901–1907. DOI: 10.1038/jid.2011.476
14. Jablonska E. Selenium and Human Health: Witnessing a Copernican Revolution. *J. Environ. Sci. Health C Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.*, 2015, no. 33, pp. 328–368. DOI: 10.1080/10590501.2015.1055163
15. Liebmann J., Born M., Kolb-Bachofen V. Blue-Light Irradiation Regulates Proliferation and Differentiation in Human Skin Cells. *Invest Dermatology*, 2010, vol. 130 (1), pp. 259–269. DOI: 10.1038/jid.2009.194
16. Glickman G., Byrne B., Pineda C. et al. Light Therapy for Seasonal Affective Disorder with Blue Narrow-Band Light-Emitting Diodes (LEDs). *Biological Psychiatry*, 2006, vol. 15, no. 59 (6), pp. 502–507. DOI: 10.1016/j.biopsych.2005.07.006
17. Junior S., Wadt L.H.O., Silva K.E. et al. Natural Variation of Selenium in Brazil Nuts and Soils from the Amazon Region. *Chemosphere*, 2017, vol. 188, pp. 650–658. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.08.158
18. Rayman M.P. Selenium and Human Health. *Lancet*, 2012, vol. 379, pp. 1256–1268. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9
19. Constantinescu-Aruxandei D., Mihaela Frîncu R., Capră L.F. Oancea Selenium Analysis and Speciation in Dietary Supplements Based on Next-Generation Selenium Ingredients. *Nutrients*, 2018, no. 10 (10), 1466 p. DOI: 10.3390/nu10101466
20. Hatfield D.L., Tsuji P.A., Carlson B.A., Gladyshev V.N. Selenium and Selenocysteine: Roles in Cancer, Health, and Development. *Trends Biochem. Sci.*, 2014, vol. 39, pp. 112–120. DOI: 10.1016/j.tibs.2013.12.007
21. Zhang X., Liu C., Guo J., Song Y. Selenium Status and Cardiovascular Diseases: Meta-Analysis of Prospective Observational Studies and Randomized Controlled Trials. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2015, no. 70, p. 162. DOI: 10.1038/ejcn.2015.78
22. Stoffaneller R., Morse N.L. A Review of Dietary Selenium Intake and Selenium Status in Europe and the Middle East. *Nutrients*, 2015, vol. 7, pp. 1494–1537. DOI: 10.3390/nu7031494

23. Sunde R.A., Ross A.C., Caballero B. et al. Selenium. *Modern Nutrition in Health and Disease*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2012, pp. 225–237.

24. Gordijn M.C.M., Mannetje D., Meesters Y. The Effects of Blue-Enriched Light Treatment Compared to Standard Light Treatment in Seasonal Affective Disorder. *Affect Disorder*, 2012, no. 136 (1–2), pp. 72–80. DOI: 10.1016/j.jad.2011.08.016

25. Serrage H., Heiskanen V., Palin W.M. et al. Under the Spotlight: Mechanisms of Photobiomodulation Concentrating on Blue and Green Light. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2019, vol. 1, no. 18 (8), pp. 1877–1909. DOI: 10.1039/C9PP00089E

26. *Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition*. Second Edition. World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2004. 341 p.

Received 20 January 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Адаптационный эффект у студентов при комплексном воздействии селенопрофилактики и фотостимуляции в селенодефицитном регионе / А.В. Никulina, В.И. Торшин, А.Е. Северин, В.А. Козлов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 85–92. DOI: 10.14529/hsm210210

FOR CITATION

Nikulina A.V., Torshin V.I., Severin A.E., Kozlov V.A. Adaptation in Students in the Selenium Deficient Area under a Complex Effect of Selenium Treatment and Photo Stimulation. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 85–92. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210210